دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار (۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴)

The 1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه

معرفی کنفرانس

اهمیت و ضرورت برگزاری نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

دریاچه زریبار به عنوان یکی از مهم‌ترین جاذبه‌های گردشگری ایران، بخشی از هویت فرهنگی مردم کردستان بوده و دارای ارزش‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی بسیار بالایی می‌باشد و می‌تواند نقش قابل توجهی در جذب توریست و توسعه اقتصادی منطقه ایفا نماید. این تالاب باارزش، زیستگاه گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری بوده و نقش قابل توجهی در حفظ تنوع زیستی استان کردستان ایفا می‌کند. ثبت تالاب بین‌المللی زریبار به عنوان بیست و پنجمین تالاب ایران در کنوانسیون رامسر خود گواهی بر ارزشمندی بالای این اکوسیستم آبی است. با این وجود، تالاب بین‌المللی زریبار در سال‌های اخیر با چالش‌های زیست‌محیطی متعددی از جمله تغییر کاربری اراضی حاشیه‌ای و حوضه بالادست، آتش‌سوزی، برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، منابع آب سطحی و دریاچه زریبار،کاهش کیفیت آب، ورود گونه‌های مهاجم، توسعه کشاورزی و ... مواجه شده است. لذا گروه مطالعات محیطی دریاچه زریبار پژوهشکده کردستان‌شناسی با همکاری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان تصمیم به برگزاری نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار گرفت تا گامی مهم در جهت شناخت دقیق‌تر مشکلات و ارائه راهکارهای علمی و عملی برای حفظ و احیای این اکوسیستم ارزشمند بردارد. امید است که نتایج این کنفرانس بتواند در تدوین برنامه‌های جامع مدیریتی برای حفاظت از دریاچه زریبار مورد استفاده قرار گیرد.

اهداف کنفرانس

- ☐ ایجاد بستری مناسب برای تبادل دانش و تجربیات پژوهشگران، متخصصان و فعالان محیط زیست در زمینه مطالعات دریاچه زریبار
- ☐ شناسایی دقیق‌تر مشکلات و چالش‌های دریاچه زریبار با استفاده از آخرین یافته‌های علمی
- ☐ ارائه راهکارهای عملی و مبتنی بر دانش برای حفظ و احیای دریاچه زریبار و بهبود وضعیت آن
- ☐ تقویت همکاری‌های بین‌بخشی و مشارکت همه ذی‌نفعان در جهت حفاظت از دریاچه زریبار
- ☐ ارتقای آگاهی عمومی نسبت به اهمیت دریاچه زریبار و نقش آن در حفظ تنوع زیستی و توسعه پایدار استان کردستان
- ☐ ارائه و بهره‌گیری از تجارب مدیریتی و روش‌های حفاظتی، احیایی و بهره‌برداری پایدار از تالاب‌ها و دریاچه‌های ایران

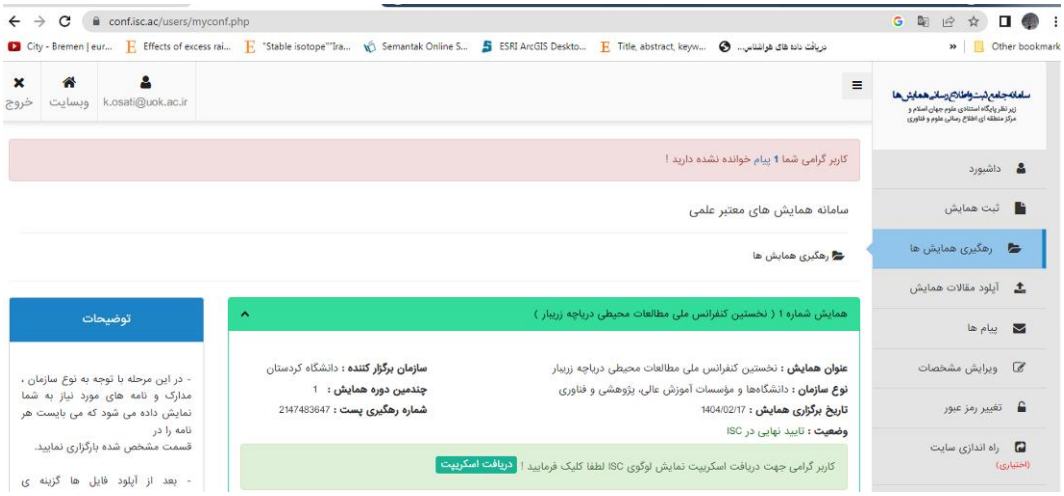
وب سایت نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

وب سایت نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

https://zrebar1.conf.uok.ac.ir

ثبت کنفرانس در ISC

تاییدیه کنفرانس در مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام (ISC)



پوستر نهایی نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه/ تالاب بین‌المللی زریبار

۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴

آمار مقالات دریافت شده و نتایج داوری مقالات نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

تعداد کل مقالات دریافت شده: ۷۰ مقاله + ۲ سخنران مدعو

تعداد مقالات پذیرش شده نهایی: ۵۵ مقاله (درصد پذیرش: حدود ۷۶ درصد)

تعداد مقالات پوستری: ۳۲ مقاله

- ۵ مقاله در محور حفاظت و تنوع زیستی زریبار
- ۴ مقاله در محور هوا و اقلیم زریبار
- ۱۴ مقاله در محور جنبه های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار
- ۹ مقاله در محور هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار

تعداد مقالات سخنرانی: ۲۳ مقاله

- ۷ مقاله در محور حفاظت و تنوع زیستی زریبار
- ۶ مقاله در محور هوا و اقلیم زریبار
- ۴ مقاله در محور جنبه های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار
- ۶ مقاله در محور هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار

برنامه‌زمان‌بندی نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه (تالاب بین‌المللی) زریبار

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه (تالاب بین‌المللی) زریبار در روز ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴ مطابق برنامه زمان‌بندی زیر به انجام رسید.

تاریخ	ساعت	مکان	عنوان برنامه	
۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴ (روز چهارشنبه)	۸:۳۰ – ۱۰:۳۰	سنندج – دانشگاه کردستان	مراسم افتتاحیه (پخش کلیپ کنفرانس، سخنرانی مسئولین استانی، مسئولین دانشگاه و ...)	نمایشگاه تخصصی عکس با عنوان "زریبار: از لنز دوربین تا آزمایشگاه"
	۱۰:۳۰ – ۱۱:۰۰		پذیرایی (میان وعده)	
	۱۱:۰۰ – ۱۲:۴۰		ارائه مقالات پنل ۱ (حفاظت و تنوع زیستی زریبار) و پنل ۲ (هوا و اقلیم زریبار) در دو سالن بصورت همزمان	
	۱۲:۴۰ – ۱۴:۳۰		نماز و نهار	
	۱۴:۳۰ – ۱۵:۲۵		ارائه مقالات پنل ۳ (پنل جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار)	
	۱۵:۳۰ – ۱۷:۱۰		ارائه مقالات پنل ٤ (هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار)	
	۱۷:۱۰ – ۱۸:۰۰		مراسم اختتامیه	
	۱۸:۰۰ – ۱۸:۳۰		پذیرایی (میان وعده)	

جزئیات برنامه روز چهارشنبه (۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴)
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

افتتاحیه مکان : سنندج، دانشگاه کردستان، تالار مولوی		
ردیف	عنوان برنامه	ساعت
۱	تلاوت قرآن و پخش سرود ملی	۰۸:۳۵ – ۸:۳۰
۲	پخش کلیپ کنفرانس	۰۸:٤٥ – ۰۸:۳۵
۳	سخنرانی و خیرمقدم ریاست محترم دانشگاه کردستان (جناب آقای دکتر عادل سی و سه مرده)	۰۸:۵۵ – ۰۸:٤٥
٤	سخنرانی معاون محترم عمرانی استانداری استان کردستان (جناب آقای دکتر کیومرث حبیبی)	۰۹:۱۵ – ۰۸:۵۵
۵	سخنرانی ریاست محترم اداره کل حفاظت محیط زیست کردستان (جناب آقای دکتر فرزاد زندی)	۰۹:۲۵ – ۰۹:۱۵
٦	سخنرانی نماینده محترم مردم شریف شهرستان‌های مریوان و سروآباد (جناب آقای دکتر امید کریمیان)	۰۹:٤۰ – ۰۹:۲۵
۷	سخنرانی دبیر محترم علمی کنفرانس (جناب آقای دکتر خالد اوسطی)	۱۰:۰۰ – ۰۹:٤۰
۸	سخنرانی سخنران ویژه مدعو (جناب آقای دکتر علی موحد)	۱۰:۳۰ – ۱۰:۰۰

نمایشگاه عکس تخصصی با عنوان "زریبار: از لنز دوربین تا آزمایشگاه"

همزمان با برگزاری کنفرانس در روز اول، نمایشگاه تخصصی عکسی با عنوان "زریبار: از لنز دوربین تا آزمایشگاه" در ورودی آمفی تئاتر مولوی دانشگاه کردستان برگزار شد. در این نمایشگاه تلاش شد که با همکاری اساتید و دانشجویان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، NGOها و فعالان محیط زیست، مستندسازان و علاقه‌مندان زریبار، جنبه‌های جدیدی از چالش‌ها و پتانسیل‌های زریبار به معرض نمایش گذاشته شود. گاه این پیام هشداری درباره یک گونه در حال انقراض جانوری در دنیا بود یا اهمیت یک گونه گیاهی برای کل دنیا و گاه یک تصویری از زیر میکروسکوپ‌های آزمایشگاه با هزاران سخن هشدار دهنده و هزاران پیام. در کنار هر تصویر سعی شد شرحی از زبان متخصص مربوطه نگاشته شود تا پیام مد نظر به مشارکت کنندگان در کنفرانس انتقال یابد.

پنل ۱ : حفاظت و تنوع زیستی زریبار مکان : سنندج، دانشگاه کردستان، تالار مولوی			
اعضای پنل: دکتر پرویز کرمی، دکتر شهرام کبودوندپور، دکتر زاهد شریفی، دکتر لقمان ملکی			
ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	ساعت
۱	تحلیل خصوصیات پوشش گیاهی تالاب زریبار	مهتاب گرگین کرجی، پرویز کرمی	۱۱:۰۰ – ۱۱:۱۵
۲	مطالعه تنوع زیستی جوامع پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) دریاچه زریبار مریوان، استان کردستان	دکتر حبیب اله محمدی	۱۱:۱۵ – ۱۱:۳۰
۳	نقش گیاهان تالابی در تصفیه فاضلاب و تولید برق در تالاب‌های طبیعی: مطالعه موردی تالاب زریبار	آزاد رحیمی، هوشمند سیف پناهی	۱۱:۳۰ – ۱۱:۴۵
٤	امکان‌سنجی بهره‌برداری پایدار از نی‌های دریاچه زریبار مریوان در تولید بتن سبز با تأکید بر پایداری اکولوژی	محمدهیرش باقدم	۱۱:٤۵ – ۱۲:۰۰
۵	ارزیابی تأثیر انواع کاربری اراضی بر کیفیت خاک حوضه آبخیز دریاچه زریبار	ناهید نادری، مسعود داوری، ناصر خالق پناه	۱۲:۰۰ – ۱۲:۱۵
٦	تحلیل مکانی – زمانی آتش‌سوزی‌های حوزه زریبار با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست	سجاد زیرک‌پور ناوی، پرویز فاتحی، فاطمه مطلبی زاده	۱۲:۱۵ – ۱۲:۳۰
جمع بندی مباحث			۱۲:۳۰ – ۱۲:٤۰

پنل ۲ : هوا و اقلیم زریبار مکان : سنندج، دانشگاه کردستان، سالن فردوسی			
اعضای پنل: دکتر محمد دارند، دکتر یونس خوشخو، دکتر کمال طاهری، دکتر کاوه محمدپور			
ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	ساعت
۱	بررسی تنش حرارتی و ارائه تقویم زیست اقلیمی دریاچه زریبار	بختیار محمدی	۱۱:۱۵ – ۱۱:۰۰
۲	پیش نگری تغییرات دما و بارش با استفاده از بروندادمدل های CMIP6 تحت سناریوهای مختلف خط سیر اجتماعی – اقتصادی مشترک (SSP) در حوضه آبخیز دریاچه زریبار	سید اسعد حسینی، کاوه محمدپور	۱۱:۳۰ – ۱۱:۱۵
۳	شناخت وردایی دمای پتانسیل معادل به عنوان نمایه ای از گرمایش جهانی در ایستگاه همدید مریوان	محمد دارند	۱۱:۴۵ – ۱۱:۳۰
٤	اثر گرمایش جهانی بر تغییرات هیدرواقلیمی و سطح آب دریاچه زریبار مریوان	نبی میرزایی، کامیار امامی، محمد دارند	۱۲:۰۰ – ۱۱:٤۵
۵	تحلیل روند درازمدت مشخصه‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مریوان	یونس خوشخو، نشاط جهان‌نمایی	۱۲:۱۵ – ۱۲:۰۰
٦	اهمیت دریاچه‌ی زریبار در بازسازی محیط‌ها و آب و هوای دیرینه در طی هولوسن با تاکید بر دانه‌بندی رسوبات و ایزوتوپ اکسیژن ۱۸	امید رحیمی، فاطمه حبیبی	۱۲:۳۰ – ۱۲:۱۵
جمع بندی مباحث			۱۲:٤۰ – ۱۲:۳۰

پنل ۳: جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار مکان : سنندج، دانشگاه کردستان، تالار مولوی			
اعضای پنل: دکتر مسعود بیننده، دکتر اسعد مهدوی، دکتر امیر محمدی، دکتر بهزاد مفاخری			
ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	ساعت
۱	نمادشناسی دریاچه زریبار در اشعار شاعران کرد	مختار جعفری	۱٤:٤٥ – ۱٤:۳۰
۲	زریبارنشینان از منظری تاریخی	سید برهان تفسیری، هادی سعیدی	۱۵:۰۰ – ۱٤:٤٥
۳	زریبار و تاثیر آن در ایجاد سکونتگاه‌ها در ادوار مختلف تاریخی	میلاد آقایی، شیوا پاپی، یعقوب محمدی فر	۱۵:۱۵ – ۱۵:۰۰
جمع بندی مباحث			۱۵:۲۵ – ۱۵:۱۵

پنل ۴ : هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار مکان: سنندج، دانشگاه کردستان، تالار مولوی			
اعضای پنل: دکتر بهزاد شاهمرادی، دکتر محمد خسروی، دکتر عطا امینی، دکتر حبیب اله محمدی			
ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	ساعت
۱	برآورد حقابه زیست محیطی تالاب میانکاله به روش ترکیبی (هیدرولوژیکی و اکولوژیکی)	کاظم صادقیان، مهدی وفاخواه	۱۵:۳۰ – ۱۵:٤٥
۲	لزوم بازنگری در هیدرولوژی دریاچه زریبار با تاکید بر منابع تغذیه کننده آن	خالد اوسطی	۱۵:٤٥ – ۱٦:۰۰
۳	بررسی برخی خصوصیات فیزیک و شیمیایی آب دریاچه زریبار	عرفان کریمیان، حبیب‌اله محمدی، فرشاد مولودی	۱٦:۰۰ – ۱٦:۱۵
٤	بررسی کیفیت آبهای سطحی ورودی به دریاچه زریبار	شیرکو ابراهیمی محمدی	۱٦:۱۵ – ۱٦:۳۰
۵	وقوع میکروپلاستیک در دریاچه زریبار: ارزیابی ریسک	منیره نوری، هوشیار حسینی، حکمت عبدی، تورج مساحی	۱٦:۳۰ – ۱٦:٤٥
٦	امکان سنجی تخمین برخی از پارامترهای کیفی آب دریاچه ها با استفاده از تکنیک علم سنجش راه دور	فریما عزیزی، بهروز مهدی‌نژادیانی، ناصر خالق-پناه	۱٦:٤٥ – ۱۷:۰۰
جمع بندی مباحث			۱۷:۰۰ – ۱۷:۱۰

اختتامیه مکان : سنندج، دانشگاه کردستان، تالار مولوی		
ردیف	عنوان برنامه	ساعت
۱	اجرای موسیقی	۱۷:۱۰ – ۱۷:۲۵
۲	تقدیر از خانواده شهدای زریبار، حافظان شاخص زریبار، همیاران دانشگاه کردستان، کاوشگران دریاچه زریبار و برگزار کنندگان کنفرانس	۱۷:۲۵ – ۱۷:۵۰
۳	سخنرانی دبیر محترم اجرایی کنفرانس	۱۷:۵۰ – ۱۸:۰۰

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه (تالاب بین‌المللی) زریبار در روز ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴ مطابق برنامه زمان‌بندی زیر به انجام رسید.

تاریخ	ساعت	مکان	عنوان برنامه		
۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴ (روز پنجشنبه)	۰۹:۰۰ – ۱۳:۰۰	مریوان (تالار آموزش و پرورش)	نشست هم‌اندیشی فعالان محیط زیستی، فرهنگی، گردشگری، نماینده NGOهای مریوان، کمیته علمی کنفرانس و مسئولین استان کردستان و شهرستان مریوان		
	۱۳:۰۰ – ۱۵:۰۰	مریوان (هتل خورشید زریبار)	نماز و نهار		
	۱۵:۰۰ – ۱۷:۰۰	مریوان (حوضه دریاچه زریبار)	بازدید میدانی از دریاچه زریبار و حوضه بالادست آن همراه با مدیران کل استانی و شهرستانی، ادارات دولتی، تعدادی از اعضای کمیته علمی کنفرانس، ذی‌نفعان و NGOهای شهرستان مریوان	برنامه های جنبی (بازدید نویسندگان و دانشجویان از محوطه گردشگری دریاچه زریبار، سایت پرنده‌نگری زریبار و شهر لک لک‌های روستای دره‌تفی)	
	۱۷:۰۰ – ۱۹:۳۰	فرمانداری مریوان	کارگروه تخصصی دریاچه زریبار با حضور مدیران استان کردستان و شهرستان مریوان، کمیته علمی کنفرانس، ذی‌نفعان و نمایندگان NGOهای مریوان		

جزئیات و عناوین برنامه‌های روز پنجشنبه (۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴)

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

نشست هم‌اندیشی فعالان محیط زیستی، فرهنگی، گردشگری، نماینده NGOهای مریوان، کمیته علمی کنفرانس و مسئولین استان کردستان و شهرستان مریوان

مکان : تالار آموزش و پرورش شهر مریوان

ردیف	عنوان برنامه	ساعت
۱	گزارش عملکرد **سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:۰۰ – ۰۹:۱۰
۲	گزارش عملکرد **شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:۱۰ – ۰۹:۲۰
۳	گزارش عملکرد **شرکت آب و فاضلاب استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:۲۰ – ۰۹:۳۰
٤	گزارش عملکرد **اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:۳۰ – ۰۹:٤۰
٥	گزارش عملکرد **اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:٤۰ – ۰۹:٥۰
٦	گزارش عملکرد **اداره کل حفاظت محیط زیست استان کردستان** در حوضه تالاب زریبار	۰۹:٥۰ – ۱۰:۰۰
۷	گزارش عملکرد **شهرداری** مریوان در حوضه تالاب زریبار	۱۰:۰۰ – ۱۰:۱۰
۸	**پرسش و پاسخ (با حضور نمایندگان NGOهای شهرستان مریوان، دهیاران و شوراهای شهر مریوان و روستاهای اطراف دریاچه زریبار)**	۱۰:۱۰ – ۱۳:۰۰

"بازدید میدانی از دریاچه زریبار و حوضه بالادست آن" و **"کارگروه تخصصی دریاچه زریبار"** با حضور مدیران کل استانی و شهرستانی (یا نماینده ایشان) ادارات دولتی، تعدادی از اعضای کمیته علمی کنفرانس، ذی‌نفعان و NGOهای شهرستان مریوان در بعدظهر پنجشنبه برگزار گردید تا دیدگاه‌های علمی، اجرایی و مسائل دریاچه زریبار و حوضه بالادست آن، پروژه‌های در حال اجرا و دغدغه‌های بخش‌های مختلف از نزدیک بررسی و مورد بحث قرار گیرد.

نویسندگان و دانشجویان گرامی حاضر در روز دوم کنفرانس، بعدظهر پنجشنبه از **محوطه گردشگری دریاچه زریبار، سایت پرنده‌نگری زریبار و شهر لک لک‌ها** (روستای دره‌تفی) بازدید کردند.

فهرست مقالات

عنوان صفحه

مقالات سخنرانی

پنل ۱: حفاظت و تنوع زیستی زریبار

تحلیل خصوصیات پوشش گیاهی تالاب زریبار ۲
مطالعه تنوع زیستی پلانکتون‌های (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) دریاچه زریبار مریوان، استان کردستان ۸
تعیین ترکیب گونه‌ای ماهیان دریاچه زریبار استان کردستان ۲۵
نقش گیاهان تالابی در تصفیه فاضلاب و تولید برق در تالاب‌های طبیعی: مطالعه موردی تالاب زریبار ۳۳
امکان‌سنجی بهره‌برداری پایدار از نی‌های دریاچه زریبار مریوان در تولید بتن سبز با تأکید بر پایداری اکولـوژی ۴۸
ارزیابی تأثیر انواع کاربری اراضی بر کیفیت خاک حوضه آبخیز دریاچه زریبار ۵۴
تحلیل مکانی-زمانی آتش‌سوزی‌های حوزه زریبار با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۶۰

پنل ۲: هوا و اقلیم زریبار

بررسی تنش حرارتی و ارائه تقویم زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار ۷۶
پیشنگری تغییرات دما و بارش با استفاده از برونداد مدل‌های CMIP6 تحت سناریوهای مختلـف خـط سـیر اجتماعی-اقتصادی مشترک (SSP) در حوضه آبخیز دریاچه زریبار ۸۶
شناخت وردایی دمای پتانسیل معادل به‌عنوان نمایه‌ای از گرمایش جهانی در ایستگاه همدید مریوان ۱۰۱
اثر گرمایش جهانی بر تغییرات هیدرواقلیمی و سطح آب دریاچه زریبار مریوان ۱۰۸
تحلیل روند درازمدت مشخصه‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مریوان ۱۱۷
اهمیت دریاچه‌ی زریبار در بازسازی محیط‌ها و آب و هوای دیرینه در طی هولوسن با تاکید بر دانه‌بندی رسوبات و ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ ..... ۱۲۴

پنل ۳: جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار

نقش فضاهای گردشگری در شخصیت شهروندی ۱۳۱
نمادشناسی دریاچه زریبار در اشعار شاعران کرد ۱۴۳
زریبارنشینان از منظر تاریخی ۱۵۴
زریبار و تأثیر آن در ایجاد سکونتگاه‌های انسانی در ادوار مختلف تاریخی ۱۶۶

پنل ۴: هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار

برآورد حقابه زیست‌محیطی تالاب میانکاله به روش ترکیبی (هیدرولوژیکی و اکولوژیکی) ۱۹۰

لزوم بازنگری در هیدرولوژی دریاچه زریبار با تاکید بر منابع تغذیه کننده آن ۱۹۷
بررسی برخی خصوصیات فیزیک و شیمیایی آب دریاچه زریبار ۲۰۹
بررسی کیفیت آب‌های سطحی ورودی به دریاچه زریبار ۲۲۳
وقوع میکروپلاستیک در دریاچه زریبار: ارزیابی ریسک ۲۳۱
امکان‌سنجی تخمین برخی از پارامترهای کیفی آب دریاچه‌ها با استفاده از تکنیک علم سنجش راه دور ۲۴۸

مقالات پوستری

پنل ۱: حفاظت و تنوع زیستی زریبار

پرندگان مهاجر دریاچه زریبار (تنوع گونه‌ای، اهمیت اکولوژیکی و چالش‌های حفاظتی) ۲۵۷
انگل‌های کرمی اردک ماهی (*Esox lucius* L.) دریاچه زریبار، مریوان ۲۶۹
امکان‌سنجی استفاده انرژی خورشیدی برای آبزی‌پروری در دریاچه زریبار ۲۷۶
بررسی آثار باقی‌مانده آتش‌سوزی بر آبگریزی خاک در حوضه آبخیز دریاچه زریبار ۲۸۸
ارزیابی تأثیر تغییر کاربری زمین ناشی از توسعه شهری بر ارزش خدمات اکوسیستمی تالاب دریاچه زریبار با استفاده از روش انتقال منافع ۲۹۳

پنل ۲: هوا و اقلیم زریبار

برآورد مقادیر روزانه تبخیر از تشت با بکارگیری چند مدل یادگیری ماشین در ایستگاه سینوپتیک مریوان ۳۰۲
ارزیابی دقت چند روش تجربی در برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه در ایستگاه سینوپتیک مریوان ۳۱۰
پایش خشکسالی و روند آن در دریاچه زریبار ۳۱۷
واکاوی نقش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رفتار مقادیر حدی بارش و دما در ایستگاه همدید مریوان ۳۲۶

پنل ۳: جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار

بررسی رابطهٔ بین عوامل جامعه‌شناختی و فرهنگی بر رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان، مطالعه موردی: مریوان ۳۳۴
تراژدی مشاعات: مطالعه موردی دریاچه زریبار و جنگل‌های زاگرس ۳۴۳
بازگشت به دوران سبز تالاب زریبار و رهایی از هژمونی اصلاحات ارضی با اجرای آیین‌نامه تالاب‌ها ۳۵۴
مدیریت جامع دریاچه زریبار (تهدیدها،فرصت‌ها و راهبردها) ۳۶۴
سامانه پشتیبان تصمیم برای مدیریت جامع آبخیز تالاب زریبار ۳۷۰
تحلیل ساختار و شبکه اجتماعی ذی‌نفعان محلی برای درک مدیریت مشارکتی تالاب دریاچه زریبار ۳۷۷

بررسی تمایل ذی‌نفعان برای مشارکت در مدیریت و حفاظت از تالاب شهری دریاچه زریبار با استفاده از رویکرد ارزش‌گذاری مشروط ۳۸۶

پیش‌بینی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر وضعیت مدیریتی تالاب زریبار با استفاده از شبکه باور بیزی ۳۹۵

نقش سازمان‌های مردم نهاد در حفاظت از دریاچه زریبار مریوان: امکان‌سنجی طرح دعوی و ظرفیت‌های حقوقی ۴۰۴

بحران دریاچه زریبار: مسأله‌ای هیدرولوژیک یا سوسیولوژیک (زمینه، پیامد، راهکار) ۴۰۹

تحلیل و بررسی ارزش‌ها و چالش‌های دریاچه زریبار ۴۲۴

فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با دریاچه زریبار و راهکارهای محافظتی، پیشگیرانه و مدیریتی مربوطه ۴۳۱

ارزیابی اثرات محیطی گردشگری با روش ماتریس لئوپولد (مطالعه موردی: دریاچه زریبار مریوان) ۴۳۷

بررسی اثرات اقتصادی (گردشگری و اشتغال‌زایی) دریاچه زریبار، با تأکید بر حفظ محیط‌زیست ۴۴۴

پنل ۴: هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار

پایش خشکسالی و اثرات آن بر پوشش گیاهی و تغییرات وسعت آب با استفاده از داده‌های سنجش از دور در حوضه دریاچه زریبار ۴۵۰

پایش تغییرات سطح آب دریاچه زریبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۴۵۶

روند توسعه فیزیکی شهر مریوان و اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی ۴۶۵

شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ی آبریز سیمینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT ۴۷۴

نقش حیاتی سیلاب‌های ورودی در حفظ تالاب مهارلو: چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار ۴۸۰

برآورد pH آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ برای دریاچه زریبار با تأکید بر ساخت معادلات خطی ۴۸۸

بررسی عوامل آلایندگی محیط زیست دریاچه زریبار و ارائه راهکار کایزنی -بهبود مستمر جهت کاهش آن ۴۹۳

مخاطرات مرتبط با آلودگی ماهی با فلزات سنگین: با تأکید بر دریاچه زریبار ۴۹۸

ارزیابی کیفیت هیدروشمیایی آبخوان سرخون استان هرمزگان جهت مصارف کشاورزی و شرب ۵۰۵

مقالات سخنرانی

پنل ۱: حفاظت و تنوع زیستی زریبار

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

تحلیل خصوصیات پوشش گیاهی تالاب زریبار

مهتاب گرگین کرجی[۱]، پرویز کرمی[۲]

۱- عضو گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار پژوهشکده کردستان‌شناسی، سنندج، ایران.
m.gurgin@gmail.com

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه کردستان، عضو گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار پژوهشکده کردستان‌شناسی، سنندج، ایران. p.karami@uok.ac.ir

چکیده

جهت مدیریت، احیاء و حفاظت از تالاب‌ها، مطالعه دقیق علمی آنان بسیار ضروری است؛ این پژوهش به‌منظور تحلیل پوشش گیاهی تالاب زریبار صورت گرفت. در مراحل مختلف فنولوژیک، نمونه‌برداری و شناسایی نمونه‌های گیاهی با پیمایش کامل سطح تالاب انجام شد. نتایج منجر به شناسایی تعداد ۳۳۲ گونه گیاهی متعلق به ۲۱۷ جنس و ۶۱ خانواده شد. تیره‌های Asteraceae، Poaceae، Fabaceae، Brassicaceae و Cyperaceae از لحاظ تعداد گونه، مهم‌ترین تیره‌های گیاهی تالاب زریبار بودند. ۳۸ گونه گیاهان حاشیه‌ای پای در آب، ۱۱ گونه غوطه‌ور یا شناور، ۶۰ گونه رطوبت‌پسند و ۲۲۳ گونه خشکی‌زی تشخیص داده شد. بیشترین گونه حاشیه‌ای متعلق به تیره Cyperaceae و بیشترین گونه شناور یا غوطه‌ور مربوط به تیره Potamogetonaceae بود. شکل‌های زیستی تروفیت‌ها، همی‌کریپتوفیت‌ها و هلیوفیت‌ها به‌ترتیب، به‌لحاظ تعداد فراوان‌ترین اشکال زیستی تشخیص داده شدند و از نظر پراکنش جغرافیایی، بیشتر گونه‌ها به منطقه ایران-تورانی تعلق داشتند. بر اساس معیارهای IUCN، گونه‌های بدون اطلاعات ۶۲ درصد، آسیب‌پذیر با ریسک پایین ۳۵ درصد، ارزیابی شده اما بدون اطلاعات کافی، گونه‌های نزدیک به تهدید و گونه‌های آسیب‌پذیر با ریسک پایین هر کدام ۱ درصد، ترکیب گیاهی را تشکیل دادند. تنوع گونه‌ای بالا، ارزش‌های تالاب زریبار را به‌ویژه از جنبه حفاظت ذخیره‌های ارزشمند ژنتیکی آشکار می‌سازد.

کلید واژه‌ها: فلور، تنوع گونه‌ای، کورولوژی، زریبار، کردستان

Abstract

For the management, restoration, and conservation of wetlands, a thorough scientific study of them is essential. This research was conducted to analyze the vegetation cover of Zrebar Wetland. During various phenological stages, sampling and identification of plant species were carried out by surveying the wetland. The results led to the identification of 332 plant species belonging to 217 genus and 61 families. Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, and Cyperaceae were the most important plant families in Zrebar Wetland in terms of the number of species. Thirty-eight species were identified as emergent plants, 11 as submerged or floating plants, 60 as hygrophytes, and 223 as terrestrial plants. The highest number of emergent species belonged to the Cyperaceae, and the highest number of floating or submerged species belonged to the Potamogetonaceae. In terms of life forms, therophytes, hemicryptophytes, and helophytes were identified as the most abundant life forms, respectively. From a geographical distribution perspective, most species belonged to the Irano-Turanian region. Based on IUCN criteria, the plant composition consisted of 62% Non Iniformation species, 35% Least Concern species, 1% Data Deficient species, 1% Near Threatened species, and 1% Vulnerable species with Low Risk. The high species diversity highlights the values of Zrebar Wetland, especially in terms of conserving valuable genetic resources.

Keywords: Flora, Species diversity, Chorology, Zrebar , Kurdistan.

مقدمه

اقدامات مدیریتی، استراتژی‌های برنامه‌ریزی و حفاظت از تنوع زیستی با آگاهی عمیق از اینکه چه تعداد و کدام گونه‌ها غنای گیاه‌شناسی یک قلمرو را تشکیل می‌دهند، کارآمد و مؤثر هستند. بنابراین، تحقیقات فلورستیک نه تنها در گذشته مهم بوده است، بلکه امروزه نیز نقش به‌سزایی در مطالعات گیاهشناسی دارد، حتی در کشورهایی با سابقه طولانی مدتِ مطالعات فلورستیکی و جایی که فلور از قبل به خوبی شناخته شده است، همچنان گونه‌های جدید یافت شده یا به‌عنوان گونه جدید در علم گیاه‌شناسی به دنیا معرفی می‌شوند (Wagensommer, 2023).

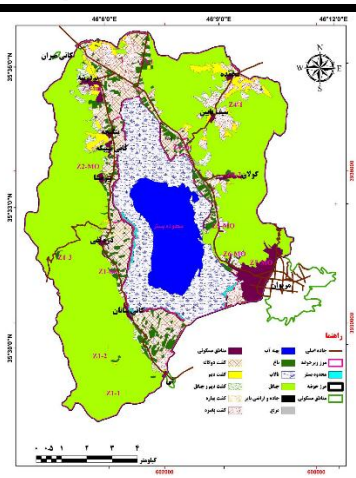
مطالعات مختلفی در سراسر دنیا در مورد تالاب‌ها انجام شده است؛ در محدوده مطالعاتی زریبار نیز تحقیقاتی صورت گرفته است. خراسانی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه تنوع گونه‌های گیاهی حاشیه دریاچه زریبار مریوان، ۲۵۷ گونه گیاهی متعلق به ۵۳ خانواده و ۱۸۳ جنس را در حاشیه دریاچه شناسایی کردند و گونه‌ی گیاهی گوشتخوار دریاچه را *Utricularia neglecta* تشخیص داده‌اند. تبد و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه زریبار، در مجموع ۵۹۰ گونه متعلق به ۳۵۵ جنس و ۸۱ تیره و بزرگترین تیره و جنس را به‌ترتیب تیره کاسنی (با ۴۶ جنس) و جنس شبدر (با ۱۰ گونه) معرفی نمودند. در مقاله خود بیان کرده‌اند که گونه *Utricularia australis* برای اولین بار از غرب ایران گزارش می‌شود. معروفی و علی‌احیایی (۱۳۹۵) عمده‌ترین پوشش طبیعی اکوسیستم زریبار را گیاهان کرانه‌ای با غالبیت جامعه گیاهی نی (*Phragmites austrialis*) می‌دانند. در این تحقیق خانواده‌های گیاهی غالب به‌ترتیب Asteraceae، Poaceae، Papilionaceae و Cyperaceae معرفی و از جنس‌های مهم گیاهی به Carex با ۱۱ گونه اشاره کردند. درخشان و همکاران (۱۳۹۵) با شناسایی و طبقه‌بندی پوشش گیاهان آبزی دریاچه زریبار، چیره‌ترین اجتماع گیاهی پایابی را نی گزارش کردند. آنان ۲۶ گونه آبزی و رطوبت‌پسند را در محدوده آبی و حاشیه دریاچه شناسایی کردند. دیناروند (۱۴۰۰) به مطالعه گیاهان ماندابی ایران پرداخت و نیلوفر آبی (*Nymphaea alba*) را به‌عنوان یکی از گیاهان در معرض خطر نابودی از دریاچه زریبار معرفی کرد. همچنین گونه *Utricularia vulgaris* را به‌عنوان گونه گوشتخوار دریاچه زریبار شناسایی نمود.

تالاب زیبار در یکم فوریه ۲۰۱۹ با شماره ۲۳۶۹ به‌عنوان ۲۵امین تالاب ایران در کنوانسیون رامسر به ثبت رسید (معروفی و علی‌احیایی، ۱۳۹۵). اکوسیستم تالابی زریبار از نظر معیارهای تنوع زیستی، فون متنوع جانوری و گونه‌های گیاهی و جانوری نادر و حمایت شده در رده‌های مختلف IUCN[1] و زیستگاه جمعیت بسیار بالایی از پرندگان مهاجر و نادر، حائز اهمیت است. تالاب زریبار عرصه‌ای با ارزش برای بررسی پرسش‌های اساسی اکولوژیکی است. اقدامات مدیریتی، استراتژی‌های برنامه‌ریزی و حفاظت از تنوع زیستی با آگاهی عمیق از اینکه چه تعداد و کدام گونه‌ها غنای گیاه‌شناسی یک قلمرو را تشکیل می‌دهند، کارآمد و مؤثر هستند، لذا در این مطالعه، ویژگی‌های پوشش گیاهی تالاب زریبار به دقت مورد بازبینی، بررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده‌ی تالاب زریبار که در نقشه با عنوان تالاب مشخص شده، صورت گرفت (شکل ۱).

[1] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

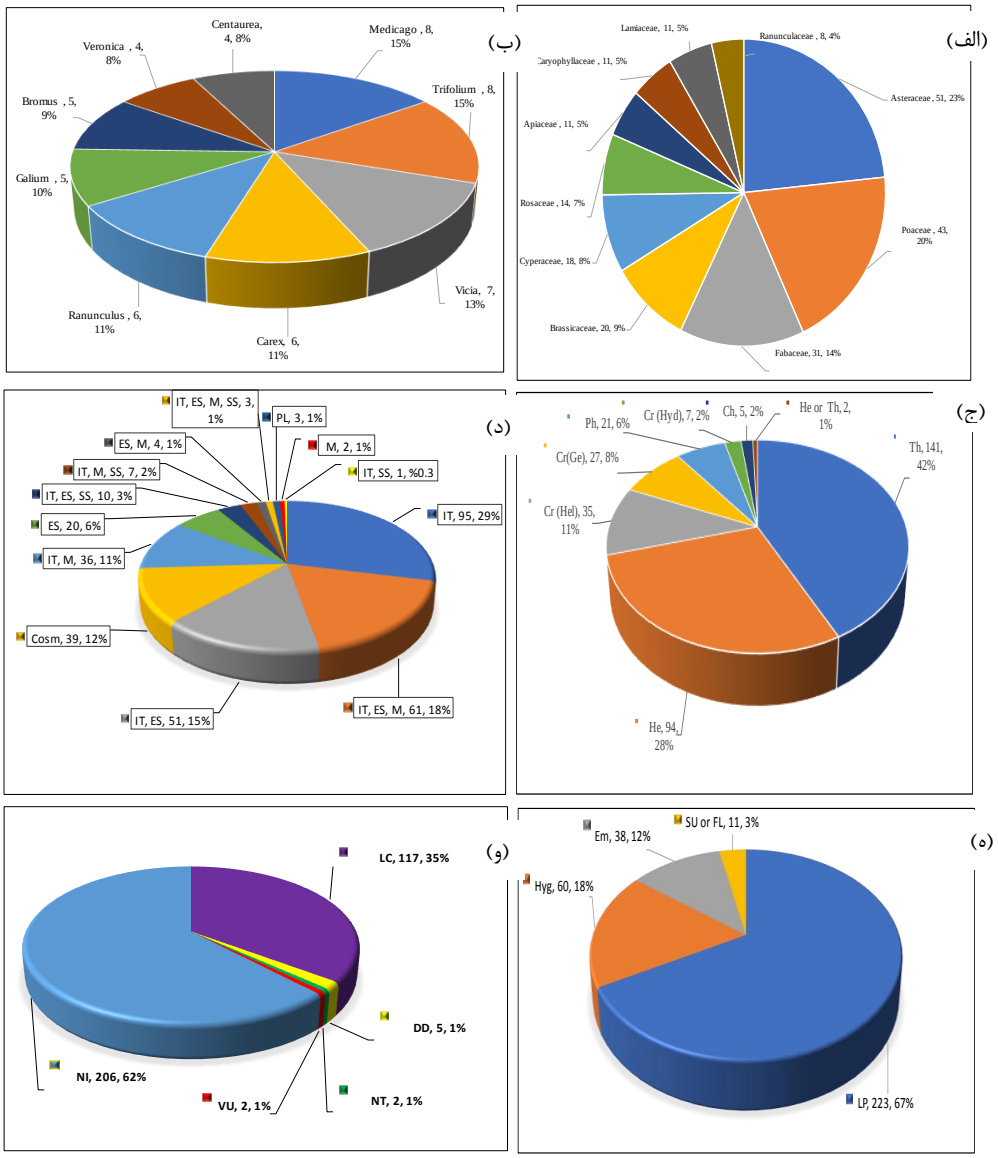


شکل ۱: موقعیت مکانی محدوده مورد مطالعه (تالاب) در حوزه آبخیز دریاچه زریبار

برای انجام این تحقیق بازدید صحرایی، نمونه‌برداری و شناسایی گونه‌های گیاهی در شش مرحله (یک مرحله در سال ۱۴۰۱ و پنج مرحله در سال ۱۴۰۲) صورت گرفت. شیوه نمونه‌برداری به‌صورت کاملاً تصادفی و با پیمایش سطح کل منطقه بود. نمونه‌های گیاهی به کمک ابزار و روش‌های معمول شناسایی گیاهان و منابع موجود نظیر: فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۷۹-۱۳۸۶)، فلور ایران (اسدی و همکاران، ۱۳۶۷-۱۴۰۲)، گیاهان آبزی (حسن‌عباسی، ۱۳۷۷)، فلور ایرانیکا (Rechinger, 1963-2005)، فلور ترکیه (Davis, 1965-1988) و فلور عراق (Townsend *et al.*, 1966-1985) شناسایی و نامگذاری شدند.

نتایج

در این پژوهش تعداد ۳۳۲ گونه گیاهی متعلق به ۲۱۷ جنس و ۶۱ خانواده شناسایی شد (شکل ۲). در شکل ۲ نمودار فراوانی تیره‌های گیاهی با بیشترین تعداد جنس، جنس‌های گیاهی با بیشترین تعداد گونه، شکل زیستی یا تیپ بیولوژیک گیاهی، پراکنش جغرافیایی گیاهان، نوع زیستگاه و طبقه حفاظتی گونه‌های گیاهی نشان داده شده است.



شکل ۲: الف) نمودار فراوانی جنس‌ها در غنی‌ترین تیره‌های گیاهی ب) نمودار فراوانی گونه‌ها در غنی‌ترین جنس‌های گیاهی ج) نمودار شکل زیستی د) نمودار پراکنش جغرافیایی ه) نمودار نوع زیستگاه فلور تالاب زریبار بر حسب تعداد و درصد، و) ۷- نمودار طبقه حفاظتی فلور تالاب زریبار بر حسب تعداد و درصد طبقه حفاظتی گونه‌ها

تیره‌های Asteraceae (۵۱ گونه)، Poaceae (۴۳ گونه)، Fabaceae (۳۱ گونه)، Brassicaceae (۲۰ گونه) و Cyperaceae (۱۸ گونه) از لحاظ تعداد گونه، مهم‌ترین تیره‌های گیاهی تالاب زریبار بوده‌اند. از کل تعداد گونه‌های شناسایی شده، ۳۸ گونه گیاهان حاشیه‌ای پای در آب، ۱۱ گونه غوطه‌ور یا شناور، ۶۰ گونه رطوبت‌پسند و ۲۲۳ گونه خشکی‌زی بوده‌اند. بیشترین گونه حاشیه‌ای متعلق به تیره Cyperaceae (۱۸ گونه) و بیشترین گونه شناور یا غوطه‌ور مربوط به تیره Potamogetonaceae (۵ گونه) بوده است.

شکل ۲ (الف) نشان می‌دهد که در تالاب زریبار تیره‌های Asteraceae، Poaceae و Fabaceae به‌ترتیب با دارا بودن تعداد ۵۱ جنس (۲۳ درصد)، ۴۳ جنس (۲۰ درصد) و ۳۱ جنس (۱۴ درصد) بزرگترین تیره‌های گیاهی به‌لحاظ تعداد جنس هستند. شکل ۲ (ب) بیانگر تعداد گونه در جنس‌های گیاهی می‌باشد و نشان می‌دهد جنس‌های Medicago و Trifolium

هر دو با ۸ گونه (۱۵ درصد) و جنس Vicia با ۷ گونه (۱۳ درصد) به‌ترتیب غنی‌ترین جنس‌های گیاهی به لحاظ تعداد گونه در تالاب زریبار بوده‌اند. براساس نمودار شکل ۲ (ج)، به‌ترتیب تروفیت‌ها یا گیاهان یکساله، همی‌کریپتوفیت‌ها و هلیوفیت‌ها به ترتیب با ۴۲، ۳۵ و ۲۸ درصد کل گونه‌ها، غنی‌ترین شکل زیستی گیاهان تالاب زریبار بوده‌اند. نمودار شکل ۲ (د) پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی تالاب زریبار را نشان می‌دهد براساس این نمودار ۲۹ درصد گونه‌ها به منطقه ایران – تورانی (۹۵ گونه)؛ ۱۸ درصد سه ناحیه‌ای ایران-تورانی، اروپا سیبری و مدیترانه‌ای (۶۱ گونه)؛ و ۱۵ درصد به ایران-تورانی و اروپا سیبری (۵۱ گونه) تعلق دارند. تعداد و درصد گیاهان تالاب زریبار بر اساس نوع زیستگاه در شکل ۲ (ه) نشان داده شده‌اند؛ براین اساس ۶۷ درصد گیاهان شناسایی شده مربوط به گیاهان خشکی‌زی، ۱۸ درصد حاشیه‌ای رطوبت‌پسند، ۱۲ درصد حاشیه‌ای پای در آب و ۳ درصد گیاهان آبزی حقیقی غوطه‌ور/آبزی حقیقی شناور هستند. در شکل ۲ (و) وضعیت حفاظتی گونه‌ها نشان داده شده است که براساس آن گونه‌های بدون اطلاعات ۶۲ درصد، آسیب‌پذیر با ریسک پایین ۳۵ درصد، ارزیابی شده اما بدون اطلاعات کافی، گونه‌های نزدیک به تهدید و گونه‌های آسیب‌پذیر با ریسک پایین هر کدام ۱ درصد، ترکیب گیاهی تالاب زریبار را تشکیل داده‌اند.

نتیجه‌گیری

گیاه با نام فارسی انبانی (پشه‌گیر، پروانه مردابی) که تنها گونه گیاهی گوشتخوار تالاب می‌باشد، در منابع مختلف با اسامی مختلف معرفی شده است (خراسانی و همکاران، ۱۳۹۳ همچنین معروفی و علی‌احیایی، ۱۳۹۵:*Utricularia neglecta*؛ تبد و همکاران، ۱۳۹۵: *Utricularia australis*؛ دیناروند ۱۴۰۰: *Utricularia vulgaris*). براساس بررسی‌های دقیق صورت گرفته در این پژوهش، *Utricularia australis* مورد تأیید است. با توجه به تعداد ۳۳۲ گونه گیاهی شناسایی شده در این تحقیق در تالاب زریبار و مقایسه آن با تعداد ۲۲۱۰ گونه در استان کردستان (معروفی، ۱۳۹۰) و ۸۰۰۰ گونه در کل کشور (مظفریان، ۱۳۹۸) و عنایت به مساحت بسیار کم تالاب زریبار در قیاس با سطح استان و کشور می‌توان نتیجه گرفت که تالاب زریبار یکی از غنی‌ترین رویشگاه‌ها و ذخیره‌گاه‌های کشور می‌باشد. تبد و همکاران (۱۳۹۵) همراستا با نتایج این پژوهش بیان داشتند تنوع در سطح تاکسونومیک گونه، جنس، تیره و فرم‌های رویشی گوناگون ارزش‌های این منطقه را به‌ویژه از جنبه حفاظت ذخیره‌های ارزشمند ژنتیکی آشکار می‌سازد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بخشی از نتایج طرح پژوهشی تحت عنوان "مطالعه اکولوژی و لیمنولوژی تالاب بین‌المللی زریبار با هدف ارائه راهکارهای احیاء تالاب" می‌باشد. نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان و اداره کل محیط‌زیست استان کردستان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

اسدی، م (سر ویراستار). ۱۴۰۲-۱۳۶۷. **فلور ایران شماره ۱۸۳-۱**. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.

تبد، م ع.، جلیلیان، ن.، معروفی، ح. ۱۳۹۵. بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه زریبار، مریوان، کردستان. تاکسونومی و بیوسیستماتیک (مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان)، ۸(۲۹). صفحات ۶۹-۱۰۲.

حسن عباسی، ن. ۱۳۷۷. **گیاهان آبزی**. موسسه فرهنگی انتشاراتی علوم طبیعی پدیده گرگان. چاپ اول. ۲۲۸ ص.

خراسانی، ن.، ریاضی، ب.، علی احیایی، ع. ۱۳۹۳. بررسی تنوع گونه‌های گیاهی حاشیه دریاچه زریبار مریوان. محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، ۶۷(۱). صفحات ۵۳-۶۴.

دیناروند، م. ۱۴۰۰. گیاهان ماندابی ایران. نشریه طبیعت ایران، سال ششم شماره ۲ (پیاپی ۲۷، خرداد و تیر ۱۴۰۰). صفحات ۶۳-۸۳.

قهرمان، ا. ۱۳۸۶-۱۳۷۹. **فلور رنگی ایران ج ۲۶-۱**. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

معروفی، ح. ۱۳۹۰. **طرح تهیه فلور استان‌های مختلف ایران (کردستان)**. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۸۱ ص.

معروفی، ح.، و علی‌احیایی، ع. ۱۳۹۵. دریاچه زریبار، بزرگترین چشمه آب شیرین ایران. نشریه طبیعت ایران، دوره ۱، شماره ۱، شماره پیاپی ۱ آذر و دی ۱۳۹۵. صفحات ۶۵-۶۰.

مظفریان، و. ۱۳۹۸. **آشنایی با گیاهان شاخص ایران**. انتشارات مهکامه. ۱۴۴ ص.

Davis, P.H. (Ed.).1965-1988. **Flora of Turkey. Vols. 1-10**. Edinburgh University Press, Edinburgh.

IUCN. 2023. **The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2023-1. Retrieved from https://www.iucnredlist.org/ On: 26 November 2023.

Rechinger, K.H. (Ed.). 1963-2005. **Flora Iranica. vols: 1-176**. Akademische Druck-U Verlagsanstalt, Graz.

Townsend, C.C., Guest, E., Al-Ravi, A. 1966-1985. **Flora of Iraq. vols. 1-9**. Ministry of Agriculcure of the Republic of Iraq, Baghdad.

Wagensommer, Robert Philipp. 2023. **Floristic Studies in the Light of Biodiversity Knowledge and Conservation**. Plants, 12(16): 2973.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزارکننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توئزینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

مطالعه تنوع زیستی پلانکتون‌های (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) دریاچه زریبار مریوان، استان کردستان

حبیب‌الله محمدی[1*]، عرفان کریمیان[1]، روناک زارعی[2]

۱-استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. ha.mohammadi@uok.ac.ir

۲-دانش‌آموخته گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

دریاچه طبیعی آب شیرین زریبار با مساحت حدود ۲۰۰۰ هکتار و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۹۰ متر در ۳ کیلومتری شهر مریوان استان کردستان واقع شده است. مطالعه تنوع زیستی جوامع پلانکتونی دریاچه زریبار از نظر اکولوژیک و مدیریت کیفی اکوسیستم بسیار ارزشمند است. این پژوهش با هدف بررسی تنوع زیستی گروه‌های مختلف پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) در این دریاچه انجام شد. نمونه‌برداری به‌صورت فصلی از سطح و ستون آب دریاچه انجام گرفت و نمونه‌ها پس از تثبیت در فرمالین ۴٪ به آزمایشگاه منتقل شدند و به کمک کلیدهای شناسایی معتبر گونه‌ها شناسایی و شمارش شدند. نتایج نشان داد که تنوع زیستی در فصل‌های مختلف متفاوت است. در این مطالعه در مجموع ۵۰ جنس، ۳۹ خانواده و ۷ شاخه شناسایی شدند. از این میان، ۱۸ جنس متعلق به شاخه Ochrophyta (Bacillariophyta)، ۴ جنس متعلق به شاخه Charophyta، ۱۵ جنس متعلق به شاخه Chlorophyta، ۲ جنس متعلق به شاخه Chrysophyta، ۵ جنس متعلق به شاخه Cyanobacteria، ۳ جنس متعلق به شاخه Dinoflagellata و ۳ جنس متعلق به شاخه Euglenophyta بودند. Ochrophyta با ۱۸ جنس دارای بیشترین فراوانی و تنوع بین سایر شاخه‌ها شناسایی شد. همچنین در مجموع ۳ شاخه، ۲۴ خانواده و ۳۵ جنس زئوپلانکتون و ۱ شاخه از Ciliata شناسایی شدند. از مجموع زئوپلانکتون‌های شناسایی شده ۲۳ جنس متعلق به شاخه Rotifera، ۱۱ جنس متعلق به شاخه Arthropoda و یک جنس متعلق به شاخه Ciliophora می‌باشند. در مجموع در این مطالعه تغییرات ترکیب و تراکم جمعیتی جوامع فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون دریاچه زریبار مشاهده شد. این تغییرات تنوع زیستی با توجه به تغییرات فصلی و شرایط محیطی معمول و قابل انتظار است.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، تنوع زیستی، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون

Biodiversity study of plankton community (Phytoplankton and Zooplankton) in Zrebar Lake of Marivan, Kurdistan Province

Habibollah Mohammadi[1]*, Erfan Karimian[1], Ronak Zarei[2]
[1]Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. ha.mohammadi@uok.ac.ir
[2]Graduate Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Abstract
Zrebar Lake is a natural freshwater lake with an area of approximately 2,000 hectares and an elevation of 1,390 meters, is located 3 km from Marivan city in Kurdistan Province, Iran. Investigating the biodiversity of planktonic communities (phytoplankton and zooplankton) in Zrebar has significant ecological and water quality management value. This study aimed to assess the biodiversity of planktonic community in the lake. Seasonal sampling was conducted from the surface and water column, and specimens were fixed with 4% formalin before laboratory analysis. Species identification and quantification were performed using validated taxonomic keys. The results revealed seasonal variations in biodiversity. A total of 50 genera, 39 families, and 7 phyllum were identified. Phytoplankton community included: Ochrophyta (Bacillariophyta): 18 genera (most abundant), Charophyta: 4 genera, Chlorophyta: 15 genera, Chrysophyta: 2 genera, Cyanobacteria: 5 genera, Dinoflagellata: 3 genera and Euglenophyta: 3 genera. For zooplankton was 3 phyllum, 24 families, and 35 genera were identified, including: Rotifera: 23 genera, Arthropoda: 11 genera, Ciliophora: 1 genus. Additionally, one phylum of Ciliata was documented. The study observed fluctuations in the composition and population density of phytoplankton and zooplankton communities in the Zrebar, consistent with expected seasonal and environmental dynamics.

Keywords: Zrebar Lake, biodiversity, Phytoplankton, Zooplankton

مقدمه

دریاچه‌ها، تالاب‌ها و سدها مهم‌ترین منابع آب شیرین هستند که دارای فواید بی‌شماری هستند. این اکوسیستم‌ها با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و زیستگاه مهمی را برای زیست آبزیان به‌خصوص ماهیان ایجاد می‌کنند (Seher, 2015). همچنین این منابع آبی دارای مزایای اقتصادی و اجتماعی مانند توریسم هستند و به‌لحاظ زیباشناختی نیز برای تمامی مردم سراسر دنیا بسیار مهم تلقی می‌گردد (Arain *et al.*, 2008). آب‌های داخلی جزء مهم‌ترین منابع با استراتژی خاص در گذشته، حال و آینده می‌باشد. نیاز ضروری انسان به آب و حفظ شرایط طبیعی زندگی انسان روی کره زمین و همچنین افزایش جمعیت بشری، فشار بی‌سابقه‌ای را به منابع آبی وارد کرده است. با نگاهی به کتاب‌های منتشر شده در سال‌های منتهی به ۲۰۱۴ می‌توان به‌خوبی متوجه شد که سهم قابل توجهی از این کتاب‌ها در مورد منابع آب، اهمیت استراتژیک و ارزش اقتصادی و زیست‌محیطی آب می‌باشد. تمامی این موارد نشان از اهمیت روز افزون منابع آبی، به‌خصوص منابع آبی محصور در خشکی و مطالعات لیمنولوژیک آنها دارد (Daowning, 2014). فیتوپلانکتون‌ها یا جلبک‌های آبزی یکی از مهمترین مجامع زیستی دریاچه‌ها می‌باشند که در حفظ تعادل اکولوژیک این اکوسیستم‌ها نقشی مهم و اساسی دارند و باید به‌صورت منظم پایش و مطالعه شوند. عوامل مهمی که ترکیب فیتوپلانکتونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد میزان دسترسی به مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر و سیلیکات است (Bohle, 1995). همچنین زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان پلانکتون‌های جانوری و مصرف کننده‌های اولیه در شبکه غذایی دریاچه‌ها دارای نقش مهمی در کنترل جوامع جلبکی و تعادل شبکه غذایی دارند و همواره در مطالعات لیمنولوژی و اکولوژیک منابع آبی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. این گروه از آبزیان به‌عنوان شاخصی مناسب برای شرایط سلامت اکوسیستم‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Longhurst, 2007). مطالعه زئوپلانکتون‌ها، به‌عنوان شاخص زیستی با توجه به موقعیت آنها در زنجیره غذایی که به‌طور مستقیم با مکانیسم‌های کنترل حرکت‌های بالا-پایین و پایین-بالا مرتبط است. به این دلیل که بعضی از گونه‌های زئوپلانکتونی صافی‌خوار[1] بوده و به‌عنوان پالاینده‌های ستون آب از مواد معلق تغذیه می‌کنند، در بهبود کیفیت آب نیز نقش دارند (Kovalev *et al.*, 1999). همچنین نشان داده شده است که زئوپلانکتون‌ها یک شاخص معتبر برای موقعیت تروفی هستند (Canfield and Jones, 1996; Wang *et al.*, 2007). بنابراین مطالعه تنوع زیستی جوامع پلانکتونی برای مدیریت علمی کمی و کیفی اکوسیستم‌های آبی ضروری می‌باشد. از این رو مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تنوع زیستی پلانکتون‌های (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) دریاچه زریبار مریوان (استان کردستان) به‌اجرا درآمد.

مواد و روش

نمونه‌برداری و شناسایی فیتوپلانکتون (Phytoplankton)

جهت بررسی ساختار جمعیتی فیتوپلانکتون دریاچه با توجه به عمق کم اکوسیستم آبی، نمونه‌برداری از لایه سطحی انجام و نمونه‌های تهیه شده در ظروف پلاستیکی با فرمالین ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. روش نمونه‌برداری و محاسبه تراکم جمعیتی فیتوپلانکتون‌ها با استفاده از منابع (APHA, 2005; Farhadian *et. al.*, 2014, 1989) و شناسایی نمونه‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی (Maosen, 1983; Needham and Needham, 1996) انجام شد. در آزمایشگاه، نمونه‌های فیتوپلانکتونی بعد از همگن کردن توسط سمپلر به لام ۱ میلی‌لیتری سدویک رافتر[2] جهت شناسایی و شمارش منتقل و با میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند.

[1] Filter feeder
[2] Sedgewick rafter

نمونه‌برداری و شناسایی زئوپلانکتون (Zooplankton)

برای نمونه برداری از زئوپلانکتون دریاچه از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. بر اساس اعتبار و دقت روش استاندارد انتخاب می‌شود (Standard Method, 2005). بر این اساس با استفاده از تور پلانکتون‌گیر با چشمه تور ۵۵ میکرومتر جهت بررسی ترکیب و تراکم جمعیت زئوپلانکتون دریاچه از لایه سطحی دریاچه نمونه‌برداری انجام شد. عصاره جمع شده در کلکتورتور را در داخل ظرف پلاستیکی نمونه که مشخصات ایستگاه و تاریخ نمونه‌برداری روی آن ذکر شده جمع‌آوری؛ سپس با فرمالین ۴ درصد تثبیت و برای مطالعه بیشتر به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه بعد از تعیین حجم و همگن کردن، توسط سمپلر به لام ۱ میلی‌لیتری سدویک رافتر جهت شناسایی و شمارش منتقل و به‌وسیله میکروسکوپ به‌طور کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری و بررسی تراکم جمعیتی زئوپلانکتون‌ها بر اساس منابع (سبک‌آرا، و همکاران، ۱۳۸۵؛ Maosen, 1983; APHA, 2005) و شناسایی پلانکتون‌ها براساس کلیدهای شناسایی (Maosen, H. 1983; Needham and Needham, 1996) انجام گرفت.

نتایج

فیتوپلانکتون (Phytoplankton)

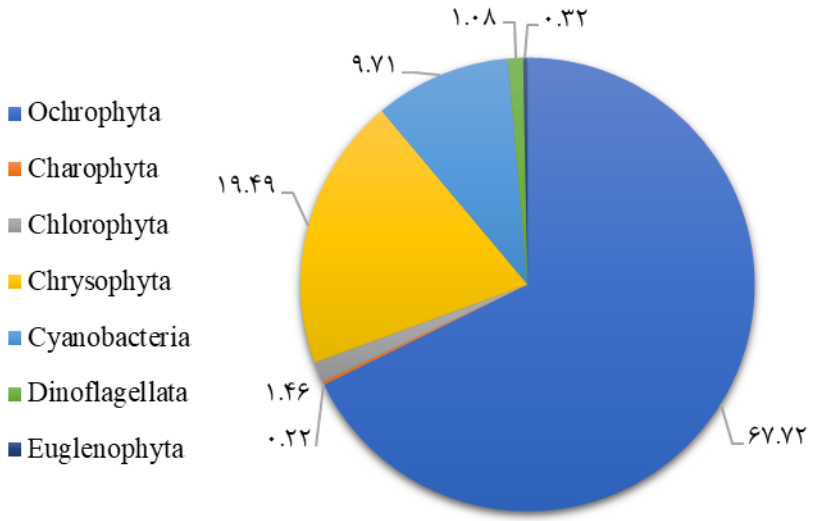
نتایج مطالعه ساختار جمعیتی فیتوپلانکتون دریاچه زریبار در جدول ۱ نشان داده شده است. در مجموع ۵۰ جنس، ۳۹ خانواده و ۷ شاخه شناسایی شدند. از این میان ۱۸ جنس متعلق به شاخه Ochrophyta (Bacillariophyta)، ۴ جنس متعلق به شاخه Charophyta، ۱۵ جنس متعلق به شاخه Chlorophyta، ۲ جنس متعلق به شاخه Chrysophyta، ۵ جنس متعلق به شاخه Cyanobacteria، ۳ جنس متعلق به شاخه Dinoflagellata و ۳ جنس متعلق به شاخه Euglenophyta بودند (جدول ۱). Ochrophyta با ۱۸ جنس دارای بیشترین فراوانی و تنوع بین سایر شاخه‌ها شناسایی شد.

جدول ۱: لیست شاخه‌ها، خانواده‌ها و جنس‌هایی شناسایی شده فیتوپلانکتون زریبار

ردیف	جنس	خانواده	شاخه
۱	*Nitzschia sp.*	Bacillariaceae	Ochrophyta (Bacillariophyta)
۲	*Amphora sp.*	Catenulaceae	
۳	*Cocconoeis sp.*	Cocconeidaceae	
۴	*Coscinodiscus sp.*	Coscinodiscaceae	
۵	*Cymbella sp.*	Cymbellaceae	
۶	*Fragilaria sp.*	Fragilariaceae	
۷	*Synedra sp.*	Fragilariaceae	
۸	*Gomphonema sp.*	Gomphonemataceae	
۹	*Melosira sp.*	Melosiraceae	
۱۰	*Navicula sp.*	Naviculaceae	
۱۱	*Pinnularia sp.*	Pinnulariaceae	
۱۲	*Epithemia sp.*	Rhopalodiaceae	
۱۳	*Rhopalodia sp.*	Rhopalodiaceae	
۱۴	*Selenastrum sp.*	Selenastraceae	
۱۵	*Stauroneis sp.*	Stauroneidaceae	

	Stephanodiscaceae	*Cyclotella sp.*	۱۶
	Surirellaceae	*Cymatopleura sp.*	۱۷
	Tabellariaceae	*Diatom sp.a*	۱۸
Charophyta	Closteriaceae	*Coelastrum sp.*	۱۹
	Desmidiaceae	*Arthrodesmus sp.*	۲۰
		Cosmarium sp.	۲۱
		Staurastru sp.m	۲۲
Cyanobacteria	Chroococcaceae	*Gloeocapsa sp.*	۲۳
	Merismopediaceae	*Merismopedia sp.*	۲۴
	Microcystaceae	*Microcystis sp.*	۲۵
	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria sp.*	۲۶
	Rivulariaceae	*Rivulari sp.a*	۲۷
Chrysophyta	Dinobryaceae	*Dinobryon sp.*	۲۸
	Ophiocytiaceae	*Ophiocytium sp.*	۲۹
Dinophyceae	Ceratiaceae	*Ceratium sp.*	۳۰
	Gymnodiniaceae	*Glenodinium sp.*	۳۱
	Peridiniaceae	*Peridinium sp.*	۳۲
Euglenophyta	Euglenaceae	*Euglena sp.*	۳۳
		Phacus sp.	۳۴
		Trachelomonas sp.	۳۵
Chlorophyta	Schizochlamydaceae	*Planktosphaeria sp.*	۳۶
	Chlamydomonadaceae	*Chlamydomonas sp.*	۳۷
	Chlorellaceae	*Chlorella sp.*	۳۸
	Chlorellaceae	*Actinastrum sp.*	۳۹
	Chlorococcaceae	*Tetraedron sp.*	۴۰
	Hydrodictyaceae	*Pediastrum sp.*	۴۱
	Hydrodictyaceae	*Sorastrum sp.*	۴۲
	incertae sedis	*Crucigenia sp.*	۴۸
	Oocystaceae	*Chodatella sp.*	۴۹
	Oocystaceae	*Nephrocystis sp.*	۵۰
	Oocystaceae	*Oocystis sp.*	۵۱
	Scenedesmaceae	*Scenedesmus sp.*	۵۲
	Selenastraceae	*Ankistrodesmus sp.*	۵۳
	Trebouxiaceae	*Trebouxia sp.*	۵۴
	Treubariaceae	*Terubaria sp.*	۵۵

فراوانی فیتوپلانکتون‌های شناسایی شده در طی دوره یکساله براساس شاخه در شکل ۱ نشان داده شده است. بر این اساس، شاخه Ochrophyta با ۶۷/۷۲ درصد دارای بیشترین فراوانی بود.



شکل ۱: درصد فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتون شناسایی شده دریاچه زریبار در طی دوره مطالعه

نتایج میانگین کل تراکم فیتوپلانکتون در فصول مختلف نمونه‌برداری در دریاچه زریبار در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین تراکم طی دوره مطالعه مربوط به فصل تابستان (شهریور) (۲۰۱۸۶۲۰ cell/l) و کمترین آن مربوط به زمستان (دی ماه) (۶۳۹۳۱۰cell/l) بود. همچنین براساس نتایج شکل ۲، جنس‌های *Melosira*، *Dinobryon*، *Gloeocapsa*، *Cyclotella* و *Microcystis* دارای بیشترین تراکم طی دوره مطالعه بودند. همچنی مشاهده فیتوپلانکتون Microcystis نگران‌کننده می‌باشد. این گونه از شاخه سیانوباکتری‌ها بوده و می‌تواند در فصول گرم سال با شکوفایی جلبکی مرگبار باعث افت شدید کیفیت اب و تلفات شدید آبزیان بخصوص ماهی‌ها شود.

جدول ۲: تراکم فیتوپلانکتون‌های شناسایی شده زریبار (تراکم در سی‌سی)

	فصل / فیتوپلانکتون	زمستان ۱۴۰۱	بهار ۱۴۰۲	تابستان ۱۴۰۲	پائیز ۱۴۰۲	میانگین + انحراف معیار
۱	*Actinastrum sp.*		۰/۰۰۴			۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
۲	*Amphora sp.*	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲ ± ۰/۰۱۱
۳	*Ankistrodesmus sp.*	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸			۰/۰۱ ± ۰/۰۰۳
۴	*Arthrodesmus sp.*		۰/۰۰۴			۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
۵	*Ceratium sp.*		۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۱ ± ۰/۱۵
۶	*Chlamydomonas sp.*	۰/۰۲	۰/۰۰۴		۰/۲۱	۰/۰۸ ± ۰/۱۲
۷	*Chlorella sp.*				۰/۰۱	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷
۸	*Chodatella sp.*	۰/۰۰۴				۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
۹	*Cocconeis sp.*			۰/۰۳		۰/۰۲ ± ۰/۰۳
۱۰	*Coelastrum sp.*	۰/۰۲	۲/۸۷		۰/۰۹	۲/۱۸ ± ۲/۷

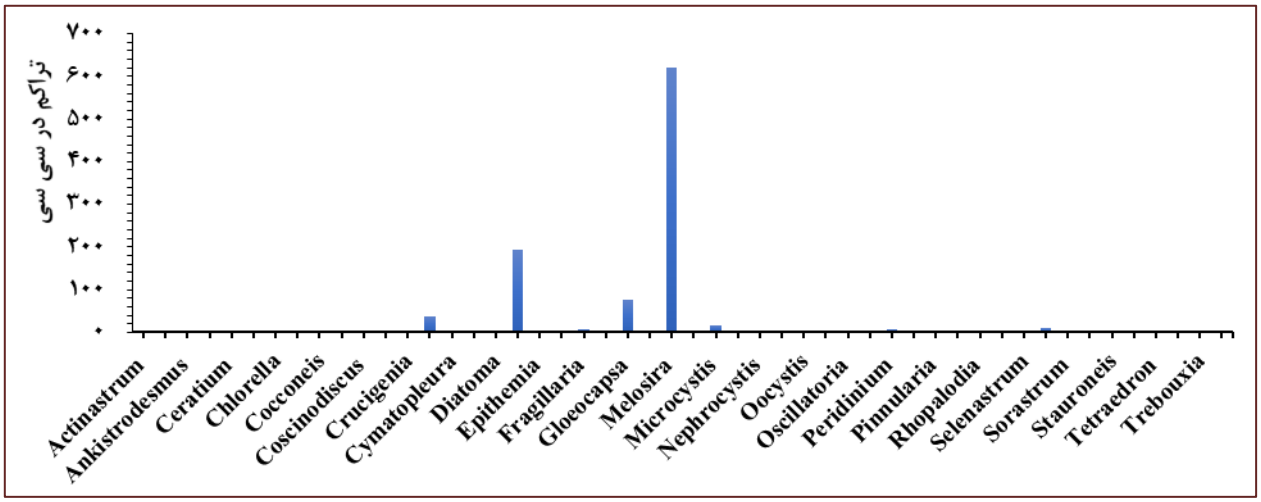
۱۱	*Coscinodiscus sp.*	۰/۰۱				۰/۰۱ ± ۰/۰۰۸
۱۲	*Cosmarium sp.*	۰/۰۰۴				۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
۱۳	*Crucigenia sp.*	۰/۰۱	۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۵۲ ± ۰/۹۸
۱۴	*Cyclotella sp.*	۳۱/۱۶	۶۶/۳۶	۴۱/۴	۱۵/۱۲	۳۸/۵۶ ± ۲۱/۴۹
۱۵	*Cymatopleura sp.*	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳ ± ۰/۰۲
۱۶	*Cymbella sp.*	۰/۰۲	۰/۱۶۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳	۰/۰۶ ± ۰/۰۷
۱۷	*Diatoma sp.*	۰/۹۱	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۲۷ ± ۰/۴۳
۱۸	*Dinobryon sp.*	۰/۵۴	۲۳۱/۹	۵۲۲/۷۴	۱۴/۹۲	۱۹۲/۵۳ ± ۲۴۴/۲۷
۱۹	*Epithemia sp.*	۰/۰۰۴			۰/۱۱	۰/۰۶ ± ۰/۰۷
۲۰	*Euglena sp.*		۰/۰۳	۱/۱۶		۰/۶ ± ۰/۸
۲۱	*Fragillaria sp.*	۱۱/۲۳	۰/۱۸	۲/۶۳	۱۰/۳۲	۶/۰۹ ± ۵/۵
۲۲	*Gleodinium sp.*			۶/۶۴	۰/۴۲	۳/۵۳ ± ۴/۴
۲۳	*Gloeocapsa sp.*	۰/۷۴	۱۶۴/۴	۱۳۰/۳	۷/۳۲	۷۵/۷ ± ۸۳/۹۵
۲۴	*Gomphonema sp.*			۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۱۲ ± ۰/۰۰۳
۲۵	*Melosira sp.*	۵۸۰	۱۹/۲	۱۲۲۰	۶۶۰	۶۱۹/۸ ± ۴۹۱/۳
۲۶	*Merismopedia sp.*	۰/۰۱		۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵ ± ۰/۰۴
۲۷	*Microcystis sp.*	۱/۴۷	۲۴/۴	۳۹/۳	۳/۲۴	۱۷/۰۹ ± ۱۸/۰۸
۲۸	*Navicula sp.*	۷/۴۱	۲/۹	۵/۴۵	۰/۳	۴/۰۱ ± ۳/۰۹
۲۹	*Nephrocystis sp.*		۰/۰۰۴	۰/۰۱		۰/۰۱ ± ۰/۰۰۴
۳۰	*Nitzschia sp.*	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴		۰/۰۲	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹

ادامه جدول ۲: تراکم فیتوپلانکتون‌های شناسایی شده زریبار (تراکم در سی سی)

		زمستان ۱۴۰۱	بهار ۱۴۰۲	تابستان ۱۴۰۲	پائیز ۱۴۰۲	میانگین + انحراف معیار
۳۱	*Oocystis sp.*				۰/۰۳	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۳
۳۲	*Ophiocytium sp.*			۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۲
۳۳	*Oscillatoria sp.*	۰/۸۷	۳/۰۴	۸/۳۵	۰/۲۵	۰/۰۷ ± ۰/۰۹
۳۴	*Pediastrum sp.*	۰/۰۲	۰/۲	۱/۲۴	۰/۰۶	۳/۱۲ ± ۳/۶۸
۳۵	*Peridinium sp.*	۱/۸۸	۲۰/۱	۲/۵۶	۳/۷	۷/۰۵ ± ۸/۷
۳۶	*Phacus sp.*		۰/۰۰۴	۴/۸	۰/۳۵	۱/۷۱ ± ۲/۷
۳۷	*Pinnularia sp.*	۰/۰۴		۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳ ± ۰/۰۱۲
۳۸	*Planktosphaeria sp.*	۰/۰۰۴				۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
۳۹	*Rhopalodia sp.*	۰/۰۱	۰/۰۰۸		۰/۰۲	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷
۴۰	*Rivularia sp.*			۰/۰۱		۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷
۴۱	*Selenastrum sp.*			۰/۰۱		۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷

۴۲	*Scenedesmus sp.*	۲/۷۴	۲۱/۲	۱۴/۷۳	۱/۷۲	۱۰/۱ ± ۹/۴۶
۴۳	*Sorastrum sp.*		۰/۰۲	۰/۰۲		۰/۰۲ ± ۰
۴۴	*Staurastrum sp.*		۰/۰۴			۰/۰۲ ± ۰/۰۳
۴۵	*Stauroneis sp.*	۰/۰۰۴	۰/۰۱		۰/۰۲	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۸
۴۶	*Synedra sp.*	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷
۴۷	*Tetraedron sp.*	۰/۰۴	۱/۹۴	۴/۱۲	۰/۸۴	۱/۷۴ ± ۱/۷۷
۴۸	*Trachelomonas sp.*	۰/۰۲	۱/۵۲	۱/۸	۰/۰۷	۰/۸۵ ± ۰/۰۰۳
۴۹	*Trebouxia sp.*				۰/۲	۰/۱ ± ۰/۱۴
۵۰	*Treubaria sp.*	۰/۰۶	۰/۴۴	۴/۹	۰/۳	۱/۴۳ ± ۲/۳۳
تراکم کل		۶۳۹/۳	۵۳۶/۲	۲۰۱۸/۶۲	۷۲۰/۰۹	۹۸۵/۳ ± ۶۹۱/۹

مقایسه بین تراکم کل گونه‌های فیتوپلانکتون در کل دوره مطالعه در دریاچه در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس جنس *Melosira* با ۶۱۹/۸ هزار عدد در لیتر دارای بیشترین تراکم در کل دوره می‌باشد.



شکل ۲: میانگین سالانه فیتوپلانکتون‌های شناسایی شده دریاچه زریبار

۳-۲- نتایج زئوپلانکتون (Zooplankton)

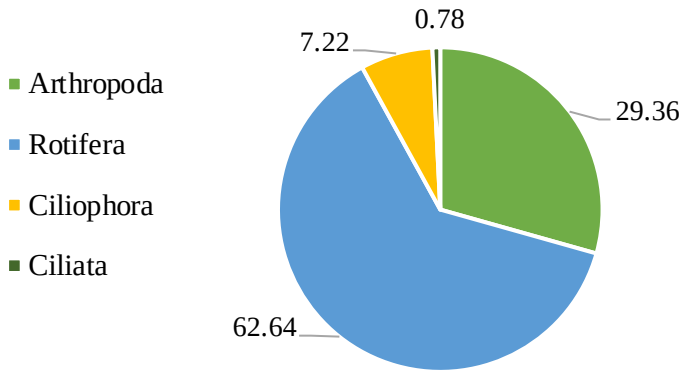
نتایج مطالعه ترکیب جمعیتی زئوپلانکتون دریاچه زریبار در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج در مجموع ۳ شاخه، ۲۴ خانواده و ۳۵ جنس زئوپلانکتون و ۱ شاخه از Ciliata شناسایی شدند. از مجموع زئوپلانکتون‌های شناسایی شده ۲۳ جنس متعلق به شاخه Rotifera، ۱۱ جنس متعلق به شاخه Arthropoda و یک جنس متعلق به شاخه Ciliophora می‌باشند.

جدول ۳: لیست شاخه‌ها، خانواده‌ها و جنس‌های شناسایی شده زئوپلانکتون دریاچه زریبار

ردیف	جنس	خانواده	شاخه
۱	*Bosmina*	Bosminidae	Arthropoda
۲	*Diacyclops*	Calanoidae	
۳	*Canthocamptus*	Canthocamptidaer	
۴	*Pleuroxus*	Chydoridae	
۵	*Alona*	Chydoridae	
۶	*Cyclops*	Cyclopoidae	
۷	*Ceriodaphnia*	Cyclopoidae	
۸	*Nauplius*	Cyclopoidae	
۹	*Daphnia*	Daphniidaed	
۱۰	*Podon*	Podonidae	
۱۱	*Diaphanosoma*	Sididae	

Rotifera	Asplanchnidae	*Asplanchna*	۱۲
	Brachionidae	*Brachionus*	۱۳
	Brachionidae	*Keratella*	۱۴
	Brachionidae	*Platyias*	۱۵
	Gastropodidae	*Ascomorpha*	۱۶
	Lecanidae	*Lecane*	۱۷
	Lecanidae	*Monostyla*	۱۸
	Lepadellidae	*Colurella*	۱۹
	Lepadellidae	*Lepadella*	۲۰
	Lindiidae	*Lindia*	۲۱
	Notommatidae	*Cephalodella*	۲۲
	Philodinidae	*Philodina*	۲۳
	Philodinidae	*Rotaria*	۲۴
	Proalidae	*Proales*	۲۵
	Scaridiidae	*Scaridium*	۲۶
	Synchaetidae	*Polyarthra*	۲۷
	Synchaetidae	*Pompholyx*	۲۸
	Synchaetidae	*Pleosoma*	۲۹
	Testudinellidae	*Testudinella*	۳۰
	Trichocercidae	*Diurella*	۳۱
	Trichocercidae	*Trichocerca*	۳۲
	Trichotriiidae	*Trichotria*	۳۳
	Trochosphaeridae	*Filina*	۳۴
Ciliophora	Codonellidae	*Tintinopsis*	۳۵
Ciliata			۳۶

فراوانی زئوپلانکتون‌های شناسایی شده در طی دوره یکساله بر اساس شاخه در شکل ۳ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج، شاخه Rotifera با ۶۲/۶۴ درصد دارای بیشترین فراوانی بود.



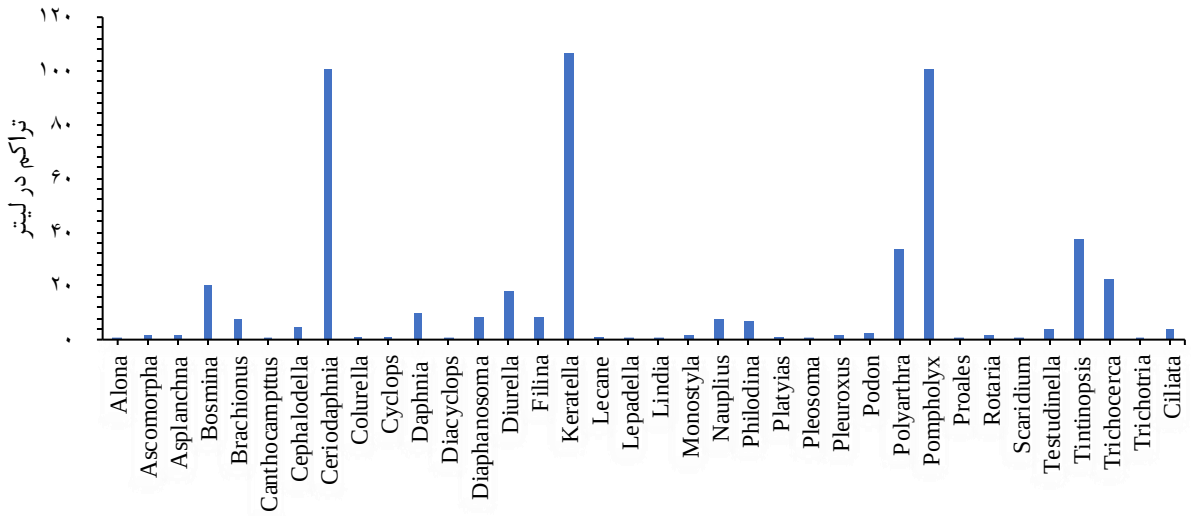
شکل ۳: شکل درصد فراوانی شاخه‌های زئوپلانکتون شناسایی شده دریاچه زریبار

نتایج تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف نمونه‌برداری در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین تراکم طی دوره مطالعه مربوط به فصل زمستان (۷۲۵/۲ cell/l) و کمترین آن مربوط فصل تابستان (۱۵۰/۱ cell/l) بود. همچنین میانگین تراکم یکساله در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴۱۶/۰۸±۲۹۸/۲۳ بود. همچنین براساس نتایج شکل ۲، جنس‌های *Pompholyx*، *Ceriodaphnia* و *Keratella* دارای بیشترین تراکم طی دوره مطالعه بودند.

جدول۴: تراکم (cell/l) زئوپلانکتون‌های شناسایی شده دریاچه زریبار

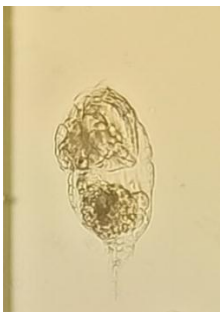
فصل / زئوپلانکتون	زمستان	بهار	تابستان	پائیز	میانگین ± انحراف معیار
Alona	۰	۰/۱	۰	۰	۰/۰۶ ± ۰/۰۸
Ascomorpha	۰	۰	۱/۹۴	۲/۰۳	۱/۹۸ ± ۰/۰۶
Asplanchna	۰	۰	۳/۵۱	۰	۱/۷۵ ± ۲/۴۸
Bosmina	۵۲/۵۵	۱۶/۳	۲/۶۶	۹/۸	۲۰/۳۲ ± ۲۲/۲
Brachionus	۱/۳۳	۸/۵	۴/۳	۱۵/۲۳	۷/۳۳ ± ۶/۰۲
Canthocampttus	۰	۱/۲	۰	۰	۰/۶۱ ± ۰/۸۶
Cephalodella	۳/۵۳	۳/۴	۷/۹۹	۰	۴/۹۹ ± ۲/۶
Ceriodaphnia	۶/۳۴	۳۸۶/۹	۴/۵	۴/۸	۱۰۰/۶۳ ± ۱۹۰/۸۶
Colurella	.	۰	۱/۸۴	۰	۰/۹۲ ± ۱/۳
Cyclops	۰/۱۳	۱	۱/۳۴	۰/۹۳	۰/۸۵ ± ۰/۵۱
Daphnia	۰/۱۳	۱۹/۶	۰	۰	۹/۸۹ ± ۱۳/۸
Diacyclops	۰	۰/۱	۰	۰	۰/۰۵ ± ۰/۰۶
Diaphanosoma	۰	۰	۱۶/۱۳	۰	۸/۰۷ ± ۱۱/۴۱
Diurella	۰	۳۶/۳	۱/۹۷	۱۵/۷۴	۱۸/۰۱ ± ۱۷/۲۹
Filina	۰	۰	۱۷/۰۳	۰	۸/۵۱ ± ۱۲/۰۴
Keratella	۳۴۰/۱	۸/۳	۳/۴۳	۷۴/۳۳	۱۰۶/۵۵ ± ۱۵۹/۰۳
Lecane	۰	۰	۱/۶۴	۰	۰/۸۲ ± ۱/۱۶

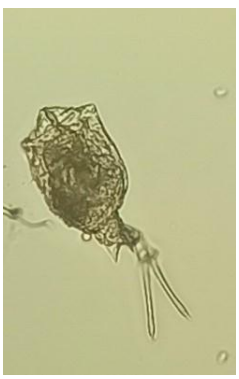
Lepadella	۰	۰	۰/۵۷	۰	۰/۲۹ ± ۰/۴
Lindia	۰	۰	۰/۷۱	۰	۰/۳۶ ± ۰/۵
Monostyla	۰	۰	۱/۹	۰/۹۳	۱/۴۲ ± ۰/۶۹
Nauplius	۳/۷	۱۳/۹	۱/۷	۱۱/۳	۷/۶۵ ± ۵/۸۷
Philodina	۰	۰	۱۰/۶	۳/۷۶	۷/۱۸ ± ۴/۸۴
Platyias	۰	۱/۱	۱/۳	۰/۵۱	۰/۹۸ ± ۰/۴۱
Pleosoma	۰	۰/۱	۰	۰/۸۸	۰/۴۹ ± ۰/۵۶
Pleuroxus	۰	۳/۴	۰	۰	۱/۷۲ ± ۲/۴۳
Podon	۰	۵/۳	۰	۰	۲/۶۶ ± ۳/۷۶
Polyarthra	۲۹/۳	۲۶/۳	۴۲/۴۲	۳۷/۶۱	۳۳/۹۱ ± ۷/۴۲
Pompholyx	۲۰۱/۵	۰	۰	۰	۱۰۰/۷۴ ± ۱۴۲/۴۶
Proales	۰	۰	۰/۵۷	۰	۰/۲۹ ± ۰/۴
Rotaria	۰	۰/۲	۳/۵۹	۰	۱/۸۹ ± ۲/۳۹
Scaridium	۰	۰	۰	۰/۷۵	۰/۳۷ ± ۰/۵۳
Testudinella	۰	۰	۷/۵۵	۰	۳/۷۸ ± ۵/۳۴
Tintinopsis	۷۴/۸	۰/۱	۰	۰	۳۷/۴۸ ± ۵۲/۸۴
Trichocerca	۳۸/۸	۴۹/۴	۰/۷۵	۰/۷۵	۲۲/۴۲ ± ۲۵/۴
Trichotria	۰	۰	۰/۷۵	۰	۰/۳۷ ± ۰/۵۳
Ciliata	۰	۰	۸/۱	۰	۴/۰۵ ± ۵/۳۷
تراکم کل	**۷۵۲/۲**	**۵۸۱/۸**	**۱۵۰/۱**	**۱۸۰/۲۲**	**۴۱۶/۰۸ ± ۲۹۸/۲۳**



شکل ۴: زئوپلانکتون‌های شناسایی شده دریاچه زریبار

جدول ۵: تصاویر زئوپلانکتون‌های شناسایی شده دریاچه زریبار

Diaphanosoma		
		
Cephalodella	***Rotaria***	***Philodina***
Bosmina	***Monostyla***	
Diurella	***Brachionus***	

Lepadella	***Cyclops***	***Testudinella***
Asplanchna	***Platyias***	***Polyarthra***
Nauplius	***Filina***	***Ceriodaphnia***
		
Trichotria	***Ascomorpha***	***Keratella***

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه ترکیب جمعیتی فیتوپلانکتون دریاچه زریبار نگران‌کننده است. بر اساس این نتایج تراکم بسیار بالای جلبک خصوصاً در زمان‌های گرم سال مثل تابستان (حدود ۲ میلیون در لیتر) مشکلات اکولوژیک و کیفی خاصی در اکوسیستم دریاچه ایجاد می‌کند و باعث نوسانات شدید شبانه‌روزی برخی فاکتورهای زیستی مهم برای آبزیان از قبیل اکسیژن محلول، pH و دی‌اکسیدکربن شود. همچنین تنوع بالا (حدود ۵۰ جنس و گونه) و حضور برخی گونه‌های خطرناک مثل جلبک Microcystis نگرانی مضاعفی ایجاد می‌کند. این جلبک از گروه سیانوباکترها بوده و می‌تواند در اواسط تابستان با شکوفایی جلبکی و ترشحات سمی شرایط کشنده و حادی را برای آبزیان؛ خصوصاً ماهیان ایجاد کند. همچنین حضور *Melosira* با ۶۱۹/۸ هزار عدد در لیتر که بیشترین تراکم در کل دوره را نیز داشت می‌تواند باعث شکوفایی شدید و تغییر طعم و بوی آب شود. نتایج نشان داد که میانگین تراکم سالانه فیتوپلانکتون در دریاچه زریبار ۹۸۵/۳ عدد در میلی‌لیتر بود. این نتیجه در مقایسه با دریاچه‌هایی مثل داریان با ۷۲۱ سلول در میلی‌لیتر (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱)، نتایج مطالعات سبک‌آرا و مکارمی (۱۳۸۲) در مورد دریاچه سد ماکو با تراکم ۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر تا حدودی نزدیک است اما برای دریاچه زریبار با این عمق کم و جریان ورودی ضعیف و ورود مواد مغذی فراوان بسیار نگران کننده است و باید مدیران این اکوسیستم به فکر راهکارهای کنترل جوامع جلبکی و فیتوپلانکتونی دریاچه باشند. حضور فیتوپلانکتون‌هایی نظیر *Oscillatoria* sp.، *Melosira* sp.، *Glenodinium* sp.، *Cyclotella* sp. و Microcystis در فصل تابستان قدرت ایجاد شکوفایی جلبکی سمی را دارند و می‌توانند باعث اختلال در دریاچه شوند. این دریاچه از اواخر اواخر بهار تا اواخر تابستان با در دسترس بودن مواد مغذی فراوان و گرم شدن هوا مستعد شکوفایی جلبکی می‌باشد و باید مدیران مربوطه آمادگی این شرایط را داشته باشند و مجموعه اقدامات مدیریتی لازم اعمال شود.

عواملی نظیر اکسیژن، نور، دما، جریانات آبی، غذا، بیماری، رقابت و تأثیر شکارچی بر جوامع و غالبیت زئوپلانکتون اثرگذار می‌باشد (مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۷). در مجموع مهم‌ترین عامل در تولیدات پلانکتونی در دریاچه‌ها کیفیت آب، طول سواحل، حوضه دریاچه و ترکیب آبزیان نیز بسیار مهم هستند. دریاچه‌های با عمق کم تولیدات بیشتری نسبت به دریاچه‌های عمیق دارند، زیرا بیشتر منطقه تولیدات، تحت تأثیر نور آفتاب است و به‌لحاظ مدیریتی حساس می‌باشند. در دریاچه‌های کم‌عمق این لایه‌ها به سبب کم‌عمق بودن دریاچه در تماس با لایه‌های عمقی هستند و تولیدات پلانکتونی در تمامی لایه‌های آب صورت می‌گیرد. محققان متعددی پویایی جمعیت زئوپلانکتون‌ها را در اکوسیستم‌های مختلف آبی بررسی کرده و نشان داده‌اند که زئوپلانکتون‌ها در ساختار شبکه غذایی، مصرف فیتوپلانکتون، باکتری و دیگر موجودات ریز و همچنین به‌عنوان منبع غذایی برای ماهی و سایر بی‌مهرگان جایگاه اساسی دارد به‌طوری‌که حتی به نقش آنها در بعضی مناطق در کنترل شکوفایی فیتوپلانکتونی اشاره شده است (Walsh and O'Neil, 2014; Dhib *et al.*, 2015). میانگین سالانه تراکم زئوپلانکتون دریاچه زریبار ۴۱۶/۱۴ عدد در لیتر بود. اگر چه این تراکم به نسبت تراکم زئوپلانکتون در دریاچه‌هایی در این منطقه مثل دریاچه گاران مریوان با ۷۶ عدد در لیتر (بهرامی‌کمانگر و همکاران، ۱۳۹۷)، دریاچه داریان (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲) با ۳۶۶/۲ عدد در لیتر و دریاچه شویر و میرزاخانلو به‌ترتیب با تراکم سالانه ۲۰۹ و ۳۰۰ عدد در لیتر (میرزاجانی، ۱۳۸۸) تا حدودی بیشتر است اما در مقایسه با دریاچه گلبلاغ بیجار با تراکم ۲۸۲۴ عدد در لیتر (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳)، سد خندق‌لو، ارس و مهاباد به‌ترتیب با ۱۱۳۴، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ عدد در لیتر (صفایی، ۱۳۷۶؛ عبدالملکی، ۱۳۹۳) کمتر می‌باشد. این تراکم کمتر در این دریاچه با تراکم بالای فیتوپلانکتون و سطح تروفی بالا می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که شرایط برای رشد و زندگی جوامع زئوپلانکتونی خیلی مناسب نیست.

میانگین سالانه تراکم زئوپلانکتون دریاچه زریبار ۴۱۶/۱۴ عدد در لیتر بود. اگر چه این تراکم به نسبت تراکم زئوپلانکتون در دریاچه‌هایی در این منطقه مثل دریاچه گاران مریوان با ۷۶ عدد در لیتر (بهرامی‌کمانگر و همکاران، ۱۳۹۷)، دریاچه داریان (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱) با ۳۶۶/۲ عدد در لیتر و دریاچه شویر و میرزاخانلو به‌ترتیب با تراکم سالانه ۲۰۹ و ۳۰۰ عدد در لیتر (میرزاجانی، ۱۳۸۸) تا حدودی بیشتر است اما در مقایسه با دریاچه گلبلاغ بیجار با تراکم ۲۸۲۴ عدد در لیتر (محمدی و

همکاران، ۱۳۹۳)، سد خندق‌لو، ارس و مهاباد به‌ترتیب با ۱۱۳۴، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ عدد در لیتر (صفایی، ۱۳۷۶؛ عبدالملکی، ۱۳۹۳؛ عبدالملکی و همکاران، ۱۳۷۹) کمتر می‌باشد. این تراکم کمتر در این دریاچه با تراکم بالای فیتوپلانکتون و سطح تروفی بالا می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که شرایط برای رشد و زندگی جوامع زئوپلانکتونی خیلی مناسب نیست. همچنین می‌تواند به دلایلی از قبیل ظهور جلبک‌های سیانوباکتر و ترشح مواد سمی و افت کیفیت آب دریاچه زریبار باشد.

منابع

بهرامی کمانگر، ب. محمدی، ح. کریمیان، ع. قادری، ا. زادمجید. و. ۱۳۹۷. **مطالعه لیمنولوژی و ارزیابی ذخائر سد گاران مریوان به منظور انجام فعالیت‌های شیلاتی**. اداره شیلات استان کردستان. ۱۷۰ ص.

عبدالملکی، ش.، میرزاجانی، ع. ر.، خداپرست، س. ح.، صابری، ح.، بابایی، ه.، سبک آرا، ف. ج.، مکارمی، م.، خطیب حقیقی، س.، غنی نژاد، د.، یوسف زاد، ا.، نوروزی، ه.، نهرور، م.ر.، خدمتی، ک.، نیک‌پور، م.، راستین، ر.، محسن پور، ح. ۱۳۹۳. **مطالعه سد خاکی خندقلو شهرستان ماهنشان استان زنجان**. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران. ۲۰۷ صفحه.

عبدالملکی، ش.، سبک آرا، ج.، شمالی، م.، عباسی، ک.، قانع، ا. میرهاشمی نسب، ف. ۱۳۷۹. **گزارش نهایی مطالعات شیلاتی دریاچه سد مهاباد**. انتشارات معاونت آبزیان شیلات ایران. ۱۵۷ صفحه.

صفائی، س. ۱۳۷۶. **گزارش نهایی مطالعات جامع ارس**. شرکت سهامی شیلات ایران. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان. مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر. ۱۴۰ صفحه.

سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۴. **سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه ریزی و توسعه مدیریت**. ۶۴ صفحه.

سبک آرا، ج.، مکارمی، م. ۱۳۸۲. **بررسی پراکنش و تراکم پلانکتونی دریاچه سد ماکو**. مجله علمی شیلات ایران. سال دوازدهم. شماره ۲، صفحات ۴۶-۲۹.

شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶. http://daminfo.wrm.ir/fa/home

۴-فرهادیان، ا.، صداقت، ر.، پولادی، م.، شرفی، ر. ۱۳۹۳. **پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون درمصب رودخانه حله (خلیج فارس -ایران)**. مجله بوم شناسی کاربردی، شماره نهم. صفحات ۲۷-۱۵.

محمدی، ح. کریمیان، ع. بهرامی کمانگر، ب.ب. قادری، ا. ۱۴۰۲. **طرح پژوهشی بررسی وضعیت تروفی و توان تولید آب دریاچه سد داریان در راستای تولید ماهی، اشتغالزایی و کارآفرینی در منطقه**. اداره کل شیلات استان کرمانشاه.

مهندسین مشاور آسراب، ۱۳۷۸. **مطالعات جامع لیمنولوژیک دریاچه پشت سد گاوشان کامیاران**. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شرکت سهامی شیلات ایران.

میرزاجانی، ع. ۱۳۸۸. **مطالعه دریاچه سدهای خاکی شویر و میرزاخانلو استان زنجان به منظور امکان‌آبزی پروری**. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان. ۹۰ صفحه.

APHA. 2005. **Standard method for the examination of water and wastewater**. Washigton, DC, USA. 1265 p.

Bohle, H. W., 1995. **Limnische Systeme**. Berlin: Springer-Verlag Academic Publishers, Boston.

Boney, A.D. 1989. **Phytoplankton**. Edward Annoid. British Library Cataloguing Publication Data. 118 p.

Deines, A.M., Bunnell, D.B., Rogers, M.W., Beard, J.T.D., Taylor, W.W. 2015. **A review of the global relationship among freshwater fish, autotrophic activity and regional climate**. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 25(2): 323-336.

Dhib, A., Fertouna-Bellakhal, M., Turki, S., Aleya, L., 2015. **Harmful planktonic and epiphytic microalgae in a Mediterranean Lagoon: the contribution of the macrophyte Ruppia cirrhosa to microalgae dissemination**. Harmful Algae, 45: 1-13.

FAO. 2010. **FISHSTAT plus**. Food and Agricluture Organization of United Nations, Rome, Italy. 180p.

Longhurst, A.R. 2007. **Ecological Geography of the Sea**. Water in Environmental Monitoring - Second Ed., UNESCO/ WHO/ UNEP. Elsevier, Amsterdam, 542 p.

Colvin, M.E., Clay, L.P., Timothy, W.S., Scott E.G. 2012. **Stewart and Scott E. Grummer. Strategies to Control a Common Carp Population by Pulsed**. North American Journal of Fisheries Management 32: 1251-1264.

Maosen, H. 1983. **Freshwater plankton illustration**. Agriculture publishing house. 85 p.

Michael, J.W., Michael, L. 2009. **Brown Effects of Common Carp on Aquatic Ecosystems 80 Years after "Carp as a Dominant": Ecological Insights for Fisheries Management**. Reviews in Fisheries Science, 17(4):524–537.

Needham, J.G., Needham, P.R. 1996. **Guide to the study of freshwater biology**. Holden day, INK. San Francisco Constable & Co., LTD., Landon. Fifth edition. 106p.

Walsh, B.M., O'Neil, J.M. 2014. **Zooplankton community composition and copepod grazing on the West Florida Shelf in relation to blooms of Karenia brevis**. Harmful Algae. 38: 63-72.

تعیین ترکیب گونه‌ای ماهیان دریاچه زریبار استان کردستان

فرشاد مولودی[*۱،۲]، عرفان کریمیان[۲]، حبیب‌الله محمدی[۳]، ادریس قادری[۴]، آرمان منصوری[۵]

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

*farshad.moloudi@uok.ac.ir

استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

استادیار گروه مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

دریاچه زریبار یکی از اکوسیستم‌های آبی مهم در استان کردستان است که در سال‌های اخیر تحت تأثیر ورود گونه‌های غیربومی و تغییرات محیطی دچار دگرگونی شده است. این پژوهش با هدف بررسی ترکیب گونه‌ای ماهیان دریاچه زریبار انجام شد. بدین‌منظور نمونه‌برداری به‌صورت فصلی از زمستان ۱۴۰۱ تا پاییز ۱۴۰۲ در دو ایستگاه مشخص صورت گرفت. براساس نتایج ۷۶ قطعه ماهی شامل شش گونه شناسایی شدند که ماهی کاراس (*Carassius carassius*) و تیزکولی (*Hemiculter leucisculus*) به‌ترتیب با ۵۶/۵۵ و ۲۲/۲۷ بیشترین درصد فراوانی را داشتند. همچنین شاخص گنادوسوماتیک گونه‌های صید شده که بیشترین این شاخص در فصل زمستان بود نشان‌دهنده شروع تخمریزی این گونه‌ها در فصل زمستان می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان‌داد که ورود گونه‌های غیربومی به این اکوسیستم، بر کاهش تنوع زیستی و حذف گونه‌های بومی این دریاچه اثرگذار بوده است، بنابراین این نتایج به‌عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی و مدیریت منابع آبی دریاچه زریبار مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: ترکیب گونه‌ای، شاخص‌های زیستی، گونه‌های غیربومی، دریاچه زریبار، استان کردستان.

Determining the fishes species diversity in the Zrebar Lake

Farshad Moloudi [1&2*]; Erfan Karimian [2]; Habibollah Mohammadi[3]; Eadris Ghderi[4]; Arman Mansouri[5]
*farshad.moloudi@uok.ac.ir

1- Master's degree, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Environmental Studies of Zrebar Lake, Kurdistan studies institute, Sanandaj, Iran.
4- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
5- Master's degree, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Abstract
Lake Zrebar is one of the important aquatic ecosystems in Kurdistan Province that has been transformed in recent years due to the introduction of exotic species and environmental changes. This study aimed to investigate the species composition of fish in Lake Zrebar. Sampling was carried out seasonally from winter 1401 to autumn 1402 at two specific stations. In total, 76 fish from six species were identified, with crucian carp (*Carassius carassius*) and bream (*Hemiculter leucisculus*) having the highest abundance percentages with 56.55 and 22.27, respectively. Biological indices, including gonadosomatic index (GSI), were investigated to assess reproductive status. The results showed that exotic species have different indices from native species and their reproductive and feeding patterns can affect ecosystem dynamics. The results of this study showed that the introduction of exotic species into this ecosystem has affected the biodiversity of this lake, so that one of the important factors in the elimination of native species in this lake has been the introduction of non-native species. Sustainable management of this ecosystem requires the implementation of conservation programs to control invasive species, reduce environmental pollution, and restore native species. The findings of this study can be used as a basis for environmental policies and water resource management of Zrebar Lake.

Keywords: Zrebar Lake, Species composition, Biological indicators, Exotic species, Biodiversity

مقدمه

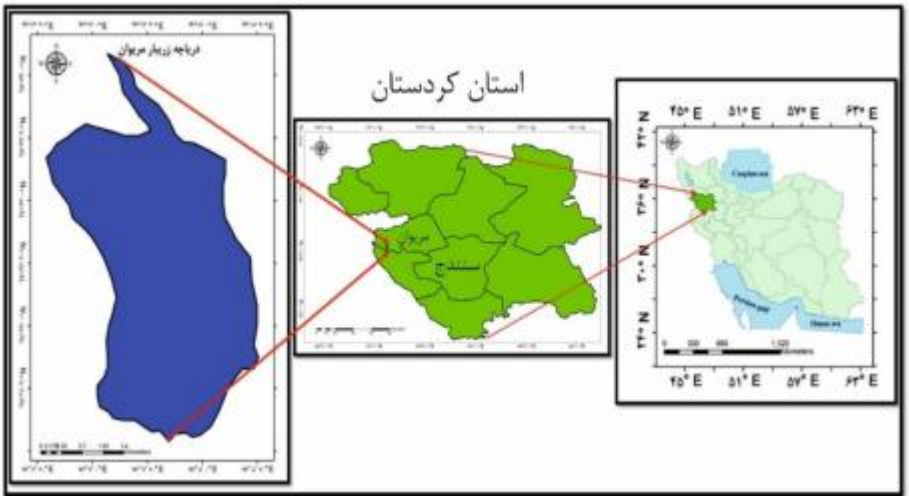
دریاچه‌ها و تالاب‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی، نقش حیاتی در حفظ تنوع زیستی، تأمین منابع آب و پشتیبانی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی ایفا می‌کنند (Ramsar Convention, 2023). دریاچه زریبار، واقع در شهرستان مریوان استان کردستان، یکی از این اکوسیستم‌های ارزشمند است که به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و شرایط اکولوژیکی منحصر به‌فرد، از اهمیت بالایی برخوردار است (Reyahi-Khoram and Hoshmand, 2012). این دریاچه با مساحتی حدود ۸۲۰ هکتار و ارتفاع ۱۳۸۵ متر از سطح دریا، نه تنها به‌عنوان یک زیستگاه مهم برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری شناخته می‌شود، بلکه به‌دلیل نقش آن در تأمین آب کشاورزی، شیلات و گردشگری، از نظر اقتصادی و اجتماعی نیز حائز اهمیت است (Shanazi and Aazami, 2023).

طی سالیان گذشته این دریاچه با مشکلات زیادی از جمله ورود فاضلاب روستاهای بالادست دریاچه، احداث سد در قسمت خروجی دریاچه، شکوفایی جلبکی و معرفی گونه‌های ماهیان غیربومی مواجه بوده است که موجب تغییراتی در ساختار جمعیتی ماهیان آن شده است. مطالعات ماهی‌شناسی انجام شده در دریاچه زریبار نشان‌دهنده بروز تغییر در ترکیب و ساختار جمعیت ماهیان طی سه دهه اخیر است. در سال ۱۳۷۵ تعداد ۱۰ گونه ماهی (۴ گونه بومی و ۶ گونه غیربومی) از دریاچه زریبار گزارش شد (بهرامی‌کمانگر، ۱۳۷۵). سپس در سال ۱۳۸۵ تعداد ۱۱ گونه ماهی شامل ۴ گونه بومی و ۷ گونه ماهی غیربومی از دریاچه زریبار گزارش گردید (مشاورین آسراب، ۱۳۸۵). در گزارش دیگری وجود ۹ گونه ماهی شامل یک گونه ماهی بومی و ۸ گونه ماهی غیر بومی از این دریاچه ثبت شده است (Esmaeili *et al.*, 2011). در آخرین مطالعه انجام شده روی ماهیان این دریاچه، وجود یازده گونه (۳ گونه بومی و ۸ گونه غیربومی) به ثبت رسید (بهرامی‌کمانگر، ۱۳۹۴). علاوه بر تغییرات یادشده، در سال ۱۳۹۸ حضور گونه اردک‌ماهی *Esox lucius* غیربومی و مهاجم برای اولین بار در دریاچه زریبار گزارش شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش تعداد گونه‌های بومی و افزایش تعداد گونه‌های ماهی غیر بومی و مهاجم این دریاچه نشان‌دهنده بروز تغییرات اکولوژیک در این منبع آبی می‌باشد. دریاچه زریبار مریوان به‌دلیل دستکاری‌ها و عوامل متعدد محیطی و انسانی بر هم زننده تعادل اکولوژیک، در سال‌های اخیر دچار تغییرات نامطلوبی شده و تعداد زیادی از گونه‌های بومی آن از بین رفته و یا حداقل در مطالعات اخیر مشاهده نشده‌اند.

با توجه به اهمیت دریاچه زریبار به‌عنوان یک اکوسیستم آبی منحصر به‌فرد و تهدیدات ناشی از ورود گونه‌های غیربومی و تغییرات محیطی، انجام مطالعات جامع در مورد ترکیب گونه‌ای، رژیم غذایی و شاخص‌های زیستی ماهیان این دریاچه ضروری است (Havel *et al.*, 2015). این مطالعات نه تنها اطلاعاتی در مورد وضعیت کنونی اکوسیستم ارائه می‌دهند، بلکه می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار این دریاچه مورد استفاده قرار گیرند (Gaupale and Sontakke, 2023).

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری ماهی به‌صورت فصلی از زمستان ۱۴۰۱ تا پاییز ۱۴۰۲ در دو ایستگاه تعیین شده با استفاده از تورهای گوشگیر با اندازه چشمه‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دریاچه زریبار استان کردستان

تورها به‌مدت یک شب (حدود ۱۴ ساعت) در ایستگاه‌های تعیین شده مستقر شدند و صبح روز بعد جمع‌آوری گردیدند. نمونه‌های صید شده بلافاصله به ظروف حاوی محلول فرمالدئید ۱۰٪ منتقل شدند و برای مطالعات بعدی به آزمایشگاه بیولوژی ماهیان دانشگاه کردستان انتقال یافتند. ماهیان صید شده براساس خصوصیات ظاهری و ریخت‌شناختی شناسایی شدند. برای شناسایی دقیق‌تر، از کلیدهای شناسایی معتبر مانند عبدلی (۱۳۷۸) و Coad (۲۰۱۷) استفاده شد. پس از شناسایی اولیه، نمونه‌ها به گروه‌های مختلف تقسیم شدند و از هر گروه تعدادی نمونه برای بررسی‌های دقیق‌تر انتخاب گردیدند. برای هر نمونه ماهی، طول کل (TL)، طول استاندارد (SL) و وزن بدن (BW) به‌ترتیب با دقت ۰/۱ میلی‌متر و ۰/۱گرم اندازه‌گیری شدند (Biswas, 1993).

برای بررسی وضعیت تولیدمثل ماهیان، شاخص گنادوسوماتیک (GSI) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد: $GaSI = \frac{wg \times 100}{BW}$ که در آن w: وزن گناد و: BW وزن بدن ماهی است (Biswas, 1993). مراحل رسیدگی جنسی نیز با استفاده از کلید ریخت‌شناسی شش مرحله‌ای تعیین شدند. این مراحل شامل مرحله یک (نابالغ)، مرحله دو (نابالغ در حال رسیدگی)، مرحله سه (در حال توسعه)، مرحله چهار (در حال توسعه پیشرفته)، مرحله پنج (آماده تخم‌ریزی)، مرحله شش (در حال تخم‌ریزی) و مرحله هفت (تخم‌ریزی کرده) بودند (Kesteven, 1960). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی تفاوت‌های آماری بین گروه‌های مختلف از آزمون‌های آماری مانند آزمون تی مستقل و تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد. همچنین، برای بررسی روابط طول-وزن ماهیان، از معادله رگرسیونی $W=aL^b$ استفاده شد که در آن W: وزن بدن، L: طول بدن، a: ضریب ثابت وb: شیب خط است (Le Cren, 1951). شاخص وضعیت (K) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد: $K = \frac{W \times 105}{L3}$ که در آن W:وزن بدن و L: طول کل ماهی است (Biswas, 1993).

نتایج

نتایج صید و درصد فراوانی گونه‌های صید شده در دریاچه زریبار به تفکیک جنس و ایستگاه

نمونه‌برداری از دریاچه زریبار از زمستان ۱۴۰۱ تا پاییز ۱۴۰۲ به‌صورت فصلی انجام گرفت. جمعاً ۷۶ قطعه ماهی در دو ایستگاه صید شد که در ایستگاه یک ۲۴ و در ایستگاه دو ۵۲ قطعه ماهی صید گردید. طی مطالعه حاضر، از بین شش گونه ماهی صید شده، بیشترین درصد فراوانی (۵۶/۵۸٪) مربوط به ماهی کاراس بود که بیشترین تعداد صید در فصل زمستان مشاهده شد و کم‌ترین درصد فراوانی نیز مربوط به ماهی سیم و سپس شاه‌کولی بود (جدول ۱).

جدول ۱: تنوع گونه‌ای، جنسیتی و درصد فراوانی ماهیان دریاچه زریبار به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده

گونه	فصل	تعداد		جنسیت		مرحله رسیدگی جنسی	تعداد کل	درصد فراوانی
		ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	نر	ماده			
C. carassius	زمستان	۶	۱۱		۱۷	۵		
	بهار	۵	۴		۹	۴	۴۳	۵۶/۵۸
	تابستان	۳	۲	۱	۴	۲		
	پاییز	۴	۸					
H. leucisculus	زمستان							
	بهار	۲	۱۴		۱۶	۴	۱۷	۲۲/۳۷
	تابستان		۱	۱				
	پاییز							
A. chalcoides	زمستان	۱		۱		۳		
	بهار						۲	۲/۶۳
	تابستان	۱		۱		۲		
	پاییز							
E. lucius	زمستان		۲	۲		۵		
	بهار						۵	۶/۵۸
	تابستان							
	پاییز	۱	۲	*	*	*		
C. carpio	زمستان							
	بهار		۶	۲	۴	۲	۸	۱۰/۵۲
	تابستان		۲		۲	۲		
	پاییز							
Abramis brama	زمستان							
	بهار	۱			۱		۱	۱/۳۲
	تابستان							
	پاییز							

شاخص رسیدگی جنسی

جدول ۳: شاخص گنادوسوماتیک ماهی‌های صیدشده دریاچه زریبار ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

نام گونه	وزن بدن	وزن گناد	شاخص گنادوسوماتیک
C.carassius	۱۹۲/۸±۴۳	۱۶/۵±۱۱/۸۸	۵/۲±۴/۵۸
H. leucisculus	۸۹/۴۳±۸۳/۸۱	۶/۳±۳/۱۳	۷/۴±۴۴/۴
E.lucius	۲۸۴/۳۵±۴/۰۷	۳/۱±۲/۹۸	۱/۰±۱۸/۸۴

فاکتور وضیت

جدول ۶- شاخص وضعیت، میانگین وزن، طول و طول کل ماهی‌های صیدشده دریاچه زریبار ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

گونه	وزن بدن	طول کل	طول استاندارد	فاکتور وضعیت
C. carassius	۱۹۲/۸±۴۳	۲۷۳/۹۳±۲۹/۹۶	۱/۰±۶۹/۹۵	۲/۰±۱/۸۹
H. leucisculus	۸۹/۴۳±۸۳/۸۱	۲۰۸/۲۶±۱۷/۴۸	۱۸۰/۲۶±۱۷/۴۸	۰/۰±۹۸/۳۷
A. chalcoides	۲۱/۹	۱۱۴	۸۹	۳/۱۱
E.lucius	۲۸۴/۳۵±۸۴/۰۷	۳۴۰/۲۴±۵/۷۵	۳۱۲/۱۲۳±۵/۷۴	۰/۰±۷۲/۰۷
C. arpio	۲۵۱/۱۰۸±۴/۱۹	۳۶±۱۹۵/۷۷	۸۶/۰±۵/۷۱	۱/۵۲
Abramis brama	۸۶/۸	۲۰۲	۱۵۸	۱/۰۵

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ترکیب گونه‌ای ماهیان دریاچه زریبار عمدتاً از گونه‌های غیربومی تشکیل شده است که طی سال‌های اخیر جایگزین گونه‌های بومی شده‌اند. یکی از گونه‌های غالب در این مطالعه، ماهی کاراس (*Carassius carassius*) بود که بیشترین میزان صید آن در فصل زمستان ثبت شد. سایر گونه‌های صید شده شامل اردک ماهی (*Esox lucius*)، شاه‌کولی (*Alburnus chalcoides*)، تیزه‌کولی (*Hemiculter leucisculus*)، ماهی سیم (*Abramis brama*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بودند. بررسی ترکیب گونه‌ای صید نشان می‌دهد که اکوسیستم دریاچه تحت تأثیر عوامل زیست‌محیطی و مداخلات انسانی دچار تغییرات قابل‌توجهی شده است. این روند با یافته‌های پیشین مبنی بر کاهش جمعیت ماهیان بومی و افزایش گونه‌های مهاجم همخوانی دارد (Esmaeili *et al.*, 2011).

بررسی شاخص‌های زیستی نظیر شاخص گنادوسوماتیک (GSI) و فاکتور وضعیت (K) نشان داد که تفاوت‌های بارزی بین گونه‌های مختلف از نظر شرایط فیزیولوژیکی و تولیدمثلی وجود دارد. یکی از یافته‌های مهم این مطالعه، حضور اردک ماهی به‌عنوان یک گونه مهاجم در اکوسیستم دریاچه زریبار است. این ماهی که برای نخستین بار در سال ۱۳۹۸ در این دریاچه گزارش شد (محمدی و همکاران، ۱۴۰۰)، دارای رژیم غذایی کاملاً گوشتخواری است و از سایر ماهیان، به‌ویژه گونه‌های بومی، تغذیه می‌کند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که این گونه طی سه سال گذشته به یکی از گونه‌های غالب در دریاچه تبدیل شده و تأثیر منفی بر تنوع زیستی اکوسیستم داشته است. هرچند که به‌دلیل افزایش فشار صیادی، جمعیت این گونه تا حدودی کنترل شده، اما همچنان تهدیدی جدی برای تعادل اکولوژیکی دریاچه محسوب می‌شود.

علاوه بر تأثیر گونه‌های غیربومی، عوامل انسانی نیز نقش مهمی در تغییر ساختار زیستی دریاچه ایفا کرده‌اند. ورود پساب‌های خانگی و کشاورزی، احداث سد، خشکسالی‌های اخیر و افزایش فشار اکولوژیک ناشی از فعالیت‌های انسانی، ازجمله عواملی هستند که کیفیت زیستگاه را کاهش داده‌اند. این یافته‌ها با نتایج مطالعات پیشین که کاهش گونه‌های بومی دریاچه را گزارش کرده بودند (شرکت کاس خزر، ۱۳۷۳)، مطابقت دارد. اگر در آن مطالعه باکاهش گونه‌های بومی، گونه‌های بومی مانند سیاه‌ماهی (*Leuciscus cephalus*) و عروس‌ماهی به‌عنوان گونه‌های غالب شناسایی شده بودند، درحالی‌که در پژوهش حاضر هیچ‌یک از این گونه‌ها حضور نداشتند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه شواهدی قوی مبنی بر تغییرات اکولوژیک و کاهش تنوع زیستی در دریاچه زریبار ارائه می‌دهد. همانند مطالعات اخیر، نتایج تحقیق حاضر یافته‌ها نشان داد که ترکیب گونه‌ای ماهیان این دریاچه طی سال‌های اخیر دستخوش تغییرات عمده‌ای شده و گونه‌های غیربومی، به‌ویژه اردک ماهی و ماهی کاراس، به گونه‌های غالب اکوسیستم تبدیل شده‌اند. علاوه بر

این، تأثیرات انسانی نظیر آلودگی‌های کشاورزی و شهری، تغییرات هیدرولوژیکی و افزایش فشار صیادی، نقش مهمی در دگرگونی اکوسیستم دریاچه ایفا کرده‌اند. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که اقدامات حفاظتی فوری برای جلوگیری از گسترش گونه‌های مهاجم و احیای جمعیت گونه‌های بومی اتخاذ شود.

منابع

بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹۴. **طرح DNA بارکدینگ ماهیان استان کردستان**. دانشگاه کردستان. صفحه ۹۵.

بهرامی کمانگر، ب.، وثوقی، غ. ۱۳۷۵. **شناسایی ماهیان و گیاهان آبزی دریاچه زریوار مریوان**. پروژه کارشناسی، دانشگاه تهران، صفحه ۹۵.

رفیعی، ی.، ملکم‌حمدی، ب.، آبکار، ع.، یاوری، ا.، رمضانی‌مهریان، م.، ظهرابی، ح. ۱۳۹۰. **بررسی تغییرات زیست محیطی تالابها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده (TM) مطالعه موردی: تالاب نیریز**، محیط‌شناسی، جلد ۹۷، شماره ۲۷، صفحات ۷۱-۱۲.

شرکت کاس خزر. ۱۳۷۳. **مطالعه ترکیب گونه‌ای ماهیان دریاچه زریبار و تأثیرات گونه‌های مهاجم**. پژوهشکده شیلات ایران.

شرکت مهندسین مشاور آسراب. ۱۳۸۶. **بررسی اکولوژیکی و مدیریت زیستی دریاچه زریبار**. گزارش نهایی، سازمان محیط زیست ایران.

محمدی، ح.، قادری، ا.، مولودی، ف.، بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹۹. **اولین مشاهده اردک ماهی شمالی در دریاچه زریبار**. پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، دوره ۸، صفحات ۱۴۲-۱۳۳.

Abdoli, A. 1999. **The inland water fishes of Iran**. Iranian Nature Museum and Wildlife Publication.

Asar-ab Consulting Engineers. 2006. **Environmental, limnological studies and maintaining the ecological balance of Zaribar-Mariyan Lake (report on identifying the animal cover of the area and the lake)**. Kurdistan Governorate.

Bahrami Kamangar, B. 2015. **Fish DNA barcoding of Kurdistan province**. University of Kurdistan.

Biswas, S.P. 1993. **Manual of methods in fish biology**. South Asian Publishers.

Carvalho, D.R., de Castro, D.M.P., Callisto, M., Chaves, A.J.M., Moreira, M.Z., Pompeu, P. S. 2019. **Stable isotopes and stomach content analyses indicate omnivorous habits and opportunistic feeding behavior of an invasive fish**. Aquatic Ecology, 53(3): 365-381.

Coad, B.W. 2017. **Freshwater fishes of Iran**. Retrieved from http://www.briancoad.com

Esmaeili, H.R., Gholamifard, A., Freyhof, J. 2011. **Ichthyofauna of Zrebar Lake (Iran) with the first records of *Hemiculter leucisculus* and *Alburnus hohenackeri* in the Tigris drainage**. Electronic Journal of Ichthyology, 7(1): 1-6.

Euzen, O. 1987. **Food habits and diet composition of some fishes of Kuwait**. Kuwait Bulletin of Science, 9(1): 65-85.

Gaupale, T.C., Sontakke, G.K. 2023. **Impact of exotic fishes on ecosystem, economics and management**. International Journal of Ecology and Environmental Sciences, 50(1): 33-42.

Havel, J.E., Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M., Amalfitano, S., Kate, L.B. 2015. **Aquatic invasive species: Challenges for the future**. Hydrobiologia, 750(1): 147-170.

Kesteven, G.L. 1960. **Manual of field methods in fisheries biology**. FAO Manuals of Fisheries Sciences.

Kiruba-Sankar, R., Praveen Raj, J., Saravanan, K., Lohtih Kumar, K., Raymond Jani Angel, J., Velmurugan, A., Dam Roy, S. 2018. **Invasive species in freshwater ecosystems** – Threats to ecosystem services. In C. Sivaperuman, A. Velmurugan, A. K. Singh, & I. Jaisankar (Eds.), Biodiversity and climate change adaptation in tropical islands (pp. 257-296). Academic Press.

Le Cren, E.D. 1951. **The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*)**. Journal of Animal Ecology, 20(2): 201-219.

Magurran, A.E. 2004. **Measuring biological diversity**. Blackwell Publishing.

Mirzajani, A., Abbasi, K., Bagheri, S., Moradi, M., Kiabi, B. 2021. **Investigation of the possible effect of Pike (*Esox lucius*) on the invasive fishes of the Persian Gulf Martyrs Lake, Tehran**. Iranian Scientific Fisheries Journal, 30(2): 35-48.

Mohammadi, M., Ghaderi, E., Molodi, F., Bahrami Kamangar, B. 2020. **The first record of Northern pike *Esox lucius*, Linnaeus, 1758 in Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan, Iran: Morphology, feeding habit, reproductive biology, and assessment of invasive threats**. Journal of Applied Ichthyology Research, 8(1): 133-142.

Ramsar Convention. 2023. **List of wetlands of international importance**. Retrieved from https://www.ramsar.org

Reyahi-Khoram, M., Hoshmand, K. 2012. Assessment of biodiversities and spatial structure of Zrebar Wetland in Kurdistan Province, Iran. Biodiversitas, 13(3): 130-134.

Shanazi, K., Aazami, M. 2023. **Rapid assessment approach of Zrebar international wetland ecosystem services in Marivan County**. Physical Geography Research Quarterly, 55(3): 111-130.

Shani, R.G., Barani, G.A., 2021. **Developing an USACE method to rehabilitate Hour-al-Azim marsh and dust management**. Water Supply, 21(3): 1334-1343.

Valipour, A. 1998. **An investigation on feeding habits of northern Pike of Anzali Lagoon**. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 7(3): 75-90.

Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis (5th ed.). Pearson.

Abdoli, A. 2000. **The Inland Water Fishes of Iran**. Iranian Fisheries Research Organization, Tehran, Iran.

Abdoli, A., Coad, B.W. 2013. **Biodiversity of freshwater fishes in Iran**. Iranian Journal of Ichthyology, 1(1): 1-21.

Biswas, S.P. 1993. **Manual of Methods in Fish Biology**. South Asian Publishers, New Delhi.

Coad, B. W. (2017). Freshwater Fishes of Iran. Available at: www.briancoad.com

Esmaeili, H.R., Teimori, A., Gholami, Z., Reichenbacher, B. 2011. **The endemic fishes of Iran: an updated checklist**. Iranian Journal of Ichthyology, 2(3): 152-168.

Mohammad, A., Rahmani, H., Sadeghi, R. 2020. **Introduction of Northern Pike (Esox lucius) to Zaribar Lake and its ecological consequences**. Iranian Journal of Aquatic Ecology, 9(2): 85-97.

نقش گیاهان تالابی در تصفیه فاضلاب و تولید برق در تالاب‌های طبیعی: مطالعه موردی تالاب زریبار

آزاد رحیمی [۱]، هوشمند سیف‌پناهی [۲]

۱- هیات علمی، گروه مهندسی برق، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران. a-rahimi@nus.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، گروه مهندسی برق دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. hoshmand.panahi@gmail.com

چکیده

در عصر بحران آلودگی، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده و تأمین برق بخش مهمی از مدیریت پایدار منابع آب و اقتصاد دایره‌ای را در بر می‌گیرد. سلول‌های سوختی میکروبی (MFCs) گیاهان تالابی، بیوراکتورهای خلاقانه‌ای هستند که از میکروارگانیسم‌ها برای تصفیه فاضلاب و در عین حال تولید برق به‌طور همزمان استفاده می‌کنند. در این سیستم‌ها، انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد آلی از فاضلاب از طریق فعالیت میکروبی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این رویکرد نه تنها به تصفیه مؤثر فاضلاب کمک می‌کند، بلکه به تولید انرژی تجدیدپذیر کمک می‌کند و آن را برای مقیاس‌های مختلف، مناسب می‌کند. با این حال، کارایی کلی این فناوری نوین تحت تأثیر عوامل عملیاتی و پیکربندی‌های مختلفی، ترکیب فاضلاب، بارگذاری آلی، مواد الکترود، محیط فیلتر، میکروارگانیسم‌های تولید کننده برق، زمان ماند هیدرولیکی و گیاهان آبزی قرار دارد. در این مطالعه، ما تأثیر گیاهان تالابی تالاب زریبار شهرستان مریوان در استان کردستان را بر عملکرد کلی سیستم‌های MFCs را بررسی می‌کنیم. نقش گیاهان در تأمین اکسیژن، جذب مواد مغذی و تجزیه مستقیم آلاینده‌ها برای رسیدن به اثرات مورد نیاز تصفیه و تولید برق به‌طور دقیق تر مورد بحث قرار می‌گیرد. در این بررسی، سیستم‌های مورد نظر با گیاه و بدون گیاه بر اساس مطالعات قبلی و اخیر، از نظر کارایی در حذف COD و تولید برق مقایسه شده‌اند.

کلید واژه‌ها: تولید برق، گیاهان تالابی، تصفیه فاضلاب، MFCs

The role of wetland plants in wastewater treatment and electricity generation in natural wetlands: A case study of Zrebar Wetland

Azad Rahimi, Department of Electrical Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran
a-rahimi@nus.ac.ir
Hoshmand Saifpanahi, Master of Electrical Engineering, Power Department, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Kurdistan Province, Iran. hoshmand.panahi@gmail.com

Abstract
In the era of pollution crises, the reuse of treated wastewater and electricity generation constitute an important part of sustainable water resource management and the circular economy. Microbial fuel cells (MFCs) in constructed wetlands are innovative bioreactors that utilize microorganisms to treat wastewater while simultaneously generating electricity. In these systems, the chemical energy stored in organic matter from wastewater is converted into electrical energy through microbial activity. This approach not only contributes to effective wastewater treatment but also helps in renewable energy production, making it suitable for various scales. However, the overall efficiency of this novel technology is influenced by various operational and configuration factors, wastewater composition, organic loading, electrode materials, filter media, electrogenic microorganisms, hydraulic retention time, and aquatic plants. In this study, we investigate the impact of wetland plants from the Zrebar wetland in Marivan County, Kurdistan Province, on the overall performance of MFC systems. The role of plants in providing oxygen, nutrient absorption, and direct pollutant degradation to achieve the desired treatment and power generation effects is discussed in more detail. In this review, systems with and without plants are compared based on previous and recent studies, in terms of efficiency in COD removal and electricity generation.

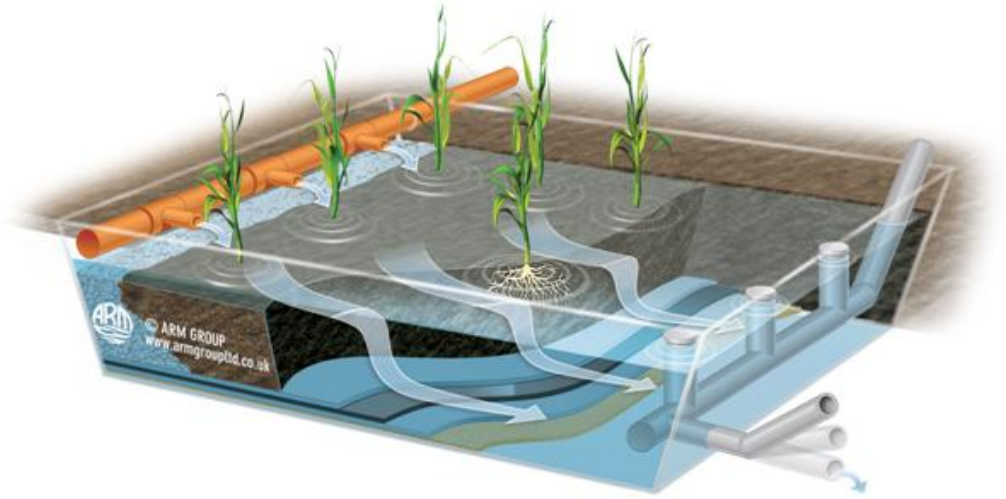
Keywords: Electricity generation, Constructed wetlands, Wastewater treatment, MFCs

مقدمه

سیستم (MFCs)[1] یک فناوری جدید است که برای تصفیه همزمان فاضلاب و تولید برق در مقیاس‌های مختلف خانگی، شهری و صنعتی استفاده شده است. مزایای آن مانند هزینه پایین تصفیه فاضلاب و تولید برق پایدار از طریق بیومس، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است. یک روش ممکن برای تصفیه فاضلاب دام استفاده از گیاهان می‌باشد که به آن گیاه پالایی[2] می‌گویند. بر اساس فرآیندهای طبیعی، گیاه پالایی یک پاکسازی محیطی کارآمد و گسترده است. این روش یک روش بیوتکنولوژی است که از گیاهان برای حذف، جذب و یا تجزیه آلاینده‌های آلی و معدنی استفاده می‌شود و یک فرآیند کارآمد برای حذف فلزات از فاضلاب است و این فناوری می‌تواند نقش کلیدی را در صورت ادغام با تالاب‌ها داشته باشد. در طول دهه‌ها، بسیاری از فناوری‌های تصفیه فاضلاب برای مقابله با خطر زیست‌محیطی فاضلاب به‌کار گرفته شده‌اند. فناوری‌های تصفیه فاضلاب، که شامل فیلترهای چکنده، لجن فعال، اسمز معکوس و فیلترهای غشایی هستند، در حال حاضر برای تصفیه انواع فاضلاب‌های آلی و سمی از منابع صنعتی و شهری استفاده می‌شوند. با این حال، از نظر هزینه و تقاضای انرژی مورد نیاز در عملکرد خود، بسیار پربازده نیستند [۱]. تالاب‌های طبیعی همراه با سلول‌های سوختی میکروبی MFC می‌توانند به طور همزمان فاضلاب را تصفیه کرده و برق تولید کنند. Mها از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه مواد آلی در فاضلاب استفاده می‌کنند و در این فرآیند انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. این روش فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی را برای پاکسازی مؤثر آب و در عین حال بهره‌برداری از انرژی ادغام می‌کند و آن را به یک راه‌حل نوآورانه برای مدیریت پایدار فاضلاب تبدیل می‌کند.

این گیاهان از طریق سیستم ریشه خود، جذب اکسیژن و مواد مغذی را تسهیل می‌کنند و به تصفیه آب کمک می‌کنند. با تجزیه آلاینده‌ها و ایجاد زیستگاه برای میکروارگانیسم‌هایی که زباله‌ها را تخریب می‌کنند، به‌طور مؤثر کیفیت آب را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، برخی از گیاهان تالاب را می‌توان در سیستم‌های انرژی زیستی ادغام کرد و از زیست‌توده برای تولید برق استفاده کرد. با این حال، کارایی کلی این فناوری نوین تحت تأثیر عوامل عملیاتی و پیکربندی‌های مختلفی مانند pH، ترکیب فاضلاب، بارگذاری آلی، مواد الکترود، محیط فیلتر، میکروارگانیسم‌های تولید کننده برق، زمان ماند هیدرولیکی و گیاهان آبزی قرار دارد. در این مطالعه، ما تأثیر گیاهان تالابی بر عملکرد کلی سیستم‌های MFCs را بررسی می‌کنیم. نقش گیاهان در تأمین اکسیژن، جذب مواد مغذی و تجزیه مستقیم آلاینده‌ها برای رسیدن به اثرات مورد نیاز تصفیه و تولید برق به‌طور دقیق تر مورد بحث قرار می‌گیرد. در این بررسی، سیستم‌های MFCs با گیاه و بدون گیاه بر اساس مطالعات قبلی و اخیر، از نظر کارایی در حذف COD و تولید برق مقایسه شده‌اند. شکل ۱ فرآیند مذکور را در یک تالاب مصنوعی بر اساس ساختار تالاب‌های طبیعی با جریان افقی را نشان می‌دهد.

[1] Concurrent wa stewater microbial fuel cell
[2] phytoremediation



شکل ۱: شماتیک یک تالاب مصنوعی با جریان سطح افقی (Horizontal Surface Flow Constructed Wetland 2025. www.globalwettech.com)

تالاب‌های مصنوعی می‌توانند در جوار تالابه‌ای طبیعی و مطابق با همان اکوسیستم تالاب طبیعی طراحی شوند. چرا که سیستم‌های کم هزینه‌ای هستندکه مشابه با فرآیندهای تالاب طبیعی با استفاده از پوشش گیاهی، خاک/بستر و میکروارگانیسم‌های مرتبط برای تصفیه فاضلاب طراحی شده‌اند. حذف آلاینده‌ها از طریق ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌شود که در آن همه گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و بسترها موجود در تالاب می‌توانند تأثیر قابل توجهی در تصفیه فاضلاب داشته باشند. گیاهان با جذب آلاینده‌ها و فلزات، با انتقال اکسیژن از طریق ریشه‌های خود به کف تالاب‌ها و با فراهم کردن محیطی در زیر سطح آب برای رشد میکروارگانیسم‌ها که به حذف آلاینده‌ها کمک می‌کند، نقش مهمی در تالاب‌های مصنوعی بازی می‌کنند.

پیشینه تحقیق

اولین فناوری الکتروشیمیایی میکروبی (MET)[1] و سیستم بیوالکتروشیمیایی (BES) [2] که به‌عنوان سلول‌های سوخت میکروبی شناخته می‌شوند، در اوایل قرن بیستم به‌عنوان یک فناوری پایدار زیست‌فناوری آزمایش و ارائه شد [۲، ۳]. این سلول‌ها از میکروب‌ها برای تبدیل مواد آلی به الکتریسیته استفاده می‌کنند. شکل قابل توجه دیگری از MET شامل سلول‌های الکترولیز میکروبی (MEC) است که بر استفاده از میکروب‌ها برای تولید بیوهیدروژن تمرکز دارند. سلول سوخت میکروبی یک فناوری نوآورانه تصفیه فاضلاب است که از باکتری‌های فعال الکتروشیمیایی (EAB)[3] به‌عنوان یک زیست‌کاتالیزور برای تبدیل انرژی شیمیایی موجود در فاضلاب به‌طور مستقیم به تولید برق بدون هیچ‌گونه ردپای زیست‌محیطی استفاده می‌کند. باکتری‌های فعال الکتروشیمیایی (EAB) میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادر به انتقال الکترون‌ها به و از الکترودها هستند که اغلب در سلول‌های سوختی میکروبی (MFCs) برای تولید انرژی استفاده می‌شوند. آنها دارای پروتئین‌های فعال ردوکس مانند سیتوکروم‌ها بر روی غشاهای بیرونی خود هستند که این انتقال الکترون را تسهیل می‌کند و آنها را قادر می‌سازد تا در سیستم‌های بیوالکتروشیمیایی به‌طور موثر عمل کنند. [۱]. MFC ها از فاضلاب به‌عنوان یک بستر تغذیه برای EAB ها برای

[1] Microbial electrochemical technology
[2] Biochemical Electrochemical Systems
[3] Electrochemically active bacteria

تولید برق زیستی استفاده می‌کنند، در حالی‌که همزمان فاضلاب را تصفیه می‌کنند [۴، ۱]. طبق گفته‌های سینگ و همکاران، MFC به عنوان یک فناوری پتانسیل بسیار بالایی برای یک محیط انرژی پاک و سبز دارد[۳].

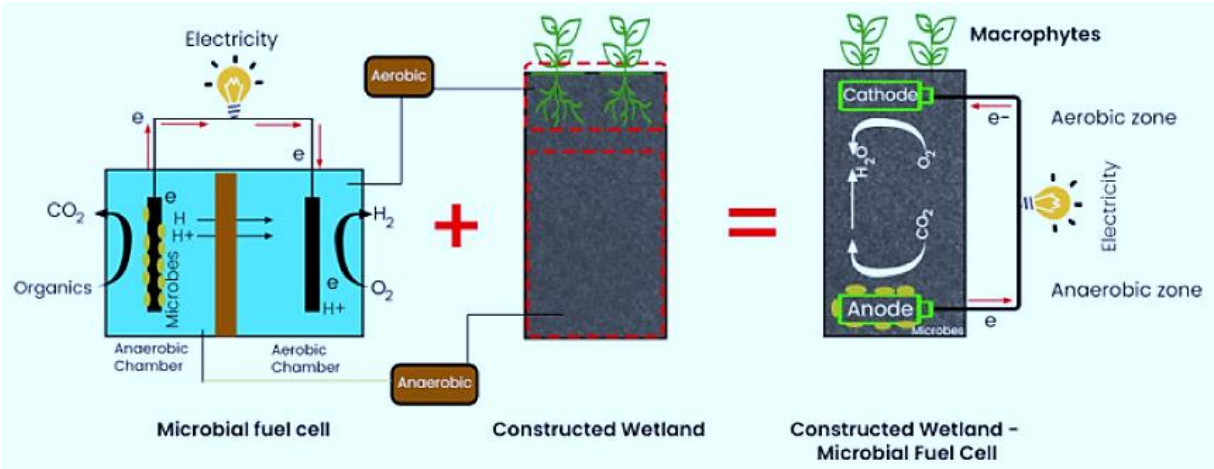
از سوی دیگر، تالاب‌های مصنوعی (CWs) سیستم‌هایی هستند که از نظر بیوفیزیکی مونتاژ شده‌اند و برای بهره‌برداری از فرآیندهای طبیعی و تعاملات بین گیاهان تالابی، خاک‌ها و گونه‌های میکروبی مرتبط طراحی و ساخته شده‌اند تا به بازسازی فاضلاب کمک کنند [۵، ۶]. فاضلاب از منابع مختلفی مانند فاضلاب شهری، کشاورزی یا صنعتی توسط تالاب‌ها تصفیه می‌شود [۷]. آن‌ها به‌راحتی قابل نگهداری و بهره‌برداری هستند و می‌توانند بسیاری از آلاینده‌های پایدار موجود در فاضلاب‌های معمولی را به محصولات جانبی بی‌ضرر اصلاح کنند [۷]. در نتیجه، آنها به‌عنوان جایگزینی برای سیستم‌های سنتی تقویت شده برای تصفیه فاضلاب ظهور کرده‌اند [۸]. یک دهه پیش، محققان کشف کردند که گرادیان‌های اکسیداسیون-کاهش جاسازی شده، که به‌طور طبیعی در تالاب‌ها وجود دارند، با تنظیمات در سلول‌های سوخت میکروبی، یعنی منطقه بی‌هوازی در منطقه داخلی-پایینی و منطقه هوازی در رابط هوا-آب، بسیار سازگار هستند. این ارتباط، ادغام آن‌ها را از طریق ایجاد هم‌افزایی بین این دو فناوری برای بازسازی بهبود یافته فاضلاب و تولید انرژی زیستی بسیار محتمل می‌کند [۹].

در بهره‌برداری و استفاده از این فناوری نوظهور، عوامل متعددی بر کارایی سیستم تأثیر می‌گذارند، مانند انتخاب مناسب محیط بستر، فعالیت‌های میکروبی یا الکتروژنیک، زمان ماند هیدرولیکی، مواد الکترود و نوع گیاه تالابی. تالاب‌های مصنوعی سلول‌های سوخت میکروبی برای تصفیه فاضلاب و تولید انرژی زیستی می‌توانند براساس گونه‌های غالب گیاهی به سیستم‌های شناور آزاد، برگ شناور، ریشه دار و گیاه آبزی غوطه‌ور تقسیم شوند [۱۰]. به‌دلیل سهم چشمگیر آن‌ها در عملکرد سیستم، MFCs یا سلول سوخت میکروبی-گیاهی (P-MFC) با گیاهان آبزی نصب شده، توجه قابل توجهی را در جامعه علمی به خود جلب کرده است [۱۱]. این مقاله به‌طور خاص نقش مؤلفه گیاه تالابی در تالاب‌های مصنوعی ادغام شده با سیستم‌های سلول سوخت میکروبی و تأثیر آن بر تولید برق و تصفیه فاضلاب را بررسی می‌کند. بررسی‌های قبلی و اخیر در مورد CWs توسط Srivastava و همکاران بر مشارکت الکترون‌ها در یک تالاب الکترواکتیو تمرکز کرد. بررسی‌های دیگر، همانطور که توسط Doherty و همکاران، و Srivastava و همکاران مستند شده است، ویژگی‌های متفاوتی از فناوری را مورد بررسی قرار دادند. Doherty و همکاران [۱۴] کارایی MFCsها را به‌عنوان CW برای بازسازی پساب و MFCsها را به‌عنوان یک سلول سوخت میکروبی برای تولید برق زیستی بررسی کردند. Srivastava و همکاران [۱۱] همچنین توسعه و کاربرد بالقوه فناوری را مورد بحث قرار دادند. با این حال، یک حساب دقیق از مشارکت‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و الکتریکی مؤلفه گیاه آبزی در مورد MFCs به‌خوبی مستند نشده است. این بررسی نقش گیاهان آبزی در بازسازی فاضلاب و اثرات بعدی آن‌ها بر تولید انرژی زیستی MFCs را خلاصه می‌کند. این مطالعه به بررسی پتانسیل فناوری با یا بدون استفاده از گیاهان تالابی و راهنمایی تحقیقات آینده در انتخاب گیاهان مناسب تالابی کمک خواهد کرد [۱۲].

ساختار سوخت میکروبی (MFCs)

میکروارگانیسم‌ها، به‌منظور تصفیه فاضلاب و تولید برق، سلول‌های سوخت میکروبی (MFC) را در تالاب‌های مصنوعی ادغام می‌کند [۱۳]. این سیستم ترکیبی، مزایای دو سیستم را به گونه‌ای ترکیب می‌کند که در دستیابی به سطوح بالای بازیافت فاضلاب و تولید انرژی زیستی بسیار ماهر است [۱۴]. بر اساس شناسایی تغییرات اکسیژن محلول (DO) [1] توسط محققان در امتداد عمق تالاب‌های طبیعی، این ادغام کاملاً امکان‌پذیر به‌نظر می‌رسد، که یک گرادیان اکسیداسیون-کاهش طبیعی و طبقه‌بندی شده ایجاد می‌کند که شبیه به سلول دو محفظه‌ای MFC است، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۶، ۱۵].

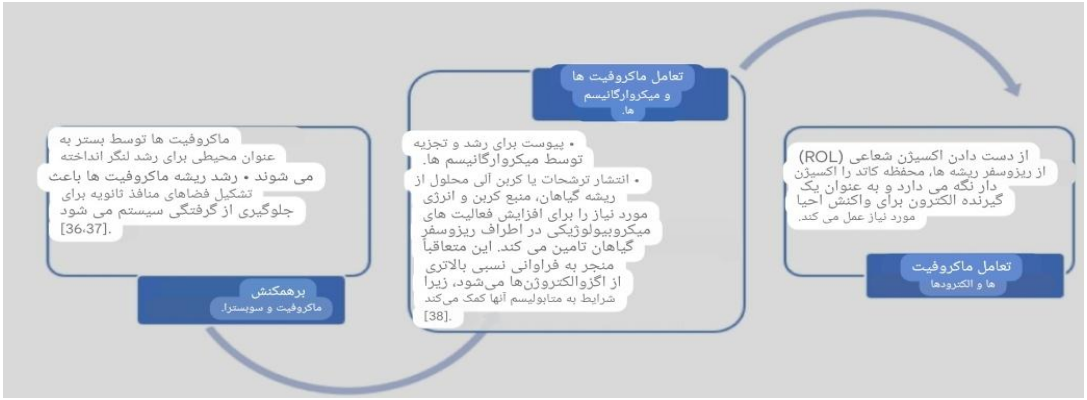
[1] Dissolved Oxygen



شکل ۲: نمایش گرافیکی تالاب متصل به سلول سوختی میکروبی (*Microbial Fuel Cell*. Appl. Sci. 2021, 11, 7454. https://doi.org/10.3390/app11167454 *Plants on Wastewater Treatment and Electricity Generation in Constructed Wetland Coupled with* Jingyao Qi et al., *The Role of Wetland*

یک MFCs معمولی، مشابه یک MFC سنتی، دارای دو محفظه اصلی است: محفظه بی هوازی پایین و محفظه هوازی بالا [۱۶]. الکترو‌داند در عمق محفظه بی‌هوازی قرار دارد و الکترود کاتد در محل تماس هوا و آب اطراف منطقه ریشه گیاه، همچنین به‌عنوان قسمت هوازی یا کاتدی، قرار گرفته است [۱۷]. این الکترودها با استفاده از سیم‌های تیتانیوم به هم متصل می‌شوند و مقاومت خارجی اعمال‌شده برای تولید برق ضروری است. با قرار دادن‌اند در منطقه بی هوازی پایین و کاتد در محل تماس هوا و آب، MFCs از شرایط اکسیداسیون-کاهش موجود به خوبی بهره‌برداری می‌کند. بهینه‌سازی این شیب اکسیداسیون-کاهش یا اختلاف پتانسیل بین‌اند و کاتد برای تولید برق و حذف آلودگی در MFCs بسیار مهم است [۱۷]. از زمان آغاز این فناوری ترکیبی، مواد کربن و گرافیت به دلیل اتصال و رشد میکروبی مناسب سطح آن‌ها، هدایت الکتریکی بالا، ماهیت غیر اکسیداتیو و ویژگی‌های جذاب برای تشکیل بیوفیلم، به طور گسترده به عنوان الکترودها استفاده شده‌اند [۱۸].

یک پیکربندی راکتور MFCs مشابه یک تالاب ساخته شده، اغلب دارای منطقه بی‌هوازی پایین خود پر از یک لایه خاک، شن یا برخی از بسترهای اخیر، مانند کربن فعال، زئولیت یا لجن آلوم، به عنوان یک ماتریس پشتیبانی برای الکترو‌داند است. این ماتریس پشتیبانی همچنین محیط مناسبی برای واکنش اکسیداسیون توسط میکروارگانیسم‌ها برای حذف آلودگی و فرآیندهای انتقال الکترون ایجاد می‌کند [۲۰,۱۹]. تمام این اجزا، همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در پیکربندی سیستم‌های بیوالکتروشیمیایی C MFCs ضروری هستند. با این حال، برای حفظ یک محفظه کاتدی بالایی بسیار هوازی و افزایش حذف آلاینده‌ها، گیاهان آبزی که اکسیژن محلول را از طریق تنفس ریشه گیاه به کاتد تأمین می‌کنند، در محفظه کاتد بالایی کاشته می‌شوند که به‌طور قابل توجهی به واکنش کاهش کمک می‌کند. جدا از حفظ شرایط عملیاتی مناسب، مانند pH، دما، نرخ جریان بارگذاری آلی و نرخ بازداشت هیدرولیکی، عملکرد اجزای فیزیکی و بیولوژیکی سیستم برای کارایی کلی سیستم ضروری است [۲۱]. اجزای گیاهان آبزی نقش مهمی دارند، زیرا با سایر اجزای مورد نیاز مانند بستر (رسانه فیلتراسیون)، میکروارگانیسم‌ها و مواد الکترودی در MFCs تعامل دارند و بر عملکرد آنها تأثیر می‌گذارند (شکل ۳). آنها همچنین بر واکنش‌های اکسیداسیون و کاهش تأثیر می‌گذارند. آنها به‌عنوان فیلترهای بیولوژیکی و انباشته‌کننده‌ها در فرآیند تصفیه و نوان اکسیژن‌دهنده‌ها به کاتد برای تولید برق عمل می‌کنند.

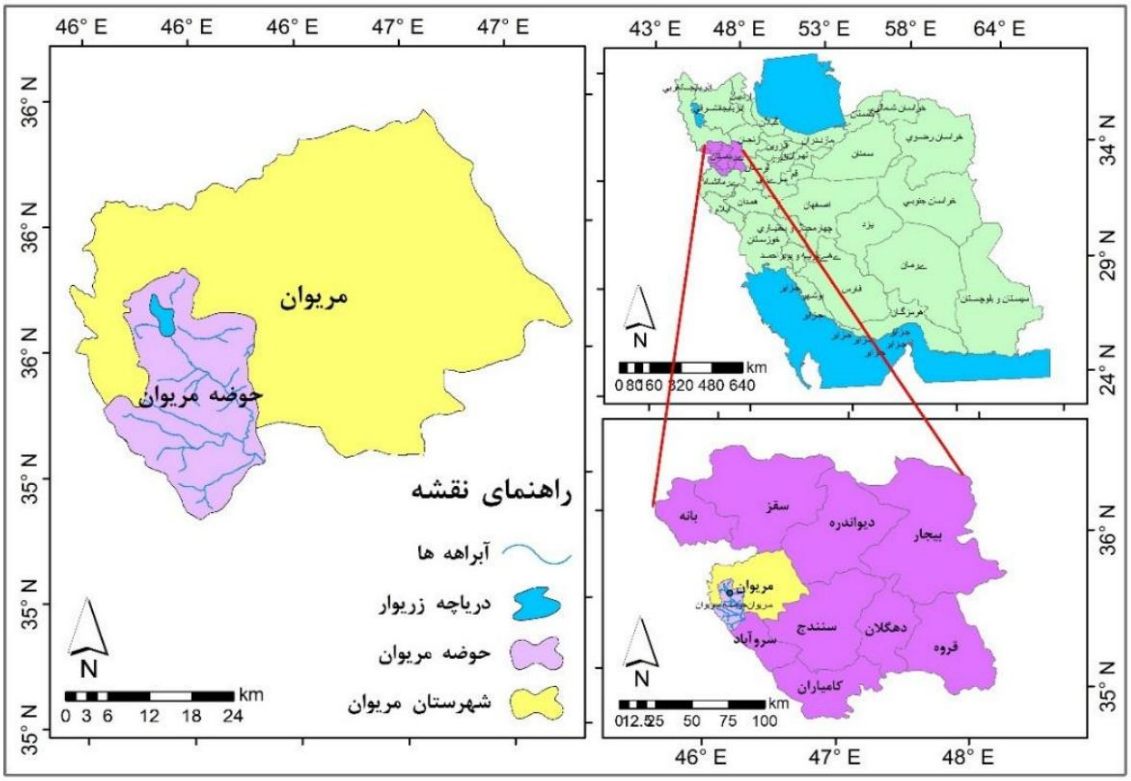


شکل ۳: برهم‌کنش گیاهان آبزی با سایر اجزای فیزیکی MFCs (Jingyao Qi et al., *The Role of Wetland Plants on Wastewater Treatment and Electricity Generation in Constructed Wetland Coupled with Microbial Fuel Cell*. Appl. Sci. 2021, 11, 7454. https://doi.org/ 10.3390/app11167454)

مختصات مجدوده مورد مطالعه و مشخصات گیاهان آن

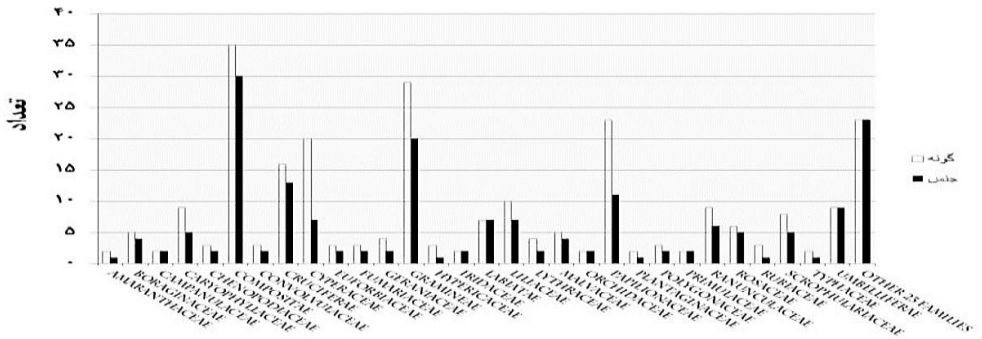
تالاب زریبار که به دریاچه زریبار نیز معروف است در استان کردستان ایران و در حدود ۱۳۰ کیلومتری شمال غربی سنندج و حدود ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان قرار دارد. مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی است و در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. این این تالاب شکلی کشیده به طول تقریبی ۵،۴ کیلومتر و عرض حدود ۲ کیلومتر و عمق متوسط آن حدود ۳ متر (از ۲ تا ۵،۵ متر) است.

حوضه آبخیز این تالاب با مساحت ۱۵۸۲۷ هکتار که شامل دو حوضه فرعی شهری با ۵۰۰۰ هکتار و مریوان با مساحت ۱۰۸۲۷ هکتار است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۱۲۰ متر و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی تالاب زریبار ۱۲۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۲/ ۱۸ درصد است و تالاب زریبار کانون تمرکز رواناب‌های سطحی ۸ واحد هیدورلوژیکی حوضه زریبار است. بخش اصلی کاسه دریاچه به شکل کشیده با طول متوسط حدود ۴/۵ کیلومتر و عرض متوسط نزدیک به ۲ کیلومتر است. مساحت کاسه دریاچه حدود ۸/۳ است که با حواشی نیزار جمعاً حدود ۲۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. در شکل ۴ موقعیت این دریاچه در حوضه مریوان، شهرستان مریوان و استان کردستان نشان داده شده است [۲۲].



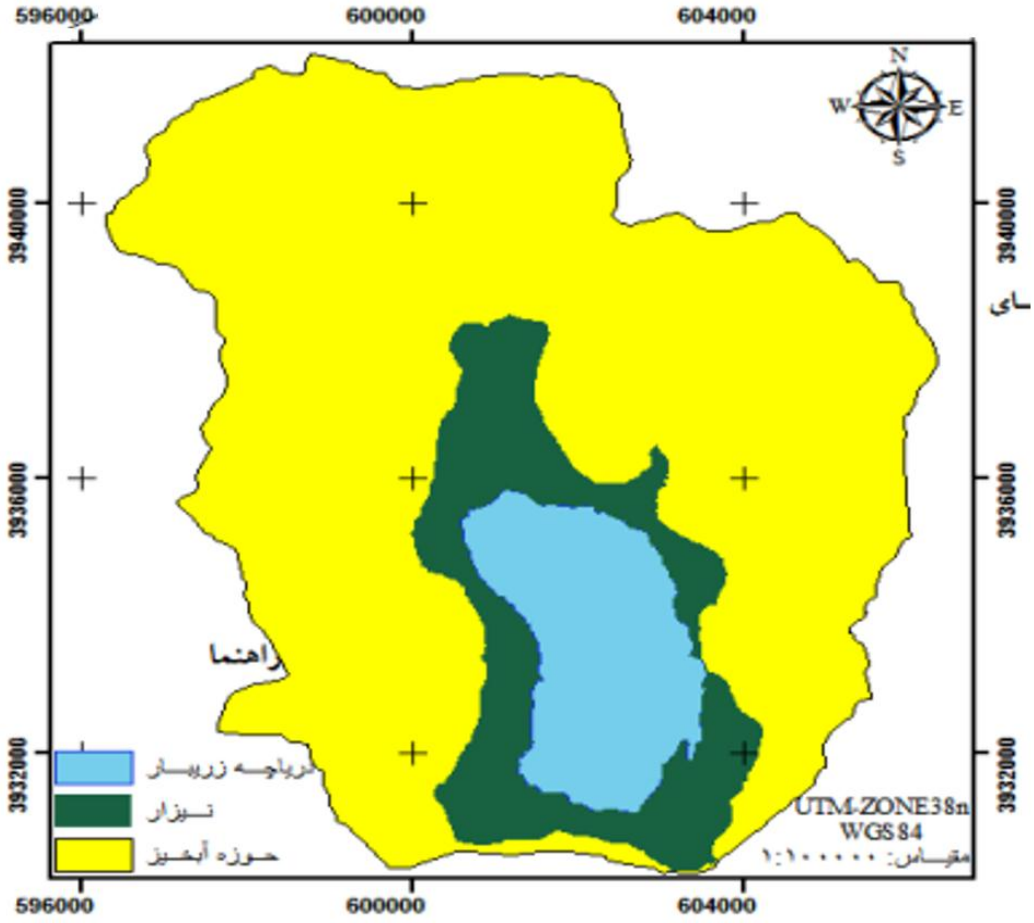
شکل ۴: نقشه موقعیت دریاچه زریبار در حوضه مریوان (منبع: فلاح، ن.، گندمکار. ا، علیرضا، ا. ۱۴۰۰. بررسی اثرات تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریبار، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال دوازدهم، شماره دو، پیاپی، ۴۴)

نتایج بررسی‌های و جمع‌آوری گونه‌های گیاهی نشان می‌دهد که محدوده مورد مطالعه تعداد ۲۵۷ گونه گیاهی متعلق به ۱۸۳ جنس و ۵۳ خانواده را دارا است. خانواده‌های Compositae/Asteraceae با ۳۵ گونه، خانواده Gramineae با ۲۹ گونه و Cyperaceae یا ۲۰ گونه بیشترین تعداد گونه‌ها رابه‌خود اختصاص داده است [۲۴]. که خوشبختانه در در ۲ خانواده اولی C/A و G میکروارگانیسم‌های MFCs در جهت اهداف مطالعه این پژوهش یافت می‌شود. نمودار شکل ۵ تعداد جنس و گونه‌های غالب پوشش گیاهی تالاب مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۵: تعداد جنس و گونه‌های غالب پوشش گیاهی تالاب مورد مطالعه (منبع: خراسانی و همکاران، ۱۳۹۳. بررسی تنوع گیاهی حاشیه دریاچه زریبار مریوان

در مطالعه‌ای دیگر که توسط رشیدی همکاران (۱۳۸۹) پوشش گیاهی تالاب براساس داده‌های برای تعیین محدوده تالاپ توپوگرافی اسکن شده ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش تهیه شده از شرکت پویاب و همچنین تصاویر سه بعدی با نرم‌افزار (Earth Google) استفاده شد (شکل ۶) که با تطبیق آن با فتوشاپ امکانپذیر شده است. برای حفظ هماهنگی مکانی بین نقشه‌ها، سیستم تصویر (UTM) بامبنای (WGS 84) مربوط به (n38ZONE) برای نقشه مورد استفاده قرار گرفته‌است [۲۳].



شکل ۶: محدوده پوشش گیاهی تالاب زریبار (منبع: رشیدی، آ و همکاران، ۱۳۸۹. ارزیابی اکوتوریسم در جنگل‌های اطراف تالاب زریبار با استفاده از سامانه مطالعات جغرافیایی (GIS))

تأثیر گیاهان آبزی بر میکروارگانیسم‌ها

باکتری‌های الکترواکتیو (EAB) یا اکسوژن‌ها، به‌طور کلی به‌عنوان گروهی از میکروارگانیسم‌ها شناخته می‌شوند که نقش اساسی در عملکرد MFCs دارند. باکتری‌هایی هستند که قادر به تولید انرژی الکتریکی از طریق اکسیداسیون مواد آلی و انتقال الکترون‌های تولید شده به یک پذیرنده خارج از سلول‌های خود هستند. در MFCs، حضور گیاهان آبزی معمولاً نقش مهمی در افزایش فراوانی و تنوع جامعه میکروبی و تأثیر بعدی آن‌ها بر حذف آلودگی و تولید برق زیستی دارد [۲۹]. ریشه‌های آن‌ها سطح وسیعی را برای رشد و اتصال میکروبی فراهم می‌کنند، که امکان تجزیه و جذب آلاینده‌ها از فاضلاب را فراهم می‌کند. کارایی سیستم در درجه اول با حفظ یک پتانسیل اکسیداسیون-کاهش بالا بین بخش‌های بالا و پایین MFCs حاصل می‌شود. مشارکت گیاهان آبزی یکی از اجزای اصلی است که شناخته شده است به ترشح اکسیژن و اکسیدات ریشه کمک

می‌کند. اکسیژن ریشه آزاد شده از طریق تنفس ریشه گیاه، همچنین به عنوان از دست دادن اکسیژن شعاعی (ROL)[1]، شرایط هوازی، بی هوازی و هوازی اختیاری را برای انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها ایجاد می‌کند. این شرایط با تسهیل متابولیسم میکروبی، تجزیه آلاینده‌های آلی را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، اکسیدات‌های تشکیل شده از کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه و قند محلول در آب که توسط ریشه‌های گیاهان آبزی آزاد می‌شوند، منبع کربن و انرژی مورد نیاز برای متابولیسم و رشد میکروبی در اطراف ریزوسفیر گیاهان آبزی را فراهم می‌کنند. با این حال، این منجر به فراوانی نسبی بیشتری از EABها می‌شود که مسئول تولید برق زیستی هستند [۲۴].

نقش گیاهان آبزی در تولید برق زیستی

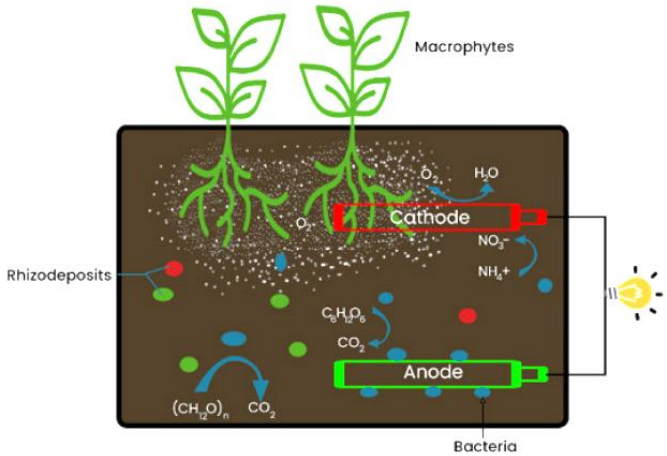
تولید برق در MFCs در اصل نتیجه واکنش‌های اکسیداسیون-کاهش (redox) از طریق واکنش‌های الکتروشیمیایی یا بیوشیمیایی به‌ترتیب در محفظه‌های‌اند و کاتد است، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است. الکترود کاتد در محفظه کاتدی به‌عنوان یک دهنده الکترون عمل می‌کند، در حالی‌که‌اند اساساً به‌عنوان یک پذیرنده الکترون کمک می‌کند. پذیرش الکترون‌ها از الکترود کاتد برای واکنش کاهش در محفظه کاتدی بر عهده برخی ترکیبات شیمیایی شناخته شده به‌عنوان پذیرنده‌های الکترون پایانی (TEA) است. فلزات گذار (مانند پلاتین (Pt)) و ترکیبات نیترات (NO3) موادی هستند که اغلب به‌عنوان TEA استفاده می‌شوند با این حال، اکسیژن (O2) به‌طور کلی به‌دلیل ویژگی پایدار و پتانسیل اکسیداسیون-کاهش نسبتاً بالای آن توصیه می‌شود[۲۵].

بنابراین، استفاده از DO در رابط هوا-آب سیستم برای در دسترس قرار دادن اکسیژن برای این واکنش ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این، برخی از محققان از کاتدهای هوا برای افزایش واکنش کاهش کاتدی با درگیر کردن ماده کاتد در رابط هوا-آب استفاده کردند. با این حال، این ترتیب تحت تأثیر افت‌های اهمی عظیم قرار گرفت زیرا چنین ترتیبی فاصله بین الکترودها (آند و کاتد) را گسترش می‌دهد که مقاومت داخلی سلول را افزایش می‌دهد. علاوه بر کاتد هوا که دچار عقب‌گردهای افزایش مقاومت داخلی شد، برخی از محققان دیگر نیز از تهویه مصنوعی مکمل استفاده کردند. طبق بیان Guo [۲۶]، تهویه مصنوعی مکمل به‌عنوان یک شکل از هدر رفتن انرژی شناخته شد و روند دنیتریفیکاسیون را مهار کرد. استفاده از گیاهان آبزی برای برآورده کردن این نیاز اصلی، یک پیشرفت بزرگ برای عملکرد بهینه سیستم شد. پیش نیاز اکسیژن بدون هیچ گونه عقب‌گرد در منطقه کاتدی بالا برای واکنش کاهش ذکر شده، جزء مهمی از سیستم برای تضمین عملکرد و کارایی بهینه است [۱۴]. گیاهان آبزی از نور خورشید به‌عنوان منبع انرژی در طول فتوسنتز برای تبدیل آب و دی اکسید کربن به انرژی شیمیایی (گلوکز) استفاده می‌کنند و محصول جانبی آن O2 گازی در ریزوسفیر آن‌ها است که سپس به‌عنوان TEA برای تکمیل چرخه تولید انرژی در سیستم در دسترس قرار می‌گیرد [۵۴] همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است. اکسیژن برای واکنش کاهش با استفاده از اکسیژن دفع شده توسط ریشه‌های گیاهان آبزی در داخل منطقه کاتد در دسترس قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان داده است که با چنین ادغامی، گیاه تالابی پتانسیل کاتد MFCs را برای تولید انرژی بهینه بهبود می‌بخشد [۲۶، ۲۴].

[1] Radial oxygen loss

شکل ۷: واکنش‌های اکسیداسیون و کاهش در محفظه‌های مربوطه

مکانیسم‌های اصلی انتقال اکسیژن در MFCs از طریق شیب فشار هوا از جو و عمدتاً از طریق انتشار از سلول‌های آئرنشیم ریشه در طول فتوسنتز گیاه است (شکل ۸). اکسیژن ترشح شده از سلول‌های آئرنشیم ریشه، یک محیط میکرو اکسیدکننده در ریزوسفیر ایجاد می‌کند؛ بنابراین، پتانسیل اکسیداسیون-کاهش سیستم بسیار تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۲۶، ۱۸].



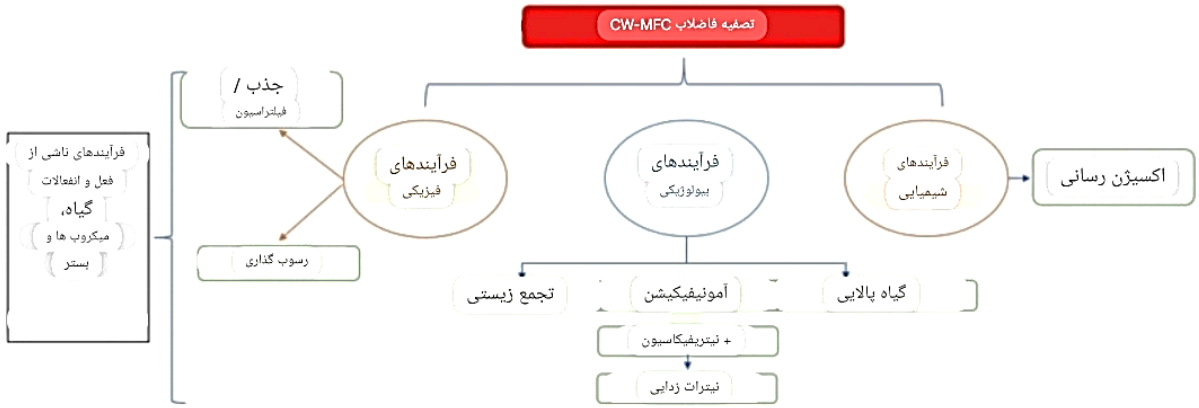
شکل ۸: ترشح (CH2O)n و O2 از ریشه گیاهان آبزی - منبع:

Jingyao Qi et al., *The Role of Wetland Plants on Wastewater Treatment and Electricity*) MFCs *Generation in Constructed Wetland Coupled with Microbial Fuel Cell*

با این حال، علاوه بر اکسیژن‌رسانی ریشه گیاه، ترشح اکسیدات‌ها نیز نقش مهمی در تولید برق زیستی دارد. اکسیدات‌های ریشه ترشح شده از گیاهان تالابی، مواد آلی هستند و باکتری‌های الکترواکتیو که به‌طور طبیعی در منطقه‌اند تشکیل می‌شوند، اکسیدات‌ها را اکسید می‌کنند و الکترون‌هایی برای تولید برق زیستی تولید می‌کنند. بنابراین، گونه‌های گیاهان آبزی با چنین تمایلی تأثیر زیادی بر خروجی الکتریکی سیستم خواهند داشت. در شرایط بهینه برای آزاد شدن اکسیدات ریشه، عملکرد MFCs از نظر برق زیستی بالاتر مشاهده شد. گونه‌های مختلف بر اساس نوع بستر، انتقال و آزاد شدن اکسیدات تأثیر متفاوتی خواهند داشت. بنابراین، بسیار ضروری است که ادغام گیاهان آبزی درMFCs برای اطمینان از تولید برق بهینه در نظر گرفته شود. با این حال، در انتخاب چنین گونه‌هایی، ROL و تولید اکسیدات بر اساس فرآیند فتوسنتز گیاه باید به خوبی در نظر گرفته شود. جزئیات بیشتر در مورد انواع مختلف گیاهان آبزی با مشارکت آن‌ها در تولید برق در جدول ۱ فهرست شده است [۲۶].

نقش گیاهان آبزی در حذف آلاینده‌ها در MFCs

در بسیاری از پساب‌های فاضلاب، سطوح بالای COD[1]، مواد مغذی مانند آمونیوم-نیتروژن، نیترات-نیتروژن و فسفر و فلزات سنگین آلاینده‌های رایج هستند. MFCs به‌عنوان یک فناوری سازگار با محیط‌زیست می‌تواند این آلاینده‌ها و بسیاری دیگر از طیف گسترده آلاینده‌ها را حذف، تبدیل و غیرفعال کند. با این حال، کارایی MFCs در تصفیه فاضلاب به فرآیندهای تعاملی چندوجهی بستگی دارد که می‌توان آن‌ها را به سه دسته اصلی تقسیم کرد - فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است [۲۷].



شکل ۹: فرآیندهای تعاملی دخیل در حذف آلاینده‌ها

گیاهان آبزی نقش چندوجهی در تمام این فرآیندها برای اطمینان از حذف مؤثر آلاینده‌های فاضلاب دارند. به‌عنوان مثال، در فرآیندهای زیست‌تلمبه‌ای و فیتورمدیاسیون، گیاهان آبزی نقش مهمی در جذب، جذب زیستی و ذخیره‌سازی مواد مغذی در زیست‌توده خود، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم دارند. آن‌ها مواد مغذی معدنی محلول را به عنوان وسیله‌ای برای ساخت زیست‌توده خود جداسازی می‌کنند. از آنجایی که این مواد مغذی برای رشد آن‌ها ضروری هستند، می‌توان با انتخاب گیاهان تالابی با ظرفیت بالای جذب معدنی و تبدیل بعدی آن‌ها به زیست‌توده آلی گیاه، مقدار مواد مغذی از پساب فاضلاب را به حداکثر رساند. نتایج آن‌ها نشان داد که MFCs کاشته شده ۳۸٪ بالاتر در راندمان حذف نسبت به MFCs کاشته نشده بود. این عمدتاً به‌دلیل این بود که گیاه تالابی فرآیند نیتریفیکاسیون را افزایش داد. در مطالعه‌ای که توسط Liu و همکاران [۲۸] برای افزایش کارایی MFCs با استفاده از فتوسنتات گیاه انجام شد، اکسیدات‌های ریشه گیاهان خانواده Asteraceae که در تالاب زریبار یافت شده‌است، به عنوان بخشی از سوخت در MFC فتوسنتزی برای افزایش دنیتریفیکاسیون استفاده شدند که تحت تهویه مصنوعی کار می‌کرد، ۹۸٪ راندمان حذف COD را به‌دست آورد [۲۸]. علاوه بر این، مطالعات در مورد اثرات گیاهان بر حذف نیتروژن، فسفر و فلزات سنگین، در مقایسه با راندمان حذف COD، اندک است. اگرچه به‌طور کلی در تالاب‌های طبیعی نظیر زریبار ثابت شده است، مطالعات گسترده‌ای در مورد MFCs مورد نیاز است [۲۹]. این مطالعه ممکن است به بهینه‌سازی ادغام مؤلفه گیاه در MFCsها و تقویت توسعه آنها برای استفاده عملی کمک کند.

[1] Chemical Oxygen Demand

چشم‌انداز آینده

در پیکربندی MFCs، انتخاب مناسب گیاهان آبزی برای موفقیت سیستم بسیار مهم است. مؤلفه گیاهان آبزی یکی از برجسته‌ترین و متنوع‌ترین بخش‌های سیستم بیوالکتروشیمی MFCs است. انواع گیاهان تالابی نصب شده در MFCsها دارای برخی خواص منحصر به فردی هستند که آن‌ها را در فرآیندهای حذف آلاینده‌ها و تولید برق زیستی نقش اساسی می‌دهد. بنابراین، انتخاب دقیق نوع گیاه آبزی مورد استفاده برای موفقیت سیستم بسیار ضروری است. این تصمیم می‌تواند به‌طور قابل توجهی کارایی MFCs را افزایش یا کاهش دهد.

گیاهان آبزی، به‌ویژه گیاهان نوظهور، می‌توانند از طریق تبخیر-تعریق باعث کاهش قابل توجه آب در MFCs شوند. با کاهش حجم فاضلاب جریان‌یابنده در سیستم به‌دلیل از دست دادن آب، کارایی تصفیه در MFCsها می‌تواند به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار گیرد زمانی که نرخ تبخیر-تعریق از ۲/۵ میلی‌متر در روز فراتر رود [۳۰]. علاوه بر این، در نبود نور، سلول‌های گیاهی و تنفس میکروارگانیسم‌ها O2 را مصرف می‌کنند. از این‌رو، سطح DO در راکتور کاهش خواهد یافت زیرا نرخ مصرف DO از تولید آن بیشتر می‌شود. فتوسنتز و تنفس گیاه دینامیک اکسیژن راکتور را تغییر می‌دهد که در نهایت منجر به نوسانات ولتاژ می‌شود. بنابراین، گونه‌های گیاهان آبزی که می‌توانند بر این موانع عمده غلبه کنند، بسیار توصیه می‌شوند [۳۱].

نتیجه‌گیری

از تمام مطالعات قبلی و اخیر در مورد مؤلفه گیاهان MFCs، شکی نیست که گیاهان آبزی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد MFCs برای تصفیه فاضلاب و تولید برق دارند. با این حال، بیشتر مطالعات انجام شده برای ارزیابی تأثیر گیاهان آبزی بر کارایی تصفیه، بر حذف COD متمرکز بودند، با تمرکز کمتر بر حذف نیترات، فسفر و فلزات سنگین از طریق انتخاب مناسب گیاهان آبزی. مطالعات قبلی همچنین بر عملکرد کلی گیاهان آبزی در کارایی تصفیه و تولید برق متمرکز بودند بدون اینکه عملکرد گونه‌های مختلف و ادغام گیاهان هیبریدی MFCs را مقایسه کنند. این مقایسه و تحلیل می‌تواند در توصیه گیاه تالابی مناسب برای فناوری براساس عملکرد گیاه برای فیلتر کردن آلاینده‌ها، جذب فلزات سنگین، ترشح اکسیژن محلول بیشتر مورد نیاز برای افزایش پتانسیل اکسیداسیون-کاهش سیستم و کمک به حذف سایر آلاینده‌ها کمک کند. این ویژگی در برخی گونه‌های گیاهی موجود در تالاب زریبار وجود دراد و برای موارد بیشتری از گیاهان آبزی برای مقایسه عملکرد گونه‌های مختلف بر روی سیستم مورد بررسی قرار گیرد. این قابلیت با طراحی دقیق مطابق با آنچه در متن مطالعه بدان اشاره شده، می‌تواند برای تصفیه آب و خروجی فاضلابهای ورودی به دریاچه از روستاهای بالادست و همجوار تالاب و همچنین خروجی اصلی تالاب زریبار به رودخانه مریوان و همچنین تولید برق در برخی از نقاط تالاب که آسیب‌های زیست‌محیطی را به حداقل برساند، وجود دارد و مطالعات جدی بیشتری در این حوز می‌طلبد.

مراجع

فلاح، ن.، گندمکار. ا.، علیرضا، ا. ۱۴۰۰. **بررسی اثرات تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریوار**، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال دوازدهم، شماره ۲، پیاپی ۴۴.

خراسانی، ن.، ریاضی. ب.، علی احیایی، ع. ۱۳۹۳. **بررسی تنوع گیاهی حاشیه دریاچه زریوار مریوان**، نشریه محیط زیست طبیعی، منابع طبعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۱، صفحات ۶۴-۵۳.

رشیدی، آ.، مخدوم. م.، فقهی، ج.، شریفی، م. ۱۳۸۹. **ارزیابی اکوتوریسم در جنگلهای اطراف تالاب زریبار با استفاده از سامانه مطالعات جغرافیایی (GIS)**، پژوهشهای محیط زیست، سال ۱، شماره ۲.

Gude, V.G. 2015. **Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 45: 52-68.

Virdis, B., Freguia, S., Rozendal, R.A., Rabaey, K., Yuan, Z., Keller, J. 2019. **Microbial Fuel Cells. In Treatise on Water Science**; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands4: 641-665

Singh, H.M., Pathak, A.K., Chopra, K., Tyagi, V.V., Anand, S., Kothari, R. 2019**. Microbial fuel cells: A sustainable solution for bioelectricity generation and wastewater treatment**. Biofuels 10: 11-31.

Glover, H., Guz, E., Hanewall, C., Hollander, A., Kocian, A. 2005. **Alternative Financing of Water and Wastewater Infrastructure in Rural Communities; United States Department of Agriculture, Rural Development**: Washington, DC, USA; Maxwell School of Syracuse University: Syracuse, NY, USA, 2005.

Liu, H., Ramnarayanan, R., Logan, B.E. 2004. **Production of Electricity during Wastewater Treatment Using a Single Chamber Microbial Fuel Cell.** Environ. Sci. Technol. 38: 2281–2285.

Das, D. 2018. **Microbial Fuel Cell—A Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts** ; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018 ;p. 20. ISBN 978-3-319-66792-8.

.Potter, M.C. 1911. **Electrical effects accompanying the decomposition of organic compounds**. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 1911, 84, 260–276.

Logan, B.E. Microbial Fuel Cells; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2008.

Vymazal, J. 2010. **Constructed Wetlands for Wastewater Treatment**. Water 2: 530-549.

Yang, E., Chae, K.-J., Choi, M.-J., He, Z., Kim, I.S. 2019. **Critical review of bioelectrochemical systems integrated with membrane-based technologies for desalination, energy self-sufficiency, and high-efficiency water and wastewater treatment**. Desalination 452: 40-67.

11 .Vidal, C.C. 2017. **Constructed Wetland Microbial Fuel Cells: Electricity Generation, Treatment Efficiency Improvement, COD Bioindication and Clogging Assessment**. Ph.D. Thesis, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2017.

Wu, H., Zhang, J., Ngo, H.H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., Fan, J., Liu, H. 2015. **A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation**. Bioresour. Technol. 2015, 175: 594-601.

22 .Doherty, L.; Zhao, Y.; Zhao, X.; Hu, Y.; Hao, X.; Xu, L.; Liu, R. A review of a recently emerged technology: Constructed wetland–microbial fuel cells. Water Res. 2015, 85, 38–45.

Srivastava, P., Yadav, A.K., Garaniya, V., Abbassi, R. 2019. **Constructed Wetland Coupled Microbial Fuel Cell Technology**. In Microbial Electrochemical Technology; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; pp. 1021–1036.

Scholz, M., Lee, B. 2005. **Constructed wetlands: A review.** Int. J. Environ. Stud. 2005, 62: 421–447.

Yadav, A.K., Srivastava, P., Kumar, N., Abbassi, R., Mishra, B.K. 2018. **Constructed Wetland-Microbial Fuel Cell: An Emerging Integrated Technology for Potential Industrial Wastewater Treatment and Bio-Electricity Generation**. Constr. Wetl. Ind. Wastewater Treat. 2018: 493-510.

Wang, Y., Zhao, Y., Xu, L., Wang, W., Doherty, L., Tang, C.,Ren, B., Zhao, J. 2017. **Constructed wetland integrated microbial fuel cell system: Looking back, moving forward**. Water Sci. Technol, 76: 471–477.

Yadav, A.K., Dash, P., Mohanty, A., Abbassi, R., Mishra, B.K. 2012. **Performance assessment of innovative constructed wetland-microbial fuel cell for electricity production and dye removal**. Ecol. Eng. 47: 126-131.

Brix, H.; Schierup, H.H. 1989. **The Use of Aquatic Macrophytes in Water-Pollution Control**. Ambio, 28: 100-107.

Yang, Y., Zhao, Y., Liu, R., Morgan, D. 2018. **Global development of various emerged substrates utilized in constructed wetlands**. Bioresource Technology, 261: 441-452.

Jingyao Qi et al. 2021. **The Role of Wetland Plants on Wastewater Treatment and Electricity Generation in Constructed Wetland Coupled with Microbial Fuel Cell**. Applied Sciences 2021, 11: 7454.

Guadarrama-Pérez, O., Gutiérrez-Macías, T., García-Sánchez, L., Guadarrama-Pérez, V.H., Estrada-Arriaga, E.B. 2019. **Recent advances in constructed wetland-microbial fuel cells for simultaneous bioelectricity production and wastewater treatment: A review**.
International Journal of Energy Research, 43: 5106-5127.

3. Guo, L., He, K., Wu, S., Sun, H., Wang, Y., Huang, X., Dong, R. 2016. **Optimization of high-rate TN removal in a novel constructed wetland integrated with microelectrolysis system treating high-strength digestate supernatant**. Journal of Environmental Managemen 178: 42–51.

Greenway, M. 2007. **The Role of Macrophytes in Nutrient Removal using Constructed Wetlands**. Environmental Bioremediation Technologies 331-351.

Liu, S., Song, H., Li, X., Yang, F. 2013. **Power Generation Enhancement by Utilizing Plant Photosynthate in Microbial Fuel Cell Coupled Constructed Wetland System**. International Journal of Photoenergy, 2013: 172010.

Brisson, J., Chazarenc, F. 2009. **Maximizing pollutant removal in constructed wetlands: Should we pay more attention to macrophyte species selection**?. Science of The Total Environment 407: 3923–3930.

Jadhav, D.A., Ghadge, A.N., Mondal, D., Ghangrekar, M.M. 2014. **Comparison of oxygen and hypochlorite as cathodic electron acceptor in microbial fuel cells**.
Bioresource Technology, 154: 330-335.

Srivastava, P., Abbassi, R., Yadav, A.K., Garaniya, V., Asadnia, M. 2019. **A review on the contribution of electron flow in electroactive wetlands: Electricity generation and enhanced wastewater treatment**. Chemosphere, 254: 126926.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

امکان‌سنجی بهره‌برداری پایدار از نی‌های دریاچه زریبار مریوان در تولید بتن سبز با تأکید بر پایداری اکولوژی

محمدهیرش باقدم

هیئت علمی دانشکده فنی انقلاب اسلامی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران. mhbaghadam@gmail.com

چکیده

دریاچه زریبار مریوان، یکی از تالاب‌های طبیعی مهم غرب ایران، در سال‌های اخیر با رشد فزاینده نی‌های خودرو مواجه شده است. این پدیده تهدیدی جدی برای پایداری بوم‌سازگان دریاچه محسوب می‌شود. در این مقاله، با استناد به مطالعات موردی از دریاچه‌های مختلف جهان، به بررسی اثرات مثبت برداشت نی بر اکوسیستم‌های آبی پرداخته شده و امکان بهره‌برداری پایدار از نی در صنعت ساخت‌وساز بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که برداشت کنترل‌شده نی می‌تواند به بهبود کیفیت آب، افزایش وسعت سطح آزاد دریاچه، کاهش گازهای گلخانه‌ای و ایجاد فرصت‌های اقتصادی محلی منجر شود. همچنین به مزایای بازگشت تنوع زیستی و احیای عملکردهای اکولوژیک تالاب‌ها نیز پرداخته می‌شود. این پژوهش همچنین به امکان‌سنجی استفاده از نی در تولید بتن سبز پرداخته و پیشنهاداتی عملی جهت مدیریت منابع نی ارائه می‌نماید.

کلید واژه‌ها: بتن سبز، پایداری اکولوژیک، الیاف گیاهی، اقتصاد زیستی.

Feasibility study of sustainable utilization of Zrebar Lake reeds in green concrete production with emphasis on ecological sustainability

Abstract

Zrebar Lake in Marivan, one of the major natural wetlands in western Iran, has recently experienced a rapid expansion of wild reed growth. This phenomenon poses a significant threat to the lake's ecological sustainability. This paper, drawing on case studies from various lakes around the world, investigates the positive impacts of reed harvesting on aquatic ecosystems and explores the potential for sustainable utilization of reeds in the construction industry. The findings indicate that controlled reed harvesting can lead to improved water quality, an increase in open water surface area, reduction of greenhouse gas emissions, and the creation of local economic opportunities. The study also highlights the benefits of biodiversity restoration and the revitalization of wetland ecological functions. Furthermore, the potential application of reed in the production of green concrete is assessed, and practical recommendations for sustainable reed resource management are presented.

Keywords: Green Concrete, Ecological Sustainability, Plant-Based Fibers, Bioeconomy.

مقدمه

تالاب‌ها و دریاچه‌های طبیعی نقش حیاتی در حفظ تنوع زیستی، تنظیم چرخه‌های آبی و کربنی، تعدیل اقلیم، و ارائه خدمات اکوسیستمی ایفا می‌کنند. با این حال، رشد بی‌رویه گیاهان آبزی مانند نی (*Phragmites australis*) می‌تواند تعادل این اکوسیستم‌ها را به‌طور جدی بر هم زند. دریاچه زریبار مریوان نمونه‌ای بارز از این پدیده است؛ در آن، گسترش سریع و بی‌رویه نی‌ها منجر به اشغال سطح آب، انسداد مسیرهای گردش آب، کاهش نور و اکسیژن محلول، و تهدید مستقیم حیات ماهیان و پرندگان شده است. تراکم بالای نی‌ها باعث افزایش رسوب‌گذاری و محدود شدن ظرفیت خودپاک‌سازی دریاچه می‌شود. در چنین شرایطی، نه تنها ظرفیت گردش آب کاهش می‌یابد، بلکه میزان تبخیر نیز به‌طور غیرمستقیم افزایش پیدا می‌کند. همچنین، منظر طبیعی دریاچه به‌واسطه تراکم بالای نی از بین می‌رود و فرصت‌های گردشگری محدود می‌گردد. این مقاله بر آن است تا با ارائه شواهد بین‌المللی و داده‌های محلی، راهکاری پایدار برای مقابله با این وضعیت و بهره‌برداری هدفمند از نی ارائه دهد. رشد بی‌رویه نی‌ها در سال‌های اخیر به حدی رسیده که تعادل این اکوسیستم ارزشمند را برهم زده است. هر ساله با پوسیدگی طبیعی این نی‌ها، حجم عظیمی از مواد آلی به آب دریاچه اضافه می‌شود که نتیجه آن کاهش اکسیژن محلول، افزایش غلظت مواد آلی و در نهایت تهدید حیات آبزیان است. از سوی دیگر، صنعت ساخت‌وساز که یکی از آلاینده‌ترین صنایع جهان محسوب می‌شود، همواره به دنبال مواد اولیه پایدار و دوستدار محیط زیست است. این پژوهش با درک این دو نیاز، به بررسی امکان استفاده از نی‌های مازاد زریبار در تولید بتن سبز پرداخته است. پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از الیاف طبیعی به‌ویژه نی در بهبود ویژگی‌های مهندسی بتن انجام شده است. به عنوان مثال، مطالعه‌ای با عنوان "بررسی تأثیر الیاف نی در ویژگی‌های مهندسی بتن ساختما ن نشان داد [۱] که افزودن الیاف نی به بتن می‌تواند مقاومت کششی و ترک‌خوردگی آن را بهبود بخشد. همچنین، تحقیقات بین‌المللی مانند دیگر تأیید کرده‌اند که الیاف گیاهی به دلیل سبکی، قیمت پایین و سازگاری محیط‌زیستی، گزینه مناسبی برای تولید بتن سبز هستند. با این حال، چالش اصلی در این زمینه، توزیع نامناسب الیاف در ماتریس بتن و کاهش کارایی مخلوط است که نیاز به راهکارهای فنی مانند اصلاح روش‌های اختلاط یا افزودنی‌های شیمیایی دارد [۲]. از سوی دیگر، مطالعاتی همچون "کاربرد الیاف ارگانیک در بتن پایدار" نشان داده‌اند [۳] که اگرچه الیاف طبیعی مانند نی ارزان‌تر و زیست‌تخریب‌پذیر هستند، اما به دلیل جذب آب بالا و تمایل به کلوخه‌شدن، ممکن است توزیع یکنواختی در بتن نداشته باشند. این موضوع لزوم استفاده از فوق‌روان‌کننده‌ها را برای بهبود کارایی و پخش بهتر الیاف در بتن تقویت می‌کند. پژوهش‌های دیگری نیز بر اهمیت ترکیب الیاف با مواد اصلاح‌کننده رئولوژی برای دستیابی به بتن با عملکرد مکانیکی مطلوب تأکید کرده‌اند.

بتن سبز، کاربردهای صنعتی نی و پتانسیل اقتصادی آن

بتن سبز به نوعی از بتن اطلاق می‌شود که با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید و مصرف می‌شود. این بتن از ترکیبات جایگزین سیمان پرتلند معمولی مانند پوزولان‌ها، خاکستر بادی، الیاف گیاهی و مواد بازیافتی بهره می‌برد. هدف اصلی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2 حاصل از تولید سیمان، و افزایش پایداری سازه‌ها در طول چرخه عمر آن‌ها است. در میان تقویت‌کننده‌های طبیعی، الیاف گیاهی به‌ویژه نی، به‌دلیل ساختار سبک، توخالی و انعطاف‌پذیر خود، نقش مؤثری در بهبود خواص مکانیکی و زیست‌محیطی بتن دارند. نی‌های خودرو که در دریاچه‌ها و تالاب‌ها رشد می‌کنند، پس از برداشت، خشک‌سازی، خردایش و تیمار شیمیایی (جهت افزایش دوام در محیط قلیایی بتن)، به‌عنوان الیاف تقویت‌کننده به ترکیب بتن افزوده می‌شوند. که استفاده از الیاف نی در بتن منجر به کاهش وزن مخصوص بتن، افزایش مقاومت کششی، بهبود عملکرد در برابر ترک‌خوردگی‌های ناشی از جمع‌شدگی، و بهبود رفتار حرارتی آن در اقلیم‌های گرم و خشک می‌شود. همچنین این رویکرد می‌تواند از برداشت بی‌رویه منابع معدنی جلوگیری کرده، و به بازیابی اکولوژیک تالاب‌ها نیز کمک کند. به‌کارگیری نی در تولید بتن سبز، نمونه‌ای از تلفیق فناوری مصالح نوین با راهکارهای مدیریت منابع تجدیدپذیر و حفاظت از اکوسیستم‌های آبی است. نی به‌عنوان یک منبع تجدیدپذیر می‌تواند جایگزینی مناسب برای بسیاری از مواد سنتی در صنایع ساختمانی باشد. آزمایش‌ها

نشان می‌دهد که الیاف نی پس از تیمار با محلول‌های مقاوم در برابر قلیا، می‌توانند به‌طور مؤثری در ماتریس سیمانی عمل کنند و مقاومت خمشی بتن را بهبود بخشند. همچنین این الیاف در برابر ترک‌های انقباضی، کاهش وزن بتن، و افزایش دوام در برابر شرایط محیطی مؤثر هستند. تولید بتن سبز با استفاده از نی برداشت‌شده، نه‌تنها هزینه مواد اولیه را کاهش می‌دهد بلکه ردپای کربنی فرآیند تولید را نیز به حداقل می‌رساند. تجربه تولید عایق‌های صوتی و حرارتی با استفاده از الیاف نی در آلمان، یا استفاده از آن به‌عنوان سوخت زیستی در دانمارک، نشان‌دهنده تنوع بالای پتانسیل این گیاه برای صنایع مختلف است [۴].

اثرات زیست‌محیطی برداشت نی

برداشت کنترل‌شده و اصولی نی می‌تواند نقشی مهم در بهبود سلامت اکولوژیک دریاچه‌ها ایفا کند. نی در شرایط رشد بی‌رویه، نه‌تنها سطح وسیعی از آب را اشغال می‌کند، بلکه با ایجاد سایه و مانع برای نفوذ نور، از رشد فیتوپلانکتون‌های مفید جلوگیری می‌کند و زنجیره غذایی اکوسیستم آبی را مختل می‌سازد. در هنگام پوسیدگی سالانه، حجم زیادی از مواد آلی از نی‌ها آزاد می‌شود که در کف دریاچه رسوب کرده و منجر به کاهش عمق مفید و افزایش بار آلی می‌شود. این رسوبات محیط را برای رشد باکتری‌های بی‌هوازی فراهم کرده و گازهای گلخانه‌ای مانند متان (CH_4) و دی‌اکسیدکربن (CO_2) را به میزان چشمگیری افزایش می‌دهند [۴]. در مقابل، برداشت به‌موقع و پایدار نی موجب می‌شود که مواد آلی قبل از پوسیدگی برداشت شوند و فرآیندهای تجزیه محدود گردند. تجربه کشورهای حوزه اسکاندیناوی، اتریش، و مغولستان داخلی نشان می‌دهد که برداشت دوره‌ای نی نه‌تنها مانع از بروز این مشکلات می‌شود، بلکه باعث بازگشت شفافیت آب، افزایش اکسیژن محلول، بهبود زیستگاه‌های پرندگان مهاجر و بازگشت تنوع زیستی می‌گردد [۵].

افزایش وسعت سطح آزاد آب و کنترل فرآیند خشکی دریاچه

یکی از پیامدهای مهم رشد بی‌رویه نی در دریاچه‌ها، کاهش محسوس سطح آزاد آب است. در دریاچه زریبار، براساس تصاویر ماهواره‌ای طی دهه گذشته، بیش از ۱۳٪ از سطح آزاد آبی توسط نی‌های متراکم اشغال شده است. این تراکم نه‌تنها باعث از بین رفتن چشم‌انداز طبیعی و زیبایی بصری دریاچه شده، بلکه با ایجاد مانع فیزیکی برای جریان آب، به افزایش نقاط مرده و بی‌حرکت در بستر دریاچه انجامیده است. برداشت اصولی نی می‌تواند این مانع را حذف کرده و منجر به احیای وسعت سطح آب دریاچه شود. با افزایش سطح آزاد آب، بازتاب نور خورشید بیشتر شده و دمای سطح آب تعدیل می‌شود، که این خود نقشی مؤثر در کاهش میزان تبخیر و کنترل روند خشکی دریاچه دارد. همچنین، باز شدن مسیرهای جریان طبیعی آب باعث افزایش اکسیژن‌گیری، شست‌وشوی رسوبات سبک، و بهبود زیستگاه‌های ماهی‌ها می‌شود. در پروژه‌های موفقی مانند دریاچه نویدسدیل در اتریش، نشان داده شده است که با برداشت سالانه حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از توده نی، پایداری هیدرولوژیکی دریاچه به طور چشمگیری افزایش یافته است [۶]. از سوی دیگر، بازگشت سطح آبی بیشتر موجب افزایش تبادل حرارتی و جلوگیری از یخبندان سطحی در زمستان شده که در حفاظت از ماهیان بومی مؤثر است.

فرآیند تبدیل نی به ماده ساختمانی ارزشمند

تبدیل نی‌های برداشت شده به ماده‌ای کاربردی در صنعت بتن نیازمند فرآیندی دقیق و علمی است. پس از برداشت اصولی در فصل پاییز، نی‌ها باید به مدت چهار هفته در شرایط مناسب خشک شوند تا رطوبت آنها به زیر ۱۲ درصد برسد [۷]. سپس در فرآیندی تخصصی، نی‌ها به طول مناسب خرد شده و با استفاده از محلول‌های ویژه تیمار می‌شوند. این تیمار شامل استفاده از سیلیکات سدیم و نانوذرات سیلیس است که مقاومت نی را در برابر محیط قلیایی بتن افزایش می‌دهد. نتیجه این فرآیند، تولید الیافی است که می‌تواند به‌طور مؤثری در ماتریس سیمانی عمل کند و خواص مکانیکی بتن را بهبود بخشد. یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از الیاف نی در بتن بحث فنی درباره توزیع الیاف و نیاز به فوق‌روان‌کننده می‌باشد همچنین توزیع غیریکنواخت آن‌ها در ماتریس سیمانی از چالش‌های اصلی این موضوع است. الیاف گیاهی به دلیل ساختار سطحی زبر و تمایل به جذب آب، هنگام اختلاط تمایل به تجمع و تشکیل کلوخه دارند که این پدیده منجر به کاهش کارایی بتن و ایجاد نقاط

ضعف در ساختار می‌شود. برای حل این مشکل، مطالعاتی مانند روش‌های بهینه اختلاط الیاف طبیعی در بتن پیشنهاد کرده‌اند که استفاده از فوق‌روان‌کننده‌های پلی‌کربوکسیلاتیمی‌تواند با کاهش آب انداختگی و افزایش روانی بتن، توزیع یکنواخت‌تری از الیاف را فراهم کند. این افزودنی‌ها با کاهش اصطکاک بین ذرات، مانع از تجمع الیاف شده و امکان پخش مطلوب آن‌ها در مخلوط را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، پژوهش‌هایی مانند تأثیر افزودنی‌های شیمیایی بر عملکرد الیاف طبیعی در بتن نشان داده‌اند که ترکیب فوق‌روان‌کننده‌ها با روش‌های اختلاط دو مرحله‌ای (مانند پیش‌ترکیب الیاف با بخشی از آب و سیمان قبل از افزودن به مخلوط اصلی) می‌تواند توزیع الیاف را بهبود بخشد. این روش نه‌تنها از کلوخه‌شدن الیاف جلوگیری می‌کند، بلکه باعث افزایش چسبندگی بین الیاف و خمیر سیمان می‌شود که نتیجه آن، بهبود مقاومت مکانیکی بتن سبز تولیدشده است. بنابراین، در این مطالعه پیشنهاد می‌شود که برای دستیابی به بتن الیافی با کیفیت، استفاده از فوق‌روان‌کننده‌ها و بهینه‌سازی پروتکل‌های اختلاط به عنوان بخشی ضروری از فرآیند تولید در نظر گرفته شود [۷].

فرآیند تبدیل نی به یک ماده ساختمانی ارزشمند، مستلزم مجموعه‌ای از اقدامات مهندسی‌شده شامل برداشت اصولی، تیمار فیزیکی و شیمیایی، و ترکیب با مصالح ساختمانی است. در مرحله نخست، برداشت نی با استفاده از ماشین‌آلات سبک مانند (reed harvester) و در زمان مناسب (پایان فصل رشد) صورت می‌گیرد تا از آسیب به بستر دریاچه و اکوسیستم جلوگیری شود، پس از برداشت، نی‌ها باید در شرایط کنترل‌شده خشک شوند تا میزان رطوبت آن‌ها به کمتر از ۱۵٪ برسد و آمادگی لازم برای خرد شدن و تیمار شیمیایی را پیدا کنند [۸]. تیمار شیمیایی یکی از مراحل کلیدی در افزایش دوام الیاف نی است. در این مرحله، از محلول‌های قلیایی مانند سود سوزآور یا مواد سیلان برای پایدارسازی ساختار سلولزی الیاف و بهبود پیوند آن‌ها با ماتریس سیمانی استفاده می‌شود. این فرآیند باعث کاهش حساسیت الیاف به محیط قلیایی بتن و جلوگیری از تجزیه آن‌ها در درازمدت می‌شود [۹]. پس از آماده‌سازی، الیاف نی به‌عنوان جایگزین یا تقویت‌کننده در بتن سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این نوع بتن دارای مقاومت کششی بالاتر، جذب انرژی بیشتر، و ترک‌خوردگی کمتر است. همچنین، وزن مخصوص آن نسبت به بتن معمولی کاهش یافته و قابلیت استفاده در پروژه‌های سازه‌ای سبک را فراهم می‌آورد [۱۰]. این روش علاوه‌بر ارزش‌افزوده اقتصادی برای جوامع محلی، گامی در جهت تحقق توسعه پایدار و جایگزینی مصالح زیان‌بار با منابع تجدیدپذیر به‌شمار می‌آید [۱۱]. برداشت مکانیزه نی امروزه با استفاده از ماشین‌آلات تخصصی مانند برشگرهای شناور، دستگاه‌های خردکن هیدرولیکی و ماشین‌های جمع‌آوری سبک انجام می‌شود. این تجهیزات به گونه‌ای طراحی شده‌اند که کمترین آسیب را به بستر دریاچه و زیستگاه‌های جانوری وارد کنند. در کشورهای اسکاندیناوی این ماشین‌آلات با سوخت زیستی کار می‌کنند و آلودگی صوتی بسیار کمی دارند، که موجب حفظ آرامش زیستگاه پرندگان و گونه‌های حساس می‌شود. در ایران نیز با توسعه دانش بومی، امکان ساخت مدل‌های سبک‌تر و متناسب با شرایط خاص زریبار وجود دارد. زمان برداشت نیز عامل مهمی است؛ معمولاً فصل پاییز و پیش از یخزدگی یا پوسیدگی نی‌ها، بهترین زمان برای برداشت است تا ضمن حفظ کیفیت الیاف، کمترین آسیب به چرخه اکولوژیکی وارد شود.

توجیه اقتصادی و زیست‌محیطی پروژه

از دیدگاه اقتصادی، این طرح چندین مزیت مهم دارد. اولاً با استفاده از ماده اولیه که در حال حاضر به‌عنوان یک مشکل زیست‌محیطی مطرح است، هزینه تولید به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. ثانیاً ایجاد صنایع تبدیلی در منطقه می‌تواند اشتغال‌زایی قابل توجهی به همراه داشته باشد. ثالثاً، تولید بتن سبز می‌تواند جایگاه ویژه‌ای در بازارهای داخلی و حتی منطقه‌ای پیدا کند. از منظر زیست‌محیطی نیز فواید این طرح غیرقابل انکار است. کاهش نی‌های اضافی به سلامت دریاچه کمک می‌کند، از تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از پوسیدگی نی‌ها جلوگیری می‌شود و همزمان محصولی تولید می‌شود که خود دوستدار محیط زیست است. اجرای پروژه برداشت نی‌های دریاچه زریبار و استفاده از آن‌ها در تولید بتن سبز، دارای توجیه اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توجهی است. از نظر اقتصادی، هزینه پایین برداشت نی نسبت به استخراج و فرآوری مصالح سنتی مانند سیمان و شن، امکان رقابت‌پذیری بالا را فراهم می‌آورد. تولید بتن سبز مبتنی بر الیاف نی می‌تواند در بازارهای داخلی و صادراتی به‌عنوان محصولی دوستدار محیط زیست و نوآورانه عرضه شود، به‌ویژه در پروژه‌هایی که نیاز به مصالح پایدار

و سبک‌وزن دارند. از منظر اشتغال‌زایی نیز، راه‌اندازی کارگاه‌های محلی فرآوری نی و آموزش نی‌برها می‌تواند منبع درآمدی برای جوامع بومی ایجاد کند. از جنبه زیست‌محیطی، برداشت اصولی نی باعث جلوگیری از انباشت رسوبات، بهبود گردش آب، کاهش گازهای گلخانه‌ای و افزایش تنوع زیستی می‌شود. همچنین استفاده از نی در بتن به کاهش مصرف سیمان، یکی از آلاینده‌ترین صنایع جهان، کمک کرده و ردپای کربن پروژه‌های ساختمانی را کاهش می‌دهد. چنین ترکیبی از مزایای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، این پروژه را به الگویی مؤثر برای توسعه پایدار در مناطق تالابی ایران تبدیل می‌کند. مطالعات انجام‌شده در مناطق مشابه نشان داده‌اند که در هر هکتار از نی‌زار، به‌طور میانگین بین ۱۰ تا ۲۰ تُن زیست‌توده خشک نی قابل برداشت است. این مقدار بسته به تراکم، ارتفاع، و رطوبت منطقه ممکن است متغیر باشد. بر اساس آزمایش‌های مهندسی مصالح، هر تن نی خشک پس از فرآوری و آسیاب شدن می‌تواند تا ۲۰۰ کیلوگرم الیاف مفید برای تقویت بتن فراهم کند [۱۱]. با در نظر گرفتن مصرف حدود ۱۰ کیلوگرم الیاف در هر متر مکعب بتن، می‌توان از یک هکتار نی‌زار تا ۲۰۰۰ متر مکعب بتن مسلح با الیاف نی تولید کرد. این حجم بتن برای ساخت اسکلت بتنی حدود ۱۰ واحد آپارتمانی ۸۰ متری با مصرف متوسط حدود ۲۰۰ متر مکعب بتن کفایت می‌کند. بنابراین، برنامه‌ریزی برای برداشت پایدار نی می‌تواند به‌طور مستقیم در پروژه‌های مسکن مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط زیست در مناطق روستایی و شهری مؤثر باشد. همچنین ایجاد شبکه‌ای از تأمین نی در سطح منطقه می‌تواند پاسخگوی تقاضای رو به رشد صنعت ساختمان در کردستان و استان‌های هم‌جوار باشد.

نتیجه‌گیری، پیشنهادات اجرایی و آینده‌پژوهی

برداشت کنترل شده نی بر سلامت دریاچه اثرات مثبت فراوانی دارد تجربه نشان داده است که مدیریت اصولی نی‌زارهای زریبار می‌تواند تحول شگرفی در سلامت این اکوسیستم ایجاد کند. وقتی نی‌های اضافی و بالغ در فصل پاییز برداشت می‌شوند، چندین اثر مثبت همزمان اتفاق می‌افتد. اولاً نور خورشید بهتر به لایه‌های زیرین آب نفوذ می‌کند که این امر موجب بهبود فرآیند فتوسنتز در گیاهان آبزی می‌شود. ثانیاً از انباشت مواد آلی که در فصل پوسیدگی به آب اضافه می‌شوند، جلوگیری می‌شود. ثالثاً، مسیرهای آبی برای تردد آبزیان و پرندگان باز می‌شود. مطالعات میدانی نشان داده‌اند که این اقدام می‌تواند شفافیت آب را تا ۴۵ درصد افزایش دهد و سطح اکسیژن محلول را به حد مطلوب برساند با توجه به تجربیات جهانی و ظرفیت‌های بومی، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ای جامع برای مدیریت نی‌زارهای زریبار تدوین شود. این برنامه می‌تواند شامل پهنه‌بندی مناطق حساس، زمان‌بندی دقیق برداشت (ترجیحاً پاییز)، استفاده از ماشین‌آلات کم‌صدا و سبک برای برداشت، و پردازش سریع نی در واحدهای محلی باشد. همچنین باید آموزش جوامع محلی در اولویت قرار گیرد تا ضمن حفظ تعادل محیط زیستی، بهره‌برداری اقتصادی پایداری شکل گیرد. حمایت نهادهای دانشگاهی، سازمان حفاظت محیط زیست، شهرداری مریوان و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی می‌تواند مسیر توسعه این مدل را هموار کند. در چشم‌انداز بلندمدت، دریاچه زریبار می‌تواند به الگویی موفق از احیای تالاب‌های نیمه‌خشک تبدیل شود و الگوی مدیریتی آن در سطح ملی و منطقه‌ای تعمیم یابد. چنین مدلی نه‌تنها موجب حفظ و بازسازی زیست‌بوم تالابی خواهد شد، بلکه به‌عنوان پیشران اقتصاد سبز در منطقه نیز عمل خواهد کرد.

منابع

Abbas, A. A., Nasir, M., Shah, S.A.R. 2020. **The use of natural fibres in sustainable construction.** Construction and Building Materials, 234: 117318.

Ahmad, W., Farooq, S. H., Usman, M., Khan, M., Abbas, Y. 2022. **Effect of natural fiber reinforcement on the mechanical properties of cementitious composites: A comparative review**. *Construction and Building Materials*, 324: 126666.

Buchsteiner, C., et al. 2023. **Spatial analysis of intra-annual reed ecosystem dynamics at Lake Neusiedl using RGB drone imagery and deep learning.** Remote Sensing, 15(16): 3961.

Dada, A.O., Omoniyi, T.E., Afolayan, D.O. (2021). **Sustainability of natural fibers in construction**. Journal of Cleaner Production, 279: 123456

Joosten, H., et al. 2018. **Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands**. Mires and Peat, 22: 1–15.

Köbbing, J. F., Patuzzi, F., Baratieri, M., Beckmann, V., Thevs, N., Zerbe, S. 2014. **Economic evaluation of common reed potential for energy production: A case study in Wuliangsuhai Lake (Inner Mongolia, China).** Biomass and Bioenergy, 70: 315-329.

Liu, F., Zhang, Y., Liang, H., Gao, D. 2019. **Long-term harvesting of reeds affects greenhouse gas emissions and microbial functional genes in alkaline wetlands**. Water Research, 164: 114936.

Mohammed, A.A., Rahim, A.A., Omar, W. 2022. **Mechanical properties of reed fiber reinforced concrete: An experimental study**. *Journal of Building Engineering*, 45: 103456.

Savastano, J.r., H., Warden, P.G., Coutts, R.S.P. 2000. **Brazilian waste fibers as reinforcement for cement-based composites**. *Cement and Concrete Composites*, 22(5): 379-384.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Zurbrügg, C. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies (2nd ed.).** Eawag.

Zhang, P., Wang, K., Shah, S.P. 2015. **Mechanical properties of fiber-reinforced concrete using natural fibers**. Cement and Concrete Composites, 63: 218-226.

ارزیابی تأثیر انواع کاربری اراضی بر کیفیت خاک حوضه آبخیز دریاچه زریبار

ناهید نادری[۱]، مسعود داوری[۲]، ناصر خالق پناه[۳]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۳-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

استفاده نامناسب از اراضی بر فرآیندهای اکولوژیک و کیفیت خاک تأثیر منفی می‌گذارد. در این پژوهش تأثیر انواع کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفیت خاک در اکوسیستم‌های مختلف جنگلی، مرتع، کشاورزی و باغ در حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان ارزیابی شد. بدین‌منظور ۱۷۱ نمونه خاک، که از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی متری خاک چهار نوع کاربری مختلف (جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی و باغ) جمع‌آوری شده بود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، بیست و شش ویژگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) هفت ویژگی مهم خاک شامل تنفس پایه، مقدار شن، تخلخل کل، کربن آلی، چگالی ظاهری، پتاسیم محلول و مقدار رس به‌عنوان مجموعه حداقل داده‌های خاک (MDS) شناسایی شد. این ویژگی‌ها برای ارزیابی کیفیت خاک از طریق شاخص کیفیت خاک تجمعی وزنی (SQI_w) استفاده شدند. با توجه به نتایج، نمرات کلی $SQI_{w\text{-}MDS}$ کاربری‌های مختلف اراضی به‌صورت زیر رتبه‌بندی گردید: جنگل > علفزار> اراضی کشاورزی > باغ. این یافته‌ها نشان داد که کشت‌وکار به‌طور قابل‌توجهی کیفیت خاک را در مقایسه با جنگل و مرتع کاهش می‌دهد. در نتیجه، نیاز فوری به اتخاذ سیاست‌های دقیق برای حفاظت مناطق جنگلی و ممانعت از تبدیل آنها به اراضی کشاورزی و همچنین ترویج شیوه‌های زراعت-جنگلداری به‌عنوان ابزاری پایدار برای تضمین امنیت غذایی وجود دارد.

کلید واژه‌ها: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تغییر کاربری اراضی، کیفیت خاک وزنی، مریوان

Assessing the influence of land use types on soil quality in the Zrebar Lake watershed

Abstract

Improper land use negatively affected ecological processes and soil quality. This study evaluates the effects of different land use types on soil quality indicators within forest, rangeland, agricultural, and garden ecosystems in the Zrebar Lake watershed, Marivan. A total of 171 soil samples, collected from a depth of 0 to 25 cm across four different land use types- forest, rangeland, agricultural land, and garden- were analyzed. Then, twenty-six physical, chemical, and biological soil properties were measured following standard laboratory procedures. Principal component analysis (PCA) methods were employed to identify a minimum soil data set (MDS) comprising seven critical properties: soil basal respiration, sand content, total porosity, soil organic carbon, bulk density, soluble potassium, and clay content. These properties were used to assess soil quality through a weighted soil quality index (SQIw). The results indicated that the overall SQIw-MDS scores ranked the land uses as follows: forestland >grassland > agricultural land > garden. The findings suggest that cultivation significantly diminishes soil quality compared to forestland and rangeland. As a result, there is an urgent need for precision policies to safeguard remaining forested areas from agricultural conversion and to promote agroforestry practices as a sustainable means to ensure food security.

Keywords: Land use change, Marivan, Principal component analysis, Weighted soil qulity

مقدمه

رشد سریع جمعیت افزایش تقاضا برای مواد غذایی را به‌دنبال داشته است. بنابراین در بیشتر مناطق جهان اراضی بکر زیادی برای تولید غذا، خوراک دام و فیبر به زیر کشت رفته است. این مسئله در کشورهای در حال توسعه، که بهره‌برداری از اراضی در آن‌ها بیشتر می‌باشد، جدی‌تر است. یکی از نگرانی‌های اصلی در سراسر جهان در زمینه تخریب زیست‌بوم و تغییر اقلیم، تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی است (Kooch *et al.*, 2016). هنگامی‌که انسان تعادل طبیعی زیست‌بوم را به‌هم می‌زند آثار سوئی از خود به‌جای می‌گذارد. در این میان خاک به‌عنوان یکی از اجزای ضروری در عملکردهای مهم اکوسیستم، دستخوش تغییراتی نامطلوب می‌گردد (Meng *et al.*, 2017). کیفیت خاک به توانایی خاک در حفظ ظرفیت تولید، حفاظت از کیفیت زیست‌بوم، ارتقای سلامت حیوان، انسان و گیاهان در محدوده اکوسیستم اشاره دارد (Doran and Parkin, 1994). تخریب کیفیت خاک می‌تواند بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی عناصر، تغییرات اقلیم و گرمایش زمین، تنوع و فراوانی جانداران، تولید محصولات کشاورزی، امنیت انرژی و آب و در نهایت رفاه انسان اثرات زیان‌باری بگذارد. بنابراین، حفظ و بهبود کیفیت خاک در تولید محصولات کشاورزی و پایداری اکوسیستم بسیار حائز اهمیت است (Andrews *et al.*, 2004). عواملی همچون کشت‌وکار در اراضی بکر و دست‌نخورده و تبدیل آن‌ها به اراضی زراعی، چرای مفرط دام‌ها، عملیات مهندسی همچون احداث بناها و جاده‌ها، معدن‌کاوی، آبیاری با پساب‌های صنعتی و شهری، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها سبب تخریب و کاهش کیفیت خاک‌ها شده و در نهایت توانایی خاک در انجام وظایف خود را در اکوسیستم دچار اختلال می‌نماید (Guan *et al.*, 2018). این تغییرات زیان‌بار در کیفیت خاک اغلب ناشی از اثرات نامطلوب این موارد بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک است. هرچند پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ویژگی‌های بیولوژیک سریعتر از سایر ویژگی‌های خاک به این تغییرات پاسخ می‌دهند. در پژوهش‌های چندی تخریب اراضی و کاهش کیفیت خاک به دنبال تغییرات نامطلوب اراضی گزارش شده است. به‌عنوان مثال، Mesfinو همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی در حوزه آبخیز کوه چوک واقع در نیل آبی بالایی، شاخص کیفیت خاک را در کاربری‌های زمین‌های زیر کشت (CL)، چراگاه (GL)، جنگل‌های دست کاشت (PFL) و جنگل‌های طبیعی (NFL) ارزیابی کردند. با استفاده از تجزیه به مؤلفه اصلی شاخص‌های سیلت، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، پتاسیم قابل تبادل و ماده آلی خاک به عنوان حداقل مجموعه داده‌ها برای محاسبه شاخص کیفیت خاک انتخاب شدند. این محققین شاخص کیفیت خاک را برای کاربری‌های مورد بررسی به صورت GL > NFL > PFL > CL بیان کردند. Sasanifar و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی رابطه بین حفاظت از جنگل و کیفیت خاک در منطقه ارسباران ایران با انتخاب کربن آلی، رس، سیلت، نیتروژن، پتاسیم، جرم مخصوص ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن به‌عنوان حداقل مجموعه داده‌ها چنین گزارش کردند که در این منطقه حفاظت از جنگل سبب افزایش کیفیت خاک شده است. همچنین این محققین شاخص تجمعی وزنی را به‌عنوان بهترین شاخص ارزیابی کیفیت خاک منطقه موردمطالعه معرفی کردند.

کیفیت خاک را به‌طور مستقل نمی‌توان اندازه‌گیری کرد؛ لذا از کمّی کردن تغییرات ویژگی‌های خاک که به تغییر کاربری و مدیریت اراضی و همچنین تغییرپذیری زمانی و مکانی حساس هستند، می‌توان به‌عنوان شاخص کیفیت خاک (Soil quality index, SQI) استفاده کرد. گزینش ویژگی‌های خاک، نمره‌دهی به این ویژگی‌ها و تجمیع آن‌ها در یک شاخص، از مراحل ارزیابی شاخص‌های کیفیت خاک هستند (Karlen *et al.*, 2003). از این‌رو در ارزیابی کیفیت خاک در آغاز بایستی اقدام به جمع‌آوری داده‌های ویژگی‌های خاک کرد. لیکن در پژوهش‌های تعیین کیفیت خاک همیشه تمامی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک اندازه‌گیری شده در تجزیه و تحلیل و ارزیابی کیفیت خاک به‌کار نمی‌روند. زیرا هنگامی که تعداد زیادی از ویژگی‌های خاکی اندازه‌گیری می‌شوند، افزون بر بالا رفتن هزینه‌ها و برخی مشکلات عملی، تعداد روابط پیشنهادی نیز زیاد خواهد شد. لذا نیاز به روش‌هایی است که تعداد داده‌ها را کاهش دهد (Yao *et al.*, 2013). رویکردهای کاهش داده‌ها عبارتند از: مجموعه حداقل داده‌ها (Minimum data set, MDS)، ایده کارشناس (Expert opinion, EO)، آنالیزهای متمایز کننده (Discriminate analysis, DA) و رگرسیون چند متغیره (Multiple Regression, MR). مروری بر پژوهش‌های پیشین

نشان می‌دهد که بیشتر پژوهشگران افزون بر مجموعه حداقل داده‌ها از مجموعه کل داده‌ها (Total data set, TDS) برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده کرده‌اند (Raiesi and Beheshti, 2022).

بنا بر آنچه بیان شد تغییر کاربری جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی به یکی از نگرانی‌های مهم در زمینه تخریب زیست‌بوم تبدیل شده است. بنابراین، کمّی کردن کیفیت خاک برای ارائه داده‌های ارزشمند به مدیران و تصمیم‌گیرندگان برای یافتن بهترین راه‌کارهایی جهت بهبود کیفیت خاک و غلبه بر مشکل امنیت غذایی بسیار مهم است. بنابراین در پژوهش حاضر تلاش شد تأثیر انواع مختلف کاربری اراضی بر کیفیت خاک حوضه آبخیز دریاچه زریبار ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۱۰۷۱۸/۸ هکتار حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان در استان کردستان می‌باشد (عرض جغرافیایی ″۲۶/۸ ′۲۸ °۳۵ تا ″۱۳/۰ ′۳۷ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ″۴۱/۰۷ ′۰۳ °۴۶ تا ″۵۵/۲۸ ′۱۰ °۴۶). در این پژوهش، ۱۷۱ نمونه خاک به‌صورت تصادفی از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک سطح منطقه موردمطالعه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و برداشتن بقایای گیاهی و خرده سنگ‌ها از الک ۲ میلی-متری عبور داده شدند. سپس بیست و شش ویژگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک این نمونه خاک‌ها با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین شدند.

در این پژوهش برای انتخاب شاخص‌های خاکی از مجموعه حداقل داده‌ها (MDS)، که با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌دست آمد، استفاده گردید. در رویکرد PCA مؤلفه‌های اصلی (PCs) دارای ارزش ویژه بزرگتر از یک به‌عنوان مؤلفه‌های دارای بیشترین تأثیر مورد بررسی قرار گرفتند. درون هر مؤلفه اصلی، شاخص‌هایی از خاک که دارای بالاترین سهم (ضریب تأثیر) بودند به‌همراه شاخص‌هایی که اختلاف کمتر از ۱۰ درصد با آنها داشتند، شناسایی و به عنوان MDS انتخاب شدند. چنانچه هر مؤلفه اصلی تنها یک متغیر با بیشترین ضریب تأثیر داشته باشد، تنها همان ویژگی به‌عنوان متغیر مربوط به آن مؤلفه انتخاب می‌شود؛ اما اگر یک مؤلفه دارای متغیرهای متعدد باشد، ابتدا همبستگی آن‌ها بررسی می‌شود و اگر با هم همبستگی داشته باشند (بیشتر از ۰/۶) متغیری انتخاب می‌شود که مقدار ضریب تأثیر بیشتری داشته باشد و اگر همبستگی کمتر از ۰/۶ باشد همه متغیرها در مجموعه MDS حفظ می‌شوند (Andrews *et al.*, 2004).

برای اینکه بتوان شاخص‌های خاکی را در قالب شاخص کیفیت خاک درآورد بایستی آنها را بدون بعد کرد. برای انجام این کار متغیرهای مورد بررسی به سه دسته هر چه بیشتر بهتر (تابع نمره‌دهی مثبت)، هر چه کمتر بهتر (تابع نمره‌دهی منفی) و آنها که تابع سطح بهینه هستند (افزایش یا کاهش آنها نسبت به حد بهینه موجب کاهش کیفیت خاک می‌گردد) تقسیم شدند. سپس با استفاده از آنالیز فاکتورهای اصلی، واریانس مشترک برای مجموعه MDS به دست آمد و از نسبت واریانس مشترک هر متغیر به مجموع واریانس مشترک کل متغیرها ضریب وزنی برای هر متغیر محاسبه گردید (Davari *et al.*, 2020). در نهایت شاخص کیفیت تجمعی وزنی (SQI_w) از حاصل‌ضرب نمره ویژگی‌های انتخاب‌شده در وزن آن‌ها با بهره‌گیری از معادله زیر محاسبه گردید.

$$SQI_w = \sum_{i=1}^{N} W_i N_i \quad (۱)$$

که در آن، W_i وزن اختصاص یافته به هر ویژگی خاک، N_i نمره هر ویژگی یا شاخص و N نیز تعداد ویژگی‌های موردنظر است (Doran and Parkin, 1994).

نتایج و بحث

در این پژوهش بر مبنای نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، پنج مؤلفه اول که دارای ارزش ویژه بیشتر از یک بوده و حداقل ۵ درصد از واریانس را تبیین کردند، به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی انتخاب شدند. با توجه به نتایج، در مؤلفه اول با واریانس ۲۱/۳۸ درصد شاخص‌های تنفس پایه خاک، شوری، کلسیم و منیزیم محلول خاک و همچنین جرم مخصوص حقیقی خاک به‌ترتیب با داشتن بیشترین بار عاملی به عنوان حداقل مجموعه داده‌ها انتخاب شدند؛ لیکن به دلیل وجود همبستگی بیش از ۰/۶ در میان آنها فقط تنفس پایه خاک در مجموعه نگه داشته شد. در مؤلفه دوم با واریانس ۱۵/۶۱ درصد، متغیرهای درصد شن و درصد شن در اندازه ۱-۰/۲ mm انتخاب شدند؛ اما به‌دلیل وجود همبستگی بیش از ۰/۶ بین این دو شاخص، متغیر درصد شن که دارای بار عاملی بیشتری بود در حداقل مجموعه داده‌ها نگه داشته شد. در مؤلفه سوم با واریانس ۱۲/۳۷ درصد متغیرهای تخلخل کل و کربن آلی با داشتن بیشترین بار عاملی انتخاب شدند، اما به دلیل وجود همبستگی کمتر از ۰/۶ بین این دو شاخص هر دو آن‌ها در حداقل مجموعه داده‌ها نگه داشته شدند. در مؤلفه چهارم با واریانس ۹/۷۴ درصد متغیرهای جرم مخصوص ظاهری و پتاسیم محلول و در مؤلفه پنجم با واریانس ۶/۳۴ درصد رس حداقل مجموعه داده‌ها باقی ماند. در نهایت تنفس پایه، درصد شن، تخلخل کل، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، پتاسیم محلول خاک و درصد رس به‌عنوان مجموعه حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک (MDS) در کاربری‌های مورد پژوهش انتخاب شدند. نکته قابل توجه اینکه شاخص‌های قرار گرفته در مجموعه حداقل داده‌ها در این پژوهش از ویژگی‌های کلیدی خاک هستند.

نتایج مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک تجمعی وزنی تعیین شده با استفاده از حداقل مجموعه داده‌ها ($SQI_{w\text{-}MDS}$) نشان داد که کاربری جنگل با داشتن بیشترین مقدار از نظری آماری اختلاف معنی‌داری با سایر کاربری‌های موردمطالعه (مرتع، کشاورزی و باغ) داشت ($P<۰/۰۵$)؛ این در حالی است که سه کاربری دیگر یعنی مرتع، کشاورزی و باغ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($P<۰/۰۵$) (جدول ۱). مقادیر پایین شاخص کیفیت خاک در اراضی کشاورزی و باغات، که از جنگل‌های طبیعی و یا مراتع تغییرکاربری داده شده‌اند، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف خاک و شرایط نامساعد آن در این کاربری‌های دست‌خورده است. این یافته نشان می‌دهد که تخریب جنگل‌ها و کشت و کار در آن‌ها با تأثیر منفی بر کیفیت خاک باعث ایجاد شرایط زیست‌محیطی نامساعد می‌شود. کاهش کیفیت خاک در اراضی دست‌خورده (اراضی کشاورزی و باغات) احتمالاً از طریق تخریب ساختمان خاک، کاهش مواد آلی خاک، فعالیت‌های میکروبی، دسترسی به آب و ظرفیت نگه‌داری ناکافی از عناصر غذایی اتفاق می‌افتد. یافته‌های حاصل از پژوهش‌هایی مشابه نشان داد که جنگل‌زدایی در مناطقی از شمال ایران (Raiesi and Beheshti, 2022) و غرب ایران (Davari *et al.*, 2020) کیفیت خاک را کاهش داده است.

جدول ۱: میزان شاخص کیفیت خاک تجمعی وزنی بر اساس مجموعه حداقل داده‌ها (MDS) در کاربری‌های مورد بررسی

شاخص کیفیت خاک		کاربری				
		کل منطقه	جنگل	مرتع	کشاورزی	باغ
تجمعی وزنی (SQI_w)	میزان کیفیت خاک	۰/۴۸	۰/۵۱a	۰/۴۷b	۰/۴۷b	۰/۴۵b

در رابطه با میزان کیفیت خاک در هر ردیف میانگین‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون Games-Howell در پایه آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که کاربری‌های جنگل و مرتع نسبت به کاربری‌های کشاورزی و باغ دارای کیفیت خاک بالاتری هستند؛ شاخص کیفیت خاک مورد مطالعه (SQIw-MDS) به‌خوبی گویای این موضوع هست. در مجموع این نتایج بیان‌گر آن است که هر گونه مدیریت و تغییر کاربری اراضی، که باعث افزایش دست‌خوردگی و کاهش پوشش گیاهی سطح خاک شود، می‌تواند کاهش کیفیت خاک را به دنبال داشته باشد.

مراجع

Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A. 2004. **The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method**. Soil Science Society of America Journal, 68(6):1945-1962

Davari, M., Gholami, L., Nabiollahi, K., Homaee, M., Jafari, H.J. 2020. **Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran. Baneh).** Soil and Tillage Research, 198: 110504

Doran, J.W., Parkin, T.B. 1994. **Defining and assessing soil quality.** In: Doran JW, Coleman DC, Bedzdicek DF, Stewart BA, editors. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Special Publication No. 35. Soil Science Society of America: Madison, WI; p. 3-22.

Guan, Z.H., Li, X.G., Wang, L., Mou, X.M., Kuzyakov. Y. 2018. **Conversion of Tibetan grasslands to croplands decreases accumulation of microbially synthesized compounds in soil.** Soil Biology and Biochemistry, 123: 10-20.

Karlen, D.L., Andrews, S.S., Doran, J.W., Wienhold, B.J., 2003. **Soil quality: humankind's foundation for survival.** Journal of Soil Water Conservation, 58: 171-179.

Kooch, Y., Moghimian, N., Bayranvand, M. and Alberti, G. 2016. **Changes of soil carbon dioxide, methane, and nitrous oxide fluxes in relation to land use/cover management.** Environmental Monitoring and Assessment, 188(6): 1-12.

Meng, Q.F., Zhang, J., Li, X.L., Qu, X.Z., Li, W.T., Zeng, X.N., Ma, X.F. 2017. **Soil quality as affected by long-term cattle manure application in solonetzic soils of Songnen Plain.** Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 33(6): 84-91.

Mesfin, D., Assefa, E., Simane, B. 2022. **Variability of Soil Quality Indicators alongwith the Different Landscape Positions of Choke Mountain Agroecosystem, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia**. Heliyon, 8.

Raiesi, F., Beheshti, A. 2022. **Evaluating forest soil quality after deforestation and loss of ecosystem services using network analysis and factor analysis techniques.** Catena, 208: 105778.

Sasanifar, S., Alijanpour, A., Shafiei, A.B., Eshaghi Rad, J., Molaei, M. 2024. **Forest conservation mediating soil quality relationship with diversity of various plant layers in the biosphere of Arasabran, Iran.** Science of The Total Environment, 928: 172475.

Yao, R.J., Yang, J.S., Zhao, X.F., Li, X.M., Liu, M.X. 2013. **Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area.** Soil and Tillage Research, 128: 137-148.

تحلیل مکانی-زمانی آتش‌سوزی‌های حوزه زریبار با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست

سجاد زیرک‌پور ناوی[۱]، پرویز فاتحی[۲*]، فاطمه مطلبی زاده[۳]

دانش‌آموخته کارشناس ارشد مدیریت جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران. sajjadzirakpour@ut.ac.ir

گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. parviz.fatehi@ut.ac.ir

دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، کرج، ایران. fateme.motalebi@ut.ac.ir

چکیده

آتش‌سوزی‌های جنگلی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای محیط‌زیستی به‌شمار می‌روند که موجب تخریب منابع جنگلی و تغییرات اکولوژیکی گسترده می‌شوند. این پژوهش با هدف شناسایی و پایش تغییرات مکانی و زمانی آتش‌سوزی‌ها در اطراف دریاچه زریبار طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، از تصاویر ماهواره لندست انجام شده است. روش تحلیل بردار تغییرات (CVA) به‌منظور ارزیابی تغییرات طیفی و شناسایی مناطق آتش‌سوزی استفاده شد. برای انتخاب باندهای طیفی مناسب از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و شاخص‌های NDVI، NBR، Brightness و Greenness برای بهبود شناسایی مناطق آتش‌سوزی به‌کار گرفته شد. نقشه واقعیت زمینی با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر سنتینل با اندازه تفکیک مکانی ۱۰ متری تهیه و آماره‌های صحت کلی، ضریب کاپا، خطای Omission و خطای Commission برای ارزیابی نقشه‌های تهیه شده استفاده شدند. نتایج نشان داد که نقشه آتش‌سوزی سال ۱۴۰۲ با ضریب کاپای ۰/۸۱ و صحت کلی ۹۷/۹۲٪ دقت بالاتری نسبت به سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ داشتند. بیشترین میزان آتش‌سوزی در سال ۱۴۰۲ و کمترین در سال ۱۴۰۱ اتفاق افتاده است، تحلیل پراکنش مکانی آتش‌سوزی‌ها در این سه سال نشان داد که در سال ۱۴۰۰، گستره بیشتری از آتش‌سوزی‌ها در مناطق نزدیک به دریاچه رخ داده، در حالی که در سال‌های بعدی، رخداد آتش‌سوزی در فواصل دورتر افزایش یافته است. بیشترین وقوع آتش‌سوزی در سال ۱۴۰۲ در فواصل ۳۵-۳۰ کیلومتری از دریاچه بوده است. این نتایج می‌تواند به بهبود راهبردهای مدیریت بحران و کاهش خسارات ناشی از آتش‌سوزی کمک کند.

کلمات کلیدی: آتش‌سوزی، تحلیل بردار تغییرات، تصاویر چندزمانه، تغییرات مکانی و زمانی، دریاچه زیبار

Spatio-temporal analysis of wildfire over Zrebar catchment using multi-temporal Landsat imagery

Sajjad Zirakpour Navi[1], Parviz Fatehi*[2], Fatemeh Motalebizade[3]

1-M.Sc. Forest management, University of Tehran, Karaj, Iran. sajjadzirakpour@ut.ac.ir
2-Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. parviz.fatehi@ut.ac.ir
3-Bachelor student of the Environmental Science department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. fateme.motalebi@ut.ac.ir

Abstract

Forest fires are among the most important environmental threats, leading to forest degradation and extended ecological changes. This research implemented Landsat imagery to identify and monitor spatial and temporal changes of wildfires in the surroundings of Zrebar Lake from 1400 to 1402. Principal Component Analysis (PCA) was applied to select the most relevant spectral bands, then, NDVI, NBR, Brightness, and Greenness indices were generated to improve the spectral sensitivity to delineate the burned areas. The Change Vector Analysis (CVA) approach was used to identify vegetation change and burned areas. A Ground truth map was produced from the Sentinel-2 imagery with 10m spatial resolution using visual interpretation. To assess the accuracy of fire maps, the overall accuracy, Kappa coefficient, omission, and commission error metrics were calculated. Results indicated that in 1402, generated fire maps with a Kappa coefficient of 0.81 and an overall accuracy of 97.92% were more accurate than those for 1400 and 1401. Furthermore, the spatial distribution of fires in these three years showed that in 1400, most of the vegetation fires occurred near the lake; however, in subsequent years, the hotspot of fires shifted to larger distances from the lake. Most of the fires in 1402 were within a distance of 30 to 35 Km from the lake. These results can help the risk management strategies and may reduce the damage from fire.

Keywords: wildfire, Change vector analysis, Multi-temporal imagery, spatial and temporal changes, Zrebar Lake

مقدمه

آتش‌سوزی‌های جنگلی از مهم‌ترین مخاطرات محیط‌زیستی هستند که در بسیاری از بوم‌سازگان‌های سراسر جهان رخ می‌دهند و علاوه بر خسارات قابل‌توجه به منابع جنگلی، تأثیرات گسترده‌ای بر بوم‌سازگان‌های طبیعی و زندگی جوامع محلی برجای می‌گذارند (Farhadi *et al.*, 2023; Zagalikis, 2023). اگرچه آتش‌سوزی در برخی اکوسیستم‌ها نقش اکولوژیکی مهمی ایفا می‌کنند، اما افزایش شدت و گستردگی آن‌ها، به‌ویژه در نتیجه فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی، به تهدیدی جدی برای پایداری محیط‌زیست تبدیل شده است (Pacheco *et al.*, 2023)؛ در این میان، به‌دست‌آوردن اطلاعات دقیق درباره پراکنش و شدت مناطق سوخته در مقیاس وسیع، برای مدیریت جامع سرزمین، کاهش خسارات و تدوین راهکارهای پیشگیرانه، امری ضروری است (Farhadi *et al.*, 2023).

جنگل‌ها همواره در معرض طیف گسترده‌ای از اختلالات قرار دارند که بخش قابل‌توجهی از آن‌ها به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی مرتبط است و آتش‌سوزی‌ها نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین این آشفتگی، اثرات گسترده‌ای از جمله کاهش حاصلخیزی خاک، تغییر در منابع آبی، افزایش از دست رفتن تنوع زیستی، کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی کربن و پیامدهای اجتماعی-اقتصادی را به همراه دارند (Pacheco *et al.*, 2023). گسترش شهرنشینی در مناطق جنگلی، احتمال وقوع آتش‌سوزی‌های شدید و خسارات ناشی از آن را افزایش داده است. به‌طوری‌که در سال‌های اخیر، کشورهایی همچون استرالیا، یونان، پرتغال، فرانسه، ایتالیا و آمریکا به‌شدت تحت تأثیر این آتش‌سوزی‌های گسترده قرار گرفته‌اند (Halofsky *et al.*, 2020; Pandey *et al.*, 2023). همچنین، در مناطقی مانند غرب ایالات متحده، جنوب استرالیا و شبه‌جزیره ایبری، وقوع آتش‌سوزی‌های بزرگ در مرزهای جنگلی و مناطق شهری، تهدیدی جدی برای جان و اموال ساکنان این مناطق محسوب می‌شود و موجب نگرانی‌های فزاینده‌ای شده است (Schroeder *et al.*, 2016). شناسایی و پایش آتش‌سوزی‌های جنگلی، به‌ویژه در مناطق حساس، نه‌تنها درک تأثیرات آن بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، اقلیم و کیفیت هوا را بهبود می‌بخشد، بلکه در مدیریت مؤثر منابع طبیعی و کاهش خسارات نیز نقشی حیاتی دارد (Pacheco *et al.*, 2023). بااین‌حال، روش‌های سنتی شناسایی و ارزیابی آتش‌سوزی، مانند مشاهدات زمینی و گزارش‌های میدانی دستی، با چالش‌هایی همچون هزینه‌های بالا، محدودیت‌های مکانی و شرایط نامساعد آب‌وهوایی مواجه هستند (Farhadi *et al.*, 2023; Zagalikis, 2023). با اینکه آتش‌سوزی‌های کنترل‌شده، به‌عنوان یک استراتژی مهم برای کاهش اثرات مخرب آتش‌سوزی، در مناطقی مانند جنوب اروپا، آمریکای شمالی و استرالیا نتایج مثبتی داشته است، اما اجرای تحقیقات میدانی آن‌ها نیز برای ارزیابی این روش، به دلیل هزینه‌های بالا و وسعت مناطق، عملی نیست (Tariq *et al.*, 2021). از این‌رو در دهه‌های اخیر، استفاده از سنجش از دور موجب پیشرفت‌های چشمگیری در شناسایی محل، زمان وقوع آتش و اندازه‌گیری وسعت مناطق سوخته شده است. همچنین پوشش مکرر در بازه‌های زمانی کوتاه، نتایج سریع، دقیق و اقتصادی را به همراه دارد و ترکیب این فناوری با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به تولید نقشه‌ها و شناسایی تغییرات سطح زمین با توان مکانی، زمانی، طیفی و رادیومتری کمک کرده و امکان مقایسه‌های زمانی و مکانی را فراهم می‌کند. به‌ویژه در مناطقی که مستندسازی فعالیت‌های آتش‌سوزی از طریق مشاهدات زمینی دشوار است، وابستگی به محصولات سنجش از دور افزایش می‌یابد (Pacheco *et al.*, 2023؛ Zagalikis, 2023؛ Medjber *et al.*, 2023؛ Kuruca *et al.*, 2021؛ Amiri *et al.*, 2013؛ Maier *et al.*, 2013؛ Schroeder *et al.*, 2008).

البته لازم به ذکر است که داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی پایین (بیشتر از ۱ کیلومتر) برای شناسایی دقیق آتش‌سوزی‌ها در مقیاس‌های کوچک مناسب نیستند، هرچند می‌توانند گزینه‌ای مناسب برای مطالعات در مقیاس جهانی باشند (Schroeder *et al.*, 2016). به موجب این، استفاده از سنجنده‌های با توان تفکیک مکانی متوسط که معمولاً برای مطالعات مقیاس محلی به‌کار می‌روند، در سال‌های اخیر به‌ویژه پس از انتشار آرشیو تاریخی لندست در حوزه عمومی و دسترسی گسترده‌تر به تصاویر، در مطالعات جهانی نیز کاربرد یافته است (Bastarrika *et al.*, 2011). افزایش دسترسی به مجموعه داده‌های ماهواره‌ای لندست، همراه با مأموریت‌های مشابه همچون سنتینل ۲، با ارائه توان تفکیک مکانی بالاتر، نقش به‌سزایی

در تحلیل تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی، پایش اکولوژیک، تحلیل تنوع زیستی و ارزیابی تغییرات محیطی، ازجمله آتش‌سوزی، ایفا می‌کند (Amiri *et al.*, 2013; Schroeder *et al.*, 2016; Dharani and Sreenivasulu, 2019). تصاویر چندزمانه و چند طیفی ماهواره‌ای، امکان شناسایی سریع مناطق سوخته و ارزیابی گستردگی آتش‌سوزی را در مقیاس‌های مکانی و زمانی فراهم می‌کنند (Farhadi *et al.*, 2023; Tariq *et al.*, 2021). در این میان Pacheco و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود نشان دادند که طول‌موج‌های SWIR1 و SWIR2 به دلیل تفکیک‌پذیری طیفی بالا، ابزار مؤثری برای شناسایی مناطق سوخته محسوب می‌شوند. از این‌رو انتخاب روش شناسایی تغییرات تأثیر قابل‌توجهی بر برآوردهای کمی اختلالات بوم‌سازگان دارد (Amiri *et al.*, 2013). در این راستا، الگوریتم‌های جدید با ترکیب چندین باند و شاخص‌های طیفی، دقت شناسایی آتش‌سوزی‌ها را افزایش داده‌اند. به‌ویژه، باندهای (Red، NIR و SWIR1) در ترکیب با داده‌های حرارتی دقت شناسایی آتش‌سوزی فعال را ارتقا داده است (Wang *et al.*, 2007). روش‌های شناسایی تغییرات، به‌ویژه تکنیک‌های مبتنی بر تغییرات طیفی دوزمانه، دقت تشخیص مناطق سوخته را افزایش داده‌اند (Pacheco *et al.*, 2023). در این جهت، پژوهشی با هدف توسعه شاخص جدید BADI برای شناسایی مناطق سوخته با توان تفکیک مکانی ۲۰ متری در پلتفرم Google Earth Engine انجام شده که قابلیت بالایی در تفکیک مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های خشک و جنگل‌های معتدل داشته است (Farhadi *et al.*, 2023).

اگرچه فناوری سنجش از دور ابزاری کارآمد برای تهیه نقشه از مناطق وسیع محسوب می‌شود، اما پیچیدگی‌های طیفی و تشابه برخی ویژگی‌ها در باندهای چند طیفی می‌تواند دقت استخراج مناطق سوخته را کاهش داده و منجر به تشخیص‌های نادرست شود (Farhadi *et al.*, 2023). ایالات جنوب شرقی ایالات متحده یکی از مناطقی است که آتش‌سوزی‌های جنگلی و طبیعی در آن شایع بوده و سالانه حدود ۳/۲ میلیون هکتار از اراضی طبیعی آن دچار حریق می‌شود. بسیاری از این آتش‌سوزی‌ها در دستهٔ آتش‌سوزی‌های سطحی با مساحت سوخته کوچک و دمای نسبتاً پایین قرار می‌گیرند (Wang *et al.*, 2007). ازاین‌رو، ارزیابی دقیق مناطق سوخته مستلزم به‌کارگیری روش‌های سنجش از دور با دقت بالا و اعتبارسنجی داده‌ها با استفاده از معیارهای مناسب است. برای ارزیابی دقت نقشه‌های آتش‌سوزی، علاوه بر دقت کلی و ضریب کاپا، بررسی میزان خطای (Omission) و خطای (Commission) ضروری است. خطای (Omission) میزان نادیده‌گیری مناطق سوخته واقعی را نشان می‌دهد، درحالی‌که خطای (Commission) بیانگر اشتباه در تخصیص مناطق سوخته غیرواقعی است (Kuruca *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای Schroeder و همکاران (۲۰۰۸) دقت نقشه‌های تولید شده برای شناسایی آتش‌سوزی از ماهواره‌های MODIS و GOES را بررسی کرده‌اند. این پژوهش اعتبارسنجی نقشه‌های آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر با توان تفکیک مکانی بالاتر ASTER و ETM+ را انجام داد. نتایج نشان داد که میزان خطای (Omission) در برداشت‌های لحظه‌ای MODIS حدود ۷۵٪ و در GOES حدود ۹۵٪ است. بااین‌حال، در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه‌ای، میزان خطای (Omission) در GOES به ۳۸٪ کاهش یافت. همچنین، مشخص شد که خطای (Omission) در مناطقی با پوشش درختی کم بیشتر بوده، درحالی‌که خطای (Commission) در مناطقی که اخیراً دچار آتش‌سوزی شده‌اند، افزایش یافته است. این تحقیق تأکید می‌کند که استفاده از تحلیل‌های چندزمانه[1] و ترکیب داده‌های سنجش از دور می‌تواند دقت تشخیص آتش‌سوزی را افزایش داده و چالش‌های مرتبط با خطاهای (Omission) و (Commission) را کاهش دهد. یافته‌های این پژوهش بر اهمیت بهره‌گیری از داده‌های با وضوح بالاتر (در مقایسه با تصاویر استفاده شده) در اعتبارسنجی نقشه‌های تولید شده و ضرورت توسعهٔ روش‌های بهینه برای پایش آتش‌سوزی در مناطق جنگلی و نیمه جنگلی تأکید دارد. در سال‌های اخیر وقوع آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های زاگرس که از شمال غربی تا جنوب غربی ایران امتداد یافته است، روندی افزایشی داشته است. این آتش‌سوزی‌ها بخش قابل‌توجهی از جنگل‌های زاگرس در ایران را تخریب کرده‌اند و تأثیرات مخربی بر پوشش گیاهی، زیست‌بوم منطقه و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی برجای گذاشته‌اند (Heidarlou *et al.*, 2024). براساس یک مطالعه، طی سال‌های ۲۰۰۷ تا

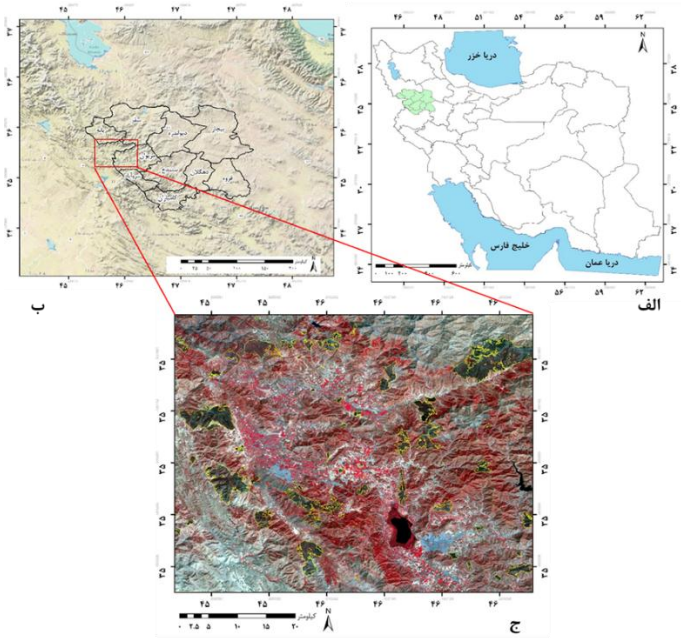
[1] Multi-temporal Analysis

۲۰۱۶، تعداد ۱۱۲۴ رویداد آتش‌سوزی به ثبت رسیده است که منجر به تخریب ۷۳۶۴ هکتار از پوشش جنگلی شده است. این مسئله به‌ویژه در ایران که از جمله کشورهایی با میزان کم پوشش جنگلی در جهان محسوب می‌شود، از اهمیت بالایی برخوردار است (Salavati *et al.*, 2022). یکی از مهم‌ترین مناطق استان کردستان که در سال‌های اخیر با آتش‌سوزی جنگلی به شکل قابل توجهی مواجه شده است، شهرستان مریوان است (Heidarlou *et al.*, 2024). در این پژوهش سعی شده است با استفاده از تصاویر دو زمانه لندست و روش تحلیل بردار تغییرات (CVA) به شناسایی و تهیه نقشه آتش‌سوزی در اطراف دریاچه زریبار در یک دوره سه‌ساله پرداخته شود. این مطالعه با در نظر گرفتن چالش‌های پوشش گیاهی متراکم و وسعت منطقه، دقت روش‌های شناسایی و الگوریتم‌های Change Vector Analysis را با شرایط اقلیمی یکسان مقایسه و روند گسترش آتش‌سوزی را در طول زمان بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با مساحتی حدود ۲۸،۲۰۳ کیلومترمربع در غرب ایران، بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. این استان از شمال به آذربایجان غربی، از شرق به همدان، از جنوب به کرمانشاه و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود. مناطق غربی و جنوبی استان، به‌ویژه نواحی هم‌مرز با عراق، به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی، پوشش گیاهی متراکم و توپوگرافی کوهستانی، از جمله مناطق مستعد و آسیب‌پذیر در برابر آتش‌سوزی محسوب می‌شوند. براساس گزارش سالنامه آماری استان کردستان (۱۴۰۰)، در این سال تعداد ۱۵۷ فقره آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع استان رخ داده که در مجموع ۲۶۵۰ هکتار از اراضی جنگلی و مرتعی دچار خسارت شده است (شکل ۱). با توجه به میزان بالای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شده، این استان به‌عنوان یکی از مناطق بحرانی برای بررسی و پایش این پدیده انتخاب شده است. دریاچه زریوار (زریبار) در استان کردستان و نزدیک شهر مریوان قرار دارد و در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. این دریاچه به طول ۵ کیلومتر و عرض ۱٫۶ کیلومتر، با کوه‌ها و جنگل‌های بلوط احاطه شده است که به‌عنوان زیستگاه‌های مهم گیاهی در حفظ تعادل اکوسیستم منطقه شناخته می‌شوند.



شکل ۱ :الف) موقعیت منطقه مطالعه در ایران. ب) استان کردستان. ج) ترکیب رنگی RGB 432 تصویر ماهواره‌ای Landsat9 و پراکنش لکه‌های آتش‌سوزی در سال ۱۴۰۲

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، به‌منظور شناسایی و پایش تغییرات ناشی از آتش‌سوزی، از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای لندست ۸ و ۹ بهره گرفته شد. برای این منظور، تصاویر ماهواره‌ای در تاریخ‌های ۴ خرداد و ۱۲ مهر ۱۴۰۰، ۱۹ خرداد و ۲۲ شهریور ۱۴۰۱، و ۲۳ تیر و ۲۵ شهریور ۱۴۰۲ انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفتند تا تغییرات مکانی و زمانی مناطق آسیب‌دیده از آتش‌سوزی ارزیابی شوند (جدول ۱).

ماهواره‌های لندست از سال ۱۹۷۲ به‌عنوان یکی از سامانه‌های سنجش از دور، نقش مهمی در پایش محیطی و کاربری زمین ایفا کرده‌اند. این برنامه با بهره‌گیری از سنجنده‌های پیشرفته، ازجمله OLI[1] در لندست ۹ (۲۰۲۱)، توسعه یافته و در تحلیل پوشش گیاهی، رطوبت خاک و منابع آبی کاربرد گسترده‌ای دارد (Baig *et al.*, 2014). افزون بر این، لندست ابزاری کلیدی برای تهیه نقشه از مناطق جنگلی سوخته محسوب می‌شود و تصاویر آن در مطالعات علمی بیشترین استفاده را دارند (Kuruca *et al.*, 2021). این ماهواره با اندازه‌گیری انرژی نوری بازتابی و انتشاریافته در بخش‌های مرئی و مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی، داده‌های ارزشمندی برای تحقیقات محیط‌زیستی فراهم می‌کند (Dharani and Sreenivasulu, 2019).

جدول ۱: تاریخ تصاویر لندست استفاده شده در پژوهش

توضیحات	ماهواره	تاریخ
قبل از آتش‌سوزی	لندست ۸	**1400/03/04**
بعد از آتش‌سوزی	لندست ۸	**1400/07/12**
قبل از آتش‌سوزی	لندست ۹	**1401/03/19**
بعد از آتش‌سوزی	لندست ۹	**1401/06/22**
قبل از آتش‌سوزی	لندست ۹	**1402/04/23**
بعد از آتش‌سوزی	لندست ۹	**1402/06/25**

چارچوب پژوهش

روش تحلیل بردار تغییرات (CVA[2])

دسترسی آزاد به داده‌های لندست تحولی اساسی در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ایجاد کرده و زمینه‌ساز پیشرفت الگوریتم‌های پیچیده برای شناسایی تغییرات محیطی شده است. این داده‌ها به ویژه در تحلیل سری‌های زمانی و شناسایی تغییرات به شکل خودکار نقش مهمی دارند. از این رو، امکان شناسایی دقیق تغییرات زمین در بسیاری از کاربردهای سنجش از دور فراهم می‌آید (Zhu, 2017; Bovolo and Bruzzone, 2006). در این میان تحلیل بردار تغییرات (CVA) یک روش مؤثر و کارآمد برای شناسایی تغییرات طیفی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است که تغییرات رادیومتریکی در داده‌های سنجش از دور چند طیفی را شناسایی و توصیف می‌کند (Johnson and Kasischke, 1998). این الگوریتم با مقایسه دو تصویر ماهواره‌ای از یک منطقه در زمان‌های مختلف، نواحی تغییر یافته طیفی را شناسایی می‌کند. در واقع این روش قادر است با تحلیل بزرگی و جهت بردار تغییر (CV[3])، پیکسل‌های تغییر کرده را از پیکسل‌های ثابت تشخیص داده و به طبقه‌بندی انواع تغییرات کمک کند (Johnson and Kasischke, 1998; Bovolo and Bruzzone., 2006; Zhu, 2017; Xiao *et al.*, 2021). Malila در سال ۱۹۸۰ برای نخستین‌بار مفهوم بردار تغییر را معرفی و از مقدار و جهت در فضای دوبعدی برای شناسایی تغییرات در جنگل‌ها استفاده کرد (Bovolo and Bruzzone, 2006). از آن زمان، تحقیقات متعددی به بررسی جنبه‌های مختلف روش

[1] Operation Land Imager
[2] Change Vector Analysis
[3] Change Vector

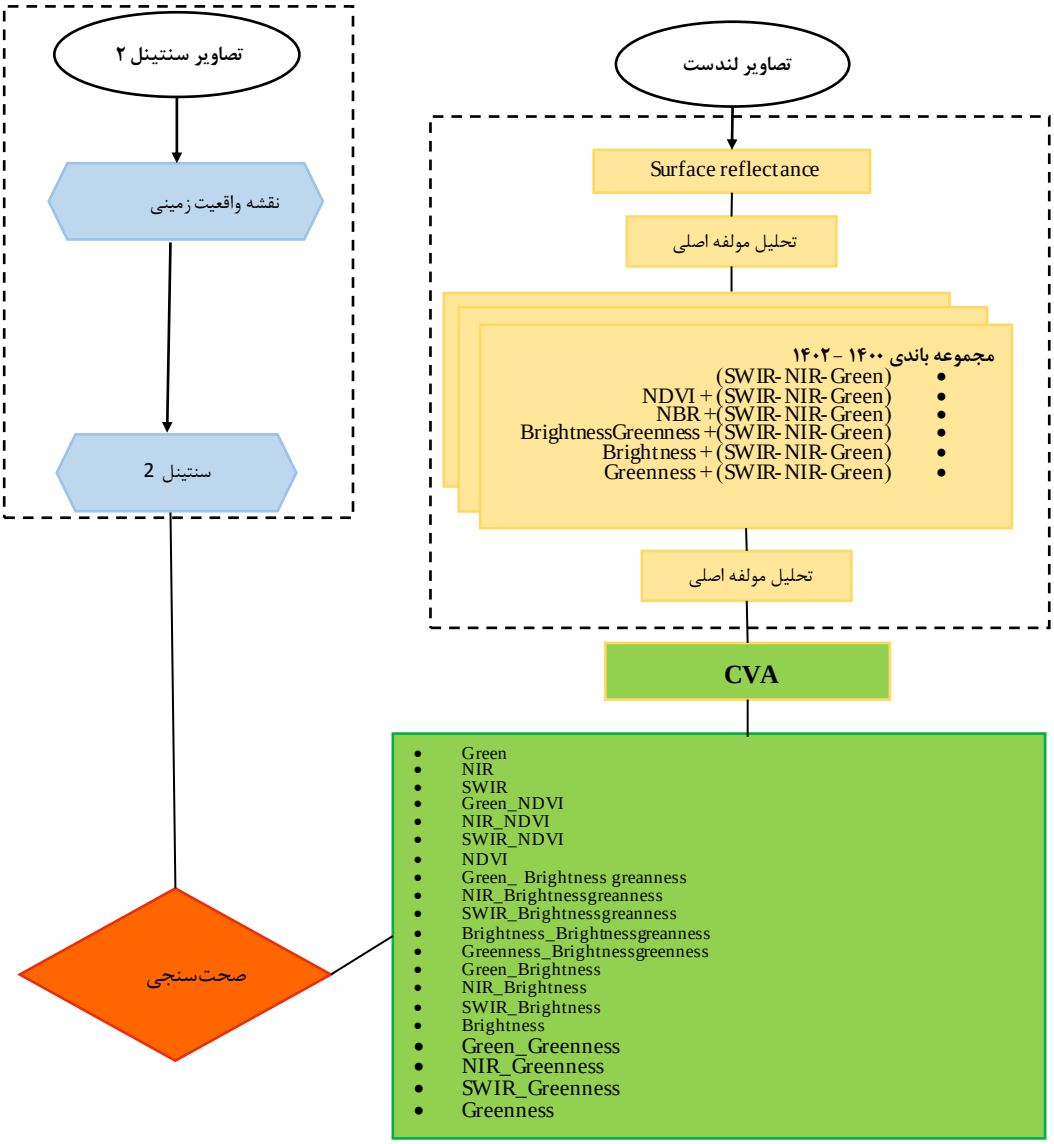
تحلیل بردار تغییرات (CVA) پرداخته‌اند؛ اما CVA با دو محدودیت اصلی مواجه است: یکی عدم قطعیت در جهت تغییرات و دیگری تعیین و استفاده از یک آستانه ثابت برای تشخیص تغییرات که ممکن است برای انواع مختلف تغییرات پوشش زمین مناسب نباشد (Xiao *et al.*, 2021). با این وجود، برای بهبود دقت این روش، پژوهشگران تکنیک‌های جدیدی مانند استفاده از شاخص‌های مختلف را پیشنهاد کرده‌اند. این روش با استفاده از باندهای طیفی متعدد، دقت شناسایی تغییرات را افزایش می‌دهد و اطلاعات دقیق‌تری از تغییرات محیطی فراهم می‌کند (Xiao *et al.*, 2021). چراکه یکی از ویژگی‌های برجسته CVA انعطاف‌پذیری آن است که این امکان را می‌دهد تا با داده‌های مختلف سنجنده‌ها و روش‌های شناسایی تغییرات اعمال شود. نرمال‌سازی رادیومتریکی به کاهش تغییرات کاذب و شناسایی دقیق‌تر تغییرات کوچک کمک می‌کند و این ویژگی‌ها باعث شده که این الگوریتم در کاربردهایی نظیر پایش جنگل‌ها، شناسایی آسیب‌های ناشی از آتش‌سوزی و دیگر تغییرات محیطی به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد (Johnson and Kasischke, 1998).

پردازش تصاویر

پس از بررسی کیفیت رادیومتری و هندسی تصاویر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌صورت جداگانه بر روی تصاویر دو زمانه اعمال شد. هدف از این تحلیل، شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار در تشخیص مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی بود. همبستگی بین باندهای اصلی و مؤلفه‌ها بررسی شدند و باندهایی که از نظر آماری به شکل معنی‌داری با مؤلفه‌های اصلی همبستگی داشتند، انتخاب شدند. تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) روشی برای ساده‌سازی داده‌ها است. این روش اطلاعات مهم را به‌گونه‌ای ترکیب می‌کند که بیشترین تفاوت‌ها (واریانس) در چند مؤلفه اول حفظ شود و اطلاعات اضافی یا نویز کاهش یابد (Baig *et al.*, 2014).

پس از انتخاب باندهایی با بیشترین همبستگی، شاخص‌های طیفی مختلف، از جمله شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص نرمال‌شده سوختگی (NBR) و مؤلفه‌های (Brightness) و (Greenness) هرکدام به‌صورت لایه‌های جداگانه به مجموعه متغیرها طیفی ورودی در مدل CVA اضافه شدند. پیش از ورود این مجموعه‌ها به الگوریتم، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) مجدداً بر روی هر یک از آن‌ها اعمال شد تا اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، مناطق سوخته شده و سایر ویژگی‌های طیفی تقویت گردد و دقت طبقه‌بندی نهایی بهبود یابد (شکل ۲).

ارزیابی صحت: به‌منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدشده با استفاده از الگوریتم CVA، از نقشه واقعیت زمینی منطقه تهیه شد. داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ مربوط به تاریخی نزدیک با داده‌های لندست دریافت گردید (جدول ۲). باندهای طیفی Sentinel-2A با اندازه تفکیک مکانی ۱۰ متری انتخاب و در تهیه نقشه واقعیت زمینی استفاده شدند. به‌منظور شناسایی و استخراج مناطق آتش‌سوزی، از تفسیر چشمی استفاده نقشه واقعیت زمینی براساس تصاویر پایان دوره در هر سال تهیه شد. برای سنجش صحت نقشه‌های تولیدشده، آماره‌های Overall Accuracy، Kappa Coefficient، Omission Error و Commission Error محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفتند. روند کلی مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: فلوچارت روش پژوهش

جدول ۲: تاریخ تصاویر سنتینل ۲ استفاده شده در پژوهش

تاریخ	ماهواره	توضیحات
1400/07/13	سنتینل ۲	نقشه واقعیت زمینی
1401/06/29	سنتینل ۲	نقشه واقعیت زمینی
1402/07/03	سنتینل ۲	نقشه واقعیت زمینی

نتایج

در این پژوهش، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌صورت مستقل بر روی تصاویر هر دوره زمانی اجرا شد تا مؤلفه‌های کلیدی و باندهای طیفی مؤثر در شناسایی نواحی آسیب‌دیده از آتش‌سوزی استخراج شوند. برای انتخاب باندهای بهینه، همبستگی میان باندهای اصلی و مؤلفه‌های استخراج‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت و باندهایی که ارتباط آماری معناداری با مؤلفه‌های اصلی داشتند، جهت پردازش‌های بعدی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که باندهای Green، NIR و SWIR 1، به‌دلیل حساسیت بالا به تغییرات پوشش گیاهی، رطوبت و حرارت، در هر سه سال می‌توانند بیشترین تأثیر را در تفکیک نواحی سوخته داشته باشند. این یافته‌ها در جدول ۲، صرفاً برای سال ۱۴۰۲ ارائه شده است.

جدول ۳: همبستگی PCA و تصویر ۲۳ تیر و ۲۵ شهریور ۱۴۰۲

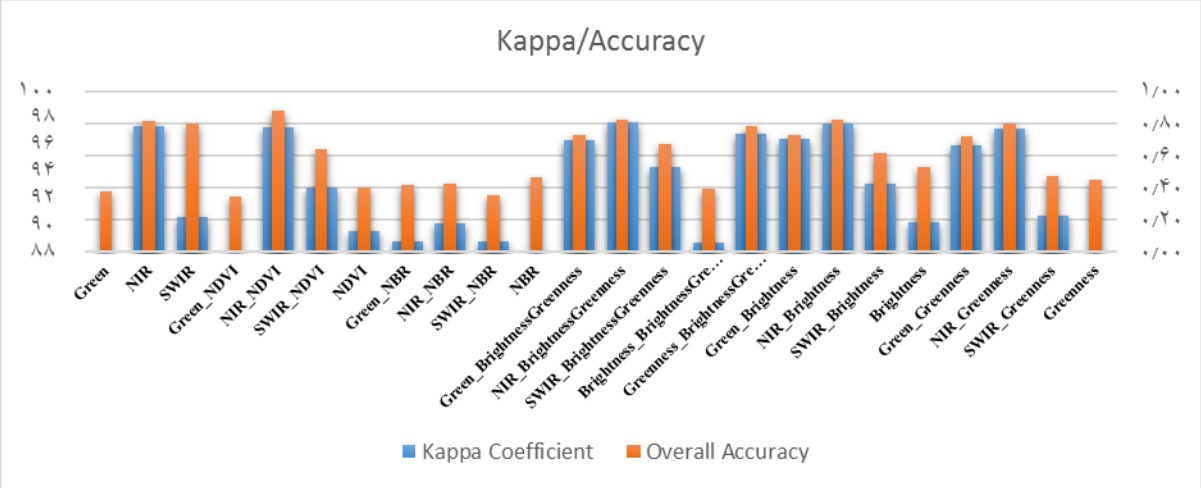
Correlation							
Date	Band	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
۱۴۰۲/۰۴/۲۳	Band 1	0.932648	0.221135	0.225691	-0.07818	-0.14083	0.06622
	Band 2	0.945635	0.157029	0.26211	-0.08401	-0.04522	-0.05755
	Band 3	0.952092	0.183057	0.224572	0.085539	0.046099	0.01171
	Band 4	0.544476	-0.83536	0.052929	-0.0534	0.007279	0.003419
	Band 5	0.982124	-0.04692	-0.14333	0.111249	-0.01692	-0.00482
	Band 6	0.955385	0.219827	-0.12142	-0.15398	0.02102	0.004375
۱۴۰۲/۰۶/۲۵	Band 1	0.939596	0.205083	0.222875	-0.08411	-0.12136	0.060185
	Band 2	0.956214	0.112259	0.25082	-0.07781	-0.04426	-0.04614
	Band 3	0.959644	0.133773	0.238114	0.050179	0.043455	0.009111
	Band 4	0.774494	-0.63052	-0.01614	-0.04799	0.006301	0.002477
	Band 5	0.987383	0.040291	-0.11643	0.098201	-0.01555	-0.0032
	Band 6	0.91781	0.349403	-0.14629	-0.11732	0.019284	0.002276

نتایج این جدول نشان می‌دهد که باندهایی با بیشترین واریانس طیفی، می‌توانند متغیرهای تأثیرگذاری در مدل CVA باشند و نقش مهمی در تشخیص تغییرات ناشی از آتش‌سوزی ایفا می‌کنند و اطلاعات ارزشمندی را برای تحلیل مناطق آسیب‌دیده فراهم می‌سازند. علاوه بر آن، شاخص‌های طیفی از جمله NDVI، NBR و مؤلفه‌های Brightness و Greenness (با استفاده از دو مؤلفه و به‌صورت جداگانه برای هر مؤلفه) برای هر دو تصویر ابتدا و انتهای آتش‌سوزی محاسبه شده و با سایر باندها ترکیب شدند تا میزان تأثیر آن‌ها در بهبود تفکیک نواحی سوخته بررسی شود. به‌عبارت دیگر، به‌منظور دستیابی به ارزیابی دقیق‌تر، باندهای انتخاب شده در فرایند PCA هم به‌صورت مستقل و هم در ترکیب‌ها با شاخص‌های طیفی به عنوان ورودی مدل CVA در نظر گرفته شدند. در مجموع، ۲۴ ترکیب مختلف از متغیرهای طیفی استفاده شد تا بهینه‌ترین ترکیب‌ها برای تولید نقشه‌های آتش‌سوزی شناسایی گردد (شکل ۲).

ارزیابی صحت

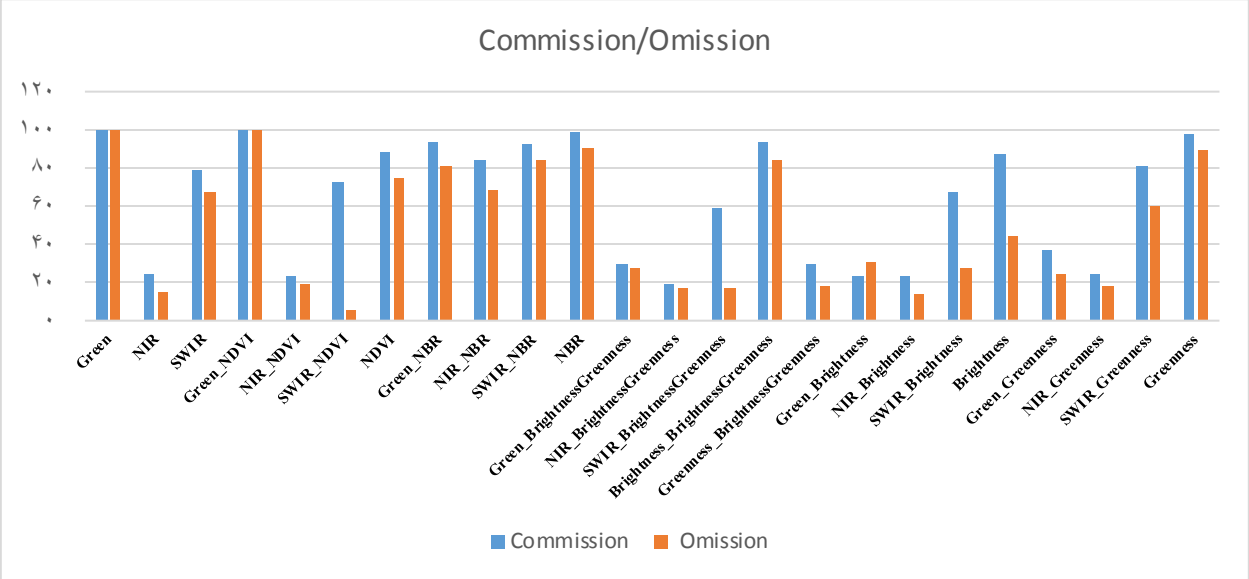
برای ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدشده با الگوریتم CVA، از نقشه واقعیت زمینی به‌عنوان معیار مرجع استفاده شد. داده‌های سنتینل ۲ که هم‌زمان با داده‌های لندست بودند، به‌دلیل توان تفکیک مکانی بالاتر (۱۰ متری) انتخاب و نقشه واقعیت زمینی تهیه گردید. در ادامه معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا و خطاهای Omission و Commission محاسبه شدند. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های آتش‌سوزی در زریبار کردستان نشان داد که ترکیب‌های مختلف طیفی و شاخص‌ها، کارایی متفاوتی در تفکیک مناطق سوخته دارند. در سال ۱۴۰۲، نقشه حاصل ازترکیب NIR_BrightnessGreenness با ضریب کاپای ۰/۸۱ و صحت کلی ۹۷/۹۲٪ بالاترین صحت را داشت، در حالی که در سال ۱۴۰۱، نقشه NIR_NDVI با ضریب کاپای ۰/۴۸و صحت کلی ۹۹/۵۷٪ عملکرد بهتری نشان داد. همچنین، در سال ۱۴۰۰، نقشه NIR_Brightness با ضریب کاپای ۰/۳۷ و صحت

کلی ۹۷/۴۱٪ بهترین نتیجه را ارائه کرد. در سال ۱۴۰۲ مقایسه سایر نقشه‌ها نشان داد که ترکیب‌های مختلفی مانند NIR_Brightness، NIR، NIR_NDVI و NIR_Greenness ضرایب کاپای بین ۰/۷۷ تا ۰/۸ و صحت کلی بین ۹۷/۶٪ تا ۹۸/۵۸٪ داشته‌اند. در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۰ نیز ترکیب‌های مختلف طیفی، بسته به شاخص مورد استفاده، عملکرد متفاوتی داشتند اما در مجموع، باند ۴ (NIR) همراه با شاخص‌های NDVI، Brightness و Greenness بهترین نتایج را در تفکیک مناطق سوخته ارائه داد. در شکل **۳**، مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه‌های تولید شده در سال ۱۴۰۲ نمایش داده شده است.



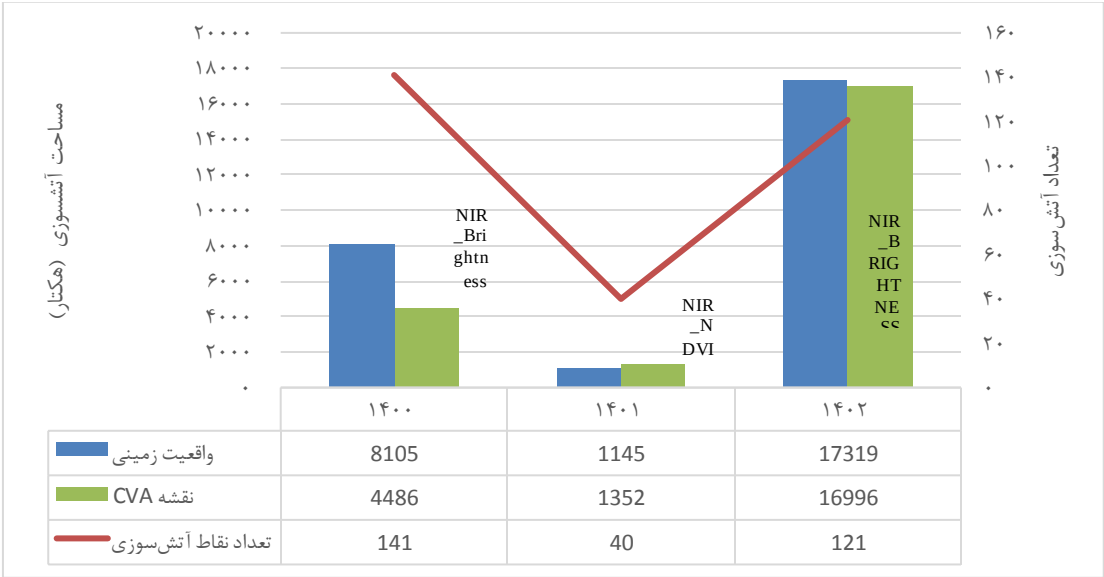
شکل ۳: ضریب کاپا و صحت کلی محاسبه شده برای نقشه‌های آتش‌سوزی تولید شده در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۴۰۲

در این پژوهش، علاوه بر صحت کلی و ضریب کاپا، معیارهای Omission و Commission نیز برای ارزیابی دقیق‌تر نقشه‌های آتش‌سوزی بررسی شده‌اند. در سال ۱۴۰۲، ترکیب‌های NIR_BrightnessGreenness و NIR_NDVI با مقادیر خطای Commission به‌ترتیب ۱۸/۸۹٪ و ۲۳/۲۲٪ عملکرد مطلوبی در شناسایی مناطق آتش‌سوزی داشته‌اند. همچنین، نقشه NIR با ۱۴/۸۳٪ خطای Omission در کاهش این خطا مؤثر بوده است. این نتایج اهمیت انتخاب ترکیب‌های طیفی مناسب، به‌ویژه باند ۴ (NIR) همراه با شاخص‌های NDVI، Brightness و Greenness را در طول سه سال در بهبود دقت نقشه‌های آتش‌سوزی تأیید می‌کند (شکل ۴).



شکل ۴: Omission و Commission محاسبه شده برای نقشه‌های آتش‌سوزی تولید شده در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۴۰۲

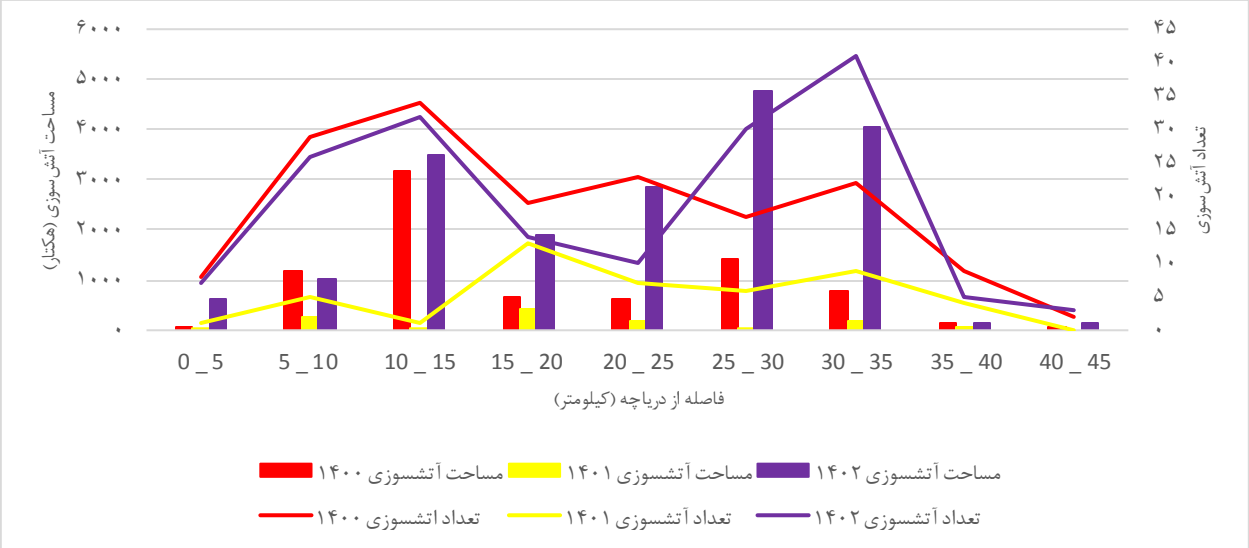
در ادامه روند گسترش آتش‌سوزی در اطراف دریاچه زریبار، شامل تغییرات مساحت و تعداد آتش‌سوزی‌ها در طول زمان، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، مساحت دقیق‌ترین نقشه‌های تولیدشده برای هر سال با استفاده از الگوریتم CVA ارزیابی شد. نتایج این تحلیل‌ها برای هر سه سال در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است.



شکل ۵: روند تعداد و مساحت مناطق آتش‌سوزی شده در منطقه مورد مطالعه

تغییرات مکانی آتش‌سوزی‌ها در اطراف دریاچه زریبار نشان می‌دهد که توزیع آتش‌سوزی‌ها در فواصل مختلف از دریاچه به طور چشمگیری تغییر کرده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در سال ۱۴۰۰، نقشه آتش‌سوزی دارای مساحتی حدود ۴۴۸۶ هکتار از مساحت واقعی ۸۱۰۵ هکتار است. در سال ۱۴۰۰ تعداد ۱۴۱ مورد آتش‌سوزی نشان‌دهنده پراکندگی بالا و

توزیع گسترده آتش‌سوزی‌ها در منطقه اطراف دریاچه زریبار است. در همین سال، بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌ها در فاصله ۱۰-۱۵ کیلومتر از دریاچه با ۳۴ رخداد و مساحت ۳۱۷۷ هکتار ثبت شده است، در حالی که کمترین تعداد آتش‌سوزی‌ها در فاصله ۴۰-۴۵ کیلومتر اتفاق افتاده است (۲ مورد، ۵۵,۳۳ هکتار). در سال ۱۴۰۱، ۱۳۵۲ هکتار در منطقه آتش‌سوزی اتفاق افتاده است. در کل هم ۴۰ مورد آتش‌سوزی نیز نشان‌دهنده کاهش پراکندگی آتش‌سوزی‌ها در این سال بوده است. تعداد آتش‌سوزی‌ها در سال ۱۴۰۱ کاهش قابل‌توجهی داشته است و بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌ها در فاصله ۱۵-۲۰ کیلومتر (۱۳ مورد و ۴۴۱ هکتار) بوده است. نکته قابل توجه این است که تا فاصله ۴۰ کیلومتری آتش‌سوزی اتفاق افتاده است اما در فاصله ۴۰-۴۵ کیلومتر هیچ رویداد آتش‌سوزی رخ نداده است. در سال ۱۴۰۲ نیز، نقشه NIR_BrightnessGreenness با شناسایی ۱۶۹۹۶ هکتار از ۱۷۳۱۹ هکتار مساحت واقعی آتش‌سوزی است. در این سال، تعداد و مساحت آتش‌سوزی‌ها مجدداً افزایش چشمگیری داشته است. بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌ها در فاصله ۳۰-۳۵ کیلومتر (۴۱ مورد و ۴۰۴۸ هکتار) و در فاصله ۲۵-۳۰ کیلومتر (۳۰ مورد و ۴۷۶۵ هکتار) بوده است. تعداد ۱۲۱ مورد آتش‌سوزی، نشان‌دهنده توزیع گسترده‌تر آتش‌سوزی‌ها نسبت به سال ۱۴۰۱ اما کمتر از سال ۱۴۰۰ است.



شکل ۶: تعداد و مساحت آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در اطراف دریاچه زریبار طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ترکیب باندهای طیفی و شاخص‌های گیاهی مناسب در داده‌های ماهواره‌ای لندست، صحت شناسایی مناطق آتش‌سوزی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. الگوریتم CVA در تفکیک دقیق مناطق سوخته عملکرد مطلوبی از خود نشان داد؛ زیرا شبیه‌سازی اختلالات جنگل‌ها مانند آتش‌سوزی‌ها از طریق الگوهای زمانی و مکانی با استفاده از سری‌های زمانی لندست به طور مؤثری امکان‌پذیر است (Nguyen *et al.*, 2018). روش‌های شناسایی آتش‌سوزی چندزمانه که بر تحلیل داده‌های مکانی و زمانی متمرکز هستند، به بهبود دقت شناسایی ناهنجاری‌های حرارتی کمک می‌کنند (Vega Orozco *et al.*, 2012). با این حال، صحت نتایج همچنان وابسته به پیچیدگی‌های طیفی است (Farhadi *et al.*, 2023). صحت کلی به‌تنهایی قادر به نمایش توزیع دقیق خطاها نیست و ضریب کاپا نیز در صورت نامتوازن بودن توزیع کلاس‌ها، ممکن است ارزیابی کاملی ارائه ندهد. خطای Omission بیانگر میزان نادیده‌گیری مناطق سوخته و خطای Commission نشان‌دهنده میزان اشتباه در طبقه‌بندی مناطق غیر آتش‌سوزی به‌عنوان مناطق سوخته است؛ لذا نتایج این پژوهش در این زمینه نشان می‌دهد که ترکیب‌های مختلف باندهای طیفی و شاخص‌های مختلف تأثیر قابل‌توجهی در دقت تفکیک مناطق سوخته دارند. به‌طوری‌که تحلیل داده‌ها در سال ۱۴۰۲ نشان داد ترکیب NIR_BrightnessGreenness با

خطای ۱۸٫۸۹٪ و NIR_NDVI با خطای ۲۳٫۲۲٪ عملکرد مناسبی در شناسایی مناطق آسیب‌دیده داشته‌اند. این یافته‌ها نقش کلیدی باند ۴ (NIR) و ترکیب شاخص‌های NDVI، Brightness و Greenness را در افزایش صحت نقشه‌های آتش‌سوزی تأیید می‌کند. علاوه بر این، تحلیل داده‌ها نشان داد که باندهای NIR و SWIR1 بیشترین حساسیت را در شناسایی مناطق سوخته دارند (Lin *et al.*, 2016).

از سوی دیگر، تعداد وقوع آتش‌سوزی‌ها در یک بازه زمانی خاص و توزیع مکانی وقوع آتش‌سوزی‌ها مقایسه شدند و مشخص شد که تفاوت‌های مکانی در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی وجود دارد (Kim *et al.*, 2021). بررسی الگوی مکانی آتش‌سوزی‌ها در اطراف دریاچه زریبار نشان داد که در سال ۱۴۰۰، بیشترین تعداد حریق‌ها در فاصله ۱۰ تا ۱۵ کیلومتری از دریاچه رخ داده و این آتش‌سوزی‌ها در نواحی وسیعی پراکنده شده‌اند. یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه، شناسایی آتش‌سوزی‌های کوچک است، که موجب افزایش خطاهای تفکیک در تصاویر ماهواره‌ای می‌شود (Wang *et al.*, 2007). این مطالعه نشان داد که خطای شناسایی آتش‌سوزی‌های کوچک در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نسبتاً بالا بوده است. از سوی دیگر، مساحت لکه‌های آتش بر دقت شناسایی تأثیرگذار است، زیرا آتش‌سوزی‌های کوچک به‌دلیل تابش ضعیف‌تر و پوشش گیاهی متراکم اغلب از دید الگوریتم‌ها پنهان می‌مانند. یکی از پرسش‌های کلیدی در مورد این اطلاعات به طور مداوم مطرح می‌شود، این است که آتش‌سوزی باید چقدر بزرگ باشد تا شناسایی شود (Maier *et al.*, 2013). افزون بر این روند تغییرات مکانی آتش‌سوزی‌ها نیز نشان داد که در سال ۱۴۰۲، بیشترین میزان حریق در فاصله ۳۰ تا ۳۵ کیلومتری از دریاچه ثبت شده است که در مقایسه با سال ۱۴۰۰، جابه‌جایی مکانی آتش‌سوزی‌ها به نواحی دورتر را نشان می‌دهد. این تغییرات می‌تواند ناشی از عوامل اکولوژیکی، تغییرات کاربری اراضی یا مداخلات انسانی باشد. همچنین، نقشه NIR_NDVI در سال ۱۴۰۱ عملکرد بهتری در شناسایی مناطق سوخته داشت و کاهش تعداد و پراکندگی آتش‌سوزی‌ها مشاهده شد. در مقابل، در سال ۱۴۰۲، نقشه NIR_BrightnessGreenness با ضریب کاپای ۰/۸۱ و صحت کلی ۹۷/۹۲٪ بالاترین دقت را در شناسایی مناطق سوخته ارائه داد، درحالی‌که افزایش وسعت آتش‌سوزی‌ها در این سال، تغییرات چشمگیری در توزیع مکانی آن‌ها نشان داد. در نهایت، چالش اصلی در الگوریتم‌های مبتنی بر آستانه، تعیین آستانه‌های بهینه است، زیرا پس‌زمینه طبیعی در زمان و مکان تغییر می‌کند و شناسایی آتش‌سوزی‌های کوچک برای الگوریتم‌ها غیرممکن است (Lin *et al.*, 2016).

تحلیل تغییرات زمانی آتش‌سوزی‌ها نیز نشان داد که میزان و گستردگی این پدیده در سال ۱۴۰۱ کاهش یافته، اما در سال ۱۴۰۲ مجدداً افزایش یافته است. این نوسانات احتمالاً ناشی از تغییرات اقلیمی، افزایش دما، میزان بارندگی و مداخلات انسانی بوده‌اند. نخستین آتش‌سوزی سالانه با تخریب پوشش گیاهی، زمینه را برای حریق‌های بعدی فراهم می‌کند و به گسترش مناطق سوخته می‌انجامد. این روند، همراه با وزش باد، شدت و وسعت آتش را افزایش داده و سرعت انتشار آن را بیشتر می‌کند (Peris-Llopis *et al.*, 2024). بررسی نقشه‌های حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که میزان صحت آن‌ها بسته به سال و شدت آتش‌سوزی متفاوت بوده است؛ به‌عنوان نمونه، نقشه NIR_BrightnessGreenness در سال ۱۴۰۲ بالاترین صحت را ارائه کرد، در حالی‌که این نقشه در سال ۱۴۰۰ عملکرد ضعیف‌تری داشت. علاوه بر این، تغییرات مکانی آتش‌سوزی‌ها نیز قابل‌توجه بوده، به‌طوری که در سال ۱۴۰۰ پراکندگی بیشتری داشتند، در سال ۱۴۰۱ متمرکزتر شدند و در سال ۱۴۰۲ به مناطق دورتر از دریاچه منتقل شدند. این روندهای مکانی نه تنها نشان‌دهنده گسترش و رفتار آتش‌سوزی‌ها به‌عنوان نتیجه تعامل پیچیده عوامل فیزیکی مختلف مانند دما، رطوبت، سرعت و جهت باد و سایر عوامل هستند (Zhang *et al.*, 2025)؛ بلکه تحت تأثیر اولین وقوع آتش‌سوزی در هر سال نیز قرار دارند. درک الگوهای تغییرات آتش‌سوزی می‌تواند به بهبود مدیریت و پیشگیری از آن در آینده کمک کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و استفاده از داده‌های ترکیبی، دقت شناسایی آتش‌سوزی‌ها را افزایش می‌دهد و در مدیریت بحران‌های محیط‌زیستی مؤثر است. همچنین، استفاده از پهپاد برای پیگیری دقیق‌تر آتش‌سوزی‌ها توصیه می‌شود.

منابع

Amiri, N. 2013. **Evaluation of different change detection techniques in forestry for improvement of spatial objects extraction algorithms by very high resolution remote sensing digital imagery**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40: 43-47 .

Baig, M.H.A., Zhang, L., Shuai, T., Tong, Q. 2014. **Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance**. Remote Sensing Letters, 5(5): 423-431 .

Bastarrika, A., Chuvieco, E., Martín, M.P. 2011. **Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors**. Remote sensing of Environment, 115(4): 1003-1012 .

Bovolo, F., Bruzzone, L. 2006. **A theoretical framework for unsupervised change detection based on change vector analysis in the polar domain**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(1): 218-236.

Dharani, M., Sreenivasulu, G. 2019. **Land use and land cover change detection by using principal component analysis and morphological operations in remote sensing applications**. International Journal of Computers and Applications, 43(5): 462-471.

Farhadi, H., Ebadi, H., Kiani, A. 2023. **Badi: a novel burned area detection index for sentinel-2 imagery using google earth engine platform**. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 10: 179-186.

Halofsky, J.E., Peterson, D.L., Harvey, B.J. 2020. **Changing wildfire, changing forests: the effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA.** Fire Ecology, 16(1): 1-26.

Heidarlou, H.B., Bazarbash, M.G., Borz, S.A. 2024a. **Unveiling the Role of Climate and Environmental Dynamics in Shaping Forest Fire Patterns in Northern Zagros, Iran.** Land, 13(9): 1453.

Heidarlou, H.B., Bazarbash, M.G., Borz, S.A. 2024b. **Unveiling the Role of Climate and Environmental Dynamics in Shaping Forest Fire Patterns in Northern Zagros, Iran**. Land, 13(9):

Johnson, R.D., Kasischke, E.S. 1998**. Change vector analysis: A technique for the multispectral monitoring of land cover and condition**. International Journal of Remote Sensing, 19(3): 411-426.

Kim, T., Hwang, S., Choi, J. 2021. **Characteristics of spatiotemporal changes in the occurrence of forest fires.** Remote Sensing, 13(23): 4940.

Kuruca, M., Matci, D.K., Avdan, U. 2021. **The potential of Göktürk 2 satellite images for mapping burnt forest areas**. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45(1): 91-101 .

Lin, L., Meng, Y., Yue, A., Yuan, Y., Liu, X., Chen, J., Chen, J. 2016. **A spatio-temporal model for forest fire detection using HJ-IRS satellite data.** Remote Sensing, 8(5): 403.

Maier, S. W., Russell-Smith, J., Edwards, A.C., Yates, C. 2013. **Sensitivity of the MODIS fire detection algorithm (MOD14) in the savanna region of the Northern Territory, Australia**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 76: 11-16.

Medjber, R. A., Messaoud, H.B., Alila, H.S. 2024. **Multispectral satellite datasets for detection and mapping of land cover change in a Mediterranean area of North Africa, Belezma (Algeria).** Environmental Research, Engineering and Management, 80(1): 39-49.

Nguyen, T. H., Jones, S. D., Soto-Berelov, M., Haywood, A., Hislop, S. 2018. **A spatial and temporal analysis of forest dynamics using Landsat time-series**. Remote Sensing of Environment, 217: 461-475.

Pacheco, A.D.P., da Silva Junior, J.A., Ruiz-Armenteros, A.M., Henriques, R.F.F., de Oliveira Santos, I. 2023. **Analysis of spectral separability for detecting burned areas using Landsat-8 OLI/TIRS images under different biomes in Brazil and Portugal**. Forests, 14(4): 663.

Pandey, P., Huidobro, G., Lopes, L.F., Ganteaume, A., Ascoli, D., Colaco, C., Xanthopoulos, G., Giannaros, T. M., Gazzard, R., Boustras, G., Steelman, T., Charlton, V., Ferguson, E., Kirschner, J., Little, K., Stoof, C., Nikolakis, W., Fernández-Blanco, C. R., Ribotta, C., Dossi, S. 2023. **A global outlook on increasing wildfire risk: Current policy situation and future pathways**. Trees, Forests and People, 14.

Peris-Llopis, M., Vastaranta, M., Saarinen, N., González-Olabarria, J.R., García-Gonzalo, J., & Mola-Yudego, B. 2024. **Post-fire vegetation dynamics and location as main drivers of fire recurrence in Mediterranean forests**. Forest Ecology and Management, 568: 122126.

Salavati, G., Saniei, E., Ghaderpour, E., Hassan, Q.K. 2022. **Wildfire Risk Forecasting Using Weights of Evidence and Statistical Index Models**. Sustainability, 14(7).

Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., Quayle, B., Lorenz, E., Morelli, F. 2016. **Active fire detection using Landsat-8/OLI data.** Remote Sensing of Environment, 185: 210-220.

Schroeder, W., Prins, E., Giglio, L., Csiszar, I., Schmidt, C., Morisette, J., Morton, D. 2008. **Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM+ data.** Remote Sensing of Environment, 112(5): 2711-2726.

Tariq, A., Shu, H., Li, Q., Altan, O., Khan, M R., Baqa, M.F., Lu, L. 2021. **Quantitative analysis of forest fires in southeastern Australia using SAR data**. Remote Sensing, 13(12): 2386

Vega Orozco, C., Tonini, M., Conedera, M., Kanveski, M. 2012. **Cluster recognition in spatial-temporal sequences: the case of forest fires.** Geoinformatica, 16: 653-673.

Wang, W., Qu, J. J., Hao, X., Liu, Y., Sommers, W.T. 2007. **An improved algorithm for small and cool fire detection using MODIS data: A preliminary study in the southeastern United States**. Remote sensing of Environment, 108(2): 163-170.

Xiao, P., Sheng, G., Zhang, X., Liu, H., Guo, R. 2021. **Direction-dominated change vector analysis for forest change detection**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 103: 102492.

Xu, H., Zhang, G., Chu, R., Zhang, J., Yang, Z., Wu, X., Xiao, H. 2024. **Detecting forest fire omission error based on data fusion at subpixel scale.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 128: 103737.

Zagalikis, G. 2023. **Remote Sensing and GIS Applications in Wildfires. In Geographic Information Systems-Data Science Approach**. Intech Open.

Zhang, L., Zhang, Q., Yang, Q., Yue, L., He, J., Jin, X., Yuan, Q. 2025. **Near-real-time wildfire detection approach with Himawari-8/9 geostationary satellite data integrating multi-scale spatial–temporal feature.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 137, 104416.

Zhu, Z. 2017. **Change detection using landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 130: 370-384.

پنل ۲: هوا و اقلیم زریبار

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

بررسی تنش حرارتی و ارائه تقویم زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار

بختیار محمدی

۱- عضو هیات علمی گروه آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
b.mohammadi@uok.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر با مطرح شدن گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، توجه تنش حرارتی، شدت و روند آن مورد توجه قرار گرفته است. شناسایی شرایط زیست‌اقلیمی، وضعیت تنش حرارتی هر مکانی را به‌خوبی نشان می‌دهند. این پژوهش با هدف بررسی شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار انجام شد. از شاخص‌های دمای مؤثر استاندارد (SET)، دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و میانگین نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV) برای شناسایی شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار استفاده شد. در انجام این پژوهش از داده‌های متغیرهای دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، سرعت باد (متر بر ثانیه) و میزان ابرناکی (اکتا) ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۷۱ استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که در طول سال، تمام شرایط زیست‌اقلیمی در دریاچه زریبار تجربه می‌شوند. با این حال فراوانی رخداد هر کدام از آنها متفاوت است. به‌طور کلی شرایط تنش گرمای شدید و تنش سرمای شدید در زمان‌های کوتاه‌تری از سال حاکم هستند. در مقابل شرایط زیست‌اقلیمی خنک، کمی خنک، آسایش حرارتی، کمی گرم و گرم توزیع زمانی گسترده‌تری نسبت به شرایط حاد زیست‌اقلیمی (سرد و بسیار سرد، بسیار گرم و داغ) دارند. براساس شاخص‌های مورد مطالعه شرایط غالب زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار متفاوت است. براساس شاخص SET، شرایط خنک با اختلاف قابل توجهی غالب‌ترین وضعیت اقلیمی دریاچه زریبار است. در حالی‌که براساس دو شاخص PMV و PET چند حالت از شرایط زیست‌اقلیمی(گرم، کمی گرم، آسایش حرارتی، کمی خنک و خنک) دارای فراوانی رخداد تقریباً مشابه در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد در طول سال هستند و البته نسبت به سایر شرایط زیست‌اقلیمی حاکمیت بیشتری در دریاچه زریبار را نشان دادند. در نهایت برای آگاهی بیشتر از شرایط زیست‌اقلیم دریاچه زریبار، تقویم‌های روزانه زیست‌اقلیمی ارائه شد.

کلید واژه‌ها: اقلیم‌شناسی کاربردی، زیست اقلیم، آسایش اقلیمی، تنش حرارتی، دریاچه زریبار.

Investigating thermal stress and presenting a bioclimatic calendar for Lake Zrebar

Bakhtiyar Mohammadi
Department of Climatology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
b.mohammadi@uok.ac.ir

Abstract
The climate of any place determines many human activities. The life of plants and other animals is also highly dependent on changes in atmospheric parameters and climatic conditions in general. The extent of the impact of weather will become more apparent when significant changes occur in atmospheric elements and the climatic nature of a place. In recent years, with the emergence of global warming and climate change, attention has been paid to heat stress, its intensity and trend. Identifying bioclimatic conditions shows the heat stress status of any place well. This research was carried out with the aim of investigating the environmental and bioclimatic conditions of Zrebar Lake. The indices of Standard Effective Temperature (SET), Physiological Equivalent Temperature (PET) and Predicted Mean Vote (PMV) were used to identify the bioclimatic conditions of Zrebar Lake. In carrying out this research, taking into account the geographical coordinates of the station (longitude and latitude and elevation above sea level), the data of variables of air temperature (Degrees Celsius), relative humidity (Percentage), wind speed (Meters per second) and amount of cloud cover (Octa) of Marivan synoptic station were used. These data were used on a daily scale for 21/03/1992 to 20/03/2022. In addition to the aforementioned data, amount of clothing (0.9 Clo) and physical activity (80 watts per square meter) for individuals aged 35 years, 175 cm tall, and 75 kg in weight were included in the calculations related to estimating bioclimatic conditions. In fact, the physiological conditions used in this study are values that are considered constant in most bioclimatic studies. The results of this study showed that throughout the year, all bioclimatic conditions are experienced in Zrebar Lake. However, the frequency of occurrence of each of them is different. In general, extreme heat stress and extreme cold stress conditions prevail at shorter times of the year. In contrast, cool, slightly cool, thermal comfort, slightly warm, and warm bioclimatic conditions have a wider temporal distribution than extreme bioclimatic conditions (cold and very cold, very warm, and hot). Based on the studied indicators, the dominant bioclimatic conditions of Lake Zrebar are different. Based on the standard effective temperature index, cool conditions are the most dominant climatic condition of Lake Zrebar by a significant difference. While based on the two PET and PMV indices, several states of bioclimatic conditions (warm, slightly warm, thermal comfort, slightly cool, and cool) have an almost similar frequency of occurrence of about 15 to 20 percent throughout the year, and of course, they showed more dominance in Zrebar Lake compared to other bioclimatic conditions. Finally, to gain more knowledge about the bioclimatic conditions of Zrebar Lake, daily bioclimatic calendars were presented.

Keywords: Applied climatology, Bioclimatology, Climatic comfort, Thermal stress, Zrebar Lake.

مقدمه

زیست‌اقلیم‌شناسی علم مطالعه و ارزیابی تأثیر هوا و اقلیم بر روی موجودات زنده اعم از گیاهی، جانوری و انسانی است که اقلیم‌شناسی حیاتی نیز نامیده می‌شود. در احساس شرایط زیست‌اقلیمی، متغیرهای زیادی نقش دارند. در میان آنها دما، رطوبت، باد و تابش نقش عمده‌ای را بر عهده دارند که البته در بین این عناصر نیز دما و رطوبت تأثیر بیشتری بر سلامتی و آسایش انسان دارند. بنابراین شاخص‌ها و مدل‌های مختلفی بر پایه این متغیرها از سوی محققان مختلف ارائه شده است. شناخت و درک درست از محیط طبیعی به‌ویژه شرایط اقلیمی هر مکان، در امر برنامه‌ریزی، مدیریت و انجام بسیاری از فعالیت‌های انسانی ضروری است. در واقع مطالعات زیست‌اقلیمی می‌توانند پایه و اساس بسیاری از مطالعات محیطی باشد. در سال‌های اخیر ارزیابی شرایط زیست‌اقلیم در کانون توجه محققان قرار گرفته است. انجام چنین تحقیقاتی، اغلب به‌دلیل تغییرات اقلیمی و ایجاد تنش حرارتی در سطح کره زمین و همچنین بحث مدیریت انرژی، روز به روز در حال افزایش است (محمدخانی، ۱۳۹۵).

برنامه‌ریزی‌های مختلف در بخش‌های عمرانی، بهداشت و سلامت، کشاورزی و گردشگری بدون در نظر گرفتن شرایط جوی و اقلیمی هر مکان امکان‌پذیر نیست (Munn, 1987). شرایط زیست‌اقلیمی به‌ویژه شرایط آسایش حرارتی یکی از مهم‌ترین عوامل برای رونق صنعت گردشگری محسوب می‌شود و هنگام انتخاب مقاصد گردشگری، یک پیش‌نیاز ضروری برای توسعه گردشگری است (Hewer and Gough, 2018). بنابراین ارزیابی و بررسی زیست‌اقلیم با تأکید بر نقش آسایش حرارتی در رونق صنعت گردشگری از اهمیت زیادی برخوردار است.

با افزایش جمعیت، مصرف‌گرایی شدید و کاهش منابع طبیعی زمین، شرایط جوی براثر فعالیت‌های انسانی دچار دگرگونی قابل ملاحظه‌ای شده است (Cao *et al.*, 2016). هماهنگی و تطبیق با شرایط اقلیمی و محیطی دگرگون شده، نیازمند صرف هزینه بسیار در بخش‌های مختلف است (Aguilar *et al.*, 2009). تعدیل شرایط اقلیمی فرین می‌تواند منجر به مشکلات زیادی در محیط شود. به‌عنوان مثال بسیاری از آلاینده‌های جوی بر اثر مصرف زیاد انرژی در بخش گرمایش و سرمایش و همچنین فراهم نمودن مواد غذایی و امکانات رفاهی جمعیت کره زمین تولید می‌شوند (Nauges *et al.*, 2017). تغییرات اقلیمی و وجود تنش‌های حرارتی در سال‌های اخیر موجب توجه زیاد محققان به تحقیقات زیست‌اقلیمی شده است (Basarin *et al.*, 2018). با توجه به انتشار سریع گازهای گلخانه‌ای علاقمندی به این موضوع نیز در حال افزایش است (K.C, 2015). نتایج پژوهش‌های زیست‌اقلیمی اغلب در زمینه‌های مختلفی مانند اکولوژی، کشاورزی، معماری، برنامه‌ریزی شهری، گردشگری، بهداشت و درمان، حمل و نقل و... استفاده می‌شوند (O'Donnell and Ignizio, 2012). مطالعات زیادی در بر روی بررسی شرایط زیست‌اقلیم و نقش آن در فعالیت‌های مختلف انجام شده است. به‌عنوان مثال Deniz (۲۰۱۱) و Çalışkan و همکاران (۲۰۱۲) بر روی شرایط زیست‌اقلیم بخش‌های مختلف ترکیه مطالعاتی انجام داده‌اند.

Pérez و همکاران (۲۰۲۱) ارتباط شرایط اقلیمی و گردشگری را در جزایر کاناری و با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۵۰ بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در منطقه مورد مطالعه تنش حرارتی در کمترین مقدار است و آسایش حرارتی قابل توجهی در بیشتر زمان سال حاکم است. در این پژوهش زمان‌های مناسب از نظر اقلیمی جهت هرگونه برنامه‌ریزی فعالیت‌های گردشگری مشخص گردید.

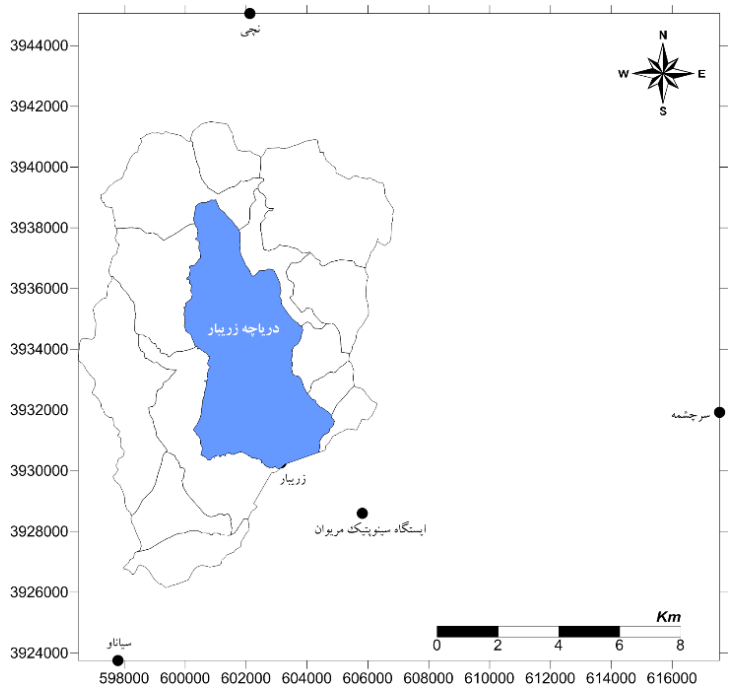
Miszuk (۲۰۲۱) با استفاده از شاخص‌های آب حرارتی جهانی[1] و اطلاعات گردشگری آب‌وهوا[2]، وضعیت اقلیم گردشگری لهستان را مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر این تأثیر شرایط جوی بر روی گردشگری و تغییرات زمانی آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش حاکی از افزایش تنش گرما در بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه بود بیشترین آسایش حرارتی در نیمه اول سال تجربه شده است.

[1] Universal Thermal Climate Index (UTCI)
[2] Climate Tourism Information Scheme (CTIS)

در برنامه‌ریزی‌های محیطی توجه به نقش اقلیم ضرورتی انکارناپذیر دارد. تأثیرگذاری اقلیم بر بسیاری از فعالیت‌های انسانی آشکار است. دریاچه زریبار از نظر طبیعی محل زندگی بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است و همچنین افراد مختلفی در طول سال از این دریاچه بازدید می‌کنند. شناخت شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار در مقیاس‌های زمانی مختلف می‌تواند در کیفیت بازدید از این پدیده طبیعی مؤثر باشد. همچنین آگاهی از تنش حرارتی و توزیع زمانی آن در طول سال می‌تواند بستر مناسبی را برای انجام پژوهش‌های طبیعی مرتبط فراهم نماید. نتایج این پژوهش منجر به تولید تقویم‌های زیست‌اقلیمی در مقیاس‌های زمانی مختلف (روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه) خواهد شد. تقویم‌های تهیه شده می‌تواند اساس بسیاری از مطالعات محیطی دریاچه زریبار قرار گیرد. همچنین چنین تقویم‌هایی می‌تواند مورد استفاده افراد مختلفی (از جمله گردشگران و محققان علوم زیستی) در مراجعه به دریاچه زریبار قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

دریاچه زریبار بزرگترین دریاچه آب شیرین در غرب ایران واقع شده است. اطراف این دریاچه، کوه‌ها و جنگل‌های بلوط است. این دریاچه در ۳ کیلومتری غرب مریوان واقع شده است. تقریباً رودخانه دایمی به این دریاچه نمی‌ریزد و آب آن اغلب از چشمه‌هایی که در کف آن قرار دارند تأمین می‌شود. در فصل زمستان‌ها که شدت سرما زیاد است گاهی سطح دریاچه یخ می‌زند و البته در محل چشمه‌ها به‌ندرت یخ می‌بندد. دریاچه زریبار به‌عنوان یکی از جاذبه‌های طبیعی مطرح است و زیستگاه بسیاری از گونه‌های جانوری، پرندگان و ماهی‌ها به‌شمار می‌آید. در اطراف دریاچه زریبار چندین ایستگاه تبخیرسنجی وجود دارند. تنها یک ایستگاه سینوپتیک در نزدیکی دریاچه زریبار قرار دارد. ایستگاه‌های تبخیرسنجی از آمار منظم داده‌ها برخوردار نیستند و از نظر تعداد و کیفیت متغیرهای ثبت شده نیز شرایط مناسبی برای استفاده در این پژوهش را نداشتند. در این پژوهش برای ارزیابی شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مریوان استفاده شد. موقعیت ایستگاه‌های اطراف دریاچه زریبار و حوضه آبریز دریاچه را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد.



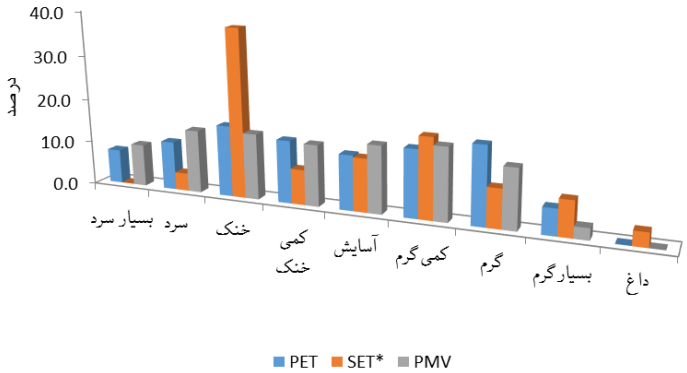
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه زریبار در شهرستان مریوان

داده‌های هواشناسی مورد استفاده در این پژوهش شامل متغیرهای میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، سرعت باد (متر بر ثانیه)، فشار بخار (هکتوپاسکال)، تابش کلی خورشید (وات بر متر مربع)، میزان ابرناکی (اکتا) و میانگین دمای تابشی (درجه سانتی‌گراد) بودند. این داده‌ها در مقیاس روزانه و طی دوره زمانی ۱۳۷۱/۱/۱ تا ۱۴۰۰/۱۲/۲۹ از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. برای برآورد شرایط زیست‌اقلیمی شاخص‌های متعددی وجود دارند. در برخی از شاخص‌ها تنها دو یا سه متغیر جوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر شاخص‌های زیست‌اقلیمی وجود دارند که محاسبه آنها به کمک دو یا سه متغیر هواشناسی انجام می‌گیرد. از جمله می‌توان به شاخص‌های بیکر، ترجونگ، اولگی و بسیاری از شاخص-های قدیمی اشاره کرد. امروزه شاخص‌های جدیدی معرفی شده‌اند که به‌طور کلی بر مبنای شاخص‌های قدیمی‌تر استوار هستند و البته بیشتر آنها اصلاح شده و در محاسبات آنها نیاز به تعداد متغیرهای بیشتری است. با توجه به اینکه محاسبات مربوط به شاخص‌ها به‌دلیل متعدد بودن متغیرها و پیچیدگی روابط مشکل است، بنابراین برنامه‌ها و نرم‌افزارهایی برای محاسبات آنها طراحی شده است. از جمله شاخص‌هایی که اخیراً مورد استفاده وسیع در بحث شرایط زیست‌اقلیم قرار دارند می‌توان به شاخص‌های PET[1]، SET*[2] و PMV[3] اشاره کرد. با توجه به روابطی که بین متغیرها و پیچیدگی آنها وجود دارد، محاسبات این شاخص‌ها همواره سخت و دشوار می‌باشد. به‌همین دلیل نرم‌افزاهایی برای این کار طراحی شده‌اند. از جمله آنها می‌توان به نرم‌افزارهای BioKlima و RayMan اشاره کرد. در این پژوهش از شاخص‌های PET، SET* و PMV و همچنین نرم‌افزار RayMan برای محاسبه شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار استفاده شد.

نتایج

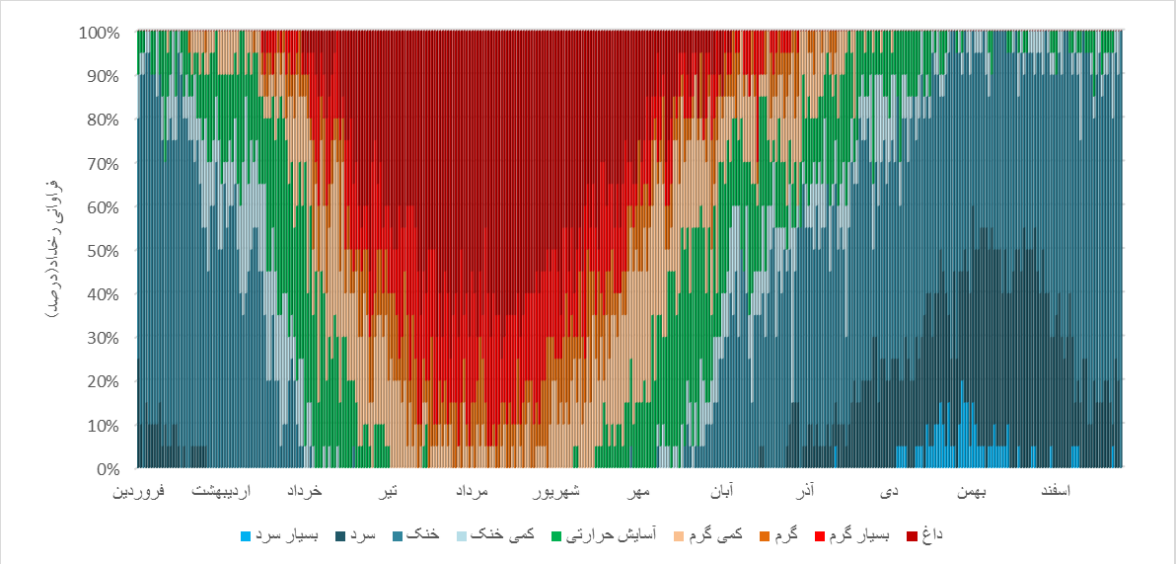
بررسی فراوانی رخداد شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار براساس دوره آماری ۱۳۷۱/۱/۱ تا ۱۴۰۰/۱۲/۲۹ نشان داد که تمام شرایط زیست‌اقلیمی در دریاچه زریبار مشاهده شده است. با این حال فراوانی رخداد برخی از شرایط بیشتر و برخی نیز با فراوانی کمتر تجربه شده است. به‌عنوان مثال شرایط زیست‌اقلیمی داغ براساس دو شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و میانگین نظرسنجی پیش‌بینی شده کمتر از ۲ درصد در طول دوره مورد مطالعه بوده است. با این حال براساس شاخص دمای مؤثر استاندارد، شرایط داغ از فراوانی نسبتاً بیشتری (حدود ۵ درصد در طول سال) برخوردار است. از سوی دیگر شرایط بسیار سرد براساس این شاخص دارای فراوانی کمتر از ۱ درصد بوده است و دو شاخص دیگر حدود ۱۰ درصد را برآورد کرده‌اند. بنابراین در گام اول می‌توان برآورد نسبتاً مشابه شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک و نظرسنجی پیش‌بینی شده را مشاهده کرد و اینکه با شاخص دمای مؤثر استاندارد برآورد شرایط زیست‌اقلیمی تفاوت آشکاری دارد. به‌طور کلی در دریاچه زریبار و در مقیاس سالانه تمام شراط زیست‌اقلیمی تجربه شده است با این حال فراوانی رخداد آنها برابر نیست. همچنین شرایط خنک، کمی گرم، آسایش و کمی خنک در مقایسه با شرایط حاد زیست‌اقلیمی (بسیار سرد، سرد، داغ و بسیار گرم) از فراوانی رخداد بیشتری برخوردار هستند (شکل ۲).

[1] Physiological Equivalent Temperature
[2] Standard effective temperature
[3] Predicted Mean Vote

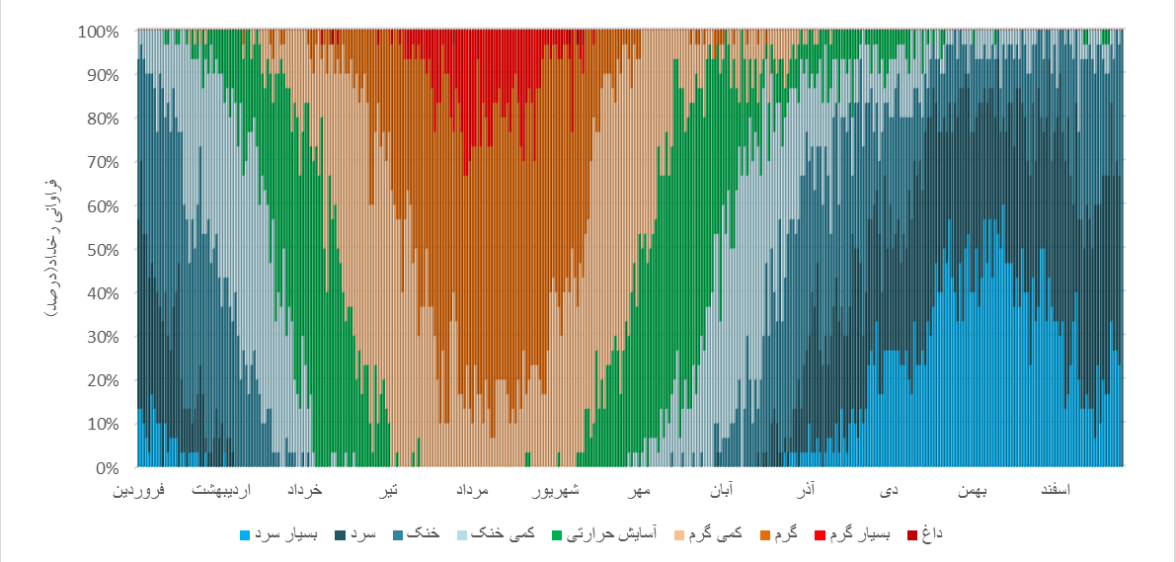


شکل ۲: میانگین بلندمدت سالانه فراوانی رخداد شرایط زیست اقلیمی دریاچه زریبار

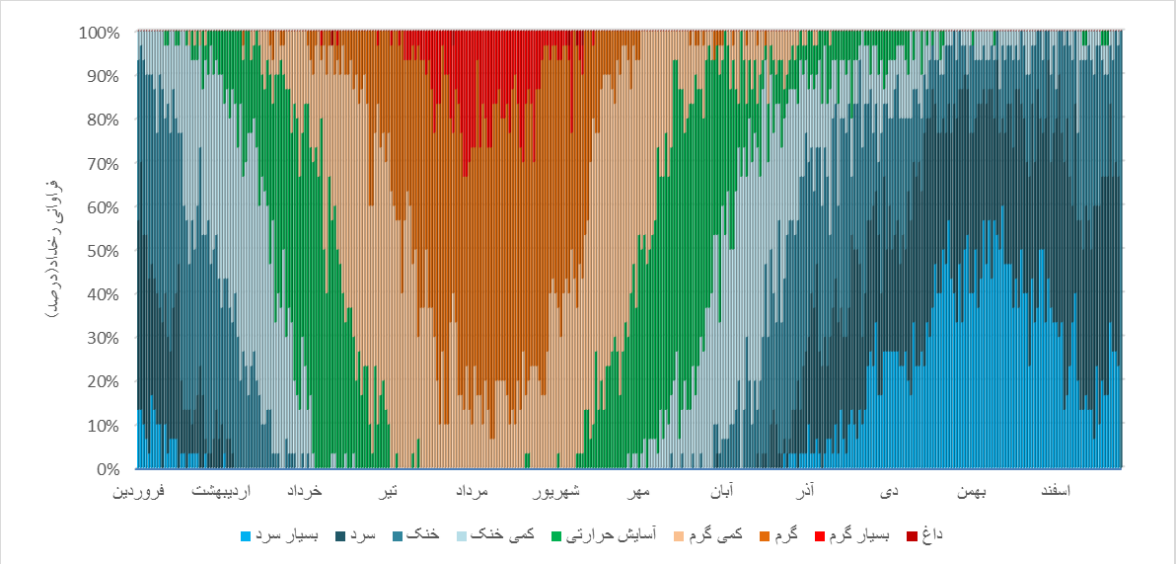
بررسی شرایط زیست‌اقلیمی بسیار سرد در دریاچه زریبار نشان داد که این وضعیت براساس شاخص دمای مؤثر استاندارد (PET*) تقریباً رخ نداده است. در واقع وضعیت بسیار سرد براساس این شاخص تنها در فروردین، آذر، دی، بهمن و اسفند رخداده است و با این حال دارای فراوانی کمتر از ۳ درصد و نزدیک به صفر بوده است. براساس دو شاخص دیگر وضعیت متفاوتی دیده می‌شود. براساس شاخص‌های PMV و PET شرایط زیست‌اقلیمی بسیار سرد دارای فراوانی رخداد قابل توجهی در دور سرد سال و حتی فروردین ماه بوده است. از نیمه دوم آبان رخداد بسیار سرد در دریاچه زریبار دیده می‌شود (کمتر از ۵ درصد) و به‌تدریج رخداد آن در بهمن به حدود ۶۰ درصد می‌رسد. در اواخر اسفند رخداد این وضعیت زیست‌اقلیمی به ۳۰ درصد و در فروردین به ۱۰ درصد می‌رسد. به‌عبارت دیگر این وضعیت زیست‌اقلیمی در دوره سرد سال و اوایل بهار دارای فراوانی رخداد قابل توجهی می‌باشد. برای درک بهتر شرایط زیست‌اقلیمی روزانه دریاچه زریبار از نمودارهای ستونی انباشته نیز استفاده شد. در واقع این نمودارهای بیان می‌کنند که در هر روز مشخصی از سال و در طول دوره مورد مطالعه چه شرایطی حاکم بوده است. براساس شاخص‌های مورد مطالعه، شرایط فرین زیست‌اقلیمی (بسیار سرد و داغ) تنها در دوره زمانی مشخص و پیوسته‌ای تجربه شده‌اند. احتمال رخداد این شرایط زیست‌اقلیمی در ماه‌های مختلف کمتر از سایر شرایط زیست‌اقلیمی است. به‌عنوان مثال در دوره سرد سال به‌ویژه آذر، دی و بهمن تنها سه وضعیت بسیار سرد، سرد و خنک دیده شده است. همچنین در دوره گرم سال به‌ویژه تیر و مرداد نیز شرایط داغ، بسیار گرم و گرم قابل انتظار است. سایر شرایط زیست‌اقلیمی را می‌توان در فصول گذار (بهار و پاییز) مشاهده کرد. مقایسه نتایج شاخص‌های مورد مطالعه حاکی از شباهت بسیار زیاد شرایط زیست‌اقلیمی برآورد شده توسط دمای معادل فیزیولوژیک و میانگین رای پیش بینی‌شده است. درصد رخداد هر کدام از آنها را می‌توان در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده کرد.



شکل ۲: توزیع روزانه شرایط زیست‌اقلیمی مختلف در دریاچه زریبار براساس شاخص *SET



شکل ۳: توزیع روزانه شرایط زیست‌اقلیمی مختلف در دریاچه زریبار براساس شاخص PMV



شکل ۴: توزیع روزانه شرایط زیست‌اقلیمی مختلف در دریاچه زریبار براساس شاخص PET

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار و ارائه تقویم زیست‌اقلیمی آن انجام شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در طول سال امکان رخداد تمام شرایط زیست‌اقلیمی در دریاچه زریبار وجود دارد. اگرچه دریاچه زریبار در عرض‌های میانی و معتدله قرار دارد، با این حال تنش سرما و گرما با شدت‌های مختلف و همچنین آسایش حرارتی در دوره زمانی خاصی از سال حاکم است. با این حال فراوانی رخداد همه شرایط زیست‌اقلیمی در دریاچه زریبار یکسان و برابر نیست. نتایج این بخش از پژوهش با تحقیقات بسیاری از محققان همخوانی دارد. به‌عنوان مثال نتایج این پژوهش با مطالعه چالشکان و همکاران (۲۰۱۲) بر روی بورسای ترکیه؛ باسارین و همکاران (۲۰۱۸) بر روی شمال سیبری همخوانی دارد. در این تحقیقات نیز شرایط زیست‌اقلیمی مختلف بر روی مناطق مورد مطالعه دیده شده است. اگرچه این مناطق دارای عرض جغرافیایی بالاتری هستند اما تنش گرما و تنش سرما با شدت‌های مختلف نیز دیده شده است. نتایج این بخش از پژوهش با تحقیق پرز و همکاران (۲۰۲۱) بر روی جزایر کاناری همسو نیست. در پژوهش حاضر شرایط زیست‌اقلیم آسایش حرارتی تنها در کمتر از ۲۰ درصد از سال بر روی دریاچه زریبار حاکم بوده است در حالی‌که بر روی جزایر کاناری در بیشتر زمان سال آسایش حرارتی تجربه شده است. موقعیت جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریاها و پهنه‌های بزرگ آب اقیانوس‌ها، و موقعیت منطقه نسبت به توده‌های هوا در هر منطقه‌ای می‌تواند تعیین‌کننده بخشی از شرایط زیست‌اقلیمی آن باشد.

در بررسی ماهانه شرایط زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار مشخص شد که آسایش حرارتی در دو دوره از سال (نیمه اول بهار و پاییز) حاکم است. در تحقیق مشابهی که محمودی (۱۳۸۷) با استفاده از دو شاخص دمای مؤثر و تنش تجمعی انجام داده است نتایج مشابهی حاصل شده است. براساس این پژوهش نیز در مریوان آسایش اقلیمی در آبان، مهر و اردیبهشت بیش از سایر زمان‌ها است. همچنین نتایج این پژوهش با تحقیق اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۰) که بر روی شهرهای مشهد، رشت، کیش و اصفهان و همچنین تحقیق رمضانی گورابی (۱۳۸۹) که بر روی استان گیلان انجام شده است، همخوانی دارد. در شهرهای یاد شده نیز آسایش حرارتی در دو دوره کوتاه مدت در این شهرها وجود تجربه شده است.

دوره حاکمیت تنش سرمای شدید و تنش گرمای شدید در دریاچه زریبار نسبتاً کوتاه است. این بخش از پژوهش با تحقیق حیدری و همکاران (۲۰۱۲) که بر روی زنجان انجام شده است، همخوانی ندارد. براساس این تحقیق در زنجان تنش سرمای شدید در بیش از ۶ ماه از سال تجربه شده است. برخلاف بسیاری از مناطق ایران که تنش سرمای شدید و گرمای شدید در

دوره طولانی از سال را تجربه می‌کنند دریاچه زریبار تنها در ماه‌های محدودی از سال از چنین شرایطی برخوردار است. به‌عنوان مثال براساس پژوهش سجودی و همکاران (۱۳۹۷) که بر روی استان آذربایجان شرقی انجام شده است، تنش سرمای شدید در دوره طولانی و تنش گرمای شدید در دوره طولانی از سال در مناطق یاد شده حاکم بوده است. در حالی‌که در دریاچه زریبار زمان حاکمیت تنش گرما و سرمای شدید کوتاه‌تر بوده است. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات یاد شده همسو نیست. به‌طور کلی تنوع شرایط زیست‌اقلیمی حاکم بر دریاچه زریبار کاملاً آشکار است و می‌توان در هر ماهی از سال یک یا چند وضعیت اقلیمی را تجربه کرد. چنین ویژگی می‌تواند به‌عنوان یکی از پتانسیل‌های اقلیمی برای جذب گردشگر و انجام بسیاری از فعالیت‌های مرتبط با آن باشد. شرایط آسایش حرارتی در دو دوره در سال در دریاچه حاکم است. دوره اول از اواخر فرودین تا اواخر خرداد می‌توان شرایط آسایش حرارتی را در دریاچه زریبار تجربه کرد. از اواخر شهریور تا اواسط آبان نیز می‌توان دوره دوم حاکمیت شرایط آسایش حرارتی را مشاهده کرد. بنابراین دو دوره زمانی یاد شده بهترین زمان برای انجام فعالیت‌های گردشگری در دریاچه زریبار می‌باشد. علاوه بر این تنوع زیست‌اقلیمی دریاچه زریبار می‌تواند در بخش کشاورزی مهیایی شرایط کشت انواع محصولات کشاورزی و باغی باشد و همچنین باعث تنوع بخشی به زندگی جانداران مختلف و پویایی اکوسیستم منطقه شود.

تشکر و قدردانی

از پژوهشکده کردستان‌شناسی دانشگاه کردستان، به‌خاطر حمایت مادی و معنوی در انجام این پژوهش سپاس و قدردانی می‌گردد.

مراجع

اسماعیلی، ر.، گندمکار، ا.، حبیبی نوخندان، م. ۱۳۹۰. **ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک(PET)**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، دوره ۴۳، شماره ۷۵. صفحات ۶۱-۴۷.

رمضانی گورابی، ب. ۱۳۸۹. **شناخت پتانسیل بیوکلیماتیک انسانی تالاب انزلی**، فصلنامه جغرافیای طبیعی سال دوم، شماره ۶، صفحات ۵۶-۴۹.

سجودی، س.، آقازاده، ف.، نقی زاده، ف.، و اخوان، ل. ۱۳۹۷. **ارزیابی و تحلیل شاخص اقلیم آسایش گردشگری با استفاده از TCI و PET مطالعه موردی (استان آذربایجان شرقی)**. جغرافیایی فضای گردشگری، دوره ۷، شماره ۲۷، صفحات ۶۷-۵۱.

محمدخانی، پ.۱۳۹۵. **شناخت شرایط زیست اقلیمی ایران با استفاده از شاخص میانگین رای پیش بینی شده**. پایان نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه کردستان. استاد راهنما: بختیار محمدی.

محمودی، پ. ۱۳۸۷. **گردشگری و تعیین محدوده‌ی آسایش اقلیمی آن در شهرستان مریوان با استفاده از شاخص‌های دمای مؤثر و تنش تجمعی**، رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۲، صفحات ۴۹-۴۴.

Basarin, B., Lukić, T., Mesaroš, M., Pavić, D., Đorđević, J., Matzarakis, A. 2018. **Spatial and temporal analysis of extreme bioclimate conditions in Vojvodina, Northern Serbia**. International Journal of Climatology, 38(1): 142-157.

Çalışkan, O., Çiçek, İ., & Matzarakis, A. 2012. **The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism.** Theoretical and Applied Climatology, 107(3), 417-425.

Cao, B., Luo., M., Li., M., Zhu, Y. 2016. **Too cold or too warm? A winter thermal comfort study in different climate zones in china**. Energy and Buildings, 133(23): 469-477.

Deniz, A. 2011. **An examination of the tourism climate index in Turkey**. Fresenius Environmental Bulletin, 20(6), 1414-1424.

Hewer, M.J., Gough, W.A. 2018. **Thirty years of assessing the impacts of climate change on outdoor recreation and tourism in Canada.** Tourism Management Perspectives, 26: 179-192.

Heydari, M., Pour-Mohammadi, J., Reza, M., Jamali, F., Lotfi, F. 2012. **Environmental assessment, human climate of Zanjan and its role in the design of housing**. New Approaches in Human Geography, 20(2): 83-101.

Miszuk, B. 2021. **Evaluation of Tourism-Climate Conditions in the Region of Kłodzko Land (Poland).** Atmosphere, 12(7): 907.

Munn, R.E. 1987. **Bioclimatology. In: Climatology.** Encyclopedia of Earth Science. Springer, Boston, MA.

Nauges, C., Weeler, A.S. 2017. **The complex relationship between Households climate change cancerns and their water and energy mitigction behavior.** Ecological Economics, 141(5): 87-94.

O'Donnell, M.S., Ignizio, D.A. 2012. **Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States: U.S.** Geological Survey Data Series 691: 10.

Pérez, S., López-Solano, J., Rodríguez-Mayor, L., Márquez-Martinón, J. M. 2021. **Evaluation of the tourism climate index in the Canary Islands**. Sustainability, 13(13): 7042.

پیش‌نگری تغییرات دما و بارش با استفاده از برونداد مدل‌های CMIP6 تحت سناریوهای مختلف خط سیر اجتماعی- اقتصادی مشترک (SSP) در حوضه آبخیز دریاچه زریبار

سید اسعد حسینی[۱،۲]، کاوه محمدپور[۳،۴]

دکتری اقلیم‌شناسی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
(Hosseini.asad8@gmail.com).

کارشناس هواشناسی، اداره کل هواشناسی استان کردستان، سنندج، ایران.

دکتری اقلیم‌شناسی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
(kawe.m@hotmail.com)

دبیر دبیرخانه مدیریت اکوسیستمی و کارشناس اداره حفاظت و احیاء تالاب‌های استان کردستان، اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

پیش‌نگری تغییرات اقلیمی در دوره‌های آینده به‌دلیل اثرات آن بر منابع آبی، کشاورزی، محیط زیست و... از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش، پیش‌نگری تغییرات دما و بارش با استفاده از برونداد مدل‌های CMIP6 تحت سناریوهای مختلف خط سیر اجتماعی- اقتصادی مشترک (SSPs) در دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) با کاربست روش اصلاح اریبی LSBC در حوضه آبخیز دریاچه زریبار مورد بررسی قرار گرفت. جهت ارزیابی مدل‌های CMIP6 مورد بررسی از سنجه‌های MAE، MSE، RMSE و R^2 استفاده گردید. سناریوهای مورد بررسی نیز شامل سناریوهای SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 است. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد هشت مدل CMIP6 مورد بررسی با استفاده از روش اصلاح اریبی LSBC و سنجه‌های خطاسنجی مختلف نشان داد که مدل BCC_CSM2_MR در شبیه‌سازی بارش و مدل MRI-ESM2-0 در شبیه‌سازی دما در حوضه مورد مطالعه از توانایی بیشتری نسبت به سایر مدل‌های CMIP6 برخوردار هستند. نتایج حاصل از پیش‌نگری تغییرات اقلیمی بر اساس مدل‌های منتخب نیز نشان داد که میزان بارش در دوره آینده نسبت به دوره پایه به طور متوسط به میزان ۴/۹ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. در ارتباط با پارامتر دما نیز نتایج نشان دهنده افزایش دمای کمینه و بیشینه در حوضه مورد مطالعه است که میزان آن به ترتیب برابر ۱/۶ و ۱/۹ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه است. بررسی سناریوهای مختلف نیز نشان داد که کمترین و بیشترین تغییرات دما و بارش به‌ترتیب توسط سناریوهای SSP1-2.6 و SSP5-8.5 پیش‌نگری شده است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌نگری، تغییر اقلیم، دریاچه زریبار/زریوار، CMIP6، SSPs

Projection of temperature and precipitation based on CMIP6 model under different scenarios of SSPs in the Zirebar/Zirewar Lake watershed

Seyed Asaad Hosseini[1, 2], Kaveh Mohammadpour[*, 3,4]

Department of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Expert of meteorology, General Directorate of Meteorology, Sanandaj, Kurdistan, Iran
Department of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
Secretary of the Ecosystem Management Secretariat and Expert of Protection and Restoration of Wetlands, General Directorate of Environment, Sanandaj, Kurdistan, Iran.

Abstract
Projection of climate change in future periods is of great importance due to its effects on water resources, agriculture, environment. Considering, the importance of the projection of temperature and precipitation changes based on CMIP6 models under different scenarios of Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) in the future period (2031-2060) compared to the base period (1992-2014) was investigated by applying the LSBC bias correction method in the Zirebar/Zirewar Lake watershed. MAE, MSE, RMSE and R^2 metrics were used to evaluate the CMIP6 models in the study. The study scenarios include SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5. The results of the performance analysis of the eight CMIP6 models studied using the LSBC method and various error metrics showed that the BCC-CSM2-MR model for simulating of precipitation and the MRI-ESM2-0 models for simulating of temperature in the study basin have greater ability than other models. The projection results based on the selected models showed that the amount of precipitation in the future period will increase by average of 4.9 percent compared to the base period. Regarding the temperature parameter, the results also indicate an increase in the minimum and maximum temperatures, which are 1.6 and 1.9 degrees Celsius, respectively. The different scenarios also illustrated that the lowest and highest changes in temperature and precipitation are projected by the SSP1-2.6 and SSP5-8.5 scenarios, respectively.

Keywords: Projection, Climate change, Zirebar/Zirewar Lake, SSPs, CMIP6

مقدمه

تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی در طول دهه‌های گذشته در مجامع مختلف همواره موضوع بحث بوده است و به یکی از کلیدی‌ترین مباحث اقلیم‌شناسی و علوم و مهندسی محیط‌زیست نیز تبدیل شده است. دانشمندان یکی از مهم‌ترین اثرات آن را تحت عنوان تشدید چرخه هیدرولوژیکی نام می‌برند که موجب تغییر میزان تبخیر و تعرق و تغییر الگوی بارش می‌شود. تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی سناریوهای محتمل تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که خشک‌سالی‌های شدید در برخی از مکان‌ها و سیل در مکان‌های دیگر رخ می‌دهد (Yimer *et al.*, 2009). تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط‌زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را به‌دنبال داشته باشد (IPCC, 2017). تغییرات در الگوی اقلیمی به‌ویژه دما و بارندگی به‌عنوان یک نتیجه منطقی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای ممکن است فرآیندهای زیست محیطی، هیدرولوژیکی، منابع آب موجود و آب در دسترس برای کشاورزی، شرب، صنعت، زندگی جانوری در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Ingol and Mckinney, 2009). بنابراین پیش‌نگری و اطلاع از تغییرات دما و بارش در سال‌های آینده می‌توان راهگشای معضلاتی چون خشک‌سالی، سیلاب‌های ناگهانی، تبخیر زیاد و تخریب‌های زیست‌محیطی باشد (Majdi *et al.*, 2022). برای ارزیابی و پیش‌نگری تغییرات اقلیمی مدل‌های گردش کلی جو (GCMs) طراحی شده‌اند. این مدل‌ها خصوصیات فیزیکی، چرخش‌ها و حرکات اتمسفری را تحلیل می‌نمایند و به‌دنبال آن متغیرهای اقلیمی را در شبکه‌های خاص شبیه‌سازی می‌کنند، همچنین این مدل‌ها در حال حاضر قوی‌ترین ابزار به منظور تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند (IPCC, 2013). مدل‌های GCM مهم‌ترین مدل‌های جفت شده عددی و ابزارهای قدرتمندی در ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی هستند (Fowler, 2007)، هر چند که این مدل‌ها در مقیاس فضایی جوی و قاره‌ای نتایج معنی داری را به نمایش می‌گذارند و بخش بزرگی از پیچیدگی سیستم کره زمین را ترکیب می‌کنند، اما ذاتاً قادر نیستند که دینامیک و اشکال با شبکه ریزتر از مقیاس محلی را به نمایش بگذارند (Sharma *et al.*, 2007). لذا ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی در مقیاس محلی نیازمند رویکردی است تا شکاف موقتی و فضایی بین متغیرهای اقلیمی بزرگ مقیاس و متغیرهای هواشناسی با مقیاس محلی را پر کند که رویکرد اساسی در این مورد همان روش‌های مقیاس کاهی و اصلاح اریبی هستند (Wilby *et al.*, 2002). هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در تدوین گزارش ششم ارزیابی خود از سناریوهای خط سیر اجتماعی-اجتماعی مشترک (SSPs)[1] استفاده کرد تا بتواند تجزیه و تحلیل یکپارچه تأثیرات اقلیمی، آسیب پذیری‌ها، سازگاری و کاهش آتی آن را تسهیل کند (Hejazizadeh *et a.l*, 2022). در این راستا جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) به پیش‌نگری تغییرات بارش در آسیاری مرکزی بر اساس ۱۵ مدل CMIP6 تحت ۴ سناریوی SSP پرداختند. نتایج نشان داد براساس تمام سناریوها افزایش میانگین بارندگی سالانه برآورد می‌شود. حیدری و همکاران (۲۰۲۰) به پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد در دوره‌های آتی میزان بارش کاهش و میزان دما افزایش خواهد یافت. باباسمایل و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی عملکرد ۱۵مدل CMIP6 در بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش در شمال آفریقا پرداختند. نتایج نشان داد مدل EC-Earth3-Veg بهترین عملکرد را در منطقه مورد مطالعه دارد. مسگری و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف CMIP6 جهت پیش‌نگری تغییرات بارش در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا پرداختند. نتایج نشان داد که مدل MPI-ESM1-2-HR از دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها در شبیه‌سازی بارش در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. پنگ و همکاران (۲۰۲۳) به‌پیش بینی تغییرات دما و بارش با استفاده از مدل‌های CMIP6 در حوزه رودخانه Ishikari در ژاپن پرداختند. نتایج نشان داد که مدل‌های CMIP6 در شبیه‌سازی دما عملکرد بهتری نسبت به بارش به نمایش می‌گذارند.

حوضه آبخیز دریاچه زریبار یکی از مناطق حساس و آسیب‌پذیر در مقابل تغییرات اقلیمی است. چرا که این منطقه دارای محیطی پر بارش و کاملاً سازگار با وضعیت موجود می‌باشد و از لحاظ منابع آبی و زیست محیطی نسبتاً غنی می‌باشد و هرگونه تغییرات اقلیمی که در این منطقه به وقوع بپیوندد اگر بدون پیش‌آگاهی و آینده‌پژوهی در این زمینه باشد می‌تواند بحران‌های

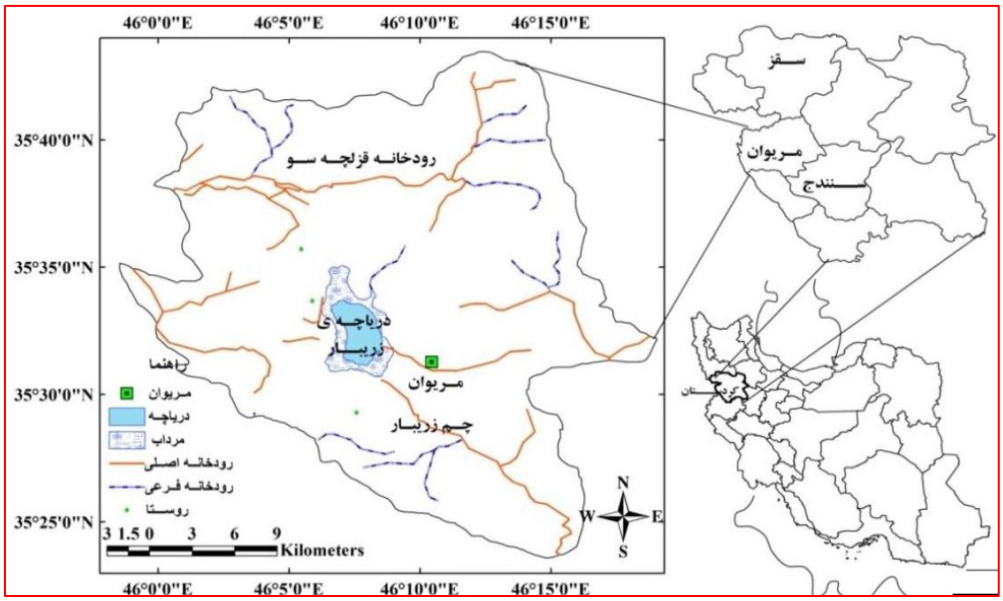
[1] Shared Socioeconomic Pathways (SSP)

زیست‌محیطی زیادی را در منطقه به‌وجود بیاورد. چراکه تغییرات اقلیمی، در دسترس بودن آب و غذا، مهاجرت انسان‌ها و حیوانات و رقابت برای منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین کاهش سطح آب دریاچه زریبار یکی از معضلات اساسی و پیچیده سال‌های اخیر در کردستان است که با تداوم خشکسالی‌ها نیز همراه بوده است. لذا در این پژوهش به پیش‌نگری تغییرات دما و بارش در حوضه آبخیز دریاچه زریبار با استفاده از مدل‌های CMIP6 تحت سناریوهایی مختلف SSP پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز دریاچه زریبار با مساحت ۱۵۸۲۷ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۱۲۰ متر و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی تالاب زریبار ۱۲۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۱۸/۲درصد است. موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. پژوهش حاضر بر روی ایستگاه همدید مریوان واقع در سطح این حوضه به‌عنوان ایستگاه منتخب حوضه و همچنین تنها ایستگاه دارای آمار کامل و دقیق با دوره آماری بلندمدت انجام شده است. مشخصات جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مورد بررسی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
مریوان	همدید	۳۵/۵۰	۴۶/۱۵	۱۲۸۷

آمار لازم برای بررسی تغییرات اقلیمی متناسب با دوره پایه مدل‌های CMIP6 از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به‌عنوان دوره تاریخی از وب پایگاه ESGF و داده‌های مشاهداتی ایستگاه همدید مریوان از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید. در ادامه پس از ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 و اصلاح اریبی آن به پیش‌نگری تغییرات دما و بارش در دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) تحت سناریوهای مختلف SSP در حوضه مورد مطالعه پرداخته شد. در ادامه به شرح روش‌های مورد بررسی پرداخته می‌شود.

مدل‌های CMIP6 مورد بررسی

در این پژوهش جهت بررسی از داده‌های روزانه دمای کمینه و بیشینه و همچنین بارش مدل‌های مختلف CMIP6 استفاده شد. چرا که دقت مدل‌ها در مناطق مختلف و پارامترهای مختلف متفاوت است. به‌همین منظور ۸ مدل‌های مختلف CMIP6 که هر سه سناریوی مورد بررسی ما را در اختیار داشتند، ارزیابی گردید و بهترین مدل جهت پیش‌نگری تغییرات دما و بارش انتخاب شد. مشخصات مدل‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. داده‌های روزانه مدل‌های CMIP6 برای دو دوره تاریخی (۲۰۱۴-۱۹۹۲) و آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) از مرکز ESGF (https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/) دریافت گردید. دلیل انتخاب مدل‌های مذکور از مجموعه مدل‌های CMIP6 اعتبار، قدرت تفکیک و در دسترس بودن داده‌ها و سناریوهای مورد نیاز جهت مطالعه است.

جدول ۲: مشخصات مدل‌های CMIP6 مورد بررسی در این پژوهش

ردیف	نام مدل	موسسه/ کشور	قدرت تفکیک افقی
۱	BCC-CSM2-MR	مرکز آب و هوایی پکن، سازمان هواشناسی چین	1.125° × 1.121°
۲	CanESM5	مرکز تحلیل و مدل‌سازی‌های اقلیمی، کانادا	2.81° × 2.79°
۳	CESM2	بنیاد ملی علوم، وزارت انرژی، مرکز ملی تحقیقات جوی	1.25° × 1°
۴	FGOALS-g3	موسسه فیزیک جو، دانشگاه تسینگوا، چین	2° × 2.3°
۵	GFDL-ESM4	آزمایشگاه ژئوفیزیک و دینامیک سیالات، ایالات متحده	1.3° × 1°
۶	MIROC6	موسسه تحقیقات جو و اقیانوس‌و موسسه ملی مطالعات محیطی، ژاپن	1.41° × 1.41°
۷	MPI-ESM1-2-LR	موسسه هواشناسی ماکس پلانک، آلمان	0.93° × 0.93°
۸	MRI-ESM2-0	موسسه تحقیقات جوی، ژاپن	1.1° × 1.1°

منبع: ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)

پس از دیافت داده‌ها، مقادیر متغیرهای مشاهداتی و تاریخی برای ایستگاه مورد مطالعه با تهیه برنامه در محیط MATLAB با استفاده از نزدیکترین یاخته داده‌های CMIP6 در دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) استخراج گردید. سپس با استفاده از روش اصلاح اریبی، داده‌ها اصلاح و مقیاس‌کاهی شد. در ادامه اختلاف بین مقادیر متغیرهای مشاهداتی و تاریخی با استفاده از سنجه‌های مختلف خطاسنجی ارزیابی شد. پس از صحت‌سنجی و ارزیابی دقت مدل‌های مختلف CMIP6، با استفاده از بهترین مدل تغییرات دما و بارش در دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) تحت سناریوی مختلف پیش‌نگری و تغییرات آن در دوره آینده نسبت به دوره تاریخی (۲۰۱۴-۱۹۹۲) محاسبه گردید.

سناریوهای مورد بررسی

سناریوهای مربوط به CMIP6 تحت عنوان سناریوهای خط سیر اجتماعی- اقتصادی مشترک (SSPs) ارائه شده‌اند. این سناریوها به‌روزترین سناریوهای حال حاضر جهت بررسی تغییرات اقلیمی است که بر اساس مجموعه‌ای از خط سیرهای اجتماعی-اقتصادی مشترک بنا نهاده شده‌اند (IPCC,2021). این سناریوها نسبت به سناریوهای RCP بسیار به‌روزتر هستند و می‌توان گفت که تلفیقی از سناریوهای اجتماعی-اقتصادی با در نظر گرفتن میزان واداشت تابشی خورشید یا همان RCPها هستند. در مجموع پنج سناریوی SSP از SSP1 تا SSP5 وجود دارد که به‌ترتیب نشان‌دهنده گذر از راه سبز، وسط راه، راه سنگلاخی، راه تقسیم شده و اتمام بزرگراه است (Riahi et al, 2021). سناریوهای مورد مطالعه در این پژوهش یعنی SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 در جدول (۳) توصیف شده‌اند.

جدول ۳: سناریوهای SSP مورد بررسی در این پژوهش

سناریو	روایت	چالش‌ها
SSP1-2.6	پایداری - در پیش گرفتن خط سیر سبز (چالش‌های کم برای کاهش و سازگاری)	کم برای کاهش انطباق
SSP3-7.0	رقابت منطقه‌ای - جاده‌ای صخره‌ای (چالش‌های بالا برای کاهش و انطباق)	بالا برای کاهش و انطباق
SSP5-8.5	توسعه با سوخت فسیلی - در پیش گرفتن بزرگراه (چالش‌های بالا برای کاهش، چالش‌های کم برای سازگاری)	بالا برای کاهش، کم برای سازگاری

اصلاح اریبی

در این پژوهش جهت اصلاح اریبی داده‌های CMIP6 از روش مقیاس‌بندی خطی(LSBC)[1] استفاده گردید. این روش با مقادیر اصلاح شده ماهانه براساس تفاوت بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده عمل می‌کند و داده‌های هواشناسی با ضریبی براساس نسبت میانگین بلندمدت ماهانه داده‌های مشاهداتی و داده‌های کنترل اجرا اصلاح می‌شوند. در این حالت شرط بر این است که ضرایب تصحیح اعمال شده و افزوده‌ها حتی برای شرایط آتی نیز بدون تغییر باقی می‌مانند (Teutschbein and Seibert, 2012). روابط زیر نحوه اجرای این روش را نشان می‌دهد.

$$P^{BC}_{contr}(t) = P_{contr}(t).\left[\frac{\mu_m P_{obs}(t)}{\mu_m P_{contr}(t)}\right] \quad (۱)$$

$$P^{BC}_{frc}(t) = P_{frc}(t).\left[\frac{\mu_m P_{obs}(t)}{\mu_m P_{contr}(t)}\right] \quad (۲)$$

در روابط بالا، P بارش است؛ contr تعداد سری‌های شبیه‌سازی‌شده GCM در طول دوره کنترل، obs دوره زمانی مشاهداتی frc سری زمانی پیش‌نگری شده آینده است که باید اریبی آن حذف شود؛ BC سری زمانی پیش‌نگری شده آینده است که اریبی آن حذف‌شده است، t گام زمانی و μ_m میانگین بلندمدت ماهانه است.

$$P^{cor}_{hst,m,d} = P_{hst,m,d} \times \left[\frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{hst,m})}\right] \quad (۳)$$

[1] Linear Scaling Bias Correction

$$T^{cor}_{hst,m,d} = T_{hst,m,d} + [\mu_{(T_{obs,m})} - \mu_{(T_{obs,m})}] \quad (۴)$$

در روابط بالا P بارش، T دما، d روز و m ماه است. cor همان بارش یا دمای اصلاح شده است و hst و obs به‌ترتیب نشان دهنده دما یا بارش دوره تاریخی (مدل) و دوره مشاهداتی می‌باشد و u میانگین بلند مدت است (Mendez *et al.*, 2020). با اعمال روش اصلاح اریبی بر روی داده‌های شبیه‌سازی شده عملکرد مدل در شبیه‌سازی بلند مدت متغیر بارش و دما به مقدار زیادی افزایش می‌یابد.

ارزیابی عملکرد مدل CMIP6

جهت ارزیابی و تحلیل عملکرد مدل‌های مورد بررسی سنجه‌های عملکردی مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از سنجه‌های ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده شد که به‌صورت روابط زیر تعریف می‌شوند (Li and Jin, 2017).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_o X_s}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} X_o{}^2 \sum X_s{}^2}} \quad (۵)$$

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_o - X_s)^2 \quad (۶)$$

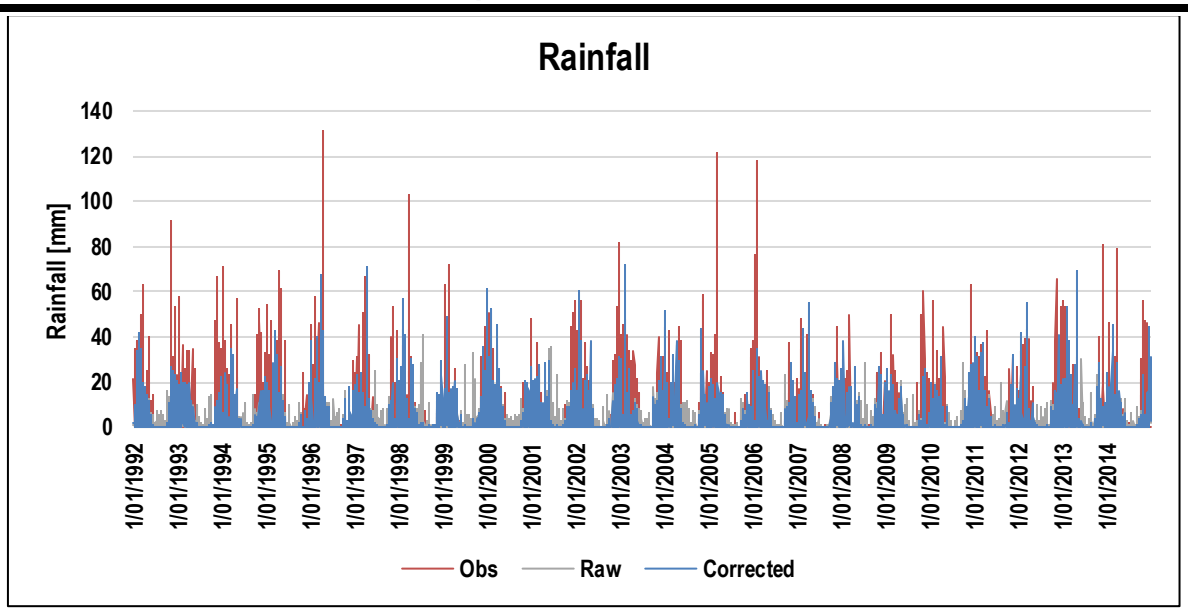
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_o - X_s)^2}{N}} \quad (۷)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N}|X_o - X_s|}{N} \quad (۸)$$

در روابط فوق X_o داده‌های مشاهداتی، X_s داده‌های شبیه‌سازی شده و N تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

در این پژوهش، ۸ مدل CMIP6 با توجه قدرت تفکیک بالا و داده‌های هواشناسی در دسترس آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از اصلاح اریبی به روش LSBC به ارزیابی عملکرد این مدل‌ها در شبیه‌سازی دما و بارش در دوره پایه این مدل‌ها (۲۰۱۴-۱۹۹۲) پرداخته شد. نمونه‌ای از اصلاح اریبی بر روی داده‌های بارش ایستگاه همدید مریوان در شکل ۲ ارائه شده است همان‌طور که مشاهده می‌شود داده‌های اصلاح شده به روشLSBC نسبت به داده‌های خام، بسیار نزدیک‌تر به داده‌های مشاهداتی ایستگاهی هستند و این روش باعث دقت در شبیه‌سازی بارش شده است.



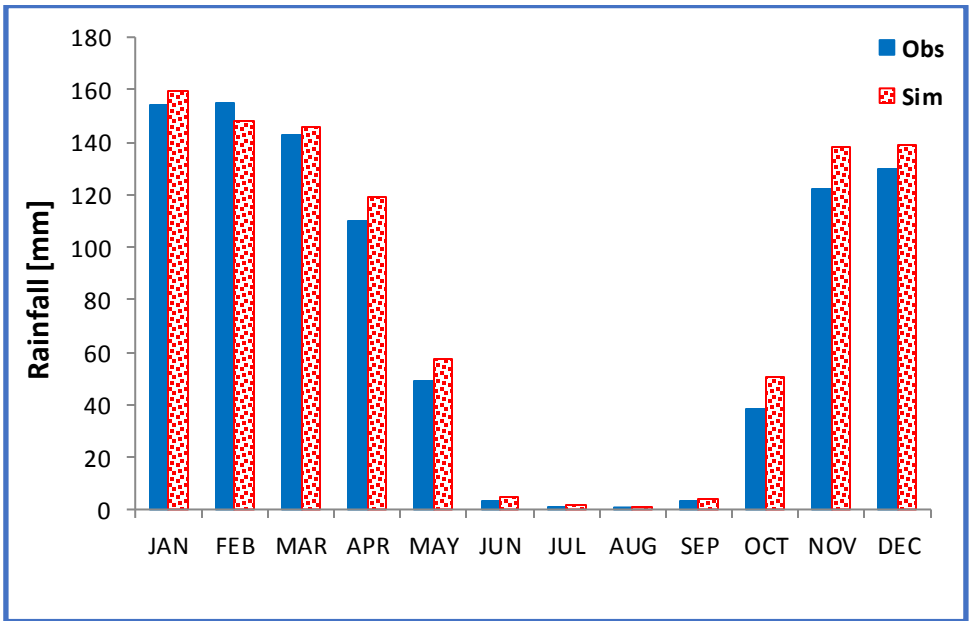
شکل ۲: مقادیر مشاهداتی، خام و اصلاح شده بارش به روش LSBC برای ایستگاه همدید مریوان در دوره پایه

پس از اصلاح اریبی، به ارزیابی عملکرد و دقت مدل‌ها در شبیه‌سازی پارامترهای مورد بررسی با استفاده از سنجه‌های خطاسنجی مختلف در ایستگاه همدید مریوان پرداخته شد. نتایج حاصل از ارزیابی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده بارش با استفاده از روش اصلاح اریبیLSBC نشان داد که دقت مدل‌های مورد بررسی متفاوت است. براساس مقادیر RMSE مدل BCC_CSM2_MR و سپس MPI-ESM1-2-HR از دقت بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها جهت شبیه‌سازی بارش ایستگاه منتخب حوضه برخوردار است. میزان RMSE این مدل‌ها با داده‌های بارش مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه برابر با ۴/۳ و ۴/۹ است. مدل GFDL-ESM4 نیز با RMSE برابر با ۱۲، ضعیف‌ترین عملکرد را در بین مدل‌های مورد بررسی جهت شبیه‌ساز بارش در منطقه مورد مطالعه داشته است. در مجموع بر اساس شاخص‌های مختلف دقت مدل BCC_CSM2_MR در شبیه‌سازی بارش در منطقه مورد مطالعه نسبت به سایر مدل‌ها بیشتر است بطوری که میزان ضریب تعیین آن نیز برابر با ۰/۹۸ می‌باشد. نتایج عملکرد مدل‌های مورد بررسی در شبیه‌سازی بارش منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل با مطالعات مسگری و همکاران (۲۰۲۲) و همچنین مجدی و همکاران (۲۰۲۲) در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا مبنی بر دقت بالای مدل‌های BCC_CSM2_MR و MPI-ESM1-2-HR در شبیه‌سازی بارش مطابقت دارد.

جدول ۴: ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 براساس اصلاح اریبی LSBC در شبیه‌سازی بارش

ردیف	مدل	MSE	RMSE	MAE	R^2
۱	BCC_CSM2_MR	۱۸/۶	۴/۳	۳/۸	۰/۹۸
۲	MPI-ESM1-2-LR	۲۴/۲	۴/۹	۴/۲	۰/۹۸
۳	MRI-ESM2-0	۹۸/۹	۹/۹	۸/۱	۰/۹۷
۴	MIROC6	۱۴۴/۸	۱۲	۹/۲	۰/۸۸
۵	FGOALS-g3	۶۴/۸	۸/۱	۶/۷	۰/۹۸
۶	CanESM5	۷۴/۴	۸/۶	۶/۸	۰/۹۷
۷	CESM2	۸۵/۴	۹/۲	۷/۵	۰/۹۷
۸	GFDL-ESM4	۱۴۳/۷	۱۲	۷/۸	۰/۹۲

مقایسه مقادیر بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی به‌صورت ماهانه در طول دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) براساس مدل CMIP6 منتخب یعنی BCC_CSM2_MR و اصلاح اریبی LSBC در ایستگاه‌های منتخب حوضه در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج حاکی از دقت مناسب مدل منتخب در شبیه‌سازی بارش حوضه مورد مطالعه است.



شکل ۳: مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بارش در ایستگاه همدید مریوان در طول دوره آماری پایه

براساس شاخص RMSE مدل MRI-ESM2-0 با RMSE برابر با ۰/۰۳ بهترین عملکرد را در بین مدل‌های مورد بررسی جهت شبیه‌سازی دمای بیشینه دارد. همچنین مدل CanESM5 با RMSE برابر با ۰/۹۱ ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است. نتایج حاصل از بررسی دقت مدل‌های مختلف CMIP6 در شبیه‌سازی دمای بیشینه با استفاده از سنجه‌های مختلف خطاسنجی نشان می‌دهد که روش LSBC در اصلاح اریبی دمای بیشینه از دقت بالایی برخوردار است. به‌طوری که ضریب تعیین در همه مدل‌های مورد بررسی برابر با ۰/۹۹ شده است (جدول ۵).

جدول ۵: ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 بر اساس اصلاح اریبی LSBC در شبیه‌سازی بیشینه دما

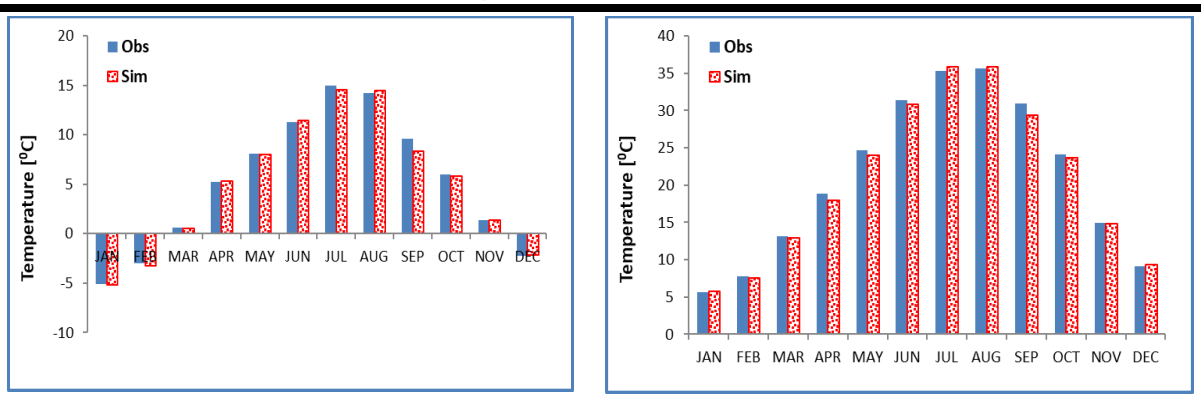
ردیف	مدل	MSE	RMSE	MAE	R2
۱	MRI-ESM2-0	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۹۹
۲	MPI-ESM1-2-LR	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۹۹
۳	GFDL-ESM4	۰/۵۱	۰/۷۲	۰/۵۸	۰/۹۹
۴	MIROC6	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۷۱	۰/۹۹
۵	FGOALS-g3	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۹۹
۶	CanESM5	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۹۹
۷	CESM2	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۹۹
۸	BCC_CSM2_MR	۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۹۹

نتایج حاصل از ارزیابی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده کمینه دما با استفاده از روش اصلاح اریبی LSBC نیز بیانگر دقت بالای مدل‌های مورد بررسی در شبیه‌سازی کمینه دما است. بیشترین و کمترین دقت در بین مدل‌های مورد مطالعه به ترتیب مربوط مدل‌های MRI-ESM2-0 و CanESM5 با RMSE به‌ترتیب برابر با ۰/۰۹ و ۰/۸۱ است (جدول ۶). در مجموع مقایسه شاخص‌های مختلف در ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 و اصلاح اریبی مورد بررسی بیانگر دقت بالای مدل‌های مورد بررسی در شبیه‌سازی دما در سطح حوضه مورد مطالعه است. مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی دمای کمینه براساس مدل منتخب (MRI-ESM2-0) نیز دقت بالای مدل انتخاب شده را نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶: ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 بر اساس مقیاس کاهی LSBC در شبیه‌سازی دمای کمینه

ردیف	مدل	MSE	RMSE	MAE	R2
۱	MRI-ESM2-0	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۹۹
۲	MPI-ESM1-2-LR	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۹۹
۳	GFDL-ESM4	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۹۹
۴	MIROC6	۰/۶	۰/۸	۰/۶	۰/۹۹
۵	FGOALS-g3	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۹۹
۶	CanESM5	۰/۶۵	۰/۸۱	۰/۶۶	۰/۹۹
۷	CESM2	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۹۹
۸	BCC_CSM2_MR	۰/۱۸	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۹۹

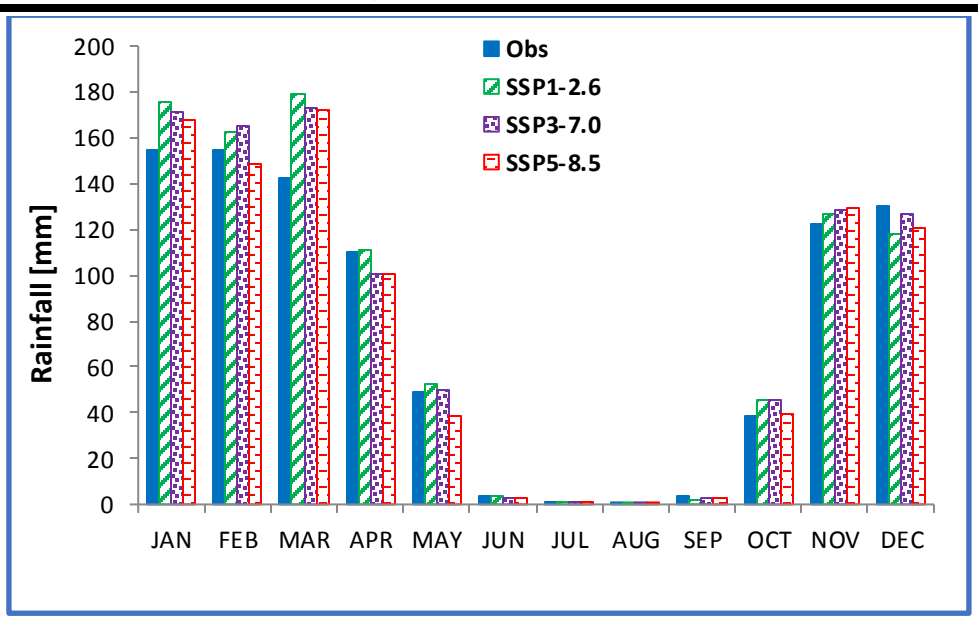
شکل ۴ نیز به مقایسه و بررسی مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی دمای بیشینه و کمینه براساس مدل منتخب (MRI-ESM2-0) در طول دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) در ایستگاه همدید مریوان پرداخته است. براساس نتایج مدل منتخب از دقت بالایی در شبیه‌سازی پارامترهای دمایی در حوضه مورد مطالعه برخوردار است.



شکل ۴: مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دمای کمینه و بیشینه ایستگاه همدید مریوان در طول دوره آماری پایه

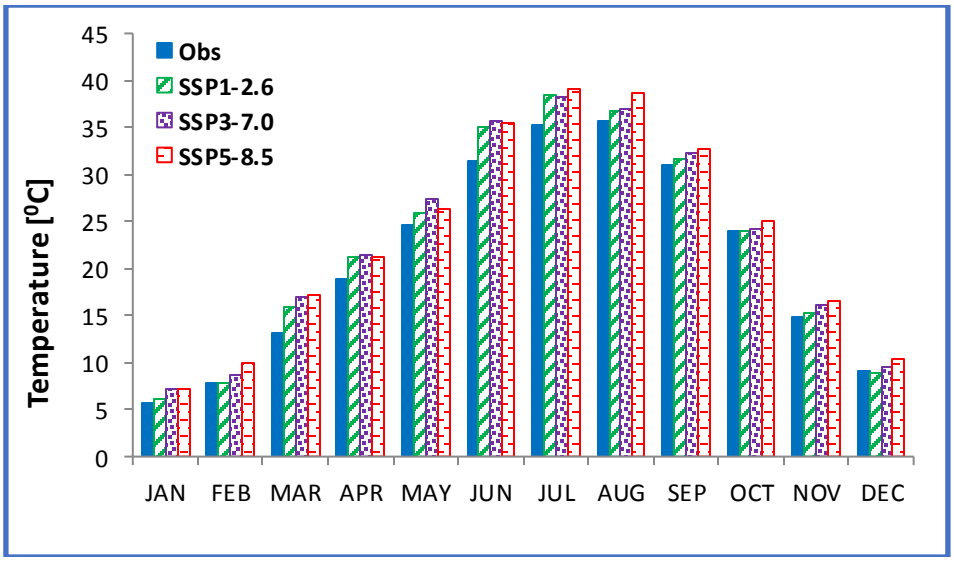
در مجموع نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل‌های CMIP6 و اصلاح اریبی LSBC بیانگر آن است که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی دما و بارش با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد. همچنین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، دقت مدل‌های مختلف در پارامترهای مختلف متفاوت است بدین‌صورت که اکثر مدل در شبیه‌سازی پارامترهای دمایی از دقت بیشتری نسبت به شبیه‌سازی بارش برخوردارند و در شبیه‌سازی پارامترهای دمایی نیز، مدل منتخب در شبیه‌سازی دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه موفق‌تر عمل کرده است. نتایج حاصل با مطالعات پنگ و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر عملکرد بهتر مدل‌های CMIP6 در شبیه‌سازی دما نسبت به بارش مطابقت دارد. نتایج حاصل از سنجه‌های مختلف خطاسنجی نیز نشان داد که روش LSBC از دقت مناسبی جهت اصلاح اریبی پارامترهای مورد بررسی در حوضه مورد مطالعه برخوردار است و عملکرد روش مذکور برای مدل‌های موردمطالعه در حوضه مورد بررسی مناسب ارزیابی می‌گردد. در مجموع ارزیابی مدل‌های مختلف نشان داد که در شبیه‌سازی بارش مدل BCC_CSM2_MR و در شبیه‌سازی دما مدل MRI-ESM2-0 از دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است.

پس از ارزیابی عملکرد مدل‌های مورد بررسی و آگاهی از نحوه عملکرد آن امکان بررسی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در دوره آینده فراهم گردید. نتایج حاصل از بررسی ماهانه بارش در حوضه مطالعاتی نشان داد که بارش در دوره آینده (۲۰۳۱- ۲۰۶۰) در غالب ماه‌های سال به‌جز در ماه‌های دسامبر، آوریل و جولای تا سپتامبر بر اساس هر سه سناریوهای مورد بررسی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و انتظار می‌رود که بارش در ۳۰ سال دوره آینده نسبت به دوره پایه به طور متوسط سناریوهای مورد بررسی به میزان ۴/۹ درصد (۴۷/۲ میلی متر) افزایش داشته باشد (شکل ۵). براساس نتایج بیشترین تغییرات کاهشی در حوضه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های کم بارش و گرم سال و بیشترین افزایش نیز مربوط به ماه‌های پر بارش سال در فصول سرد است. از نظر سناریوهای مورد بررسی نیز بیشترین تغییرات مربوط به سناریوی SSP1-2.6 با ۷ درصد افزایش و کمترین نیز مربوط به سناریوی SSP5-8.5 با ۱/۷ درصد افزایش است. براساس سناریوی SSP3-7.0 نیز میزان بارش در حوضه مورد مطالعه به میزان ۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد.



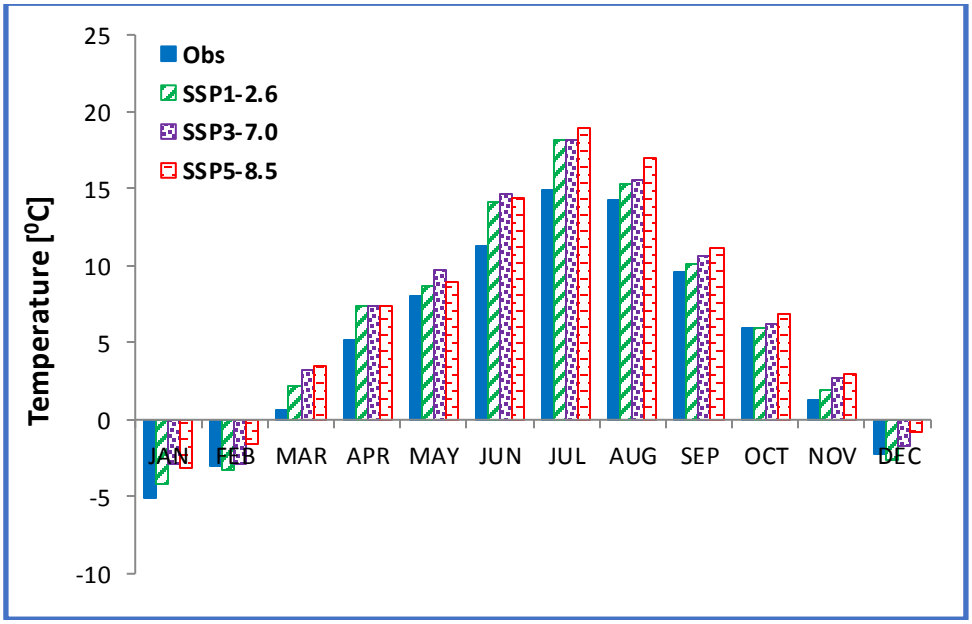
شکل ۵: وضعیت تغییرات بارش در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی در حوضه آبخیز زریبار بر اساس سناریوهای مختلف

بررسی تغییرات ماهانه بیشینه دمای حوضه آبخیز زریبار در دوره پایه و آینده نشان می‌دهد که میزان دمای بیشینه در تمامی ماه‌های سال بر اساس هر سه سناریوی موردبررسی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت که این میزان افزایش بر اساس سناریوی SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 به‌ترتیب برابر با ۱/۳، ۲ و ۲/۳ درجه سلسیوس است. بر این اساس در حوضه مورد مطالعه دمای بیشینه در دوره آینده به‌طور متوسط، ۱/۹ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه افزایش پیدا خواهد کرد. بیشترین تغییرات نیز در بیشتر ماه‌های سال بر اساس سناریوی SSP5-8.5 و در برخی ماه‌ها بر اساس سناریوی SSP3-7.0 برآورد شده است که ناشی از ویژگی‌هایی است که هر یک این سناریوها به نمایش می‌گذارند (شکل ۶).



شکل ۶: وضعیت تغییرات دمای بیشینه در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی در حوضه آبخیز زریبار براساس سناریوهای مختلف

بررسی تغییرات ماهانه کمینه دما در دوره آینده نسب به دوره پایه نیز نشان می‌دهد که میزان دمای کمینه نیز همچون دمای بیشینه در همه ماه‌های سال بر اساس هر سه سناریوی مورد بررسی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت که متوسط افزایش آن به طور متوسط برابر با ۱/۶ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه است. سناریوهای SSP5-8.5 و SSP1-2.6 به ترتیب با ۱/۱ و ۲/۱ درجه سلسیوس بیشترین و کمترین تغییرات افزایشی دمای کمینه را در سطح حوضه آبخیز زریبار پیش‌نگری می‌کنند. بر اساس سناریوی SSP3-7.0 نیز دمای کمینه در حوضه مورد مطالعه به میزان ۱/۷ درجه سلسیوس نسیت به دوره پایه افزایش پیدا خواهد کرد (شکل ۷).



شکل ۷: وضعیت تغییرات دمای کمینه در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی در حوضه آبخیز زریبار بر اساس سناریوهای مختلف

جدول ۷ متوسط بلندمدت تغییرات دما و بارش طی دوره آماری پایه و آینده به تفکیک سناریوهای مورد بررسی در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصل و سناریوهای مورد بررسی میزان بارش در مقایسه با دوره پایه افزایش جزئی خواهد یافت که به‌طور متوسط این میزان در دوره آینده نسبت به دوره پایه برابر با ۴/۹ درصد است. در ارتباط با پارامتر دمای کمینه، نتایج حاکی از افزایش دمای کمینه در حوضه مورد مطالعه است که میزان افزایش آن در دوره آینده نسبت به دوره پایه برابر ۱/۶ درجه سلسیوس است. بر این اساس، دماهای کمینه‌ای که در حوضه مورد مطالعه در دوره پایه اتفاق افتاده است در دوره آینده مشاهده نشده و روند گرمایشی از خود نشان داده است. نتایج حاصل از بررسی دمای بیشینه نیز نشان می‌دهد که دمای بیشینه نیز همچون دمای کمینه در حوضه مورد مطالعه افزایش خواهد یافت که میزان آن برابر با ۱/۹ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه است. نتایج حاصل با مطالعات جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) در آسیای مرکزی و همچنین مسگری و همکاران (۲۰۲۲) و مجدی و همکاران (۲۰۲۲) در خاورمیانه و شمال آفریقا مطابقت دارد.

جدول ۷: تغییرات پارامترهای اقلیمی در دوره آینده نسبت به دوره پایه بر اساس سناریوهای مختلف

متغیر	متوسط دوره پایه	دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱)			متوسط دوره آینده	میزان تغییرات	درصد تغییرات
		SSP1-2.6	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
بارش	909.4	977.4	967.7	925.0	956.7	47.2	4.9
بیشینه دما	21.0	22.3	22.9	23.3	22.8	1.9	8.1
کمینه دما	5.1	6.2	6.8	7.1	6.7	1.6	24.1

نتیجه‌گیری

مدل‌های CMIP6 در حال حاضر جدیدترین نسل از مدل‌های GCM و قوی‌ترین ابزار به‌منظور تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند. لذا در این پژوهش با استفاده از برونداد مدل‌های CMIP6 و اصلاح اریبی LSBC به شبیه‌سازی و پیش‌نگری تغییرات دما و بارش در حوضه آبخیز زریبار در دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) پرداخته شد. جهت ارزیابی عملکرد مدل‌ها نیز از سنجه‌های خطاسنجی MAE، MSE، RMSE و R^2 استفاده گردید. در مجموع ارزیابی مدل‌های مختلف با استفاده از سنجه‌های مذکور نشان داد که در شبیه‌سازی بارش مدل BCC_CSM2_MR و در شبیه‌سازی دما مدل MRI-ESM2-0 از دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های CMIP6 در حوضه مورد مطالعه برخوردار است. نتایج حاصل از پیش‌نگری دما و بارش نیز نشان داد که میزان بارش در دوره آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) به طور متوسط به میزان ۴/۹ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. در ارتباط با پارامترهای دمایی نیز نتایج حاکی از افزایش دمای کمینه و بیشینه در حوضه مورد مطالعه است که میزان افزایش آن به ترتیب برابر ۱/۶ و ۱/۹ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه است. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از مدل‌های CMIP6 منتخب و اصلاح اریبی LSBC میزان دما و بارش در منطقه مورد مطالعه افزایش پیدا خواهد کرد که این افزایش تغییرات دما و بارش می‌تواند افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی و افزایش بارش‌های رگباری و سیل‌آسا را در حوضه مورد مطالعه به دنبال داشته باشد. که این امر هم می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع آبی حوضه و نیز افزایش خسارات ناشی از وقوع بارش‌های رگباری و نیز شسته شدن خاک‌های حاصلخیز را به دنبال داشته باشد، لذا تأکید و توجه به منابع طبیعی، آبخیزداری و آبخوان‌داری و تقویت مراتع برای کاهش اثرات ناشی بارش‌های سیل‌آسا مفید می‌باشد. افزایش دمای بیشینه نیز می‌تواند باعث کاهش دوره رشد محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش عملکرد محصول گردد. همچنین با افزایش میانگین دمای کمینه عملکرد محصولاتی که در دوره رشد و محصول دهی نیاز به سرما دارند، کاهش می‌یابد. مجموع این شرایط می‌تواند شرایط اقلیمی حوضه را دچار تغییر کند. بنابراین لازم است برنامه‌ریزان مربوطه در بخش‌های مختلف، راهکارهای لازم جهت سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند.

مراجع

Babaousmail, H., Hou, R., Ayugi, B., Ojara, M., Ngoma, H., Karim, R., Rajasekar, A., Ongoma, V. 2021. **Evaluation of the Performance of CMIP6 Models in Reproducing Rainfall Patterns over North Africa**. Atmosphere, 12: 475.

Fowler, H J., Blenkinsop, S., Tebaldi, C. 2007. **Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling**. International Journal of Climatology, 27: 1547-1578.

Hejazizadeh, Z., Hosseini, S.A., Karbalaee, A., Poorkarim, R., Mousavi, S M. 2022. **Spatiotemporal variations in precipitation extremes based on CMIP6 models and Shared Socioeconomic Pathway (SSP) scenarios over MENA**. Arabian Journal of Geosciences 15: 1601.

Heydari, Sh., Hosseini, S.A., Heydari, A. 2020. **Investigating the effects of climate change on stream flows of Urmia Lake basin in Iran**. Modeling Earth Systems and Environment, 1: 329-339.

Ingol, E., Mckinney, D.C. 2009. **Hidrologic model for Rio Conchos Basin: Calibration and Validation**. CRWR Online Report 08-09. Bureau of Engineering Research, The University of Texas at Austin, 52 p.

IPCC, 2017. **Chapter outline of the working group I contributions to the IPCC sixth assessment report** (AR6).

IPCC, 2021. **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC. 2013. **The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change in**: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (Eds.), Cambridge and New York, p. 1535.

Jiang, J., Zhou, T., Chen, X., Zhang, L. 2020. **Future changes in precipitation over Central Asia based on CMIP6 projections**. Environmental Research Letters15: 1-4.

Li, Z.,, Jin, J., 2017. **Evaluating climate change impacts on stream flow variability based on a multisite multivariate GCM downscaling method in the Jing River of China.** Hydrology and Earth System Sciences, 21: 5531–5546.

Majdi, F., Hosseini, S.A., Karbalaee, A., Kaseri, M., Marjanian, S. 2022. **Future projection of precipitation and temperature changes in the Middle East and North Africa (MENA) region based on CMIP6**. Theoretical and Applied Climatology.

Mendez, M; Maathuis, B; Griggs, D.H; Gamboa, L. F.A. 2020. **Performanc Evaluation of Bias Correction Methods for Climate Change Monthly Precipitation Projections over Costa Rica**. Water, 12: 482.

Mesgari, E., Hosseini, S A., Hemmesy, M S., Houshyar, M., Golzari Partoo, L. 2022. **Assessment of CMIP6 models' performances and projection of precipitation based on SSP scenarios over the MENAP region**. Journal of Water and Climate Change, 13 (10): 3607-3619.

Peng, S., Wang, C., Li, Z., Mihara, K., Kuramochi, K., Toma, Y., Hatano, R. 2023. **Climate change multi-model projections in CMIP6 scenarios in Central Hokkaido, Japan**. Scientific Reports, 13(1): 230.

Riahi, K., Van, Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, B.C., Fujimori, S. et al.2017. **The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview.** Glob Environ Chang 42:153–168.

Sharma D., Gupta A.D., Babel M.S. 2007. **Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand**. Hydrology and Earth System Sciences 11: 1373–1390.

Shrestha, S., Shrestha, M., Babel, M.S. 2016. **Modelling the potential impacts of climate change on hydrology and water resources in the Indrawati River Basin, Nepal**. Environmental Earth Sciences, 75: 280

Teutschbein, C., Seibert, J. 2012. **Bias correction of regional climate model simulation for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods**. Journal of Hydrology 456: 12-29.

Wilby R.L., Dawson C.W, Barrow E.M. 2002. **SDSM- a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts**. Environmental Modeling & Software, 17: 147-159.

Yimer, G., Jonoski, A., Grienven, A.V., 2009. **Hydrologic response of a catchment to climate change in the Upper Beles River Basin, Upper blue Nile, Ethiopia. - Nile Basin water engineering Scintefic Magazine**. Spetial Issue on, Climate and Water, 2: 49-59.

Zhang, L. Hua, D.J. 2020. **Assessment of CMIP6 model performance for temperature and precipitation in Xinjiang, China.** Atmospheric and Oceanic Science Letters, 15(2): 100128.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

شناخت وردایی دمای پتانسیل معادل به‌عنوان نمایه‌ای از گرمایش جهانی در ایستگاه همدید مریوان

محمد دارند

استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. (m.darand@uok.ac.ir

دو خ خالی

چکیده

اگرچه کاربست سنجه دمای هوا و وردایی آن یکی از رایج‌ترین نمایه برای کندوکاو بر روی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم است ولی برای شناخت دقیق‌تر آن به‌کارگیری نمایه دمای پتانسیل معادل بسیار جامع‌تر و گویاتر است. از آنجا که این نمایه وردایی در رطوبت جو و گرمای نهان ناشی از بخار آب موجود در جو را در کنار دما نمایان می‌سازد می‌تواند ابزار بهینه‌تر و مناسب‌تری برای واکاوی تغییر اقلیم و گرمایش جهانی باشد. در این راستا هدف از انجام این پژوهش شناخت وردایی دمای پتانسیل معادل به‌عنوان نمایه‌ای از گرمایش جهانی در ایستگاه همدید مریوان که در نزدیکی دریاچه زریبار قرار دارد، انتخاب شد. برای نیل به این هدف از داده‌های روزانه سنجه‌های جوی ایستگاه همدید مریوان طی بازه زمانی ۱۹۹۳/۱/۱ تا ۲۰۲۴/۱۲/۳۱ بهره گرفته شد. برای هر روز از سال طی بازه زمانی مورد واکاوی یاد شده مقادیر دمای پتانسیل معادل، نسبت اختلاط و فشار بخار آب جو محاسبه شد. با بهره‌گیری از آزمون من‌کندال معنی‌داری روند مقادیر پارامترهای یاد شده مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین نرخ روند به کمک تخمین‌گر شیب سن برآورد شد.

کلید واژه‌ها: دمای هوا، دمای پتانسیل معادل، تغییر اقلیم، مریوان.

Detection the changes of equivalent potential temperature as an indicator of global warming at the Marivan synoptic station

Mohammad Darand

Professor, Department of Climatology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. m.darand@uok.ac.ir

Abstract

Although the use of air temperature and its cahnges is one of the most common indices for investigating global warming and climate change, the use of the equivalent potential temperature index provides a more comprehensive and informative understanding. Since this index reflects variations in atmospheric humidity and latent heat from water vapor in the atmosphere, alongside temperature, it can serve as a more optimal and suitable tool for analyzing climate change and global warming. In this context, the aim of this research is to understand the variability of equivalent potential temperature as an index of global warming at the Marivan synoptic station, located near Lake Zrebar. To do this, daily atmospheric data from the Marivan synoptic station for the period from January 1, 1993, to December 31, 2024, was utilized. For each day of the year within the analyzed period, the values of equivalent potential temperature, mixing ratio, and atmospheric water vapor pressure were calculated. Using the Mann-Kendall test, the significance of the trends in the mentioned parameters was evaluated, and the trend rate was estimated using the Sen's slope estimator.

Keywords: Air temperature, equivalent potential temperature, Climate change, MArivan.

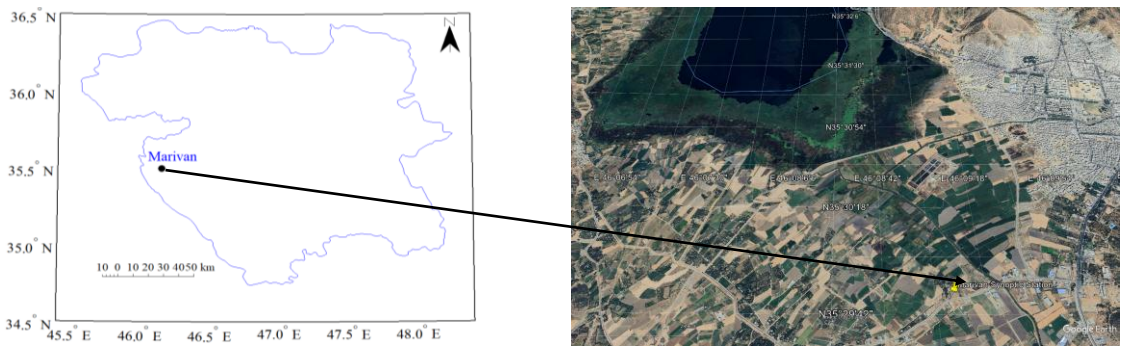
مقدمه

یکی از نشانه‌های تغییر اقلیم و گرمایش جهانی وردایی در رفتار سنجه‌های جوی است. بر پایه آن، انجمن هواشناسی آمریکا وردایی قابل توجه و معنی‌دار در آماره‌های بلندمدت سنجه‌های شاخص جوی همچون دما، رطوبت، بارش و غیره را که برای دست کم چند دهه یا بیشتر دوام داشته باشند را تغییر اقلیم نامگذاری کرده است (AMS, 2001). نه تنها شناخت تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی جو از روی وردایی در میانگین یا پراش بلندمدت سنجه‌های شاخص جوی همچون دما و بارش امکان‌پذیر است ولی می‌توان با ترکیب سنجه‌های جوی به نشانه‌هایی از وردایی در رفتار جو ناشی از تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی دست یافت. باور بر این است که طی دهه‌های اخیر رطوبت جو به‌ویژه در جو نزدیک سطح زمین (Dai, 2006; Willett *et al.*, 2008) و در جو بالا (Trenberth *et al.*, 2005; Wentz *et al.*, 2007) افزایش یافته است. دلیل افزایش رطوبت در جو، افزایش دما و گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی است (Willett *et al.*, 2007; Santer *et al.*, 2007) که با شتاب قابل توجهی روبه افزایش است. افزایش رطوبت مطلق در لایه وردسپهر پایینی نه تنها رفتار سایر سنجه‌های جوی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد بلکه نقش کلیدی بر روی آسایش انسان، مرگ و میر و بیماری‌های ناشی از گرما و رطوبت دارد. امروزه مراکز ملی هواشناسی زیادی به‌طور معمول و رایج شاخص دما و رطوبت را در قالب شاخص‌های متعدد ترکیب می‌کنند و تلاش‌های قابل توجهی جهت واکاوی اثرات آن در کشورهای زیادی انجام شده است. این پژوهش برآن است که با محاسبه دمای پتانسیل معادل، وردایی آن را به‌عنوان نمایه‌ای از گرمایش جهانی در ایستگاه همدید مریوان مورد واکاوی قرار دهد.

مواد روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ایستگاه همدید مریوان به‌لحاظ موقعیت مکانی در ۴۶/۱۵۱۷ درجه طول شرقی و ۳۵/۴۹۶۷ درجه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریاهای آزاد ۱۲۸۷ متر است که در تاریخ ۲۳ سپتامبر سال ۱۹۹۱ راه‌اندازی شده است. شکل ۱ موقعیت مکانی ایستگاه همدید مریوان را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت مکانی ایستگاه همدید مریوان

داده و روش‌شناسی

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه مقادیر دمای هوا (دمای کمینه و بیشینه)، بارش و رطوبت نسبی ثبت شده در ایستگاه همدید مریوان طی بازه زمانی ۱۹۹۳/۱/۱ تا ۲۰۲۴/۱۲/۳۱ استفاده شده است. در زیر روش برآورد دمای پتانسیل معادل، فشار بخار آب هوا و نسبت اختلاط آمده است (Bolton, 1980). دمای پتانسیل معادل (θe) دمایی است که بسته هوا در صورتی که از طریق بی دررو تا ارتفاعی بالا رود که کل بخار آب موجود در آن متراکم و به‌صورت گرمای نهان ظاهر شود و سپس به تراز فشار مرجع یعنی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال آورده شود، اشاره دارد. این متغیر اثرات دما، فشار و رطوبت هوا را ترکیب می‌کند و آن را تبدیل به ابزاری مناسب جهت درک فرآیندهای جوی می‌کند.

$$\theta e = T\left(\frac{1000}{p}\right)^{Rd/cp} \exp\left(\frac{Lvrv}{cpT}\right) \quad (1)$$

که در آن T دمای مجازی بسته هوا، p فشار بسته هوا، Rd ثابت گازها برای هوای خشک ($287.06 J.kg^{-1}K^{-1}$)، cp ظرفیت گرمای ویژه هوای خشک در فشار ثابت ($1004.71 J.kg^{-1}K^{-1}$)، Lv گرمای ویژه بخار آب ($2500 kJ.kg^{-1}$) و rv نسبت مخلوط بخار آب در فشار ثابت ($kg.kg^{-1}$) است.

$$E = Es \times RH \quad (2)$$

$$Es = 6.112 \exp\left(\frac{17.67Td}{Td+243.5}\right) \quad (3)$$

در رابطه ۲ و ۳، E فشار بخار آب بر حسب هکتوپاسکال، Es فشار بخار آب اشباع بر حسب هکتوپاسکال، RH رطوبت نسبی و Td دمای نقطه شبنم است. نسبت مخلوط بخار آب ($mixr$) یا rv به کمک رابطه ۳ برحسب گرم بر کیلوگرم برآورد شد.

$$mixr = 0.62197\left(\frac{e}{p-e}\right).1000 \quad (4)$$

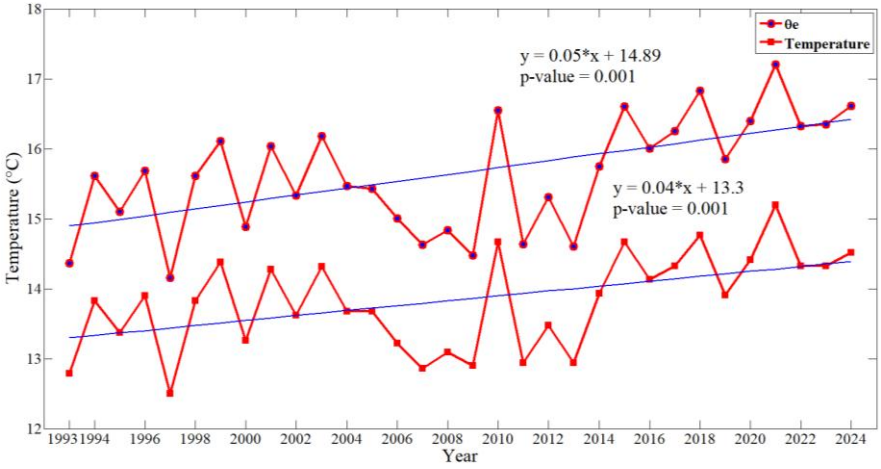
در رابطه ۴، e فشار بخار اشباع هوا و p فشار بسته هوا (فشار تراز ایستگاه) است.

نتایج و بحث

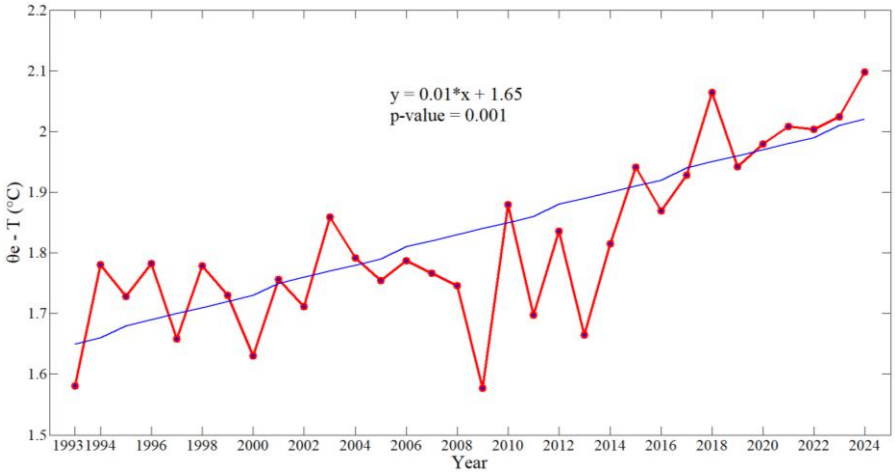
در شکل ۲ سری زمانی دما و دمای پتانسیل معادل سالانه ایستگاه همدید مریوان را از سال ۱۹۹۳ الی ۲۰۲۴ را نشان می‌دهد. از روی آن می‌توان دریافت که مقدار دمای پتانسیل معادل سالانه که ترکیبی از دما و رطوبت است حدود ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر از مقادیر دمایی است که به کمک دماسنج خشک در پناهگاه هواشناسی در ایستگاه هواشناسی مریوان قرائت می‌شود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد سری زمانی دمای سالانه ایستگاه همدید مریوان طی بازه زمانی مورد واکاوی با نرخ شیب ۰/۴ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر دهه روبه افزایش است. به‌بیانی دیگر در طول حدود سه دهه حدود ۱/۲ درجه سلسیوس به دمای ایستگاه همدید مریوان افزوده شده است که از نگاه آماری با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. متوسط دمای ایستگاه همدید مریوان در اوایل دوره مورد واکاوی حدود ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد است که در پایان دوره سال‌های بعد از ۲۰۲۰ به بیش از ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد رسیده است.

نرخ وردایی دمای پتانسیل معادل سالانه ایستگاه همدید مریوان ۰/۱ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر دهه بیشتر از نرخ وردایی دما است و میزان آن ۰/۵ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر دهه است. در طول دوره مورد واکاوی بیش از ۱/۵ درجه سانتی‌گراد به دمای پتانسیل معادل سالانه ایستگاه همدید مریوان افزوده شده است و از ۱۵ درجه سانتی‌گراد در اوایل دوره مورد واکاوی به ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد در پایان دوره رسیده است.

شکل ۳ سری زمانی تفاضل دمای پتانسیل معادل را با دمای ثبت شده توسط دماسنج خشک پناهگاه هواشناسی نشان می‌دهد. از روی تفاضل مثبت مقادیر می‌توان دریافت که دمای پتانسیل معادل مقادیر بیشتری نسبت به دمای هوا را نشان می‌دهد و نرخ تفاضل آن از حدود ۱/۶ درجه سانتی‌گراد تا بیش از ۲/۱ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه همدید مریوان متفاوت است. طی سال‌های اخیر تفاضل بین دمای پتانسیل معادل و دمای هوا با شتاب بیشتری روبه افزایش است. در سال‌های اخیر میزان تفاضل این دو پارامتر به بیش از ۲/۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است. برازش آزمون ناپارامتریک من‌کندال بر روی سری زمانی مقادیر تفاضل بیانگر آن است که به‌ازای هر دهه ۰/۱ درجه سانتی‌گراد به نرخ تفاضل بین این دو پارامتر افزوده شده است که در سطح اطمنیان ۹۹ درصد معنی‌دار است. دلیل افزایش تفاضل مقادیر عددی بین این دو پارامتر را می‌توان در افزایش میزان بخار آب در جو که ناشی از افزایش دما و نرخ تبخیر و تعرق در ایستگاه همدید مریوان است، جستجو کرد.

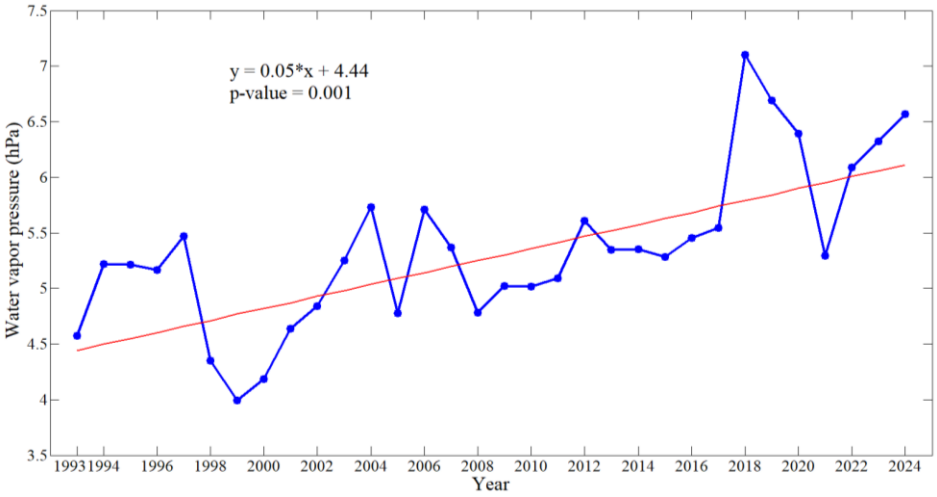


شکل ۲: سری زمانی دمای هوا و دمای پتانسیل معادل(θe) ایستگاه همدید مریوان

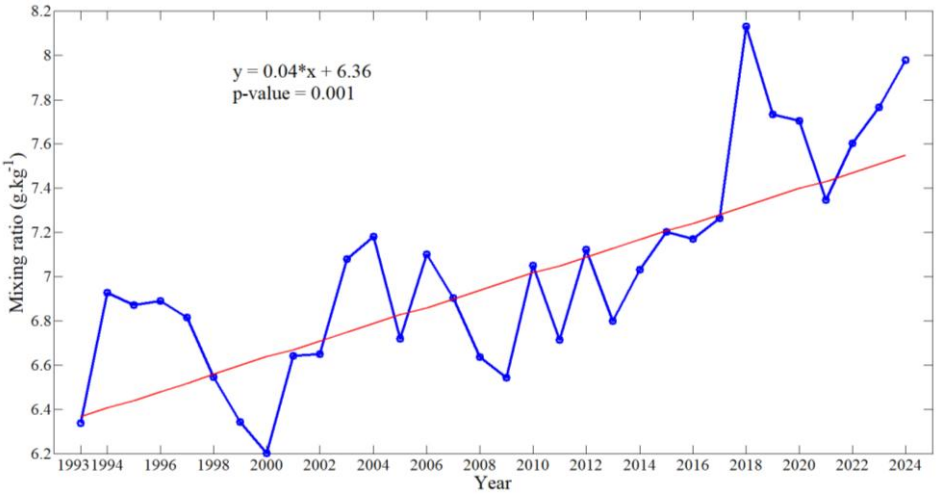


شکل ۳: سری زمانی تفاصل دمای پتانسیل معادل(θe) و دمای هوا در ایستگاه همدید مریوان

برای شناخت نرخ تغییرات مقادیر رطوبت در جو ایستگاه همدید مریوان، مقادیر عددی نسبت اختلاط (Mixing ratio) و فشار بخار آب (Water vapour pressure) طی بازه زمانی مورد واکاوی از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۴ محاسبه شد. در شکل ۴ سری زمانی مقادیر عددی نسبت اختلاط بر حسب گرم بر کیلوگرم در ایستگاه همدید مریوان ارائه شده است. از روی آن می‌توان دریافت که میزان نسبت اختلاط از ۶/۲ تا ۸/۲ گرم بر کیلوگرم متغیر است. طی سال‌های اخیر میزان نسبت اختلاط با شیب تندی روبه افزایش است. برازش آزمون من‌کندال بر روی سری زمانی مقادیر نسبت اختلاط طی بازه زمانی مورد واکاوی بیانگر افزایش معنی‌دار مقادیر این پارامتر با متوسط شیب ۰/۴ گرم بر کیلوگرم به‌ازای هر دهه است. به‌بیانی دیگر می‌توان گفت که طی دوره مورد واکاوی بیش از ۱/۲ گرم بر کیلوگرم نسبت اختلاط در ایستگاه همدید مریوان افزایش یافته است. سری زمانی مقادیر فشار بخار آب بر حسب هکتوپاسکال ایستگاه همدید مریوان در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار فشار بخار آب طی بازه زمانی مورد واکاوی از حدود ۴ هکتوپاسکال در سال ۱۹۹۹ تا ۷ هکتوپاسکال در سال ۲۰۱۸ متغیر است. برازش آزمون من‌کندال بر روی سری زمانی مقادیر فشار بخار آب طی بازه زمانی مورد واکاوی بیانگر افزایش معنی‌دار مقادیر این پارامتر با متوسط شیب ۰/۵ هکتوپاسکال به‌ازای هر دهه است. نرخ افزایش فشار بخار آب طی بازه زمانی مورد واکاوی به‌دلیل افزایش نرخ تبخیر و تعرق در جو بیش از ۱/۵ هکتوپاسکال افزایش یافته است و در سال‌های اخیر نرخ افزایش آن شتاب بیشتری را از خود نشان می‌دهد.

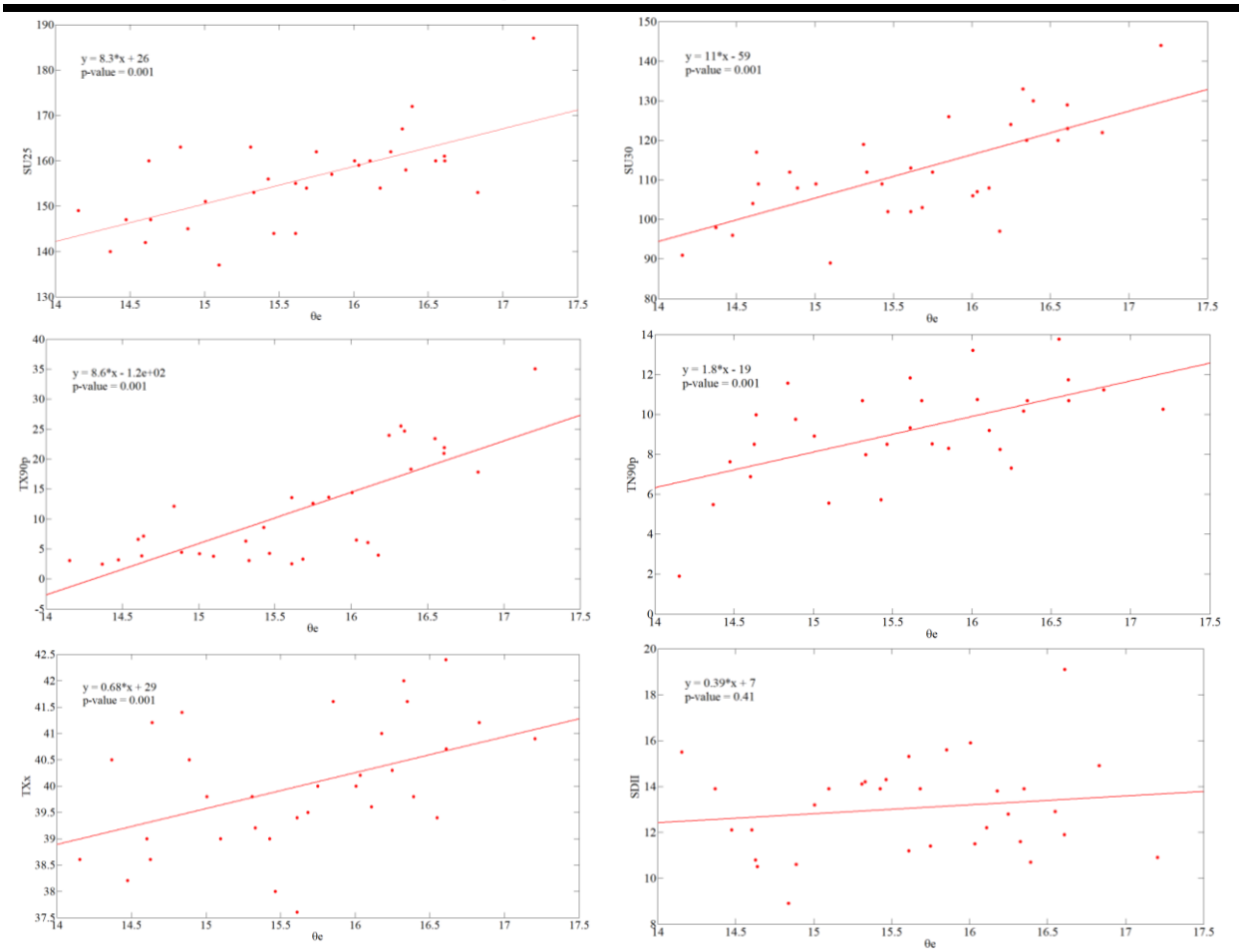


شکل ۴: سری زمانی فشار بخار آب در ایستگاه همدید مریوان



شکل ۵: سری زمانی نسبت اختلاط بخار آب در ایستگاه همدید مریوان

از آنجا که بخار آب و رطوبت جو یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است افزایش مقدار آن در جو، با پس خور مثبت، نرخ گرمایش و افزایش دما را شدت می‌بخشد. گرمای نهان بخار آب در جو، نقش مهمی در فرین‌های جوی دارد (Song *et al.*, 2022) و منجر به افزایش رخداد و شدت بیشتر رخدادهای فرین جوی از جمله امواج گرما، هاریکن‌ها، طوفان‌های همرفتی و بارش‌های سیل‌آسا خواهد شد (Emanuel, 1987; Habeeb *et al.*, 2015; Sobel *et al.*, 2016; Prein *et al.*, 2017). ظرفیت جو برای نگهداشت رطوبت از رابطه شناخته شده کلازیوز-کلاپیرون پیروی می‌کند و در صورت ثابت نگه‌داشتن سایر پارامترها، دمای پتانسیل معادل به‌دلیل آنکه بسته هوا مرطوب‌تر می‌شود و گرمای نهان بیشتری را در اثر تراکم رطوبت آزاد می‌کند، افزایش می‌یابد. شکل ۶ ارتباط بین دمای پتانسیل معادل را با روزهای تابستانی (SU25, SU30)، روزهای گرم (TX90p)، شب‌های گرم (TN90p)، بزرگترین دمای روزانه (TXx) و شاخص ساده شدت بارش روزانه (SDII) نشان می‌دهد. همان‌طور که پیداست ارتباط معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد بین مقادیر دمای پتانسیل معادل در طول بازه زمانی مورد واکاوی با شاخص‌های فرین جوی به غیر از شاخص SDII در ایستگاه همدید مریوان مشاهده می‌شود. بنابراین می‌توان دریافت که با افزایش دمای پتانسیل معادل، فراوانی و شدت فرین‌های دمایی نیز افزایش می‌یابد. اگرچه ارتباط بین مقادیر دمای پتانسیل معادل با شدت بارش روزانه در ایستگاه همدید مریوان به‌لحاظ آماری معنی‌دار نیست ولی ارتباط مستقیمی بین دو پارامتر یاد شده طی بازه زمانی مورد واکاوی مشاهده می‌شود.



شکل ۶: ارتباط بین دمای پتانسیل معادل(θe) و فرین‌های جوی در ایستگاه همدید مریوان.

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که به‌دلیل نقش بخار آب موجود در جو و مجاورت با پهنه آبی دریاچه زریبار، مقادیر دمای پتانسیل معادل در ایستگاه همدید مریوان بیش از مقادیر دمای هوا است. متوسط دمای هوای ایستگاه همدید مریوان ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد است در حالی‌که دمای پتانسیل معادل برابر ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد است. طی بازه زمانی مورد واکاوی شتاب افزایش دمای پتانسیل معادل بیش از شتاب افزایش دمای هوا است و با نرخ ۰/۵ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر دهه، افزایش یافته است. تفاضل بین دمای پتانسیل معادل و دمای هوا طی سال‌های اخیر روبه افزایش است که بیانگر افزایش مقدار بخار آب و تبخیر و تعرق در جو است. افزایش نسبت اختلاط و فشار بخار آب در جو گویای آن است. هر چقدر جو گرم‌تر شود، ظرفیت نگهداشت رطوبتی جو آن افزایش می‌یابد و بنابراین نم ویژه بیشتری در جو در دسترس خواهد بود. از آنجا که دمای پتانسیل معادل وابسته به دما و رطوبت است، در یک پس خور مثبت افزایش محتوای رطوبتی جو منجر به افزایش دمای پتانسیل معادل و افزایش انرژی جو می‌شود. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین فرین‌های دمایی با دمای پتانسیل معادل در ایستگاه همدید مریوان مشاهده می‌شود. بدون شک اثر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر روی مناطق مختلف کره زمین یک اندازه و هم دست نیست. مناطقی از کره زمین که وردایی بیشتری در دمای پتانسیل معادل را در اثر افزایش دما و رطوبت جو تجربه کرده‌اند، بر روی شدت و فراوانی فرین‌های جوی نقش پررنگ‌تری دارند. پیشنهاد می‌شود که مشابه همین پژوهش برای مناطق مختلف گستره ایران زمین انجام شود.

مراجع

American Meteorological Society. 2020. **Climate Change**. Glossary of Meteorology, https://glossary.ametsoc.org/wiki/Climate_change.

Dai, A. 2006. **Recent climatology, variability, and trends in global surface humidity**. Journal of Climate 19: 3589–3606.

Emanuel, K.A. 1987. **The dependence of hurricane intensity on climate**. Nature 326:۴۸۵–۴۸۳ .

Habeeb, D., Vargo, J., Stone, B. 2015. **Rising heat wave trends in large US cities**. Nat. Hazard 76: ۱۶۵۱-۱۶۶

Prein, A.F., Liu, C., Ikeda, K., Trier, S.B., Rasmussen, R.M., Holland, G.J., Clark, M.P. 2017. **Increased rainfall volume from future convective storms in the US**. Nature Climate Change 7(12): 880-884.

Santer, B.D, Mears, C, Wentz, F.J, Taylor KE, Gleckler, P.J, Wigley, T.M.L, Barnett, T.P, Boyle, J.S, Bruggermann, W, Gillett, N.P, Klein, S.A, Meehl, G.A, Nozawa, T, Pierce, D.W, Stott, P.A, Washington, W.M, Wehner, M.F. 2007. **Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content.** Proceedings of the National Academy of Sciences in the United States of America 104(39): 15248-15253.

Sobel, A. H., Camargo, S. J., Hall, T. M., Lee, C. Y., Tippett, M. K., Wing, A.A. 2016. **Human influence on tropical cyclone intensity**. Science 353(6296): 242-246.

Song, F. Zhang, G.J. Ramanathan, V. Ruby Leung, L. 2022. **Trends in surface equivalent potential temperature:A more comprehensive metric for global warming and weather extremes**. PNAS, 119: 1-7.

Trenberth, K.E, Fasullo, J, Smith, L. 2005. **Trends and variability in column-integrated atmospheric water vapor**. Climate Dynamics 24: 741-758.

Wentz, F.J., Ricciardulli, L., Hilburn, K., Mears, C. 2007. **How much more rain will global warming bring?**. Science 317: 233-235.

Willett, K.W., Jones, P.D., Gillett, N.P., Thorne, P.W. 2008. **Recent changes in surface humidity: development of the HadCRUH dataset**. Journal of Climate 21: 5364-5383.

اثر گرمایش جهانی بر تغییرات هیدرواقلیمی و سطح آب دریاچه زریبار مریوان

نبی میرزایی[1]، کامیار امامی، محمد دارند

۱. دانش آموخته اقلیم‌شناسی و استاد مدعو آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. nabi.mirzaei@uok.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. emami.kamyar@ut.ac.ir

۳- استاد آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. m.darand@uok.ac.ir

چکیده

در این پژوهش اثر گرمایش جهانی بر تغییرات هیدرواقلیمی دریاچه زریبار، تغییرات بارش، دما، مساحت دریاچه زریبار طی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ مطالعه شد. ابتدا روند تغییرات بارش و دما با استفاده از آزمون من‌کندال بررسی شد سپس تغییرات پهنه‌ای دریاچه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست بررسی شد. نتایج نشان داد که گرمایش جهانی به‌ازای هر سال منجر به کاهش ۱۱ میلی‌متری بارش و افزایش ۰/۰۷ درجه دما دریاچه زریبار شده است. طی دهه اخیر سطح دریاچه و سطح نی‌زارهای افزایش محسوسی داشته است به‌طوری‌که افزایش دریاچه زریبار در بخش‌های شمالی و شرقی بیشتر از مناطق دیگر بوده است. در سال‌های که منطقه ترسالی و ناهنجاری مثبت دمایی را تجربه کرده است مساحت دریاچه و سطح نی‌زارها نیز افزایش محسوسی داشته است. تغییرات سطح آب دریاچه تحت تأثیر ترسالی و خشکسالی‌های شدید است و تغییرات نی‌زارها متأثر از افزایش دما است. از لحاظ زمانی افزایش دریاچه از سال ۱۹۹۹ همزمان با رخداد تغییرات اقلیمی آغاز شده است، در سال ۲۰۱۰ شدیدتر شده است و در سال ۲۰۲۰ به بیشترین مقدار خود رسیده است. به‌طور کلی میزان افزایش نی‌زارها طی دهه اخیر نسبت به سطح آبی زریبار بیشتر است که بیانگر اثرات گرمایش جهانی بر تغییرات دریاچه زریبار است.

کلید واژه‌ها: هیدرواقلیمی، نی‌زار، تغییر اقلیم، زریبار، مریوان

[1]. نویسنده مسئول

The effect of global warming on hydro-climatic changes and water levels of Zrebar Lake, Marivan

Abstract

In this study, the impact of global warming on hydro-climatic changes of Lake Zerbar, the trend of precipitation, temperature, and surface of Lake Zerbar during 1990-2020 was studied. First, the trend of precipitation and temperature changes was examined using the Mann-Kendall test, then the spatial changes of the lake were examined using Landsat satellite images. The results showed that global warming has led to a decrease of 11 mm of precipitation and an increase of 0.07 degrees in Lake Zerbar per year. During the last decade, the width of the lake and canebrake have increased, with the increase in Lake Zerbar being greater in the northern and eastern parts than in other regions. In years when the region has experienced wetness and positive temperature anomalies, the surface of the lake and canebrake has also increased significantly. Changes in the lake water level are affected by severe wetness and droughts, and changes in canebrakes is affected by increased temperature. In terms of time, the increase in the lake began in 1999, coinciding with the occurrence of global warming, became more intense in 2010, and reached its highest level in 2020. In general, the increase in canebrake during the last decade is greater than the water level of Zerbar, which shows the effects of global warming on changes in Lake Zerbar.

Keywords: Hydro-climatic, Canebrake, Climate Change, Zerbar, Marivan.

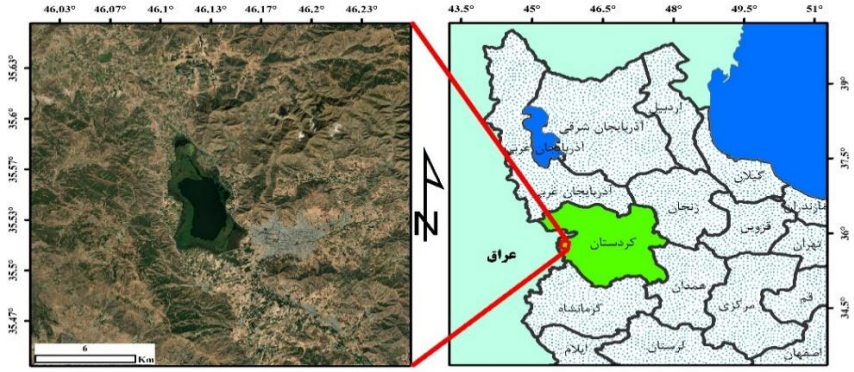
مقدمه

دریاچه‌ها ازجمله مهمترین عرصه‌های زیست‌محیطی در جهان می‌باشد که به‌دلیل تنوع زیستی منحصر به‌فرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. دریاچه‌ها و تالاب‌ها نقش مهم در کنترل سیستم‌های هیدرولوژیک، تعدیل درجه حرارت، ایجاد شرایط بادپناهی، جلوگیری از سیل و طوفان، تأمین‌کننده زیستگاه‌های حیات وحش، نقش ارتباطی و حمل و نقل، تأمین کننده آب برای کشاورزی، اهمیت‌های چند جانبه توریستی، ارزش‌های بی‌شماری علمی، پژوهشی و زیباشناختی دارند (مهدوی و حسینی، ۱۳۹۲). این زیستگاه طبیعی همانند سایر پدیده‌های طبیعی دیگر متأثر از عوامل مانند تغییرات میزان بارش، دما، وضعیت زمین شناسی و عوامل انسانی می‌باشد. پیش‌بینی تغییرات سطح آب دریاچه‌ها از مهمترین فرآیندهای هیدرولوژیکی است که برآورد آن می‌تواند در راستای جلوگیری از بروز وضعیت نامطلوب و مدیریت صحیح این اکوسیستم‌های ارزشمند به‌کار گرفته شود (رفسگارد و همکاران، ۲۰۲۲). یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات سطحی دریاچه‌ها تغییرات عناصر آب و هوایی است که بر میزان آب، پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق آن اثر گذاشته است (السدون و همکاران، ۲۰۰۹؛ اسمعیلی، ۱۳۹۴؛ فلاح و همکاران، ۱۴۰۰). این شرایط همزمان با رخداد تغییرات اقلیمی که عامل مهمی برای تغییرات منابع آب می‌باشد از اهمیت بسیاری برخوردار است (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۴؛ فلاح و همکاران، ۱۳۹۹). به‌طور کلی بررسی نوسانات سطح دریاچه‌ها ناشی از گرمایش جهانی نیز به‌منظور حفاظت و پیشگیری از تخریب و از بین رفتن آنها ضروری است (احمدی ندوشن، ۱۳۹۵). دریاچه زریبار به عنوان بزرگترین دریاچه آب شیرین ایران و یک ذخیره‌گاه اکولوژیک در غرب ایران دارای اکوسیستمی بسیار شکننده‌ای است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳). این دریاچه نیز به‌عنوان یکی از زیباترین دریاچه‌های ایران در سال‌های اخیر با مشکلات متعددی مانند افزایش نی‌زارها، آتشسوزی مراتع و نی‌زارها، آلودگی و تغییرات کاربری اراضی مواجه بوده است. وجود مشکلات طبیعی و انسانی در زریبار زمینه را برای انجام تحقیقات علمی برای شناسایی عوامل مؤثر بر رخداد این تغییرات را فراهم آورده است. در این راستا مهدوی و حسینی (۱۳۹۲) عوامل انسانی در تخریب محیط‌زیستی دریاچه زریوار مریوان را مورد بررسی قرار دادند. آنها نشان دادند که فعالیت‌های انسانی در این منطقه عموماً شامل فعالیت‌های کشاورزی، باغداری و دامداری می‌باشد که به‌دلیل سیاست‌های تشویقی، این فعالیت‌ها به‌شدت در حاشیه دریاچه جریان دارد. فلاح و همکاران (۱۴۰۰) تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریبار را بررسی کردند که براساس نتایج خشکسالی سبب تأثیرات منفی بر فعالیت‌های اطراف دریاچه زریبار و کاهش فعالیت‌های گردشگری شده است. همچنین امان‌الهی و همکاران (۱۳۹۵) تغییرات سطح نیزارهای دریاچه زریبار را بررسی کردند. فیض‌اله پور (۱۴۰۳) به ارزیابی تغییرات سطح آب دریاچه زریوار پرداخته است. نتایج نشان‌دهنده افزایش سطح آب دریاچه زریبار است. ناندینتسیتیگ و همکاران (۲۰۰۷) روند هشت نمایه بارندگی‌های فرین و شش نمایه دماهای فرین را برای دریاچه مونگولیا یونان را مطالعه کردند. اصغری زمانی (۱۳۹۰) به ارزیابی تغییرات سطح دریاچه ارومیه به‌عنوان چالش عمیق زیست‌محیطی فراروی منطقه شمال غرب ایران پرداخت. احمدی ندوشن (۱۳۹۵) تغییرات سطح دریاچه ارومیه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه بررسی کرد. خاریابند و عطارچی (۱۳۹۹) به ارزیابی تغییرات عمق تالاب انزلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات بارش و دما، دلایل اصلی کاهش عمق تالاب انزلی نیستند. مرور پژوهش‌های صورت گرفته نشان‌دهنده آن است که تاکنون نقش گرمایش جهانی بر عناصر اقلیمی و پهنه سطح دریاچه زریبار به‌طور همزمان مطالعه نشده است. این در حالی‌است که بسیاری از تغییرات دریاچه‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد (دلاور و همکاران، ۱۹۹۳). بنابراین در این پژوهش اثر گرمایش جهانی بر تغییرات هیدرواقلیمی دریاچه زریبار مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دریاچه زریبار یکی از دریاچه‌های آب شیرین ایران است که در شهرستان مریوان استان کردستان قرار دارد. این دریاچه که در ارتفاع ۱۳۹۰ متری از سطح دریا واقع شده است (امان اللهی و همکاران، ۱۳۹۵). آب آن توسط چشمه‌های سطحی و منابع آب ناشی از برف در کوه‌های اطراف آن تأمین می‌شود و یکی از کانون‌های عمده گردشگری در غرب ایران است (لهونیان و همکاران، ۱۴۰۲). وجود دریاچه زریبار و کوهستان‌های پوشیده از جنگل مریوان شرایط برای فعالیت‌های گردشگری در این منطقه فراهم کرده است. دریاچه زریبار مریوان دارای ۱۲۰۰ هکتار نیزار، ۳۴۰۰ هکتار پناهگاه حیات وحش و ۲۳۰۰ هکتار تالاب است (فلاح و همکاران، ۱۳۹۹). مساحت زریبار با احتساب نی‌زارهای آن ۲۰۹۰ هکتار، حداقل عمق دریاچه ۶ متر و حداکثر عمق آن حدود ۱۲ متر است (امان‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه در این پژوهش

روش‌شناسی

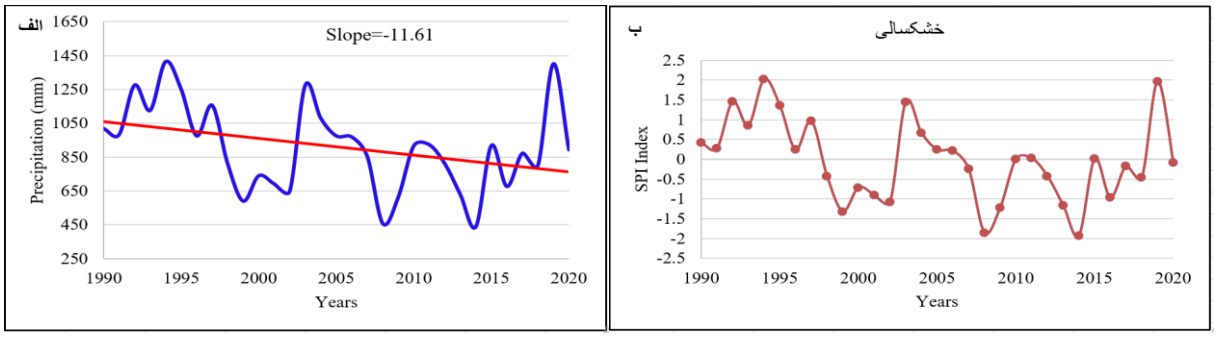
با هدف بررسی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات دما و بارش، مساحت پهنه‌ای آبی و میزان پوشش گیاهی حوضه دریاچه زریبار مریوان از دو دسته داده بهره گرفته شد. دسته اول شامل داده‌های دما و بارش ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره ۲۰۲۲-۱۹۹۰ است. دسته دوم داده‌های مربوط به تصاویر ماهواره لندست[1] ۵ و ۸ است که به‌صورت موردی برای برخی از سال‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله اول با هدف شناخت تغییرات دما و بارش منطقه به‌عنوان عامل مؤثر بر تغییرات سطحی دریاچه روند تغییرات آنها با استفاده از آزمون من‌کندال محاسبه گردید. به‌منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر بارش بر تغییرات دریاچه و تغییرات پوشش نی‌زار حاشیه دریاچه زریبار خشکسالی و ترسالی‌ها با استفاده از شاخص بارش استاندارد[2] نیز محاسبه شد (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۴). هدف از این کار آن بود تا تغییرات سطح دریاچه و سطح نی‌زارها همزمان با رخداد ترسالی و خشکسالی‌ها مورد کندوکاو قرار گیرد. با توجه به حجم بالای تصاویر و تحلیل‌های مربوطه برای بررسی تغییرات سطحی دریاچه، نقشه‌های پهنه‌ای آبی و نی‌زارها برای سال اول و آخر هر دهه محاسبات انجام شد. علاوه بر این برای سال‌های توأم با خشکسالی و ترسالی دو سال به‌عنوان نماینده سال‌های بسیار خشک و بسیار مرطوب شناسایی شد و تغییرات آن با هم مقایسه گردید تا نقش تغییرات بارش در این تغییرات تبیین گردد. با توجه به اینکه دما و بارش مهمترین عناصر آب و هوایی هستند که نمود واقعی از شرایط اقلیمی و تغییرات ناشی از آن هستند و تغییرات آن بر ساختار و ترکیب جمعیتی، زیستی و گیاهی کره زمین مؤثر است (کونپالا و همکاران، ۲۰۲۰)، تغییرات این دو پارامتر مورد بررسی قرار گرفت. بعد از محاسبه تغییرات دما و بارش تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سطح دریاچه زریبار برای سال‌های منتخب تحلیل گردید.

[1] Landsat. usgs.gov/products/data.
[2] Spi

نتایج

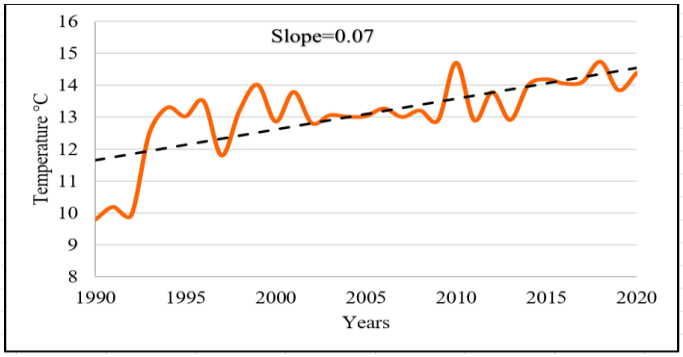
روند بارش و دما

سری زمانی بارش مریوان طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ در شکل ۲ الف و مقادیر شاخص SPI در شکل ۲ ب ارائه شده است. براساس شکل ۲ الف میانگین بارش مریوان طی دوره ۳۰ ساله ۹۰۰ میلی‌متر است و بارش طی دهه ۹۰ بیشتر از میانگین کل بوده است به‌طوری‌که طی سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۱۹ مقدار بارش به ۱۴۵۰ میلی‌متر رسیده است و ترسالی خیلی شدید حاکم بوده است. یک دوره کم بارشی از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ حاکم شده است به‌طوری‌که منطقه خشکسالی متوسط تا شدید را تجربه کرده است. علاوه بر این یک دوره طولانی کم بارشی در منطقه از سال ۲۰۰۷ در منطقه شروع شده است که تا سال ۲۰۱۸ تداوم داشته است. کمترین مقدار بارش طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ رخ داده است. روند کلی بارش سالانه مریوان کاهشی است و نرخ کاهشی آن ۱۱/۶ میلی‌متر به‌ازای هر سال است (شکل ۲الف). طی دهه اول (۲۰۰۰-۱۹۹۰) منطقه در بیشتر سال‌ها ترسالی را تجربه کرده است. شدیدترین ترسالی طی سال ۱۹۹۴ بوده به‌طوری‌که در این سال شدت این ترسالی نسبت به کل دوره بیشتر بوده است. به‌طور کلی تغییرات بالای بارش در منطقه همراه با رخداد ترسالی و خشکسالی از ویژگی اصلی اقلیم منطقه است.



شکل ۲: سری زمانی بارش مریوان طی بازه ۲۰۲۰-۱۹۹۰و مقادیر محاسبه شده شاخص بارش استاندارد

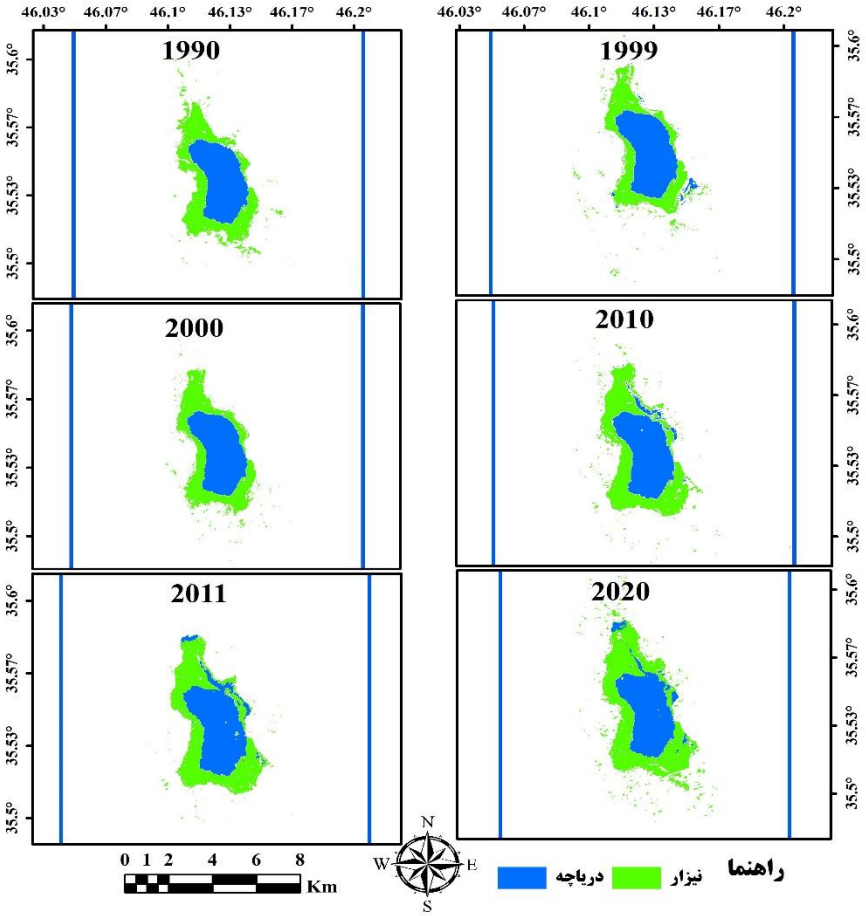
شکل ۳ روند تغییرات میانگین دما ایستگاه مریوان طی دوره ۳۰ ساله را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که میانگین سالانه دما از سال ۱۹۹۷ در منطقه با افزایش همراه گشته است و در بیشتر سال‌های دو دهه اخیر میانگین دما بیشتر از میانگین بلند مدت (۱۳ درجه) بوده است. طی دهه ۹۰ میانگین دما کمتر از میانگین ۳۰ ساله بوده است. در اوایل دهه ۲۰۰۰ دما در حد میانگین بوده است اما در سال ۲۰۱۰ به بیشترین مقدار خود (۱۴/۸) طی دوره ۳۰ ساله رسیده است. روند کلی دما در مریوان افزایش ۰/۰۷ درجه به‌ازای هر سال را نشان می‌دهد.



شکل ۳: روند سری زمانی میانگین دمای مریوان طی ۲۰۲۰-۱۹۹۰

بررسی تغییرات پهنه‌ی آبی و نی‌زارها

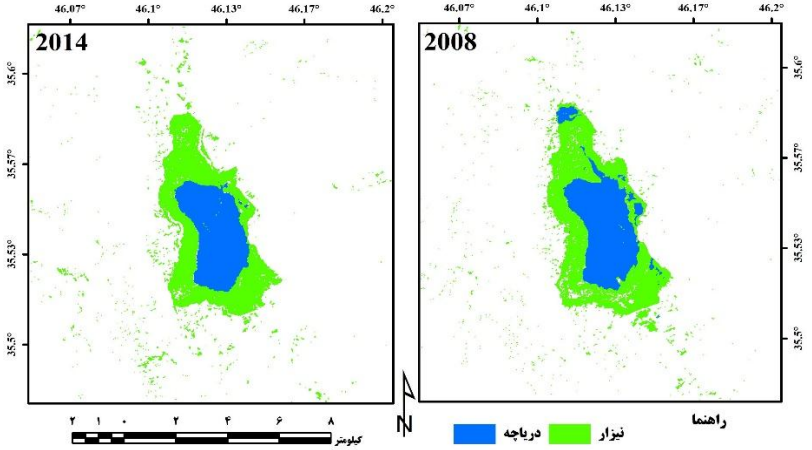
در شکل ۴ پهنه آبی دریاچه زریبار و سطح نی‌زارها برای سال‌های منتخب سه دهه اخیر آورده شده است. مساحت زریبار بدون احتساب نی‌زارها از دهه اول تا دهه سوم به‌تدریج افزایش یافته است. مساحت دریاچه برای سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰ به‌ترتیب ۸۱۹، ۸۵۰، ۸۱۸، ۸۶۰، ۸۷۵ و ۸۹۲ هکتار بوده است. این در حالی است که کمترین پهنه نی‌زارها طی سال ۲۰۰۰ و بیشترین مقدار آن طی سال ۲۰۲۰ بوده است. از سال ۱۹۹۹ پهنه‌ای جداگانه از آب دریاچه درحاشیه جنوب شرقی زریبار شکل گرفته است. در سال ۲۰۱۰ تغییرات محسوس‌تر است و افزایش پهنه آبی زریبار و شکل‌گیری منابع جدید آب در شمال شرق و بخش شمالی زریبار مشاهده می‌شود که مساحت آن در سال ۲۰۲۰ به بیشترین مقدار خود رسیده است. به‌طور کلی سطح آب دریاچه زریبار و نی‌زارها طی دهه اخیر افزایش محسوسی را نسبت به دهه‌های قبلی نشان می‌دهد.



شکل ۴: مساحت، پوشش گیاهی و سطح نی‌زاره‌ها اطراف دریاچه زریبار برای سال‌های منتخب دهه اول (۱۹۹۹-۱۹۹۰)، دهه دوم (۲۰۱۰-۲۰۰۰) و دهه سوم (۲۰۲۰-۲۰۱۱)

تغییرات دریاچه و نی‌زارهای زریبار در دوره خشکسالی

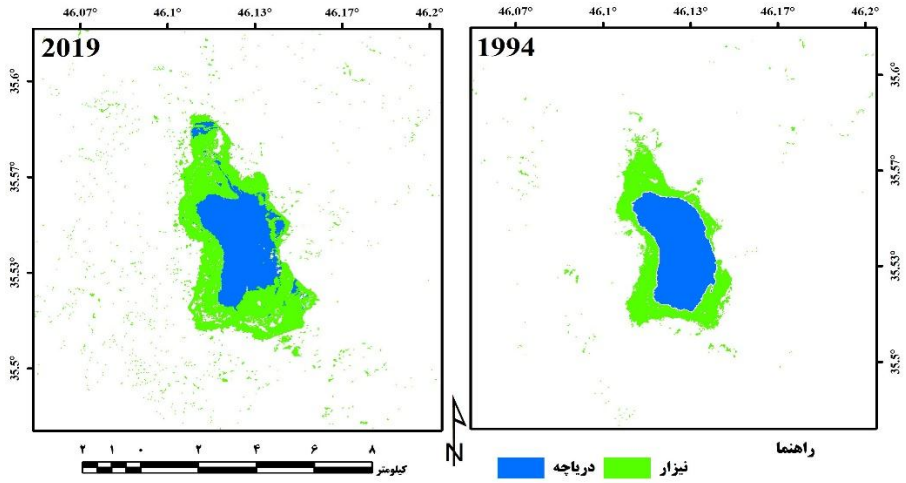
در سال ۲۰۰۸ مساحت دریاچه نسبت به دو دهه قبل دچار تغییراتی شده است. در این سال منطقه شاهد خشکسالی بوده است و دما نیز از شرایط نرمال خود بیشتر بوده است. تغییرات سطح دریاچه و نی‌زارهای آن با گسترش خطی دریاچه در شمال و ایجاد هسته مستقل آبی در بخش شمالی نمایان شده است. مساحت آب دریاچه در این سال حدود ۷۵۸ هکتار است و مساحت نی‌زارها اطراف آن ۱۳۵۰ بوده است. نکته قابل توجه ایجاد کانون‌های آبی در بخش‌های شمال شرقی دریاچه است به‌طوری‌که دو هسته کاملاً مجزا در بخش شمال شرق، جنوب شرق و شمالی دریاچه ایجاد شده است. علاوه بر این در مرکز دریاچه نیز توده نی‌زار شکل گرفته است که خود دلیلی بر افزایش سطح پهنه نی‌زارها زریبار طی سال‌های اخیر است (شکل ۵). مقایسه تغییرات سطح دریاچه زریبار و نی‌زارهای آن در دوره خشکسالی نشان می‌دهد که کاهش بارش‌ها منجر به کاهش سطح آب و نی‌زارها می‌شود.



شکل ۵: مساحت، پوشش گیاهی و سطح نی‌زاره‌ها اطراف دریاچه زریبار در سال‌های توام با خشکسالی

تغییرات دریاچه و نی‌زارهای زریبار در دوره ترسالی

در سال ۱۹۹۴ سطح پهنه‌ای دریاچه زریبار (رنگ آبی) و نی‌زارها (رنگ سبز) در این سال به شکل هلالی از شمال غرب به‌سمت جنوب غرب مشاهده می‌شود. مساحت سطح آب زریبار در این سال ۸۱۲ هکتار و نی‌زارها حاشیه آن ۷۸۵ هکتار می‌باشد. مساحت دریاچه در این زمان به بیشتر مقدار خود نسبت به سال‌های قبل رسیده است. در سال ۲۰۱۹ مساحت پهنه آبی دریاچه حدود ۸۳۲ هکتار و مساحت نی‌زارها نیز ۱۳۴۰ هکتار است که بیشترین مساحت زیر پوشش طی کل دوره مورد مطالعه است. در این سال گسترش مکانی دریاچه در شمال شرق با یک خط مشاهده می‌گردد که افزایش مساحت را نسبت به سال‌های دیگر را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان دریافت که در سال ۲۰۱۹ به‌دلیل رخداد ترسالی شدید مساحت کلی دریاچه افزایش چشمگیری داشته است به‌طوری‌که مساحت آب دریاچه زریبار طی سال ۲۰۱۹ در مقایسه با سال ۱۹۹۴ افزایش ۲۰ هکتاری و سطح نی‌زارها نیز افزایش ۵۵۵ هکتاری را تجربه کرده است (شکل ۶).



شکل ۶: مساحت، پوشش گیاهی و سطح نی‌زاره‌ها اطراف دریاچه زریبار در سال‌های توام با خشکسالی

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر گرمایش جهانی بر تغییرات گستره‌ی سطح آب و نی‌زارهای دریاچه زریبار طی بازه ۲۰۲۰-۱۹۹۰ بررسی شد. با هدف بررسی تغییرات سطح دریاچه در سال‌های توأم با خشکسالی و ترسالی مساحت آبی دریاچه زریبار و سطح نی‌زارها مقایسه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که روند مقادیر بارش کاهش معنی‌داری را تجربه کرده است ولی روند دما در طول دوره مطالعه افزایشی بوده است. تغییرات سطح آبی دریاچه در مقیاس دهه‌ای تحت تأثیر عوامل مختلفی است. اما براساس نتایج این مطالعه به‌طور کلی در سال‌های که منطقه ترسالی شدید تجربه می‌کند سطح آب دریاچه افزایش می‌یابد. طی دوره مورد مطالعه بیشترین تغییرات سطح دریاچه مربوط به دهه اخیر بوده است. با توجه به نقش دما در تغییرات سطح پوشش گیاهی به‌نظر می‌رسد سطح نی‌زارهای حاشیه دریاچه نیز تحت تأثیر گرمایش جهانی و افزایش میانگین دما افزایش یافته است. نتایج این پژوهش در رابطه با افزایش سطح دریاچه زریبار با نتایج پژوهش امان الهی و همکاران (۱۳۹۵) و فیض‌اله‌پور (۱۴۰۳) همخوانی دارد. بر پایه یافته‌های این پژوهش افزایش سطح نی‌زارهای دریاچه زریبار نسبت به سطح آب زریبار بیشتر است. از لحاظ زمانی نیز افزایش نی‌زارها و دریاچه از سال ۱۹۹۹ همزمان با رخداد تغییرات اقلیمی آغاز شده است، در سال ۲۰۱۰ شدیدتر شده است و در سال ۲۰۲۰ به بیشترین مقدار خود رسیده است. بدون شک تغییرات سطح نی‌زارها علاوه بر اینکه تحت تأثیر تغییرات هیدرواقلیمی است و این تغییرات ارتباط مستقیمی با تغییرات نی‌زارها دارد. این شرایط به‌دلیل تغییرات کاربری اطراف دریاچه و فعالیت‌های انسانی نیز تشدید شده است. آنچه اهمیت دارد کاهش سطح بارش‌ها و افزایش دما منطقه است که می‌تواند سبب تغییرات گونه‌ها و زیست‌گاه‌ها گیاهان و جانوران در منطقه شود. به‌طور کلی با توجه به نقش غیرقابل انکار تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی در تغییر سطح آب و گستره نی زارها در دریاچه‌ی زریبار، شناخت نرخ تبخیر و تعرق در سطح و نقش آب‌های زیرزمینی در قالب چشمه‌های کف دریاچه در تراز آب و برآورد رواناب و آب‌های سطحی پژوهش‌های جداگانه‌ای را می‌طلبد.

مراجع

احمدی ندوشن، م. ۱۳۹۵. **بررسی تغییرات سطح دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۷۶**. همایش بین‌المللی افق‌های نوین در علوم کشاورزی. منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران.

اسمعیلی، ن. ۱۳۹۴. **تاثیر خشکسالی بر دریاچه‌ها و فعالیت‌های وابسته به آن (مطالعه موردی: دریاچه زریوار-مریوان)**. دومین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی.

امان‌اللهی، ج.، صالحی، م.، رستمیان، ن.، مولوی، ه. ۱۳۹۵. **شناسایی تغییرات سطح نیزارهای دریاچه زریوار بین سال-های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ با استفاده ازتصاویر لندست**ETM+. محیط‌زیست و مهندسی آب. دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۴۰۲-۳۹۰.

خاریابند.، س، عطارچی.، س. ۱۳۹۹. **ارزیابی تغییرات عمق تالاب انزلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی در بازه سی ساله**. نشریه سنجش از دور و GIS ایران. دوره ۱۲، شماره، ۲، صفحات ۸۲-۷۳.

دلاور، م.، بابایی، ا.، فتاحی، ا. ۱۳۹۳. **بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نوسانات تراز آب دریاچه ارومیه**. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. شماره ۱۹، صفحات ۶۵-۵۳.

شفیع.، م، رائینی سرجاز.، م، فضل اولی، رامین. ۱۳۹۴. **تعیین عوامل اقلیمی اثرگذار بر نوسانات بلندمدت تراز آب دریاچه پریشان استان فارس و پیش بینی تراز آن**. پژوهش‌های آبخیزداری. دوره ۲۸، شماره ۲، صفحات ۳۵-۲۵.

صادقی.، آ، زهتابیان، غلامرضا، ملکیان.، آ، خسروی، ح. ۱۳۹۳. **تاثیر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی حوزه آبخیز دریاچه زریبار**. پژوهش‌های آبخیزداری. دوره ۲۷، شماره ۴، صفحات ۹۷-۹۰.

فلاح.، ن، گندمکار.، ا، عباسی.، ع. ۱۴۰۰. **بررسی اثرات تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریوار**. فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، دوره ۱۲، شماره ۲، صفحات ۶۴-۴۳.

فیض‌اله پور.، م. ۱۴۰۳. **ارزیابی تغییرات سطح آب دریاچه زریوار در بازه زمانی ۳۰ سال (۱۹۹۳-۲۰۲۳)**. فصلنامه علمی جغرافیا. دوره ۲۲، شماره ۸۸، صفحات ۳۳-۱۹.

لهونیان.، و، سالم، م د، منوچهری، س. ۱۴۰۲. **تحلیلی بر شرایط توسعه و عملکرد اثربخش اقامتگاه‌های بومگردی در نواحی روستایی پیرامون تالاب زریوار شهرستان مریوان مبتنی بر رویکرد سیستمی مدیریت گردشگری**. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دوره ۳۴، شماره ۴، صفحات ۶۸-۴۳.

مهدوی.، ا، حسینی، س ع. ۱۳۹۲. **بررسی عوامل انسانی در تخریب محیط زیست دریاچه زریوار مریوان**. سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.

Konapala, G., Mishra, A. K., Wada, Y., & Mann, M. E. 2020. **Climate change will affect global water gavailability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation**. Nature Communications, 11(1): 3044.

Nandintsetseg, B., Greene, J., Scott, Goulden, C.E. 2007. **Trends in extreme daily precipitation and temperature near lake Hövsgöl, Mongolia**, International Journal of Climatology, 27: 341-347.

Refsgaard, JC., Stisen, S., Koch J. **Hydrological process knowledge in catchment modelling–Lessons and perspectives from 60 years development**. Hydrological Processes, 36(1): e14463.

Zhang, G., Yao, T., Xie, H., Yang, K., Zhu, L., Shum, C.K., Ke, C. 2020. **Response of Tibetan Plateau lakes to climate change: Trends, patterns, and mechanisms**. Earth-Science Reviews, 208: 103269.

تحلیل روند درازمدت مشخصه‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مریوان

یونس خوشخو [۱]، نشاط جهان‌نمایی [۲]

۱-استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
y.khoshkho@uok.ac.ir

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
n.jahannemaei74@gmail.com

چکیده

در پژوهش حاضر، از دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI در گام‌های زمانی ۱، ۶ و ۱۲ ماهه جهت استخراج ۷ مشخصه خشکسالی شامل جمع سالانه شدت خشکسالی ۱ ماهه، جمع سالانه مدت خشکسالی ۱ ماهه، درصد خشکسالی‌های ۱ ماهه خفیف و متوسط، درصد خشکسالی‌های ۱ ماهه شدید و بسیار شدید، شاخص خشکسالی ۶ ماهه برای فصول گرم سال، شاخص خشکسالی ۶ ماهه برای فصول سرد سال و شاخص خشکسالی ۱۲ ماهه در ایستگاه سینوپتیک مریوان استفاده شد. در ادامه، به تحلیل روند تغییرات درازمدت مشخصه‌های خشکسالی مذکور طی یک دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ با بکارگیری روش ناپارامتری من–کندال پرداخته شد. نتایج نشان داد که توافق بین دو شاخص SPI و SPEI طی فصول سرد سال بسیار بالا و طی فصول گرم سال به‌طور چشمگیری پایین است. نتایج حاصل از تحلیل روند مشخصه‌های خشکسالی بر اساس آزمون من-کندال برای هر دو شاخص SPI و SPEI حاکی از روندهای منفی برای جمع سالانه شدت خشکسالی ۱ ماهه، درصد خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید ۱ ماهه، شدت خشکسالی ۶ ماهه طی هر دو فصول گرم و سرد سال و شدت خشکسالی ۱۲ ماهه و روندهای مثبت برای جمع سالانه مدت خشکسالی‌های ۱ ماهه و درصد خشکسالی‌های خفیف و متوسط ۱ ماهه بود. به‌لحاظ مقایسه بین دو شاخص SPI و SPEI، در اکثر موارد، قدرمطلق آماره من – کندال برای شاخص SPI بزرگتر از شاخص SPEI بدست آمد. نتایج کلی نشان داد که در ایستگاه سینوپتیک مریوان از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۳، به تعداد ماه‌هایی از سال که درگیر خشکسالی می‌شوند افزوده شده اما از فراوانی وقوع خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید کاسته شده و به سمت خشکسالی‌های خفیف و متوسط سوق پیدا کرده است. به لحاظ معنی‌دار بودن روند تغییرات، تنها روند معنی‌دار (در سطح اطمینان ۵٪) برای درصد خشکسالی‌های خفیف و متوسط ۱ ماهه در سال با به‌کارگیری شاخص SPI به‌دست آمد و سایر روندها معنی‌دار تشخیص داده نشدند.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، مشخصه‌های خشکسالی، SPI، SPEI، من – کندال، تحلیل روند

Long-term trend analysis of drought characteristics at the synoptic station of Marivan

Younes Khoshkhoo, Neshat Jahannemaei

Abstract

In the present study, two drought indices, SPI and SPEI, were utilized at time scales of 1, 6, and 12 months to extract seven drought characteristics, including the annual sum of 1-month drought severity, the annual sum of 1-month drought duration, the percentage of mild and moderate 1-month droughts, the percentage of severe and very severe 1-month droughts, the 6-month drought index for the warm seasons of the year, the 6-month drought index for the cold seasons of the year, and the 12-month drought index at the synoptic station of Marivan. The long-term trends of these drought characteristics over 1992-2023 was analyzed using the non-parametric Mann-Kendall method. The results showed that the agreement between the two indices, SPI and SPEI, was very high during the cold months of the year and significantly low during the warm months. Trend analysis results using Mann-Kendall test based on both indices SPI and SPEI indicated negative trends for the annual sum of 1-month drought severity, the percentage of severe and very severe 1-month droughts, the severity of 6-month droughts during both warm and cold seasons, and the severity of 12-month droughts, while positive trends were observed for the annual sum of 1-month drought duration and the percentage of mild and moderate 1-month droughts. In comparing the two indices SPI and SPEI, it was observed that in most cases, the absolute value of the Mann-Kendall statistic for the SPI index was greater than that for the SPEI index. The overall results showed increasing duration of 1-month droughts but the severe and very severe droughts have tended towards mild and moderate droughts. Regarding the significance of the trends, the only significant trend (at the 5% confidence level) was found for the percentage of mild and moderate 1-month droughts using the SPI index and other trends were not found to be significant.

Keywords: Zrebar Lake, SPI, SPEI, Mann-Kendall, Trend analysis

مقدمه

در میان مخاطرات طبیعی، خشکسالی یکی از پرهزینه‌ترین و فاجعه‌بارترین مخاطرات در سطح جهان به‌شمار می‌آید. برای مقابله با خشکسالی و کاهش آسیب‌های ناشی از آن در یک منطقه، اولین قدم پایش دقیق وضعیت خشکسالی و شناسایی و تحلیل مشخصه‌های تاریخچه‌ای خشکسالی است (پورحمیدیان و خوشخو، ۱۳۹۸). طی سال‌های متمادی تلاش‌های زیادی برای معرفی و توسعه شاخص‌های خشکسالی صورت گرفته است. در کنار بارش، تبخیر تعرق نیز که بخش قابل توجهی از بارش را مصرف می‌کند پارامتری مهم و کلیدی در پایش خشکسالی به‌حساب می‌آید. از جمله مهم‌ترین شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر بارش می‌توان از شاخص بارش استاندارشده (SPI) نام برد. در کنار این شاخص، شاخص بارش–تبخیرتعرق استاندارشده (SPEI)، که تأثیر توأمان بارش و تبخیرتعرق پتانسیل را بر وضعیت خشکسالی در نظر می‌گیرد نیز شاخصی قوی جهت پایش خشکسالی است. از این دو شاخص در تحقیقات عدیده‌ای جهت بررسی مشخصه‌های خشکسالی و پایش آن هم در ایران و هم در سایر نقاط جهان استفاده بعمل آمده است و جزء پرکاربردترین شاخص‌های خشکسالی محسوب می‌شوند (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۴؛ Yo et al., 2017).

از آنجا که در محاسبه اکثر شاخص‌های خشکسالی متغیرهایی مثل بارش، دما و تبخیرتعرق نقش دارند طبیعی است که وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه که با ایجاد تغییراتی در این متغیرها همراه است مستقیماً وضعیت خشکسالی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، ارتباط تنگاتنگی بین خشکسالی و تغییرات اقلیمی وجود دارد. با توجه به اینکه وقوع روندهای درازمدت در فرایندهای هیدروکلیمائی یک منطقه فرضیه رخداد تغییرات اقلیمی را تقویت می‌کند یکی از راه‌های بررسی ارتباط بین خشکسالی و تغییرات اقلیمی، تحلیل روند درازمدت مشخصه‌های خشکسالی است. در این میان، در کنار تحلیل روند درازمدت شدت خشکسالی و مدت خشکسالی که جزء اصلی‌ترین مشخصه‌های خشکسالی محسوب می‌شوند شیوه تغییرپذیری زمانی برخی مشخصه‌های دیگر نظیر درصد فراوانی وقوع انواع مختلف خشکسالی‌ها (خفیف، متوسط، شدید، بسیار شدید) نیز دارای اهمیت شایانی است. در پژوهش حاضر، ابتدا از دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI در گام‌های زمانی ۱، ۶ و ۱۲ ماهه جهت استخراج ۷ مشخصه مختلف خشکسالی که مبتنی بر شدت، مدت و فراوانی وقوع خشکسالی‌ها بودند در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ استفاده شد سپس در ادامه، به تحلیل روند تغییرات درازمدت این مشخصه‌های خشکسالی طی یک دوره مذکور با هدف جستجوی اثر تغییرات اقلیمی بر وضعیت خشکسالی در شهرستان مریوان پرداخته شد.

مواد و روش

ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مریوان که در فاصله ۵ کیلومتری این دریاچه واقع شده است جهت انجام این پژوهش انتخاب شد. یک دوره آماری ۳۲ ساله (۲۰۲۳-۱۹۹۲) در نظر گرفته شد و طی این دوره، داده‌های هواشناسی روزانه این ایستگاه شامل میانگین دما، درصد رطوبت نسبی، سرعت باد، طول ساعات آفتابی و بارش تهیه شدند. جهت مطالعه مشخصه‌های مختلف خشکسالی در این تحقیق، ، از دو شاخص SPEI (مبتنی بر بارش و تبخیرتعرق مرجع) و SPI (مبتنی بر بارش) استفاده شد. جهت محاسبه شاخص SPI ابتدا تابع چگالی احتمال گاما[1] بر سری زمانی بارش در گام‌های زمانی ۱ ماهه، ۶ ماهه و ۱۲ ماهه برازش داده شد سپس شاخص SPI بر اساس روابط زیر (که در واقع مبتنی بر یک تقریب می‌باشند) محاسبه شد (Lloyd-Hughes *et al.*, 2002):

$$for \quad 0 < H(x) \leq 0.5 : \; SPI = -(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}) \qquad (۱)$$

$$for \quad 0.5 < H(x) < 1 : SPI = +(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}) \qquad (۲)$$

که H(x) توزیع تجمعی گاما است و t نیز بسته به مقدار احتمال تجمعی بر اساس توزیع گاما از یکی از دو رابطه زیر بدست می‌آید:

[1] Gamma

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(H(x))^2}\right]} \qquad for \quad 0 < H(x) \leq 0.5 \tag{۳}$$

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(1-H(x))^2}\right]} \; for \quad 0.5 < H(x) < 1 \tag{۴}$$

ضرایب C_0، C_1، C_2، d_1، d_2 و d_3 نیز ضرایب ثابت معادله هستند و مقادیر آنها به‌ترتیب برابر با ۲/۵۱۵۵۱۷، ۰/۸۰۲۸۵۳، ۰/۰۱۰۳۲۸، ۱/۴۳۲۷۸۸، ۰/۱۸۹۲۶۹ و ۰/۰۰۱۳۰۸ لحاظ می‌شود.

جهت محاسبه شاخص SPEI در گام‌های زمانی ۱ ماهه، ۶ ماهه و ۱۲ ماهه، ابتدا اختلاف بین مقادیر تجمعی بارش (P_i) و تبخیرتعرق مرجع ($ET0_i$) در هر گام زمانی محاسبه شد ($D_i = P_i - ET0_i$). جهت محاسبه مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع و استفاده از آنها در محاسبه شاخص خشکسالی SPEI، از روش فائو- پنمن- مانتیث که استانداردترین روش جهت محاسبه تبخیر تعرق مرجع تحت شرایط اقلیمی مختلف محسوب می‌شود استفاده شد. در انتها، احتمال تجمعی مقادیر D_i با برازش دادن یک تابع چگالی احتمال (به‌طور معمول تابع لوگ لجستیک) براساس روابط زیر محاسبه گردید (Vicente-Serrano *et al.*, 2010):

$$F(x) = \left[\left(1+\left(\frac{a}{x-\gamma}\right)^{\beta}\right)\right]^{-1} \tag{۵}$$

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \tag{۶}$$

که $F(x)$ تابع توزیع احتمال تجمعی سری زمانی D_i (به تعبیری دیگر احتمال تجاوز از یک مقدار D_i معین) است و پارامترهای α، β و γ نیز پارامترهای تجربی تابع توزیع احتمال هستند. مقدار W با در نظر گرفتن رابطه $P(D) = 1 - F(x)$ و برای حالتی که $0 < P(D) \leq 0.5$ باشد از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$W = \sqrt{-2\ln P(D))} \tag{۷}$$

برای حالتی که $P(D) > 0.5$ باشد نیز کافیست در رابطه فوق ابتدا به جای $P(D)$ مقدار $1 - P(D)$ را جایگزین کرد سپس بعد از قرار دادن W حاصله در رابطه (۶)، علامت SPEI باید عوض شود (اگر منفی است مثبت شود و برعکس). مقادیر ضرایب C_0، C_1، C_2، d_1، d_2 و d_3 نیز همان مقادیری هستند که برای شاخص SPI لحاظ شدند. برای محاسبه و استخراج شاخص‌های خشکسالی مذکور از زبان برنامه‌نویسی R استفاده شد.

در این پژوهش، برای هر دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI، تعداد ۷ مشخصه خشکسالی (۴ مشخصه در گام زمانی یک‌ماهه، ۲ مشخصه در گام زمانی ۶ ماهه و ۱ مشخصه در گام زمانی ۱۲ ماهه) طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ برای ایستگاه سینوپتیک مریوان محاسبه و استخراج شدند و روند درازمدت تغییرپذیری آنها با بکارگیری روش ناپارامتری من–کندال مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. مشخصه‌های خشکسالی به شرح زیر استخراج شدند:

۱- جمع سالانه شدت خشکسالی ۱ ماهه: جهت محاسبه آن در هر سال مشخص، حاصل‌جمع مقادیر شاخص خشکسالی برای ماه‌هایی از سال که کمتر از ۰/۵- (که کمترین مقدار شاخص نمایانگر وقوع خشکسالی برای هر دو شاخص SPI و SPEI است) حاصل آمده بود محاسبه گردید.

۲- جمع سالانه مدت خشکسالی ۱ ماهه: جهت محاسبه آن در هر سال مشخص، تعداد ماه‌هایی از سال که شاخص خشکسالی برای آنها کمتر از ۰/۵- حاصل آمده بود محاسبه شد.

۳- درصد خشکسالی‌های ۱ ماهه خفیف و متوسط در هر سال: جهت محاسبه آن در هر سال مشخص، از بین کل ماه‌هایی که تحت خشکسالی قرار گرفته بودند درصد ماه‌هایی که شاخص خشکسالی آنها بین ۰/۵- تا ۱/۵- بود محاسبه شد.

۴- درصد خشکسالی‌های ۱ ماهه شدید و بسیار شدید در هر سال: جهت محاسبه آن در هر سال مشخص، از بین کل ماه‌هایی که تحت خشکسالی قرار گرفته بودند درصد ماه‌هایی که شاخص خشکسالی آنها کمتر از ۱/۵- بود محاسبه شد.

۵- شاخص خشکسالی ۶ ماهه برای فصول گرم سال (فصول بهار و تابستان از اول آوریل تا آخر سپتامبر هر سال)

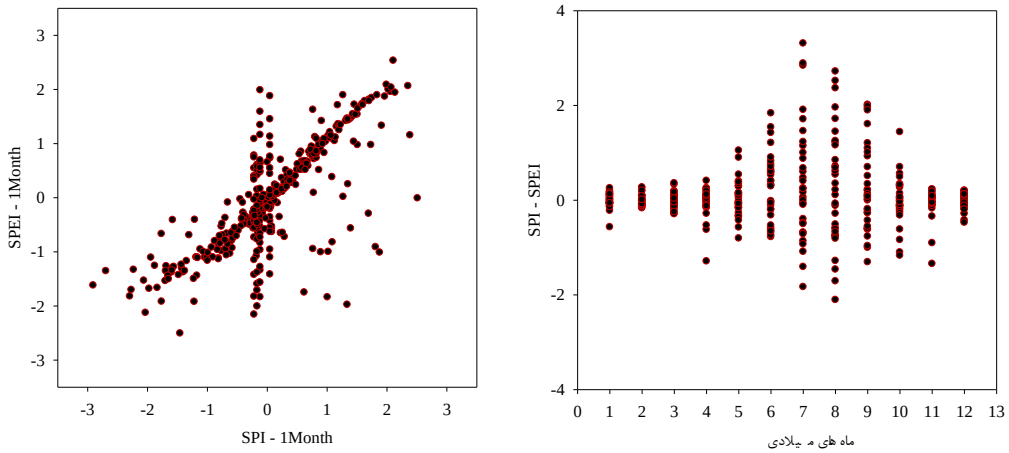
۶- شاخص خشکسالی ۶ ماهه برای فصول سرد سال (فصول پاییز و زمستان از اول اکتبر تا آخر مارس هر سال)

۷- شاخص خشکسالی ۱۲ ماهه (از اول ژانویه تا آخر دسامبر هر سال)

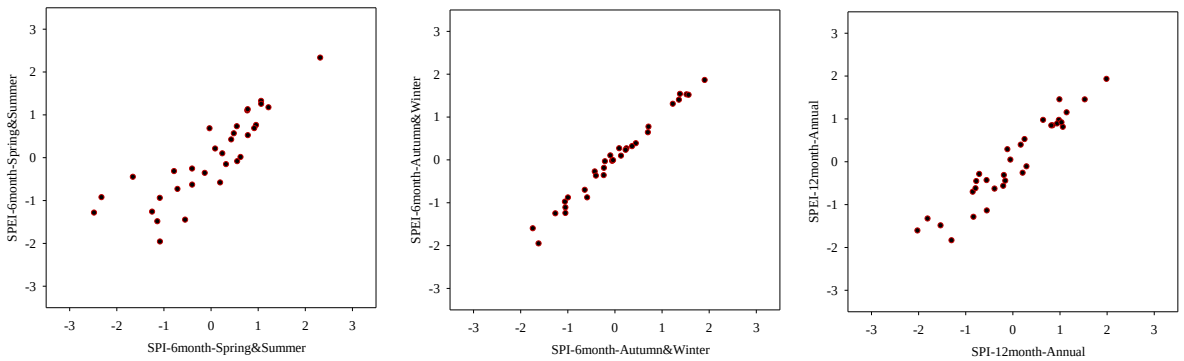
نتایج و بحث

در شکل ۱ (سمت چپ) دیاگرام پراکنش بین مقادیر دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI در گام زمانی یک‌ماهه برای ایستگاه مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ نشان داده شده است. دیده می‌شود که در برخی موارد توافق مناسبی و در برخی موارد نیز تفاوت‌های چشمگیری بین مقادیر ماهانه این دو شاخص رخ داده است. به جهت ارزیابی دقیق‌تر این مسأله، تفاضل بین مقادیر ماهانه شاخص SPEI از شاخص SPI برای تک‌تک ماه‌های سال طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ در ایستگاه مریوان محاسبه شد. نتایج حاصله در شکل ۱ (سمت راست) آورده شده است که نمایانگر آن است که طی ماه‌های می‌تا اکتبر، تفاوت بین مقادیر این دو شاخص بطور چشمگیری بیشتر از سایر ماه‌های سال بوده است. بیشترین مقدار این تفاضل طی دو ماه جولای و آگوست مشاهده شد که منطبق بر فصل تابستان می‌باشد و کمترین تفاضل بین مقادیر این دو شاخص نیز طی ماه‌های سرد سال مشاهده گردید. در شکل ۲ نیز دیاگرام پراکنیش مقادیر ۶ ماهه (به تفکیک طی فصل‌های گرم و فصل‌های سرد سال) این دو شاخص و همچنین مقادیر سالانه آنها نشان داده شده است. در این شکل نیز دیده می‌شود که توافق بین دو شاخص طی فصول سرد سال (پاییز و زمستان) بسیار بالاست اما طی فصول گرم سال (بهار و تابستان)، از میزان این توافق بطور چشمگیری کاسته شده است. مقادیر ۱۲ ماهه این دو شاخص که دربرگیرنده کل ماه‌های گرم و سرد سال با یکدیگر است توافق مناسبی بین این دو شاخص را نشان می‌دهد. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد طی ماه‌های گرم سال که میزان بارش بسیار کم است عامل تعیین‌کننده در مقدار شاخص SPEI بیشتر معطوف به تبخیرتعرق مرجع است و تأثیر بارش طی این ماه‌ها بر روی این شاخص ناچیز است. همین امر باعث ایجاد تفاوت‌های فاحش طی ماه‌های گرم سال بین این شاخص با شاخص SPI که صرفاً مبتنی بر بارش است گردیده است. طی ماه‌های سرد سال که میزان بارش زیاد و میزان تبخیرتعرق مرجع پایین است تأثیر بارش در محاسبه شاخص SPEI بالا و تأثیر تبخیرتعرق مرجع بر روی آن پایین است و این مسأله سبب نزدیک شدن مقادیر دو شاخص فوق طی ماه‌های سرد سال گردیده است.

در جدول ۱، نتایج حاصل از بکارگیری آزمون ناپارامتری من–کندال جهت تحلیل روند درازمدت مشخصه‌های مختلف خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مریوان بر اساس هر دو شاخص SPI و SPEI نشان داده شده است. نتایج کلی حاکی از روندهای منفی برای جمع سالانه شدت خشکسالی ۱ ماهه، درصد خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید ۱ ماهه، شدت خشکسالی ۶ ماهه طی هر دو فصول گرم و سرد سال و شدت خشکسالی ۱۲ ماهه و روندهای مثبت برای جمع سالانه مدت خشکسالی‌های ۱ ماهه و درصد خشکسالی‌های خفیف و متوسط ۱ ماهه بر اساس هر دو شاخص SPI و SPEI می‌باشد. به لحاظ مقایسه بین دو شاخص SPI و SPEI، دیده می‌شود که در اکثر موارد، قدرمطلق آماره من–کندال برای شاخص SPI بزرگتر از شاخص SPEI به‌دست آمده است. این امر حاکی از آن است از آنجائی که شاخص SPEI مبتنی بر برهمکنش بین بارش با تبخیرتعرق مرجع است لذا تعامل بین این دو متغیر مهم، قدرمطلق آماره من–کندال را برای شاخص SPEI به سمت مقادیر کمتری در مقایسه با شاخص SPI که صرفاً مبتنی بر بارش است سوق داده است. در مجموع می‌توان گفت که در ایستگاه سینوپتیک مریوان از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۳، به تعداد ماه‌هایی از سال که درگیر خشکسالی می‌شوند افزوده شده اما از فراوانی وقوع خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید کاسته شده و به سمت خشکسالی‌های خفیف و متوسط سوق پیدا کرده است. به لحاظ معنی‌دار بودن روند تغییرات، تنها روند معنی‌دار (در سطح اطمینان ۵٪) برای درصد خشکسالی‌های خفیف و متوسط ۱ ماهه در هر سال با بکارگیری شاخص SPI به‌دست آمد و سایر روندها، حتی در سطح اطمینان ۱۰ درصد نیز توسط آزمون من–کندال، معنی دار تشخیص داده نشدند.



شکل ۱: دیاگرام پراکنش بین مقادیر SPI و SPEI در گام زمانی یک ماهه (شکل سمت چپ) و تفاضل بین SPEI از SPI طی ماه‌های مختلف (شکل سمت راست) در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲



شکل ۲: دیاگرام پراکنش بین مقادیر SPI و SPEI در گام زمانی ۶ ماهه (به تفکیک طی فصول گرم و سرد سال) و ۱۲ ماهه در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲

جدول ۱: مقادیر آماره من–کندال حاصل از تحلیل روند مشخصه‌های مختلف خشکسالی طی دوره ۲۰۲۳-۱۹۹۲ بر اساس هر دو شاخص SPI و SPEI در ایستگاه سینوپتیک مریوان

ویژگی خشکسالی	SPEI	SPI
جمع سالانه شدت خشکسالی‌های ۱ ماهه	-۰/۱۶	-۰/۷۹
جمع سالانه مدت خشکسالی‌های ۱ ماهه	۰/۵۲	۱/۵۱
درصد خشکسالی‌های خفیف و متوسط ۱ ماهه در هر سال	۰/۹۶	***۲/۲۳**
درصد خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید ۱ ماهه در هر سال	-۰/۹۶	-۱/۳۵
شدت خشکسالی ۶ ماهه (فصول گرم سال)	-۰/۶۸	-۱/۴۶
شدت خشکسالی ۶ ماهه (فصول سرد سال)	-۱/۳۷	-۱/۱۹
شدت خشکسالی ۱۲ ماهه	-۱/۴۸	-۱/۵۸

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر که با هدف جستجوی تأثیر روند تغییرات درازمدت اقلیمی بر مشخصه‌های مختلف خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ انجام شد بیانگر آن است که در این منطقه، خشکسالی‌های ۱ ماهه در سال متمایل به وقوع با فراوانی بیشتر بوده است اما در عین حال از خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید به سمت خشکسالی‌های خفیف و متوسط سوق پیدا کرده است. نتایج کلی همچنین حاکی از آن است که شاخص SPI بزرگی روندها را در مقایسه با شاخص SPEI برجسته‌تر و چشمگیرتر نشان می‌دهد. اگرچه روندهای مشاهده‌شده در غالب موارد غیرمعنی‌دار بودند اما با تداوم وضعیت مشاهده‌شده طی دوره‌های آتی، این امکان وجود دارد که این روندها در اثر وقوع تغییرات اقلیمی آتی، حالت معنی‌داری به خود بگیرند و منجر به تشدید اثرات خشکسالی در این منطقه گردند. لذا کسب آگاهی و پایش مداوم وضعیت خشکسالی در مواجهه با تغییرات اقلیمی لازم است طی دوره‌های آتی نیز انجام شد تا با طولانی‌تر شدن دوره آماری، دیدگاهی جامع‌تر و واقع بینانه‌تر در خصوص ارتباط بین تغییرات اقلیمی با وقوع خشکسالی‌ها در این منطقه حاصل آید.

مراجع

پورحمیدیان، س.، خوشخو، ی. ۱۳۹۸. **تحلیل روند درازمدت تغییرات فصلی و سالانه وضعیت خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه با بکارگیری شاخص EDDI** . ششمین کنفرانس بین‌المللی تغییر اقلیم. ۲۷ و ۲۸ آبان. تهران.

زارع ابیانه ح.، قبائی م.، مساعدی، ا. ۱۳۹۴. **پایش خشکسالی بر مبنای شاخص بارش- تبخیر و تعرق استانداردشده (SPEI) تحت تأثیر تغییراقلیم**. نشریه آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۲، صفحات ۳۹۲-۳۷۴.

Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A. 2002. **A drought climatology for Europe**. International Journal of Climatology, 22(13): 1571–1592.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S. and López-Moreno, J.I. 2010. **A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index**. Journal of Climatology, 23(7): 1696–1718.

Yoo, J., Kwon, H.H., Lee, J.H., Kim, T.W. 2017. **Influence of evapotranspiration on future drought risk using bivariate drought frequency curves**. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(5): 2059-2069.

اهمیت دریاچه‌ی زریبار در بازسازی محیط‌ها و آب و هوای دیرینه در طی هولوسن با تاکید بر دانه‌بندی رسوبات و ایزوتوپ اکسیژن ۱۸

امید رحیمی[۱]، فاطمه حبیبی[۲]

۱- دکترای ژئومورفولوژی، دبیر اداره آموزش و پرورش، omidrahimi@ut.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مدیریت ورزشی

چکیده

استفاده از رسوبات دریاچه‌ای آرشیو ارزشمندی جهت بازسازی آب و هوای دیرینه و محیط‌های دیرینه می‌باشد، در این مقاله مغزه‌ی رسوبی ۷۰۰ سانتی‌متری برداشت شده از دریاچه‌ی زریبار مورد آزمایش و تجزیه و تحلیل دانه‌بندی قرار گرفت و تعداد سه نمونه از رسوبات از طریق کربن ۱۴ تعیین سن گردید و نتایج آن با میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در طول هولوسن مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصله چهار تغییر عمده آب و هوایی و تغییر سطح آب دریاچه را شامل ۱- افزایش سطح آب دریاچه و کاهش در میزان تبخیر در ۹۱۰۰ تا ۶۸۰۰ سال قبل منطبق با کاهش در میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ و افزایش در میزان بارش زمستانه، ۲- کاهش سطح آب دریاچه، کاهش در میزان بارش و افزایش در میزان تبخیر در ۶۸۰۰ تا ۴۱۲۰ سال قبل منطبق با افزایش در میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ و افزایش میزان بارش بهاره، ۳- در بازه‌ی زمانی بین ۴۱۲۰ تا ۳۱۰۰ سال قبل رسیدن سطح آب دریاچه به بالاترین میزان و رسیدن میزان بارش به بیشترین مقدار در طول هولوسن و ۴- در بازه‌ی زمانی بین ۳۱۰۰ تا ۱۳۰۰ سال قبل رسیدن سطح آب دریاچه به پایین‌ترین میزان و کاهش در میزان بارش به کمترین مقدار در طول هولوسن است.

کلید واژه‌ها: آب و هوای دیرینه، ایزوتوپ اکسیژن ۱۸، دریاچه زریبار، دانه‌بندی رسوبات، هولوسن

The importance of Lake Zrebar in reconstructing paleoclimate and paleoenvironments during the Holocene with emphasis on sediment grain size and ^{18}O isotope

Abstract

Using Zrebar Lake sediments is a very important archive for reconstructing paleoclimates and paleoenvironments. In this paper, a 700 cm sediment core taken from Zrebar Lake was tested and analyzed for grain size distribution. Three sediment samples were dated using carbon-14 method, and the results were compared with the amount of ^{18}O isotope during the Holocene. The results show four major climatic changes and changes in lake water level, including 1- an increase in lake water level and a decrease in evaporation rate between 9100 and 6800 years ago, consistent with a decrease in ^{18}O isotope levels and an increase in winter precipitation; 2- a decrease in lake water level, a decrease in precipitation rate, and an increase in evaporation rate between 6800 and 4120 years ago, consistent with an increase in ^{18}O isotope levels and an increase in spring precipitation; 3- a peak in lake water level between 4120 and 3100 years ago and the highest precipitation rate during the Holocene; and 4- a decrease in lake water level between 3100 and 1300 years ago and the lowest precipitation rate during the Holocene.

Keywords: Paleoclimate, ^{18}O isotope, Zrebar Lake, Grain size, Holocene

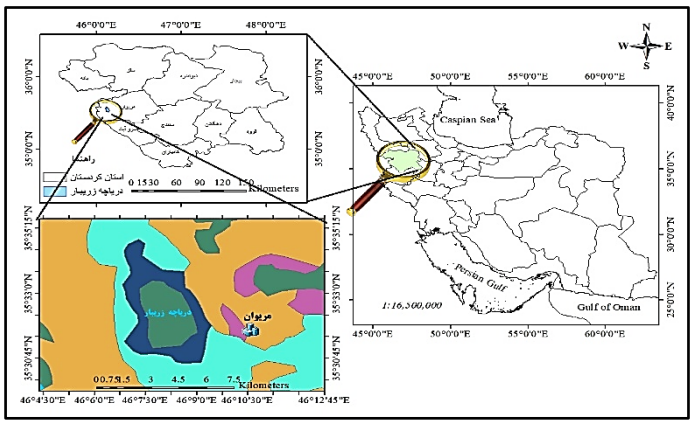
مقدمه

دریاچه‌ها، محیط‌های رسوبی بسیار مناسبی برای بررسی آب وهوای دیرینه هستند بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناسی، برای شناخت و تکامل ویژگی‌های رسوبی اواخر دوره‌ی کواترنری، بسیار مفید است. حوضه‌های بسته، به دلیل حساسیت بسیار زیاد نسبت به بالانس تبخیر و بارش، مناسب‌ترین آرشیو برای بررسی‌های دریاچه‌شناسی و آب و هوای دیرینه به شمار می‌روند (لک و فیاضی، ۲۰۰۷). از شرایط محیطی و تغییرات آب و هوا به عنوان مهم‌ترین فاکتور در تغییرات اقتصادی –اجتماعی، مهاجرت و حتی سقوط تمدن‌ها اشاره شده است، اگر چه این یک مسئله‌ی جهانی است اما در مناطق نیمه خشک جهان شبیه جنوب غربی آسیا یعنی جائیکه آب یک منبع کلیدی برای فعالیت تمدن‌هاست دارای اهمیت بیشتری است (کیلی و همکاران، ۲۰۱۵). محیط‌های دریاچه‌ای واقع در مناطق غربی ایران یکی از آرشیوهای بسیار اساسی و بنیادی برای بازسازی و بررسی محیط‌های دیرینه و تغییرات آب و هواهای دیرینه در طی کواترنر پسین به ویژه در طول پلیئستوسن و هولوسن می‌باشد. مطالعات بسیار خوبی با توجه به شاخص‌های متعددی برای بازسازی محیط‌های دیرینه و آب و هواهای دیرینه در منطقه‌ی مورد مطالعه انجام شده است از جمله رکوردهای ثبت شده در رسوبات دریاچه‌ی زریبار شامل تحلیل گرده‌های گیاهی توسط (وان‌زیست و رایت، ۱۹۶۳)، ژئوشیمی رسوبات توسط (هوت چینسون و کوگ ویل، ۱۹۶۳)، ماکروفسیل‌های گیاهی توسط (واسی لیکوا، ۱۹۶۷) دیاتومه‌ها توسط (اسنایدر و همکاران، ۲۰۰۱) ایزوتوپ‌های پایدار توسط (استیونس و همکاران، ۲۰۰۱)، شواهد ژئومورفولوژیکی و دانه‌بندی رسوبات (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱). در این مقاله به بررسی تغییرات آب و هوایی و تغییرات سطح آب دریاچه‌ی زریبار با استفاده از دانه‌بندی رسوبات و تغییرات در میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در طول هولوسن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

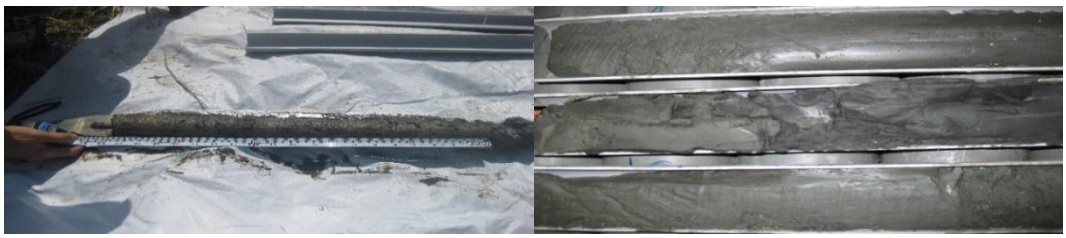
دریاچه‌ی زریبار در طول جغرافیایی۴۶ درجه و ۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۸۵ متری بالاتر از سطح دریا در سه کیلومتری شمال غربی شهر مریوان، در کوه‌های زاگرس در استان کردستان قرار گرفته است. حداکثر طول دریاچه زریبار حدود ۴/۸ کیلومتر (با رویش‌های مرتبط ۸/۷ کیلومتر) و عرض آن حدود ۲/۱ کیلومتر با پوشش گیاهی ۴/۴ کیلومتر است. این دریاچه به وسیله‌ی مخروط افکنه‌های مختلف احاطه شده است و آب دریاچه شیرین می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه و موقعیت دریاچه‌ی زریبار

نمونه‌برداری از رسوبات دریاچه زریبار

مغزه‌ای رسوبی به طول ۷۰۰ سانتی‌متر از بخش غربی دریاچه‌ی زریبار با استفاده از مغزه‌گیر پیت کورر روسی متعلق به دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران با طول ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۵ سانتی‌متر برداشته شد (شکل ۲).



شکل ۲: نمونه‌های مغزه‌ی رسوبی برداشت شده با استفاده از نمونه‌بردار پیت کورر روسی از دریاچه‌ی زریبار (منبع: نگارندگان)

کرونولوژی (اندازه‌گیری و تعیین سن رادیوکربن، کالیبره کردن آن)

تعداد سه نمونه از رسوبات دریاچه‌ای در موسسه‌ی تحلیل شتاب دهنده‌ی ال تی دی[1] واقع در شیراکاوای[2] ژاپن با استفاده از روش کربن ۱۴ به وسیله‌ی طیف‌سنج جرمی شتابنده (AMS) تعیین سن گردیدند، سن کربن ۱۴ به دست آمده با استفاده از برنامه و نرم‌افزار OxCal 4.4.4 (برونک رمزی و همکاران، ۲۰۱۷) با استفاده از مجموع داده‌ها و منحنی اتمسفریک IntCal 20 کالیبره گردید و به سن تقویمی به صورت BP قبل از زمان حال حاضر (۱۹۵۰ میلادی) تبدیل گردید (جدول ۱).

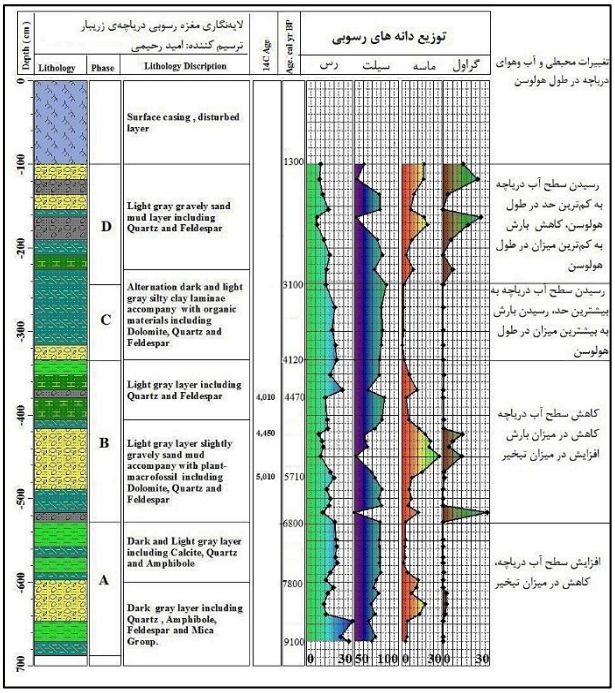
جدول ۱: نتایج سن کربن ۱۴ و سن کالیبره شده مربوط به نمونه‌های مغزه‌ی دریاچه‌ی زریبار.

شمارهٔ آزمایشگاه	عمق مغزه(cm)	سن کربن ۱۴ (yrBP)	سن کالیبره شده (95.4% probability - yr BP)
IAAA-111765	-373	4010±30	4470calBP
IAAA-111763	-416	4450±30	4555calBP
IAAA-111764	-468	5010±30	5710calBP

آزمایشات و نتایج دانه‌بندی رسوبات

ابتدا برای برداشت مواد آلی از نمونه‌ها از ۳۰٪ آب اکسیژنه استفاده گردید. جهت جدا سازی به مدت ۱۰ دقیقه در داخل حمام التراسونیک قرار داده شد. نمونه‌های بالای ۶۳ میکرون با استفاده از الک شیکر به روش مرطوب در شش فراکسیون دو میلی‌متر، یک میلی‌متر، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۳ میکرون به روش فولک و وارد انجام شد. نمونه‌های زیر ۶۳ میکرون با استفاده از دستگاه لیزر دانه‌بندی ذرات در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی دانه‌بندی شد (شکل ۳).

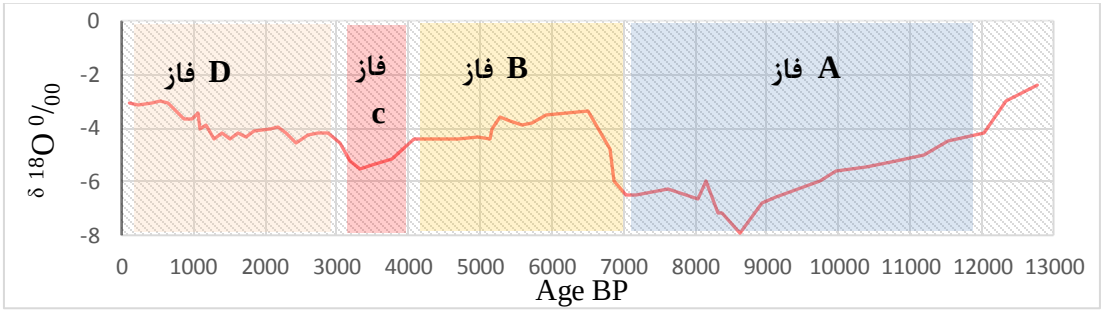
[1] Institute of Accelerator Analysis Ltd
[2] Shirakawa



شکل ۳: نمودار لایه‌نگاری و دانه‌بندی رسوبات و سن کالیبره شده مربوط به مغزه‌ی رسوبی دریاچه‌ی زریبار (منبع: نگارندگان)

آزمایشات و نتایج ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ (^{18}O)

آزمایشات ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ در دریاچه‌ی زریبار توسط استیونس و همکاران ۲۰۰۱ بر روی مغزه‌های برداشت شده از کف دریاچه‌ی زریبار انجام شده است که تاریخچه‌ی ۱۳۰۰۰ ساله‌ای را از شرایط محیطی این دریاچه ارائه داده‌اند. در این مقاله نتایج کارهای او مورد استفاده قرار گرفته شده است (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار تغییرات میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در طول هولوسن (منبع: استیونس و همکاران، ۲۰۰۱)

بحث و نتیجه‌گیری

در بیشتر موارد، پارامترهای اندازه دانه رسوبات دریاچه را می‌توان به عنوان شاخص‌های شرایط هیدرولوژیکی مشاهده کرد و برخی از آنها نیز به تغییرات سطح دریاچه حساس هستند، در داخل دریاچه‌ها، مناطق کم عمق نزدیک‌تر به خط ساحلی، دارای انرژی بالاتری نسبت به مناطق عمیق‌تر دور از ساحل هستند، که منجر به رسوب ذرات درشت‌تر، نزدیک به خط ساحلی و ذرات ریزتر در مرکز می‌شود (Xiao et al., 2009) . بنابراین درصد دانه‌های ریز در رسوبات دریاچه در دوره‌های بالا بودن سطح دریاچه افزایش می‌یابد و درصد دانه‌های درشت در طول دوره‌های پایین بودن سطح دریاچه افزایش می‌یابد.

تغییرات در میزان ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در زریبار به علت تغییرات فصلی بارش است، به این صورت که افزایش بارش زمستانه با داشتن مقادیر سبک‌تر ایزوتوپ اکسیژن، باعث منفی‌تر شدن مقادیر ایزوتوپی در زریبار شده است (Stevens et al, 2001). در حالی که جونز تبخیر را از عوامل اصلی مقادیر ایزوتوپی زریبار می‌داند (Jones & Robert, 2007). با توجه به نتایج به دست آمده از دانه‌بندی و تغییرات در میزان ^{18}O مهم‌ترین تغییرات آب و هوایی قابل اثبات در دریاچه به صورت زیر است:

در اوایل هولوسن، ۹۱۰۰ تا ۶۸۰۰ سال قبل (فاز A)، کاهش در میزان رسوبات درشت دانه‌ی گراول و ماسه و افزایش میزان رسوبات ریز دانه‌ی رس و سیلت، افزایش سطح آب دریاچه و کاهش میزان تبخیر در این بازه زمانی را نشان می‌دهد (شکل ۳)، همچنین ۱۱۷۰۰ تا ۷۰۰۰ سال قبل (فاز A) میزان ^{18}O کاهش می‌یابد (‰ ۵/۷۳-) که این تغییر در میزان ^{18}O افزایش در میزان بارش زمستانه را نشان می‌دهد (شکل ۴).

در طول هولوسن میانی، ۶۸۰۰ تا ۴۱۲۰ سال قبل (فاز B) با توجه به افزایش در میزان رسوبات گراول و ماسه و کاهش میزان رس و سیلت سطح آب دریاچه کاهش یافته است که ناشی از کاهش در میزان بارش و افزایش در میزان تبخیر در این بازه زمانی است (شکل ۳). همچنین ۷۰۰۰ تا ۴۰۰۰ سال قبل (فاز B) میزان ^{18}O نسبت به دوره‌ی قبل افزایش می‌یابد (‰ ۴/۱۸-) که این تغییر در میزان ^{18}O افزایش در بارش بهاره را نشان می‌دهد (شکل ۴).

در اواخر هولوسن دو تغییر عمده در میزان دانه‌بندی رسوبات رخ داده است بین ۴۱۲۰ تا ۳۱۰۰ سال قبل با توجه به کاهش رسوبات گراول و ماسه و افزایش میزان سیلت و رس، سطح آب دریاچه به بالاترین میزان و میزان بارش به بیشترین مقدار رسیده است و بین ۳۱۰۰ تا ۱۳۰۰ سال قبل افزایش در میزان گراول و ماسه و کاهش در میزان سیلت و رس حاکی از رسیدن سطح آب دریاچه به کمترین میزان و کاهش در میزان بارش به کمترین مقدار در طول هولوسن است (شکل ۳). همچنین دو تغییر در میزان ^{18}O در این مرحله رخ می‌دهد در ۴۰۰۰ تا ۳۰۰۰ قبل (فاز C) میزان ^{18}O نسبت به مرحله‌ی قبل کاهش می‌یابد (‰ ۵/۲-) و از ۳۰۰۰ سال قبل به بعد (فاز D) میزان ^{18}O به بیشترین میزان در طول هولوسن می‌رسد (‰ ۳/۸۴-) که احتمالا کاهش در میزان بارش را در اواخر هولوسن نشان می‌دهد (شکل ۴).

مراجع

مقصودی، م.، جعفربگلو، م.، عزیزی، ق.، رحیمی، ا. ۱۳۹۱. **شواهد ژئومورفولوژی تغییرات سطح دریاچه زریبار در طی هولوسن**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

Hutchinson, G. E., and Cowgill, U. M.1963. **Chemical examination of a core from Lake Zeribar, Iran**. Science, 140(3562): 67-69.

Jones, M.D. and Roberts, C.N., 2008. **Interpreting lake isotope records of Holocene environmental change in the Eastern Mediterranean**. Quaternary International, 181(1): 32-38.

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., Kushnir, Y., 2015. **Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought**. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 112: 3241-3246.

Lak, R. and Fayazi, F., 2007. **Sedimentological Evidences of a Major Drought in the Mid – Late Holocene of the Lake Maharlou, SW Iran,** Submitted to 4th International Limnogeology Congress.

Ramsey, C.B. 2017. **Methods for summarizing radiocarbon datasets**. Radiocarbon 59(6): 1809-1833.

Snyder, J.A., Wasylik, K., Fritz, S.C., Wright Jr, H.E. 2001. **Diatom-based conductivity reconstruction and palaeoclimatic interpretation of a 40-ka record from Lake Zeribar, Iran.** The Holocene, 11(6): 737-745.

Stevens, L.R., Wright Jr, H.E., Ito, E. 2001. **Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran**. The Holocene, 11(6): 747-755.

Van Zeist, W., and Wright, H. E. 1963. **Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros Mountains, and southwestern Iran**. Science, 140(3562): 65-67.

Wasylikowa, K. 1967. **Late quaternary plant macrofossils from Lake Zeribar, western Iran**. Review of Palaeobotany and Palynology, 2(1-4): 313-318.

Xiao, J.L., Chang, Z.G., Bin, S., Qin, X.G., Itoh, S., Lomtatidze, Z., 2009. **Partitioning of the grain-size components of Dali Lake core sediments: evidence for lake-level changes during the Holocene**. Journal of Paleolimnology, 42 (2): 249-260.

پنل ۳: جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، سیاسی و اجتماعی زریبار

نقش فضاهای گردشگری در شخصیت شهروندی

علی موحد

عضو هیات علمی گروه گردشگری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.movahed@khu.ac.ir

چکیده

شخصیت و هویت شهروندی به‌عنوان یک هویت اجتماعی درون یک بستر شکل می‌گیرد. فضاهای گردشگری به‌عنوان بخشی از محیط شهری، موجبات بروز الگوهای رفتاری خاص در این بستر است که در دو بعد احساسی و ذهنی شکل می‌گیرد. هدف از این تحقیق بررسی و تحلیل نقش فضاهای گردشگری در شخصیت شهروندی و مهمان نوازی است. مؤلفه‌های رفتاری شامل: مؤلفه‌های شناختی-عاطفی و مؤلفه‌های ادراک محیطی که در دو متغیر کلی تحقیق شامل تعلق مکانی و مشارکت شهروندان هستند که در چارچوب جغرافیای رفتاری موردبررسی قرارگرفته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد متغیرهای شناخت فضاها، احساس مسئولیت، احترام به گردشگران، علاقه به توسعه فضای گردشگری و راهنمایی گردشگران بیشترین فراوانی و تأثیر را در شخصیت شهروندی داشته‌اند. نتایج نشان می‌دهد متغیرهای تعلق مکانی و مشارکت شهروندان بیشترین تأثیر را می‌تواند داشته باشد. در بین متغیرها، متغیر علاقه به توسعه فضای گردشگری، شناخت فضاها، احساس مسئولیت، احترام به گردشگران و راهنمایی گردشگران بیشترین تأثیر را دارند. نتایج نشان می‌دهد فضاهای گردشگری نقش مؤثری در شخصیت شهروندی ایفا می‌کنند. تعلق مکانی نقش مهمی در اهمیت فضاهای گردشگری دارد. بنابراین می‌توان انتظار داشت با افزایش تعلق مکانی در شکل‌گیری شخصیت شهروندان نقش مهمی داشته باشد و در بهبود مهمان‌پذیری گردشگران، نظارت و مشارکت در حفاظت از فضاهای گردشگری، و فرهنگ شهروندی تأثیر بیشتری داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: گردشگری شهری، فضاهای گردشگری، جغرافیای رفتاری، شخصیت شهروندی، مهمان نوازی

The Role of Tourism Spaces in Citizenship Personality and Hospitality

Dr. Ali Movahed

Faculty Member, Department of Tourism, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Email: movahed@khu.ac,ir

Abstract

Citizen personality and identity are formed as a social identity within a context. Tourism spaces, as part of the urban environment, cause specific behavioral patterns to emerge in this context, which are formed in two emotional and mental dimensions. The purpose of this study is to investigate and analyze the role of tourism spaces in citizenship personality and hospitality. Behavioral components include: cognitive-emotional components and environmental perception components, which in the two general variables of the study include place belonging and citizen participation, which have been examined within the framework of behavioral geography. The findings show that the variables of recognizing spaces, feeling of responsibility, respect for tourists, interest in developing tourism space, and guiding tourists have the highest frequency and impact on citizenship personality. The results show that the variables of place belonging and citizen participation can have the greatest impact. Among the variables, the variables of interest in developing tourism space, recognition of spaces, sense of responsibility, respect for tourists, and guidance of tourists have the greatest impact. The

results show that tourism spaces play an effective role in the personality of citizens. Place belonging plays an important role in the importance of tourism spaces. Therefore, it can be expected that with increasing place belonging, it will play an important role in the formation of citizen personality and will have a greater impact on improving tourist hospitality, monitoring and participation in the protection of tourism spaces, and citizen culture.

Keywords: Urban tourism, tourism spaces, behavioral geography, citizen personality, hospitality

مقدمه

بحران هویت یا احساس بی‌هویتی به‌عنوان یکی از بحران‌های زندگی انسان معاصر است که در بسیاری از جوامع شهری مشاهده می‌شود. گردشگری با جاذبه‌ها، خدمات، امکانات و حضور گردشگران در ارتباط با ساکنان شهر، باعث ایجاد هویت شهری و رفتارهای مختلفی در شهر می‌شوند که می‌تواند به توسعه گردشگری شهری و درنهایت به توسعه فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی شهرها منجر شود و نقش مؤثری در ارتقای کیفیت زندگی شهروندان و هویت شهری و شخصیت شهروندان داشته باشد.

در علوم اجتماعی، هویت به‌عنوان یک ویژگی اجتماعی در نظر گرفته می‌شود؛ اما تنها بعد اجتماعی هویت نیست که اهمیت دارد، بلکه بعد فضایی و کالبدی است که هویت در درون آن قرار می‌گیرد و توسط آن ایجاد می‌شود. با این حال، هویت به‌عنوان یک رابطه بیان می‌شود و به‌عنوان "حسی که مردم از خود می‌کنند" تعریف می‌شود (Cheshmehzangi, 2015).

هویت، تعیین‌کننده نگرش انسان به محیط زندگی‌اش است. هویت تأثیر مهمی بر شخصیت افراد دارد. شخصیت به‌عنوان یکی از ابعاد هویت تفاوت‌های فردی تحت تأثیر عوامل مختلف (محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی) است که در تعامل با دیگران و فضاهای پیرامونی خود بروز می‌یابد. پایه و اساس رفتار ما، ویژگی‌های محیط و خصوصیات فردی به‌صورت توأم است؛ بنابراین رفتار ما برآیندی از نیازها، انگیزه‌ها، قابلیت محیط، ادراک، تصویر ذهنی و درنهایت معنی است که از انسان و حرکاتی که از وی سر می‌زند تأثیر می‌پذیرد (آلتمن، ۱۳۸۲).

هویت شهروندی به‌عنوان یک هویت اجتماعی درون یک بستر شکل می‌گیرد که تاریخ و سنت، نهادها، عوامل محیطی و جغرافیایی و... بدان معنا بخشیده و تا زمانی که این عوامل پابرجا باشند اهمیت فرد را به‌عنوان یک موضوع محوری در تحلیل هویت [شخصیت] شهروندی حفظ خواهد کرد (امان پور و سجادیان، ۱۳۹۴).

فضاهای شهری به‌ویژه فضاهای گردشگری در شهرها مؤثر بر هویت و شکل‌گیری شخصیت شهروندان است. این تأثیر یک ارتباط دوسویه است. فضاهای [گردشگری] شهری علاوه بر حیات اجتماعی خود، تصور پذیر بوده و در ذهن ساکنان آن نقش بسته و خاطراتی فراموش‌نشدنی بر جای می‌گذارند، و در دل و ذهنشان زنده می‌مانند (حبیبی، ۱۳۸۶).

دو عامل عمده و اساسی باعث خاطره‌انگیزی منظر [فضاهای گردشگری] شهری می‌شوند؛ نخست نقش انگیزی فضاهای شهری به معنای وجود عملکردها، مفاهیم و ویژگی‌های کالبدی مشخص و متمایزی که به‌راحتی در ذهن حک می‌شوند، و دوم برانگیخته شدن احساسات مثبت شهروندان و ایجاد محیطی مأنوس از طریق ایجاد امکان دخل و تصرف در فضا توسط آنان و همچنین افزایش مشارکت شهروندان در نگهداری فضا، به‌نحوی‌که فضا را بخشی از محیط زندگی خود بدانند. به‌این‌ترتیب ذهن آنان انباشته از خاطرات فردی و جمعی خواهد بود (پاکزاد، ۱۳۸۶).

با گسترش معنای مشارکت و را یافتن آن به عرصه‌های مختلف زندگی، امروزه سخن از وضعیتی است که همه مردم در تعیین سرنوشت خویش دخالت آگاهانه و واقعی پیدا کنند. یکی از جدیدترین عرصه‌های بروز مشارکت «مشارکت شهروندان در اداره امور شهر» است که این نوع مشارکت با رشد شهرنشینی، توجه به برنامه‌های توسعه به جلب مشارکت مردم و افزایش آگاهی مردم نسبت به این امر، و از همه مهم‌تر رشد طبقه متوسط اهمیتی دوچندان یافته است. چنین مشارکتی موجب می‌شود شهرنشینان از حالت سکونت صرف در مکانی به نام شهر خارج و به «شهروند» تبدیل شوند (احمدی، و توکلی، بی‌تا: ۷۴). بعضاً مدیران شهری بیشتر به جنبه‌های فیزیکی-کالبدی شهرها توجه نموده و تا حدودی از تأثیرات روانی و ذهنی کالبد شهر بر شهروندان غفلت بورزند (کامور شلمانی و حناچی، ۱۳۹۴). درنتیجه چنین دیدگاهی رابطه ذهنی و عاطفی دوسویه فضاهای

شهری و ساکنان شهر دچار گسست شده و مشارکت شهروندان را در امور شهر ضعیف می‌سازد که خود در احساس و شخصیت شهروندی تأثیر ویرانگری برجای خواهد گذاشت و مشارکت شهروندان را در توسعه شهری دچار اخلال خواهد کرد.

امروزه مشارکت شهروندان، مدیران شهری و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، نقطه عطفی در قلمرو سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه گردشگری شهری است و در بیشتر کلانشهرهای جهان در ساختارهای سیاست‌گذاری و مدیریت، همسو با فرآیندهای جهانی‌سازی، خواهان مشارکت و حضور بیشتر شهروندان در مهمان‌نوازی می‌باشند (Bock, 2015). دانش شهروندی از عقاید و اطلاعات بنیادی تشکیل می‌شود که افراد باید بدانند و به‌کار ببرند تا شهروندان مؤثر و مسئول باشند (حیدری کوشنکو و همکاران، ۱۳۹۸).

مبانی نظری

فرهنگ شهروندی به‌معنای اصول حاکم بر رفتار شهروندان در بردارنده مجموعه‌ای از ارزش، نگرش‌ها قوانین مشترک بنیادی است که احساس مسئولیت، تعهد، احترام به قوانین و مقررات شهر و همچنین مشارکت در تمامی عرصه‌های سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی را به‌دنبال دارد. فرهنگ شهروندی، متأثر از سازه‌ای انسان‌ساخت و جمعی است که الزاماتی را در قالب ارزش‌ها و هنجارها به زندگی انسان وارد می‌سازد. این الزامات اگرچه در طول تاریخ یکسان نبوده اما همواره تعیین‌کننده شیوه زندگی و شکل‌دهنده تعاملات انسانی در بافت نوین زندگی جمعی بوده است و احساس تعلق، تعهد و احترام به میراث مشترک و همچنین تشخیص حقوق و تعهدات شهروندی را به‌دنبال داشته است (گنجی و دیگران، ۱۳۹۳). شهروندی به‌عنوان یک هویت اجتماعی درون یک بستر شکل می‌گیرد که تاریخ و سنت، نهادها، عوامل محیطی و جغرافیایی و... بدان‌معنا بخشیده و تا زمانی که این عوامل پابرجا باشند، اهمیت فرد را به‌عنوان یک موضوع محوری در تحلیل هویت و شخصیت شهروندی حفظ خواهد کرد. درواقع شهروندی در سه سطح مطرح می‌شود که منزلت، حقوق و هویت سطوح سه‌گانه آن را تشکیل می‌دهند. در سطح اول، شهروندی به‌مثابه منزلت است که عضویت در یک جایگاه و ایفای نقش مورد انتظار در اجتماع را توضیح می‌دهد. در سطح دوم شهروندی در بعد حقوق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که بیانگر ظرفیت‌ها و مصونیت‌هایی است که با منزلت ارتباط دارد. در سطح نهایی، شهروندی به‌مثابه هویت مطرح می‌شود که حاکی از جنبه‌های رفتاری کنش فردی در برابر جامعه و درک این مطلب است که فرد بخشی از جامعه را تشکیل می‌دهد. هویت برگرفته از صفات و مشخصات جوهری هر شیء یا شخص یا شهر است که به‌واسطه وجوهی همچون تمایز و تشابه، تداوم و تحول، وحدت و کثرت، شخصیت پیدا می‌کند (شماعی و پوراحمد، ۱۳۹۲). اصول تئوری هویت اجتماعی (Tajfel and Turner,1986; Hogg and Abrams, 1988; Brewer, 2005) بیان می‌دارد وقتی‌که افراد خود را عضو گروه اجتماعی می‌دانند، می‌توانند درک خود را به‌وسیله ترکیب ویژگی‌های مثبت طبقه اجتماعی با خودپنداره خود تقویت کنند. هویت‌یابی با ارائه خودپنداره مثبت در کنار قوانین ضمنی و صریح مرتبط با عضویت در گروه، عدم اطمینان را کاهش می‌دهد و تصمیم‌گیری را تسهیل می‌بخشد (Hogg, 2000)، همچنین یک حس معنادار و تعلق را ارائه می‌دهد (Bauemister and Leary, 1995).

هویت در چهار بعد «شخصی»، «اجتماعی»، «فرهنگی» و «محلی» ترسیم می‌شود. تعمیم‌یافته‌ترین نوع هویت، بعد شخصی است و همه انواع دیگر هویت‌ها، مستقیم یا غیرمستقیم، با این بعد مرتبط هستند. شخصیت از اساس روایت و واقعیت، از خودگذشتگی را شکل می‌دهد، که به اهمیت ادراک فرد از خود و ادراک بین فردی در هنگام تعامل با دیگران و همچنین مفهوم تصویر از خود مربوط می‌شود (Cheshmehzangi, 2015).

هیوم و همکاران (۲۰۰۰)، استدلال می‌کند که شخصیت، یعنی از طریق تجزیه و تحلیل ادراک و احساسات و یک شخصیت در حال تغییر از خود است: «ما هرگز از چیزی جز یک ادراک خاص آگاه نیستیم. انسان مجموعه یا مجموعه‌ای از ادراکات مختلف است که با سرعتی غیرقابل تصور جانشین یکدیگر می‌شوند و در جریان و حرکت دائمی هستند. به‌طورکلی می‌توان هویت شهروندی را دارای دو بعد دانست: بعد احساسی، یعنی اینکه فردی خود را به‌عنوان شهروند بداند که ذهنی است و احساس تعلق نامیده می‌شود. به‌بیان‌دیگر احساس تعلق به یک جامعه نتیجه عناصر عینی و ذهنی تشکیل‌دهنده هویت فرد و دولت

است که با ارجاع به مفهوم و مؤلفه‌های شهروندی می‌توان آن را شناسایی کرد و دیگری بعد رفتاری است که رفتار افراد را شامل می‌شود و امری عینی است و مسئولیت و تعهد افراد را شامل می‌شود. تعلق و تعهد اجتماعی با یکدیگر شخصیت شهروندی را می‌سازند. این دو بعد درواقع از یکدیگر قابل‌تفکیک نیستند و آن‌چنان درهم‌تنیده شده‌اند که در کل شهروندان یک جامعه را تشکیل می‌دهند (امان پور و سجادیان، ۱۳۹۴).

مؤلفه‌های رفتاری مؤثر در شخصیت شهروندی

۱-مؤلفه‌های شناختی-عاطفی

مؤلفه شناختی-عاطفی در اثر تعامل بین افراد و محیط شهری و فضاهای گردشگری آن ایجاد می‌شود. اصولاً تأثیر این مؤلفه‌ها در جهت تأمین نیازهای روانی افراد است (زینلی قطب‌آبادی، ۱۳۹۴). این مؤلفه‌ها همچنین باعث ایجاد تصویر ذهنی مردم از شهر و فضاهای گردشگری آن و تعامل آنان و محیطشان، می‌شود (خطیبی، ۱۳۹۲).

مؤلفه‌های شناختی-عاطفی از دو عنصر اساسی تشکیل می‌شوند:

الف-نیاز

هر فرد دارای تعدادی نیازهای ذاتی است که فعال‌کننده رفتارهای او است (پاکزاد، ۱۳۸۹). هویت [شخصیت] انسان از نیاز طبیعی انسان به شناخته شدن و معرفی شدن به چیزی یا جایی نشأت می‌گیرد. این احساس نیاز به تعلق نیازی ذاتی و اساسی است که در هر فرد وجود دارد (صنیع الاجلال، ۱۳۸۴). دلبستگی به مکان به معنای آن است که تنها بهره‌برداری از مکان مطرح نیست، بلکه باید نوعی احساس، توجه و مراقبه در انسان نسبت به مکان نیز وجود داشته باشد که برآورنده نیاز انسان در سطوحی بالاتر از نیازهای اولیه است (جمشیدی و خداوردی پور سربندری، ۱۳۹۴). بعد از نیاز مردم به تعلق (Baumeister and Leary, 2002)، نیاز به متمایزماندن و منحصربه‌فرد بودن، به‌عنوان یک فرد مستقل وجود دارد (Sheldon and Bettencourt, 2002). این به نیاز ویژه برای فردگرایی شخص مرتبط است، به‌دلیل تأکید بر استقلال شخص و خودشکوفایی، و تعادل هویت فرد با دستاوردها و ویژگی‌های اکتسابی فرد است (Oyserman *et al.*, 2004). ازاین‌رو، مردم برای ایجاد تعادل بین منطبق کردن نگرش‌های اصلی خود با مکان و به رسمیت شناختن خود به‌عنوان یک فرد منحصربه‌فرد همواره در تلاش‌اند.

ب-احساس

از ادراک حسی می‌توانیم دو مفهوم ضمنی به‌دست دهیم:

۱-ادراک حسی به‌منزله دریافت اطلاعات و آگاهی‌ها از طریق اعضای حسی در ارتباط با امر دیداری، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه.

۲-ادراک حسی به‌مثابه بصیرت ذهنی، گستره آگاهی‌های حسی به همراه یادآوری‌ها، پیش‌بینی‌ها و... است (شکوئی، ۱۳۸۲).

در محیط‌های گوناگون جغرافیایی، ادراک و شناخت‌های متفاوتی به انسان می‌نمایاند و تنوع محیطی منجر به تنوع ادراکی نیز می‌شود. این فرآیند شناختی از حواس پنج‌گانه که مستقیماً با محیط در ارتباط است آغاز می‌شود و درنهایت به شناخت می‌انجامد (احمدی، ۱۳۹۵). از دیدگاه نظریه اطلاعات، فضای شهری به‌مثابه حوزه رویدادهایی است که حاوی اطلاعات سه‌بعدی مختلف است. هر فرد زنده به‌طور مرتب به‌وسیله حواس خود از محیط زندگی‌اش اطلاعاتی به‌دست آورده آنها را در مغز خود بررسی می‌کند به‌عبارتی در اینجا محیط در نقش یک «فرستنده» و فرد به‌صورت یک «گیرنده» عمل می‌کند (پاکزاد، جهانشاه، ۱۳۸۹). به‌طورمعمول ادراک یک پدیده یا بهتر بگوییم کیفیت‌های یک پدیده تأثیری روانی/عاطفی بر ما می‌گذارد که به زبان عامیانه می‌گوییم احساسی را در ما برمی‌انگیزاند و یا می‌گوییم از این پدیده به ما این حس یا آن حس دست می‌دهد. به‌عنوان‌مثال با ادراک یک پدیده به ما احساس یک پدیده یا تعلق‌خاطر دست می‌دهد (همان: ۱۰۹).

۲ - مؤلفه ادراک محیطی

هر فردی از محیط طبیعی خود تصویر ذهنی دارد. در یک گروه فرهنگی، تصویر درک شده تا حد زیادی وجه اشتراک دارد. برای توصیف چنین تصاویر ذهنی، جغرافیدانان از اصطلاح ادراک محیطی کمک گرفته‌اند. پیروان مکتب ادراک محیطی معتقدند که نوع انتخاب انسان در محیط بیش از آن‌که به خصایص واقعی و فیزیکی محیط طبیعی وابسته باشد، به‌نحوه ادراک

و نگرش وی از محیط بستگی دارد. ادراک به‌نوبه خود از آموزش‌های فرهنگی مایه می‌گیرد و رنگ می‌پذیرد. ادراک گرایان بر این باورند که انسان‌ها نمی‌توانند محیطشان را به‌طور دقیق آنچنان که هست درک کنند. ازاین‌رو، تصمیم‌های آنها دقیقاً براساس واقعیت‌های محیطی اتخاذ می‌شود (پوراحمد، ۱۳۸۵). اکنون برای بررسی ادراک محیطی عواملی که در این فرآیند دخالت دارند را مورد بررسی قرار می‌دهیم. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که دو عامل محیط و نقشه‌های ذهنی که در بحث مؤلفه‌های شناختی –عاطفی از عوامل اصلی در ایجاد تعلق مکانی بودند در اینجا نیز برای ورد به بحث به‌طور اختصار توضیح داده می‌شوند.

- محیط

محیط عبارت است از مجموعه شرایط خارجی که موجود زنده یا جامعه را احاطه کرده و به‌نحوی در رفتار و فعالیت‌های آنها مؤثر است (احمدی، ۱۳۹۵). ویلیام کرک از بنیان‌گذاران مکتب جغرافیای رفتاری در علم جغرافیا و شناخت روابط انسان و محیط، به دو موضوع معتقد بوده و بر آن تأکید دارد:

الف- محیط پایداری یا عینی: که عبارت است از همان محیط فیزیکی که در آن رفتار ظاهر شود.

ب- محیط رفتاری: که در آن تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد و این تصمیم‌گیری به‌صورت عمل آشکارا در محیط پدیداری درمی‌آید (پوراحمد، ۱۳۸۵).

- تصاویر و نقشه‌های ذهنی

اصطلاح تصویر ذهنی که به فراوانی در ادبیات ادراک محیطی آمده، در یک زمینه مطلق (تجریدی و معنوی) بوده و درواقع به‌صورت عکسی یا تصویری ذهنی از یک عارضه و یا حتی محیط طبیعی در ذهن انسان متجلی می‌گردد. نقشه ذهنی به‌عنوان نمودی از آگاهی، تصویری از یک مکان و یا یک محیط است که به‌عنوان نماینده سازمان‌یافته از واقعیت در مغز یک فرد بسط یافته و به‌عنوان نتیجه‌ای از اطلاعاتی که دریافت شده، محفوظ، قابل احضار و تفسیر شده است. بنابراین می‌توان گفت که نقشه‌سازی ذهنی مبتنی بر به جریان انداختن اطلاعات افراد در مورد ماهیت محیط فضایی آنها بوده و این خود یک توان مهم در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی آن‌ها است (بهفروز، ۱۳۷۰).

- ادراک

ادراک انسان از محیط از محوری‌ترین مقولات در روان‌شناسی محیطی و فرآیند کسب اطلاعات از محیط اطراف انسان است (امامقلی و همکاران، بی‌تا:۲۶). واژه «ادراک» به‌طورکلی تجربه مبتنی بر شعور است که معنا و یا اهمیتی را دریافت کرده باشد. اصطلاح ادراک در علم جغرافیا، عمدتاً به‌عنوان فهم و تصویر ذهنی در مورد موقعیت‌ها یا عارضه‌های قابل‌رؤیت دریافت شده از طریق حواس پنج‌گانه انسان است (بهفروز، همان:۳۷). ادراک به محصول (فرآورده) ونیز طی مراحل فرآیند اطلاق می‌شود. ادراک، کنش درون ذهنی، دارای نمود بیرونی و برخوردار از پیوستگی و استمرار است (نقی زاده و استادی، ۱۳۹۳). به‌بیانی دیگر می‌توان گفت ادراک فرآیندی از آگاهی است که درنتیجه اطلاعات دریافت شده از دنیای واقعی (محیط طبیعی و انسانی) به‌وسیله دریافت‌کننده‌های ادراکی در ذهن فرد ضبط می‌شود (احمدی، ۱۳۹۵).

- تصمیم‌گیری

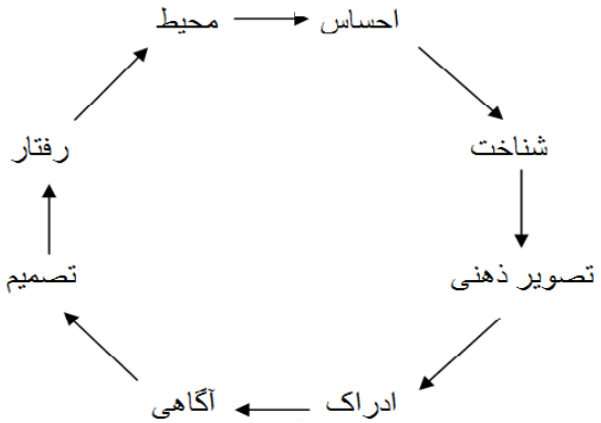
تصمیم‌گیری را به‌عنوان آخرین فرآیند در ایجاد آگاهی دانسته‌اند. مرحله تصمیم‌گیری درواقع حدفاصل انتقالی برای عملی کردن تصاویر سازمان‌یافته ذهنی و تحقق رفتار در محیط است. می‌توان اظهار کرد که تصمیم‌گیری توسط فرد از طریق یک عکس‌العمل قابل‌رؤیت نسبت به محیط عینی او انجام می‌شود. درواقع فرآیند رفتاری، عکس‌العملی از آگاهی ذهنی و ادراک افراد نسبت به محیط زندگی خودشان است (بهفروز، ۱۳۷۰).

- رفتار

نحوه انجام یک فعالیت را رفتار گویند. رفتار انسانی برآیندی از انگیزه‌ها و نیازهای فرد، قابلیت محیط، تصویر ذهنی فرد از دنیای خارج ناشی از ادراک او و معنایی که این تصویر برای او دارد، است. محیط می‌تواند خاستگاه ادراک، بازشناسی، اثرگذاری و رفتار فضایی باشد. دو مورد اخیر به‌شدت تحت تأثیر الگوهای ذهنی فرد یا جمع هستند. خود این الگوها، با نیازها و

انگیزه‌های انسانی در تعامل می‌باشند. همین الگوها هستند که نهایتاً ادراک انسانی را تکمیل می‌کنند به‌این‌ترتیب چرخه‌ای میان ادراک، رفتارهای فضایی و الگوهای ذهنی وجود دارد (پاکزاد، ۱۳۸۹).

در اینجا به این موضوع اشاره می‌گردد که انسان بعد از این که توسط احساس پنج‌گانه با محیط ارتباط برقرار کرد، نسبت به محیط شناخت پیدا می‌کند که منجر به ایجاد تصویر و نقشه ذهنی می‌شود و بعد از ادراک این شناخت به مرحله آگاهی می‌رسد که تصمیم‌گیری و رفتار فرد را به‌دنبال خواهد داشت. مشارکت شهروندان قسمتی از رفتار است که به شکل عینی خود را نشان می‌دهد. یعنی پاسخی به محرک تعلق مکانی است.



شکل ۱: چرخه رفتار (مأخذ: نگارنده، اقتباس از احمدی، ۱۳۹۵)

- تعلق مکانی

به‌طورکلی، تعلق به معنای میزان پیوندهای عاطفی که مردم با مکان‌های متنوع شکل می‌دهند، تعریف می‌شود (Lewicka, 2011: 219). برای ساکنان، بالاترین هویت‌یابی با مکانی که در آن زندگی می‌کنند باعث تعلق قوی آنان به مکان می‌شود (Zenker and Petersen, 2014). برای گروه‌های هدف خارجی، مثل گردشگران، شکل تعلق به مکان می‌تواند با میزان درگیری آنها با مکان گفته‌شده، افزایش یابد (Gross and Brown, 2006). بااین‌حال، تعلق گردشگران به مکان ممکن نیست که با تعلق ساکنان، شکل و سطح یکسانی داشته باشد.

نحوه شکل‌گیری تعلق مکانی به این صورت است که محیط ابتدا توسط فرد شناخته می‌شود و سپس فرآیند پیوند روانی با مکان به انجام می‌رسد. هر چه محیط از کیفیت فضایی غنی‌تری برخوردار باشد و تجلی «هویت مکان» در آن مشهودتر باشد، ارزیابی مثبت‌تری از کیفیت محیط توسط ناظر انجام می‌گیرد و شناسایی شخص از محیط عمیق‌تر خواهد بود. بدین‌ترتیب باگذشت زمان و ایجاد علاقه فرد با محیط به تعبیر «کوپرمارکوس»، محیط به یک لنگرگاه روانی تبدیل می‌شود و احساس تعلق مکانی شکل می‌گیرد (معلمی، ۱۳۸۶). به‌بیان «برون» و «پرکینز»، تعلق مکانی شامل علقه‌های مثبت تجربه‌شده‌ای است که طی زمان و گاه به‌صورت ناخودآگاه و براساس پیوندهای رفتاری، احساسی و شناختی بین اشخاص و یا گروه‌ها و محیط اجتماعی و کالبدی آن‌ها شکل‌گرفته است. این‌گونه علقه‌ها چارچوب هویتی فرد و جامعه را به‌وجود می‌آورد (رضازاده، ۱۳۸۰). فضاهای گردشگری به‌عنوان پدیده‌ای منحصربه‌فرد و متمایز از فضاهای دیگر، دارای چنان قدرت و روح مکان هستند که تأثیرات مشابهی بر انسان‌ها می‌گذارند. این تأثیرات بر عواطف و احساس درونی افراد در طی زمان منجر به احساس تعلق‌خاطر و درنتیجه تعلق مکانی می‌شود. احساساتی که در ایجاد تعلق مکانی تأثیر دارند عبارتند از: احساس غرور، احساس آرامش، احساس شادمانی، حس اعتمادبه‌نفس، حس مکان، احساس شهروندی و احساس مسئولیت. عواملی که در تعلق مکانی مؤثر هستند عبارت‌اند از: عوامل فیزیکی، عوامل اجتماعی، تعامل و ویژگی‌های فعالیت‌ها، و عامل زمان (Hashemnezhad, 2012).

۳- مشارکت شهروندان

مشارکت درواقع نوعی رفتار اجتماعی مبتنی بر اعتقاد و منافع شخصی یا گروهی است. مشارکت، سهمی در چیزی داشتن و از آن سود بردن و یا در گروهی شرکت جستن و بنابراین با آن همکاری داشتن است به همین جهت از دیدگاه جامعه‌شناسی باید بین مشارکت به‌عنوان حالت یا وضع (امر شرکت نمودن) و مشارکت به‌عنوان عمل و تعهد (عمل شرکت) تمییز قائل شد. مشارکت در معنای اول از تعلق به گروهی خاص و داشتن سهمی در هستی آن خبر می‌دهد و در معنای دوم داشتن شرکتی فعالانه در گروه را می‌رساند و به فعالیت اجتماعی انجام‌شده نظر دارد (رهنما و رضوی، ۱۳۹۱).

یکی از عوامل اساسی که در حفظ و ارتقاء شخصیت شهروندی مؤثر است «مشارکت شهروندان» است. مشارکت شهروندان، همچون تعلق مکانی در حیطه جغرافیای رفتاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. هر دو متغیر به هم‌وابستگی و ارتباط تنگاتنگی دارند. گفتیم که تعلق مکانی در اثر تأثیرپذیری از فضاهای گردشگری به وجود می‌آید. تصویر و نقشه ذهنی و شناخت حسی از فضاهای گردشگری در ایجاد آن نقش دارند. آخرین حلقه از تشکیل تعلق مکانی احساس مسئولیت است که تعلق مکانی را به مقوله مشارکت متصل می‌کند.

مشارکت شهروندان در فضاهای گردشگری و شخصیت شهروندی به‌صورت‌نظافت فضاهای گردشگری، حفاظت فضاهای گردشگری، نظارت بر فضاهای گردشگری، مهمان‌پذیری و مهمان‌نوازی، تبلیغات، فرهنگ‌سازی، ثبت ملی آثار تاریخی و فرهنگی، ثبت جهانی آثار تاریخی و فرهنگی است.

پیشینهٔ عملی

بررسی موضوع نقش فضاهای گردشگری در شخصیت شهروندان در تحقیقات داخلی مشاهده نمی‌شود و بیشتر موضوعات بر الگوی رفتاری و تحلیل فضاهای شهری و هویت شهری متمرکز بوده است. بنابراین این موضوع برای اولین بار است که مطرح و کار می‌شود. از جمله کارهای مرتبط می‌توان به مصطفی عباس زادگان (۱۳۸۴) در مقاله‌ای با عنوان «آفرینش حس شهروندی با توجه به نیازهای روان‌شناختی–اجتماعی در شهرهای جدید» به بررسی رابطه احساس تعلق مکانی و احساس شهروندی پرداخته است. نتیجه این پژوهش حاکی است که در شهر سالم روح واحد حاکم بر آن حس شهروندی است و سلامت شهروندان به‌لحاظ اجتماعی–روان‌شناختی رابطه مستقیمی با سطح و عمل شهروندی دارد و متناسب با سلسله‌مراتب نیازهای شهروندان، ایجاد فضاهای کالبدی درزمینه سازی زندگی اجتماعی ضروری است (عباس زادگان، ۱۳۸۴).

احمدخانی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان شناسایی مؤلفه‌های شهروندی تأثیرگذار بر توسعه گردشگری شهری مطالعه موردی: شهر یزد مؤلفه‌های شهروندی را در پنج عامل دسته‌بندی کرده و اهمیت عامل وظایف شهروندی با ۵۷۹/۳۱ درصد واریانس نسبت به دیگر عامل‌ها چشم‌گیرتر است به این دلیل که از دید شهروندان شهر یزد مؤلفه‌های وظایف شهروندی می‌تواند بیشترین تأثیر را در پیشبرد اهداف شهری به‌سوی توسعه گردشگری شهری داشته باشند. عوامل سواد فناوری، تفکر هدفمند، مشارکت اجتماعی و آگاهی جهانی از دیگر عوامل تأثیرگذار در شکل‌گیری شخصیت شهروندی هستند.

پورجعفر و دهقانی (۱۳۹۰)، پژوهشی در رابطه با «نقش بازآفرینی مجموعه زندیه شیراز بر ارتقای کیفیت زندگی شهروندی» انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که ویژگی‌های کالبدی و کارکردی محیط برای پاسخ به نیازهای کیفی و روانی شهروندان مانند تعلق‌خاطر، هویت، توقعات عام، مشارکت عمومی، ارزش‌های فرهنگی و امنیت اجتماعی، نقش عمده‌ای در شخصیت شهروندی و کیفیت زندگی دارند (پورجعفر و دهقانی، ۱۳۹۰)

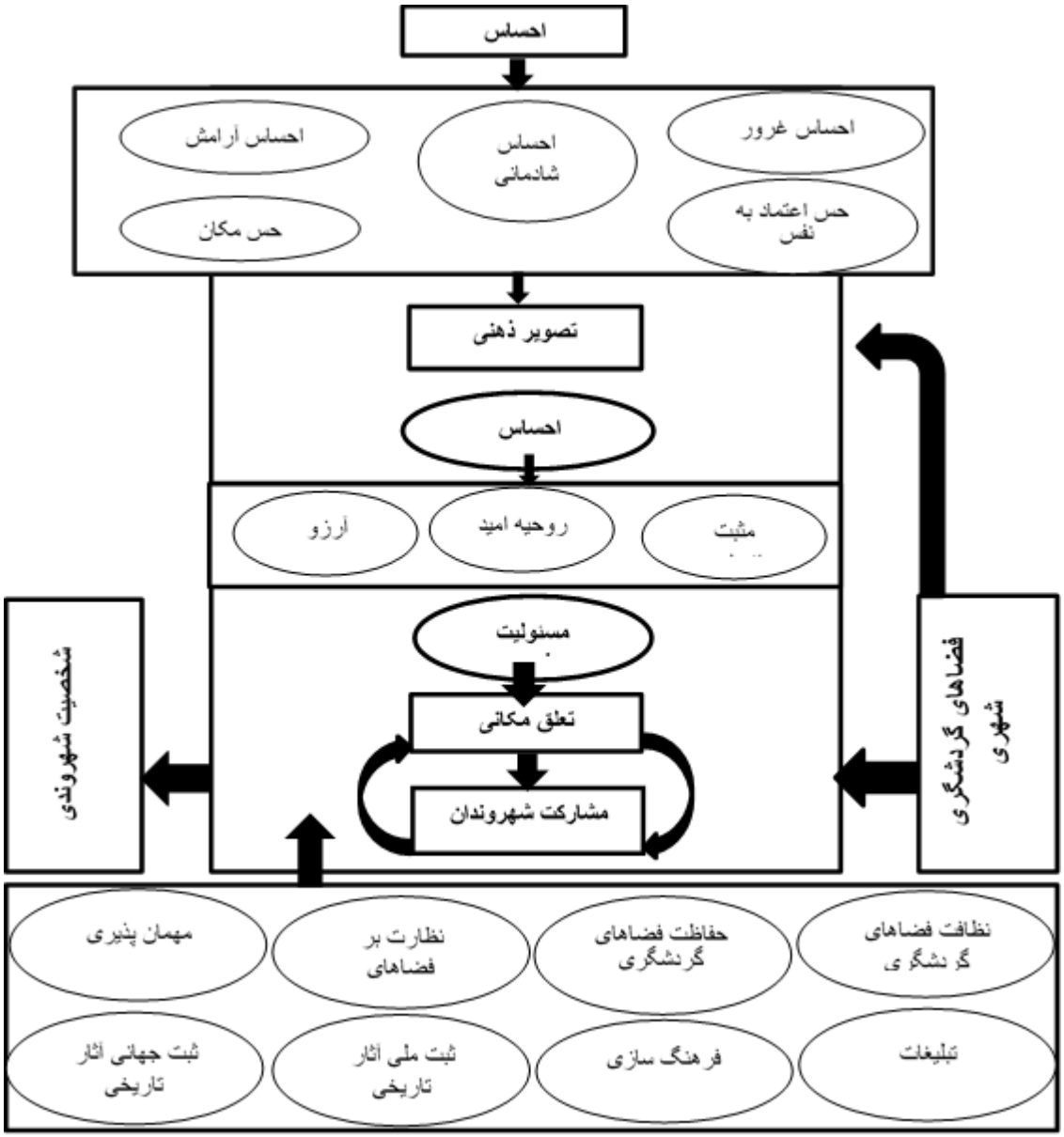
خطیبی (۱۳۹۲) در مقاله‌ای، تأثیر متقابل الگوهای رفتاری در احیای هویت محیط شهر را در محدوده ورودی شهر سنندج مورد بررسی قرار داده است و نتیجه گرفته است در بررسی فضای شهری در افراد حس تعلق به مکان ایجادشده و به حضور بیشتر در فضا و برقراری تعاملات اجتماعی تشویق می‌شوند و بالطبع این رویدادها، شکل‌گیری قرارگاه‌های رفتاری را در پی خواهد داشت.

لطیفی و سجادزاده (۱۳۹۳)، در پژوهشی، تأثیر مؤلفه‌های کیفیت محیطی را بر الگوهای رفتاری در پارک مردم همدان بررسی‌شده اشاره کرد. نتایج حاکی از آن است که ارتقای کیفیت محیطی و تأثیر مؤلفه‌های آن همچون کیفیت محیط کالبدی،

تنوع فضاهای اجتماعی و تعاملات اجتماعی، فعالیت‌های اجتماعی، وابستگی‌های مکانی و کیفیت محیط‌زیست شهری یا زیست‌بوم نیز در ارتباط است.

دریادل و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله‌ای با عنوان نقش گردشگران در شکل‌گیری هویت مقاصد هدف گردشگری مطالعه موردی: منطقه ثامن مشهد نشان دادند که حضور گردشگران بر ویژگی‌های هویت اجتماعی و فرهنگی ساکنان منطقه ثامن اثر زیادی نداشته است. اما در شاخص‌های ابعاد معماری-کالبدی و مبلمان شهری این اثرگذاری ویژه‌تر بوده است.

مهدی یون و همارن (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان تبیین رفتار شهروندی سازمانی با شخصیت نشان دادند که ابعاد شخصیتی ازجمله توافق پذیری، آگاهی، گشودگی و برون‌گرایی رابطه مثبت دارد. بااین‌حال، آگاهی، توافق‌پذیری و گشودگی، رفتار سازمانی شهروندان را پیش‌بینی می‌کنند. همچنین اورنت و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای شخصیت و امنیت شهروندان را مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج کار آنها نشان می‌دهد عوامل شخصیت در ارتباط با رفتارها مؤثر است.



شکل ۲: الگوی مفهومی تحقیق

برای اولین بار هیلر و هانسون در سال ۱۹۸۴ نظریه حرکت طبیعی شهر را مطرح کردند که به بررسی تأثیر پیکره‌بندی فضایی شهر در شکل‌گیری الگوهای رفتاری و اجتماعی می‌پرداخت. این نظریه فعالیت‌های اجتماعی و فرم فضایی را مورد بحث قرار می‌داد (شاهینی فر و چاره‌جو، ۱۴۰۱).همچنین جولی، چمیل و هانسز مقاله‌ای با عنوان شهروندی شخصیت و ایمنی بررسی کردند که چگونه عوامل مرتبط با فرد دیستال (یعنی شخصیت) و نزدیک (یعنی انگیزه ایمنی و دانش) با این رفتارها مرتبط هستند.

بررسی سوابق تجربی جهانی بیانگر آن است در بیشتر مطالعات جغرافیایی ساختارهای فضایی شهر از دید بالا بوده و دید انسانی و از پایین به شهر قابل توصیف است که محققانی مانند: ویلیام اچ وایت، جین جیکوبز، یان گل، دوناد اپلیاد، بیل هیلر و جولین هنسون به ارزیابی پیکره‌بندی فضایی بر الگوهای رفتاری و نحوه استفاده از فضا پرداخته‌اند. (شاهینی فر و چاره‌جو، ۱۴۰۱)

نتیجه‌گیری

فضاهای گردشگری به‌عنوان پدیده‌ای منحصربه‌فرد و متمایز از فضاهای دیگر، دارای چنان قدرت و روح مکانی هستند که تأثیرات زیادی بر شخصیت شهروندان و مهمان‌نوازی می‌گذارند. این تأثیرات بر عواطف و احساس درونی افراد در طی زمان منجر به احساس تعلق‌خاطر و در نتیجه تعلق مکانی می‌شود. شخصیت [هویت] شهروندی را دارای دو بعد احساسی و ذهنی است و احساس تعلق نامیده می‌شود. احساس تعلق به یک جامعه نتیجه عناصر عینی و ذهنی تشکیل‌دهنده هویت فرد و دولت است که با ارجاع به مفهوم و مؤلفه‌های شهروندی می‌توان آن را شناسایی کرد. در این میان مکان‌ها نقش مهمی در احساس تعلق دارند. بنابراین الگوهای رفتاری در شهرها، نتیجه یک رابطه دوسویه بین فضاها و شهروندان است. فضاهای گردشگری از طریق برانگیختن احساسات و نیازهای روحی و روانی شهروندان، آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. شهروندان نیز با بروز رفتارهای مختلف در شهر نسبت به این تأثیرات واکنش نشان می‌دهند. این ارتباط فضایی شهری که از آن به «رابطه انسان و محیط» یاد می‌شود، نقش پررنگی در شخصیت شهروندی و موثر بر مهمان نوازی در شهرها دارد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که فضاهای گردشگری علاوه بر هدایت و تمرکز پول، ثروت و سرمایه، تفریح و فراغت را برای شهر به ارمغان می‌آورد و در شخصیت و هویت شهروندان تأثیر به‌سزایی دارد. این فضاها فرصت‌هایی را برای تعامل اجتماعی و تبادل فرهنگی و مهمان‌نوازی فراهم می‌کند و حس اجتماعی را در بین ساکنان تقویت می‌کند. وجود فضاهای گردشگری پر جنب‌وجوش می‌تواند کیفیت کلی زندگی را ارتقا داده و آن را به مکانی جذاب برای زندگی و بازدید تبدیل کند. بنابراین در توسعه شهری و حفاظت از میراث گردشگری و پذیرایی از گردشگران مؤثر است. از این‌رو فضاهای گردشگری شهرها نقش اساسی در شخصیت شهروندان دارند و می‌توانند به‌عنوان هویت شهری و قلب تپنده به شهر حیات و نشاط ببخشند. همچنین افزایش حس تعلق دلیل مهمی برای علاقه مردم به توسعه و مشارکت آنها در حفاظت از فضای گردشگری می‌شود. بنابراین فضاهای گردشگری شهرها در شخصیت شهروندی و مهمان‌نوازی آنها نقش اساسی دارند و می‌توانند به‌عنوان هویت شهری و قلبی تپنده، به شهر حیات و شادابی ببخشند. همچنین افزایش احساس تعلق زمینه‌ای مهم برای علاقه‌مندی مردم به توسعه و افزایش مشارکت در حفاظت از فضای گردشگری می‌شود.

منابع

آلتمن، ا. ۱۳۸۲. «**محیط و رفتارهای اجتماعی (خلوت، فضای شخصی، قلمرو و ازدحام)**»، ترجمه علی نمازیان، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

احمدخانی، م.، حیدری، م.، فلاح، ح. ۱۳۹۸. **شناسایی مؤلفه‌های شهروندی تأثیرگذار بر توسعه گردشگری شهری مطالعه موردی: شهر یزد**، نشریه گردشگری شهری، سال ششم، شماره ۲ (تابستان)، صفحات ۱۳۲-۱۱۷.

احمدی، ا.، توکلی، م. ۱۳۸۸. **بررسی میزان مشارکت اجتماعی شهروندان در اداره بهینه امور شهری**، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، شماره ۲، صفحات ۹۰-۷۳.

احمدی، ع.، ۱۳۹۵. **«رویکرد ادراکی به محیط در جغرافیای ادراکی»**، مجله رشد آموزش جغرافیا، دوره سی و یکم، شماره ۱، صفحات ۵۱-۴۴.

امامقلی، ع.، آیوازیان، س.، زاده محمدی، ع.، اسلامی، س.ع. ۱۳۹۱. **«روانشناسی محیطی، عرصه مشترک معماری و علوم رفتاری»**، فصلنامه علوم رفتاری، دوره ۴، شماره ۱۴، صفحات ۴۴-۲۳.

امان پور، س.، سجادیان، م. ۱۳۹۴. **«کنکاشی در هویت و فرهنگ شهروندی در شهرهای اسلامی آرمانی (با تأکید بر ایران)**، فصل نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم انداز زاگرس، دوره هفتم، شماره ۲۶، صفحات ۱۰۶-۶۷.

بنوورلن، ۱۳۸۸. **«دانش نامه پدیده شناسی: جغرافیای اجتماعی»**، ترجمه: احمدی، منیژه، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۸۹، صفحات ۱۰-۵.

بهفروز، ف. ۱۳۷۰. **«بررسی‌های ادراک محیطی رفتار در قلمرو مطالعات جغرافیای انسانی معاصر»**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۰، صفحات ۷۰-۳۱.

پاکزاد، ج. ۱۳۸۶. **«سیر اندیشه در شهرسازی، از کمیت تا کیفیت (۲)»**، تهران، شرکت عمران شهرهای جدید.

پاکزاد، ج. ۱۳۸۹. **«مقالاتی در باب مفاهیم معماری و طراحی شهری»**، انتشارات آرمانشهر.

پوراحمد، ا.، فرهودی، ر.، زنگنه شهرکی، س.، شفاعت قراملکی، ط. ۱۳۹۹. **تبیین الگوی بازآفرینی بافت تاریخی با رویکرد توسعهگردشگری (مطالعه موردی: شهر تبریز)**. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۴، شماره ۷۴، صفحات ۶۰-۴۳.

پوراحمد، ا. ۱۳۸۵. **قلمرو و فلسفه جغرافیا، تهران**، انتشارات دانشگاه تهران.

پورجعفر، م.، دهقانی، ف. ۱۳۹۰. **«نقش " بازآفرینی " مناظر فرهنگی بر ارتقاع کیفیت " زندگی شهری "(نمونه موردی: مجموعه زندیه شیراز)»**، نقش جهان، شماره یک، پاییز و زمستان، صفحات ۹۴-۸۱.

جمشیدی، ش.، خداوردی پور سربندری، ک. ۱۳۹۴. **«بررسی دیدگاه ساکنان به حضور توریسم در محدوده بافت تاریخی با رویکرد حس تعلق (نمونه موردی: بافت تاریخی شهر قزوین)»**، همایش ملی معماری و شهرسازی هویت گرا.

حبیبی، س.م. ۱۳۸۶. **مرمت شهری، تهران**، دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ.

حمزه، ف. ۱۳۸۸. **«از رفتارگرایی تا جغرافیای رفتاری»**، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا، دوره ۳، شماره ۸ و ۹، صفحات ۹۷-۱۷.

حیدری کوشنکو، م.، فلاح تفتی، ح.، احمدخانی، م. ۱۳۹۸. **«شناسایی مؤلفه‌های شهروندی تأثیرگذار بر توسعه گردشگری شهری، مطالعه موردی: شهریزد»**، فصلنامه گردشگری شهری، دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۱۳۲-۱۱۷.

خطیبی، م. ۱۳۹۲. **«تأثیر متقابل الگوهای رفتاری در احیای هویت محیط شهر (مطالعه موردی محدوده ورودی سنندج)»**، نشریه هویت شهر، سال هفتم، شماره ۱۳، صفحات ۷۳-۶۳.

دریادل، ط.، ، عزت الله، م.، رجبی، م. ۱۴۰۱. **نقش گردشگران در شکل‌گیری هویت مقاصد هدف گردشگری مطالعه موردی: منطقه ثامن مشهد**، نشریه فضای گردشگری، ، پیاپی ۴۳، صفحات ۹۸-۷۹.

دیناروند، ع. ۱۳۸۹. «**برنامه‌ریزی توریسم با تأکید بر توسعه پایدار در شهرستان شوش**»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

رستم زاده، ی.، رنج آزمای آذری، م.، نادری، س.م.، یگانه، م.، محمودی نژاد، ه. ۱۳۸۹. «**روش‌های ارزیابی رفتارهای شهروندی در فضاهای شهری در رویکرد فراتحلیل**»، نشریه علوم وتکنولوژی محیطزیست، دوره دوازدهم، شماره سه، صفحات ۱۹۰-۱۷۵.

رضا زاده، ر. ۱۳۸۰. «**بحران ادارکی، رفتاری در فضای شهری**»، ماهنامه شهرداری‌ها، سال دوم، شماره ۲۳، صفحات ۱۱-۵.

رهنما، م.ر.، رضوی، م.م. ۱۳۹۱. «**بررسی تأثیر حس تعلق مکانی بر سرمایه اجتماعی و مشارکت در محدوده شهر مشهد**»، نشریه هنرهای زیبا – معماری و شهرسازی، دوره هفدهم، شماره ۲، صفحات ۳۶-۲۹.

زینلی قطب آبادی، ا. ۱۳۹۴. «**شناسایی نقش مؤلفه‌های طبیعی در ایجاد هویت شهری (نمونه موردی: شهر بابک)**»، فصلنامه پژوهش‌های منظر شهری، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۱۹-۷.

شاهینی فر، م.، چاره جو، ف. ۱۴۰۱. **تحلیل نقش پیکربندی فضایی در یکپارچگی و پیوستگی فضاهای شهری با استفاده از روش چیدمان فضا (نمونه موردی: بافت مرکزی شهر کرمانشاه)**. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۶، شماره ۸۱، صفحات ۱۳۱-۱۱۵.

شکوئی، ح. ۱۳۸۲. «**اندیشه‌های نو در فلسفه جغرافیا، جلد ۲ فلسفه‌های محیطی و مکتب‌های جغرافیایی**»، تهران: مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.

صنیع اجلال، م. ۱۳۸۴. «**درآمدی بر فرهنگ و هویت ایرانی**»، تهران: انتشارات تمدن ایرانی.

عباس زادگان، م. ۱۳۸۴. «**آفرینش حس شهروندی با توجه به نیازهای روان‌شناختی_اجتماعی در شهرهای جدید**»، همایش بین المللی شهرهای جدید، تهران.

قربانی، ر.، روستایی، ش.، ابوالحسنی، ن. ۱۴۰۲. **بررسی مداخالت کالبدی در بافتهای تاریخی و تأثیر آن بر انسجام و پیوستگی سازمان فضایی مطالعه موردی: بافت تاریخی شهر تبریز**. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۷ شماره ۸۳، صفحات ۱۳۱-۱۱۷.

کامور شلمانی، ا.، حناچی، س. ۱۳۹۴. «**بررسی تأثیر عوامل بصری فضاهای گردشگری بر الگوهای رفتاری شهروندان (مطالعه موردی: میدان شهرداری رشت)**»، نشریه هویت شهر، شماره بیست و چهارم، سال نهم، ، صفحات ۷۸-۶۵.

گنجی، م.، نیازی، م.، عسکری کویری، ا. ۱۳۹۳. «**تحلیلی بر فرهنگ شهروندی با تأکید بر آموزش‌های شهروندی**، مطالعات جامعه شناختی شهری، سال چهارم، شماره دوازدهم، صفحات ۱۰۰-۷۵.

لطیفی، ا.، سجادزاده، ح. ۱۳۹۲. فصلنامه مطالعات شهری، شماره یازده، صفحات ۲۰-۵.

مختارزاده، ص.، محمود قلعه نویی، م. خیرالدین، ر. ۱۳۹۸. **کاوش الگوی مفهومی سنجش انسجام فرم و ساختار کالبدی شهر و تبیین اصول آن**، نشریه باغ نظر، شماره ۱۵، صفحه ۶.

معلمی، م. ۱۳۸۶. «**هویت شهری هویت مسکونی، مفاهیم گمشده امروزی**»، ماهنامه راه و ساختمان، شماره ۴۸.

ملکیان، م.، ایزدی، م.س.، سبحان اردکانی، س. ۱۳۹۵. **اهمیت فضاهای همگانی شهری در توسعه پایدارگردشگری شهری (مطالعه موردی: منطقه یک شهر همدان)**، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره ۳، صفحات ۲۵۵-۲۳۷.

موحد، ع. ۱۳۸۶. **گردشگری شهری**، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز.

موحد، ع. ۱۳۹۵. **مقدمه‌ای بر گردشگری شهری، تهران**، انتشارات پرهام. تهران

میرزایی، س.، زنگی‌آبادی، ع. ۱۳۹۹. **تحلیل فضایی شاخص‌های گردشگری و توسعهٔ شهری با رویکرد شهر شاد (مطالعه موردی: کلانشهر شیراز)**. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۴، شماره ۷۳، صفحات ۳۷۹-۴۰۴.

نقی زاده، م.، استادی، م. ۱۳۹۳. **«مقایسه تطبیقی مفهوم ادراک و فرآیند آن در فلسفه و روان شناسی محیط و کاربرد آن در طراحی شهری»**، فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، سال اول، شماره ۳، صفحات ۱۴-۳.

Baumeister, R.F., Leary, M.R. 1995. **The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation.** Psychological Bulletin, 117(3): 497-529.

Bock Ekici, Kerstin. 2015. **The changing of city tourism and it`s possible implications for the future of cities,** European Journal of Future Research, 3: 1-8

Cheshmehzangi, A. 2015. **Urban Identity as a Global Phenomenon: Hybridity and Contextualization of Urban Identities in the Social Environment.** Journal of Human Behavior in the Social Environment, 25(5): 391-406.

Gross, M.J., Brown, G. 2006. **Tourism experiences in a lifestyle destination setting: The roles of involvement and place attachment.** Journal of Business Research 59(6): 696-700.

Hashemnezhad, H., Heidari, A.A., Hoseini, M. 2012. **Sence of place and place Attachment**.

Hogg, M.A. 2000. **Subjective uncertainty reduction through self-categorization: A motivational theory of social identity processes.** European Review of Social Psychology, 11: 223-255.

Jui-Chang, C., Cheng-Shiung, W., Chang-Hua, Y., Chien-Yu, C. 2015. **Tour Leader Attachment and Customer Citizenship Behaviors in Group Package Tour: The Role of Customer Commitment.** Asia Pacific Journal of Tourism Research.

Laurent, J., Chmiel, N., Hansez, I. 2021. **Returning the favor? Feeling obliged and reported participation in discretionary safety activities.** Frontiers in Psychology, 12: Article 674110.

Lewicka, M. 2011. **Place attachment: How far have we come in the last 40 years?**. Journal of Environmental Psychology, 31(3): 207-230.

Movahed, A., Allahverdi, P., Ghasemi.M. 2023. **Analysis of factors affecting tourists' satisfaction in th tourism destinations in Kurdistan province.** Journal of Regional Planning, 12(48): 45-60.

Oyserman, D., Coon, H.M., Kemmelmeier, M. 2002. **Rethinking individualism and collectivism: Evaluation of theoretical assumptions and meta-analyses.** Psychological Bulletin, 128(1): 3-72.

Phillips, D.R., Cheng, K. H. C., Yeh, A.G.O., & Sui, O.-L. 2010. **Person-environment (P-E) fit models and psychological well-being among older person** Baumeister, R.F., Leary, M.R. 1995. The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. Psychological Bulletin, 117(3): 497-529.s in Hong Kong. Environment and Behavior, 42(2), 221-242.

Rodway, P. 1994**. sensuous Geographies: Body, sense, and place, Routledge**.

Sheldon, K.M., Bettencourt, B.A. 2002. **Psychological need-satisfaction and subjective well-being within social groups.** British Journal of Social Psychology, 41: 25-38.

Sheldon, K.M., Bettencourt, B.A. 2002. **Psychological need-satisfaction and subjective well-being within social groups.** British Journal of Social Psychology, 41(1): 25-38.

Tajfel, H., Turner, J. C. 1986. **Social identity theory of intergroup behavior.** In W. G. Austin, & S. Worchel (Eds.), The social psychology of intergroup behavior 2: 7-24. Monterey, CA: Brooks/Cole.

Zenker, S., Petersen, S. 2014. **An integrative theoretical model for improving resident-city identification.** Environment and Planning A, 46(3).

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

نمادشناسی دریاچه زریبار در اشعار شاعران کرد

مختار جعفری
کارشناسی زبان و ادبیات کردی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. mr.mokhtarjafari@gmail.com

چکیده
نمادشناسی در ادبیات بینش‌های حیاتی درباره رمزگذاری معانی، تعامل هویت و بیان تجربیات جمعی در فرهنگ‌های مختلف ارائه می‌دهد. شعر کردی، به‌دلیل سنت غنی شفاهی و کتبی خود، بستری مناسب برای انجام چنین مطالعاتی فراهم می‌آورد، به‌ویژه در مباحثی که نمادهای طبیعت، مسائل اجتماعی و هویت فرهنگی با یکدیگر تلاقی می‌کنند. این پژوهش با هدف بررسی نمادشناسی دریاچه زریبار در اشعار شاعران کرد انجام‌شده است. سؤال اصلی پژوهش این است که آیا در این اشعار، دریاچه زریبار به‌عنوان نمادی از هویت فرهنگی، نمایانگر رابطه با طبیعت و بازتاب‌دهنده واقعیت‌های اجتماعی به‌حساب می‌آید یا خیر؟ این تحقیق کیفی با رویکرد نشانه‌شناسی صورت گرفته و از نظریه‌های فردیناند دوسوسور در تحلیل ساختاری نشانه‌ها و آراء رولان بارت در تبیین ابعاد دلالتی و کنوتاسیون نمادها بهره می‌برد. جامعه آماری پژوهش شامل اشعار شاعران کرد از قرون ۱۸ تا ۲۱ بوده و پس از بررسی، ۳۸ مورداستفاده از واژه «زریبار» در ۳۳ شعر توسط ۱۵ شاعر شناسایی‌شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که دریاچه زریبار به‌عنوان نمادی چندبعدی و غنی در اشعار قرار دارد؛ به‌طوری‌که در اشعار قرون ۱۸ و ۱۹، نماد عظمت و شگفتی، قضا و قدر، پاکی، عشق و بهشت است؛ در قرن بیستم بیشتر به‌عنوان نمادی از هویت‌خواهی کردی، عشق و زیبایی تفسیر می‌شود؛ و در قرن ۲۱، همچنان به‌عنوان نمادی از وطن و هویت کردی در آثار مطرح است.

کلیدواژه‌ها: رولان بارت، نشانه‌شناسی، نماد شناسی، زریبار، شیرکو بیکس، هویت‌خواهی کردی

Symbolism of Lake Zrebar in the poems of Kurdish poets

Mokhtar Jafari
Bachelor's in Kurdish Language and Literature, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
mr.mokhtarjafari@gmail.com

Abstract
Symbolism in literature offers critical insights into the ways meanings are encoded, how identity interacts, and how collective experiences are articulated across cultures. Kurdish poetry, with its rich oral and written traditions, provides a fertile ground for such investigations—especially in contexts where natural symbols, social issues, and cultural identity intersect. This study aims to explore the symbolism of Lake Zrebar in the poems of Kurdish poets. The primary research question is whether Lake Zrebar serves as a symbol of cultural identity, represents the relationship with nature, and reflects social realities in these poems. This qualitative research employs a semiotic approach, drawing on the theories of Ferdinand de Saussure for structural analysis of signs and Roland Barthes for an interpretation of both denotation and connotation. The statistical corpus comprises poems by Kurdish poets from the 18th to the 21st centuries, from which 36 occurrences of the term “Zrebar” were identified in 31 poems by 14 poets. The findings reveal that Lake Zrebar emerges as a multidimensional and rich symbol in Kurdish poetry. For instance, in the poetry of the 18th and 19th centuries, Lake Zrebar symbolizes grandeur, wonder, fate, purity, love, and paradise; in the 20th century it predominantly signifies Kurdish identity, love, and beauty; and in the 21st century, the symbol further evolves to represent homeland and Kurdish identity.

Keywords: Roland Barthes, Semiotics, Symbolism, Zrebar, Sherko Bekas, Kurdish Identity.

مقدمه

نمادشناسی بینش‌های حیاتی در مورد نحوه رمزگذاری معانی، تعامل هویت و بیان تجربیات جمعی در فرهنگ‌ها ارائه می‌دهد. تجزیه‌وتحلیل نمادهای تکراری در یک زمینه فرهنگی خاص، روش‌های منحصربه‌فرد تعامل آن فرهنگ با موضوعات انسانی در گستره جهان را روشن می‌کند (Babaie, 2024) شعر کردی، با سنت غنی شفاهی و کتبی خود، زمینه‌ای غنی برای چنین تحقیقاتی عرضه می‌دارد، به‌ویژه آنجا که نمادهای طبیعت، مسائل اجتماعی و هویت فرهنگی به هم می‌رسند (Omidi and Miriasl, 2024).ویژگی‌های جغرافیایی اغلب به نمادهای حائز اهمیت فرهنگی، نشانگرهای هویتی و استعاره‌هایی برای واقعیت‌های اجتماعی گسترده‌تر تبدیل می‌شوند (Mahato. 2023) درحالی‌که تحقیقات موجود استفاده کلی از نمادهای طبیعت در شعر کردی را بررسی کرده‌اند، جای تحلیلی متمرکز بر مکان‌های جغرافیایی خاص در این پژوهش‌ها خالی است (المعمری و زکریا، ۲۰۲۴). این تحقیق به خلأ مطالعاتی در فهم نقش نمادین دریاچه زریبار (زرێبار)؛ یک ویژگی جغرافیایی برجسته در منطقه کردستان، در شعر کردی می‌پردازد. دریاچه زریبار که در نزدیکی مریوان واقع‌شده است، نه‌تنها مکانی دارای زیبایی طبیعی و اهمیت اکولوژیکی است، بلکه جایی برای فولکلور محلی و روایت‌های فرهنگی نیز هست (Toksambayeva *et al.*, 2024)باوجود برجستگی جغرافیایی و طنین فرهنگی آن، ماهیت و دامنه معانی نمادین دریاچه همچنان ناشناخته است. این پژوهش نحوه استفاده شاعران کرد از نماد دریاچه زریبار برای بیان موضوعاتی مرتبط با هویت فرهنگی (آیا دریاچه زریبار به‌عنوان نمادی از هویت کردی که نشانگر تاریخ و ارزش‌های فرهنگی مشترک باشد، بوده است؟)، رابطه با طبیعت (آیا دریاچه رابطه پیچیده بین مردم کرد و محیط طبیعی آن‌ها را در موضوعاتی همچون زیبایی نمایانده است؟)، واقعیت‌های اجتماعی (آیا از دریاچه زریبار به‌عنوان استعاره‌ای برای مسائل اجتماعی گسترده‌تر استفاده‌شده است؟) و استعاره‌ها و فولکلور (آیا استعاره‌ها و فولکلور موجود در مورد دریاچه، وجه نمادین آن را در شعر نمایانده‌اند؟) را بررسی می‌کند. مسئله اصلی خلأ تحلیلی متمرکز و تئوریک در مورد نقش نمادین دریاچه زریبار در شعر کردی است. بدون انجام چنین تحلیلی، درک ما از بیان فرهنگ کردی ناقص خواهد ماند و احتمال نادیده گرفتن روش‌های پیچیده‌ای که شاعران کرد برای تعامل با مناظر طبیعی و فرهنگ برگزیده‌اند، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. ارجاع به کهن‌الگوها در شعر کردی مدرن نشان‌دهنده اهمیت چنین نمادهای طبیعی و فرهنگی است (Разумовская *et al.*, 2024). این تحقیق به دلایل متعددی حائز اهمیت است. ازجمله این دلایل پر کردن خلأ پژوهشی در ادبیات و مطالعات فرهنگی قوم کرد است که تا آنجا که محقق جستجو کرده است قبلاً بررسی نشده است (Liu *et al.*, 2024) همچنین این بررسی با ترکیب تحلیل ادبی با بینش‌های مطالعات فرهنگی، مطالعات محیطی و تا حدودی مطالعات فولکلور، از چندین نظرگاه‌های علمی بهره می‌گیرد (Grenaderova *et al.*, 2024) علاوه بر این، این تحقیق تفسیرهای عمیقی از اشعار منتخب ارائه می‌دهد تا معانی نمادین پیچیده مرتبط با دریاچه زریبار را بنمایاند (Anwar *et al.*, 2020) درنهایت، این جستار به درک گسترده‌تری از هویت فرهنگی قوم کرد، رابطه بین ادبیات و مکان و نقش نمادگرایی در بیان ارزش‌های فرهنگی و مسائل اجتماعی یاری می‌رساند(Hazar et al. 2024) این پژوهش تحلیلی ساختاری و در پی بررسی روابط و الگوهای درونی در متن است. در این مطالعه از نظریه‌های ساختارگرایی فردینان دوسوسور برای تحلیل نشانه‌ها به‌عنوان عناصر ساختاری زبان و بررسی روابط بین نشانه‌ها (دال و مدلول) (Saussure, 1916) و نظریه‌های رولان بارت برای بررسی نمادها در زمینه‌های فرهنگی و تحلیل کدهای فرهنگی مرتبط با نشانه‌ها استفاده می‌شود (Barthes, 1972). برای شناسایی عناصر ساختاری (شامل نمادها، تم‌ها، استعاره‌ها و تصاویر) اشعار منتخب شاعران کرد که به دریاچه زریبار اشاره داشته‌اند، تحلیل می‌شوند. انتظار می‌رود این تحقیق فهم شعر و فرهنگ کردی را بهبود و بینش‌های ارزشمندی در اختیار پژوهشگران ادبیات، مطالعات فرهنگی و پژوهش‌های کردی قرار دهد (Hazar *et al.*, 2024).

پیشینه پژوهش

تا آنجا محقق بررسی کرده است برخی پژوهش‌ها به بررسی نمادشناسی و زیبایی‌شناسی در اشعار شاعران کرد پرداخته‌اند، اما تاکنون تحقیقی درباره نمادشناسی زریبار در اشعار شاعران کرد انجام‌نشده است. به‌عنوان نمونه، عزیز و محمود (۲۰۲۲) اصول نمادگرایی در مجموعه شعر «صد و یک‌شب» صبا رنجدار را بررسی کرده‌اند. یوسوپووا (۲۰۲۱) تاریخ ادبیات کُردی و گویش‌های مختلف را مورد مطالعه قرار داده است. رشید (۲۰۲۳) بر نماد اجتماعی در شعر «حالا یک دختر وطن من است» شیرکو بیکس تمرکز کرده است. فرهان و احمد (۲۰۲۲) زیبایی‌شناسی نمادگرایی در مجموعه «بوی خوشبختی» محمد کردو را بررسی نموده‌اند. عبدالله و دشتی (۲۰۲۳) تأثیرات فرهنگی و نگرشی در شعر کریم شارَزا را موردبررسی قرار داده‌اند. همچنین، بات (۲۰۱۸) به بررسی نمادهای غیرقابل‌تصور در شعر فلسفی «حَزائِن مُنْهُوبَة» سلیم برکات پرداخته است. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که آثار شاعران کرد نقش مهمی در درک بافت فرهنگی و اجتماعی مردم کرد داشته و از عناصر هنری و نمادین متنوعی بهره برده‌اند.

مبانی نظری

بررسی نشانه‌شناسی در ادبیات نشان‌دهنده تعامل پیچیده بین نمادهای فرهنگی و طبیعی است. رولان بارت از دسوسور جلوتر رفت. او بین نشانه‌شناسی اولیه (طبیعی) که شامل نشانه‌ها و معانی پایه‌ای در زبان است و نشانه‌شناسی ثانویه (اسطوره‌ای) که بر اساس این نشانه‌ها، معانی ایدئولوژیک پیچیده‌تری ایجاد می‌کند، تفاوت قائل شد. بارت می‌گوید که ایدئولوژی به‌عنوان یک سیستم نشانه‌شناسی عمل می‌کند که فراتر از نمایش ساده می‌رود و به روایت‌ها و ارزش‌های فرهنگی عمیق‌تری می‌پردازد (Orekhov and Poluboyarinov, 2024)این چارچوب اجازه می‌دهد تا نمادها نه‌تنها به‌عنوان نشانه‌های ثابت، بلکه به‌سان عناصر پویا که اعتقادات و رفتارهای اجتماعی را شکل می‌دهند و منعکس می‌کنند، تفسیر شوند (Лобанкова, 2024) علاوه بر این، مطالعه نمادها در فرهنگ‌های مختلف نقش آن‌ها در ارتباطات، بیان آیینی و ساخت هویت را برجسته و حاکی از آن است که نمادها می‌توانند در زمینه‌ها و فرهنگ‌های مختلف معانی متفاوتی داشته باشند(Kautsar, 2024)

جغرافیا، نماد و هویت

پژوهش‌های فرهنگی و محیطی نمادهای مرتبط با دریاچه زریبار در شعر کردی را تحلیل کرده‌اند و بر اهمیت مناظر طبیعی در شکل‌دهی روایت‌ها و هویت‌های فرهنگی تأکیددارند. به‌عنوان نمونه، اُمیدی (۲۰۲۴) دریاچه زریبار را به‌عنوان نمادی از زیبایی، نوستالژی و میراث فرهنگی معرفی کرده است. گول‌تکین (۲۰۲۲) تأثیرات نمادین دریاچه بر مقاومت و پیوستگی مردم کرد را بررسی کرده است. سالّح و زێباری (۲۰۲۳) به نقش این نمادها در درک واقعیت‌های اکولوژیکی و فرهنگی پرداخته‌اند. همچنین، نظریه‌های هویت فرهنگی مانند مفهوم «کوردایتی» نقش این نمادها را در بیان هویت کردی برجسته کرده‌اند (ناتالی، ۲۰۰۵). همارشید (۲۰۲۳) نمادهای طبیعی را استعاره‌هایی برای پایداری، تعلق و پیوستگی فرهنگی دانسته است. شیخ‌الاسلامی (۲۰۰۸) اهمیت دریاچه را در بیان حافظه جمعی و آرزوهای مردم کرد و تقویت هویت فرهنگی آن‌ها نشان داده است. ارگین (۲۰۱۴) نگرانی‌های محیطی پیرامون دریاچه، مانند آلودگی را چالش‌های جاری که بر هویت کردی و بیان فرهنگی تأثیر می‌گذارند، معرفی کرده است.

ویژگی‌ها و تحولات فرهنگی کردها در ۴ قرن اخیر

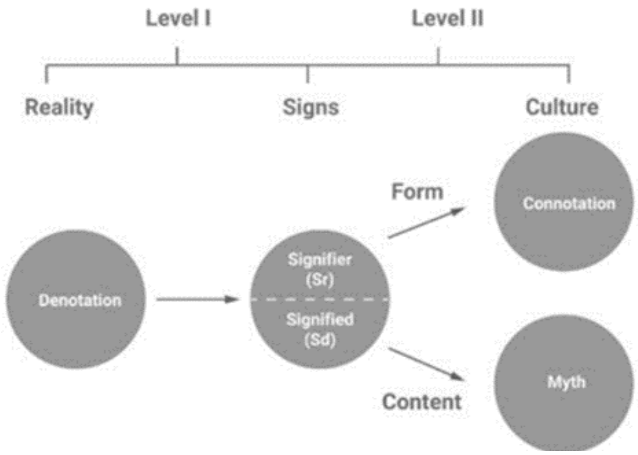
اواخر قرن هفدهم و اوایل قرن هجدهم دوره‌ای مهم برای زبان کردی بود. در آن زمان استفاده از کردی در مدارس دینی (مدرسه‌ها) ایدئولوژی‌های جدیدی را منعکس کرد و آن را به سطحی هم‌تراز با عربی و فارسی ارتقا داد (Bajalan & Karimi, 2014). کتاب «صرف کُرمانجی» اثر علی ترماخی نقش مهمی در بومی‌سازی آموزش مذهبی در کردستان ایفا و موجب رشد هویت ملی مبتنی بر زبان کردها شد. شعر و نثر نالی زمینه را برای نویسندگان آینده فراهم کرد و وضعیت گویش سورانی را در

میان دیگر مکاتب زبان کردی (گورانی، کرمانجی و کلهری) ارتقا داد (Mengozzi and Mustafa, 2015) . موریس گارزونی، مبلغ مذهبی کاتولیک ایتالیایی، به‌عنوان پیشگام مطالعات کردی اروپایی شناخته می‌شود. او کتاب «دستور زبان و واژگان زبان کردی» را در سال ۱۷۸۷ تألیف کرد .(McCarus, 1997) فولکلور کردی، ازجمله ضرب‌المثل‌ها، افسانه‌ها و داستان‌های پریان، چند قرن پیش شروع به ثبت شدن کرد. در قرن نوزدهم توجهات بیشتری به آن معطوف گردید (Bocheńska & Ghaderi, 2023). از آن میراث، داستان‌های سنتی مانند «مَم و زین» و «خِج و سیابند» به‌عنوان شاهکارهای ادبیات شفاهی کردی، ارزش‌های فرهنگی مشترک و تجربیات تاریخی کردها را منعکس می‌کنند (Ebrahim, 2016). قرن نوزدهم دوره‌ای تحول‌آفرین برای مردم کرد بود که با ظهور هویت‌خواهی کردی همراه بود .(Atmaca, 2017) تا در پایان آن قرن، بسیاری از کردها زندگی عشایری یا نیمه‌عشایری داشتند(The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2025). با این وجود در آن برهه، هویت‌خواهی کردی که افکار عمومی را به واکنش داشته بود، موردتوجه قرار گرفت. (Rafaat, 2007)جوامع کردی تأکید زیادی بر تصوف مذهبی داشتند، به‌ویژه از طریق سلسله‌های نقشبندی یا قادری .(Pinto, 2011) قبیله‌گرایی نیز نقش اساسی در سازمان‌دهی سیاسی و اقتصادی جامعه کردی ایفا می‌کرد (Strohmeier, 2003). ادبیات کلاسیک کردی تحت تأثیر سنت شفاهی کردی قرار گرفت و در این زمان توجه محققان و مسافران اروپایی، عمدتاً از آلمان و روسیه، به فولکلور کردی جلب شد (Shai, 1980). شاعران کرد قرن نوزدهم تأثرات و تجربیات خود از تحولات سیاسی و تبعید را به‌بیان شعری و هنری درآوردند (Levinson-Labrosse, 2019). قرن بیستم دوره‌ای تحول‌آمیز برای مردم کرد بود که با افزایش حس هویت‌خواهی کردی و تغییرات سیاسی و اجتماعی عمده همراه بود. این دوره شاهد فروپاشی امپراتوری عثمانی و تقسیم کردها در میان کشورهای همسایه بود (Mohammed and Romano, 2023). در این دوره تمایل به شناسایی هویت کردی به محور اصلی اعتراضات تبدیل شد. معترضان خواستار پذیرش رسمی کردها به‌عنوان هویتی مستقل بودند (Wanche, 2002) در قرن بیستم فولکلور کردی به‌عنوان میراثی تاریخی و الهام‌بخش جنبش‌های اعتراضی کردها یکی از ارکان هویتی آن‌ها شد (Grossman & O’Brien, 2006). زبان کردی با سرکوب‌ها و سیاست‌های همسان‌سازی عمده‌ای روبرو بوده است (Zeydanlıoğlu, 2012) این سیاست‌ها هدف ساختن هویت ترکی یکسان را دنبال می‌کردند که به انکار سیستماتیک حقوق زبانی و فرهنگی کردها انجامیده است. (Bülbül, 2016)در سده پایانی (قرن بیست و یکم)، مردم کرد با تحولات زیادی روبرو بوده‌اند. این تحولات با افزایش احساس هویت‌خواهی و تغییرات مداوم در عرصه‌های سیاسی و اجتماعی همراه بوده است. هویت‌خواهی کردی به‌طور قابل‌توجهی تکامل‌یافته و تحت تأثیر پویایی‌های دولت-ملت‌های منطقه شکل‌گرفته است (Al, 2021). تجربه تبعید و حاشیه‌نشینی کردها باعث تقویت جوامع آن‌ها شده است (Dag, 2023) این تلاش‌ها به تقویت تاب‌آوری و آگاهی مجدد کردها منجر گردید (Sáry, 2016). فرهنگ کردی با ترکیبی از میراث باستانی و سازگاری‌های مدرن مشخص می‌شود (صابر و ئەمین، ۲۰۲۴) ادبیات کردی برای بیان هویت ملی و تقویت آگاهی اجتماعی بسیار مهم است. (Ergün, 2018)تجربیات مشترک همگون‌سازی و انکار شدن، حس وحدت در میان کردها را تقویت کرده و هویت جمعی آن‌ها را تثبیت کرده است.(Shi, 2018)

روش تحقیق

در این پژوهش، از نظریات فردیناند دوسوسور و رولان بارت به‌عنوان چارچوب‌های تئوریکی اصلی جهت تحلیل نمادگرایی استفاده‌شده است. دوسوسور زبان را به‌عنوان یک سیستم ساختاری از نشانه‌ها در نظر می‌گیرد که هر نشانه از دو جزء «دال» (شکل یا بیان یک کلمه یا عبارت) و «مدلول» (مفهومی که از آن نشانه نمایندگی می‌کند) تشکیل‌شده است. این ایده، بیانگر این است که معنا از طریق تمایز و تفاوت میان نشانه‌ها شکل می‌گیرد .(Al-Waeli, 2024) رولان بارت، متأثر از ساختارگرایی دوسوسور، نظریه خود را با بسط مفاهیم دلالت و کنوتاسیون توسعه داد. او معانی نشانه‌ها را در دو سطح تحلیل می‌کند: دلالت

معنای ظاهری و لفظی نشانه که قابل‌مشاهده و ملموس است.کنوتاسیون [1] معانی فرهنگی، اجتماعی و تاریخی که در پس‌زمینه نشانه نهفته‌اند. بارت با تأکید بر این دو سطح نشان می‌دهد که کدهای فرهنگی نقش مهمی در شکل‌گیری و تفسیر معانی دارند(Vecina, 2025) . به‌عبارت‌دیگر، دریاچه زریبار در اشعار ممکن است در نگاه اول تنها یک تصویر طبیعی و زیبای سطحی (دلالت) محسوب شود، اما از دیدگاه بارت، نمادی است که حامل معانی عمیق فرهنگی، تاریخی و اجتماعی است (Gao, 2024; Sawitri, 2024). در این پژوهش ابتدا متون اشعار که به نماد دریاچه زریبار اشاره دارند، انتخاب و بررسی می‌شوند. سپس با متمرکز شدن بر نشانه‌های موجود در متن (مانند تصاویر، تم‌ها و عناصر متنی مرتبط با دریاچه) و استفاده از چارچوب دال/مدلول دوسوسور، ساختارهای بنیادی معانی استخراج می‌گردد. پس‌ازآن، به کمک مدل بارت تحلیل دوگانه دلالت و کنوتاسیون صورت می‌گیرد. ازاین‌رو، مرحله اول (شناسایی نشانه‌ها): استخراج نشانه‌های بصری و زبان‌شناختی مرتبط با دریاچه زریبار ازجمله نمادهای مربوط به آب، رنگ و حرکت در اشعار. مرحله دوم (تفسیر معنایی): تحلیل معانی سطحی (دلالت) و معانی فرعی – فرهنگی و اجتماعی (کنوتاسیون) با توجه به بستر تاریخی و فرهنگی شاعران. این مرحله نشان می‌دهد که چگونه کدهای فرهنگی (هنجارها و ارزش‌های اجتماعی) بر تفسیر نمادها اثرگذار هستند (Mühlenbeck, 2020). مرحله سوم (بحث بینامتن): بررسی این‌که چگونه تعامل اجزای مختلف متن، زمینه‌یابی معانی چندلایه را ممکن می‌سازد و نماد دریاچه زریبار به یک عنصر بینامتنی متحول می‌شود که پیام‌های فرهنگی و اجتماعی زیرین را روشن می‌کند (Dai, 2024; Donkor, 2024). پژوهش با ترکیب ظریه‌های دوسوسور و بارت توانسته است ابعاد پنهان و چندلایه نماد «دریاچه زریبار» را در اشعار شاعران کرد آشکار سازد. تحلیل‌های بر اساس این چارچوب نشان می‌دهد که چگونه نشانه‌ها با هم تعامل کرده و در بسترهای فرهنگی خاص، معانی عمیق‌تر و رمزآلودی به اشعار می‌بخشند (Lavrenova, 2023; Sari, 2025). متغیرهای کنترلی در این پژوهش شامل زمینه‌های تاریخی و فرهنگی شاعران و سبک ادبی آثار است که در تبیین دقیق‌تر معانی نمادها نقش دارند. بااین‌حال، محدودیت اصلی به نمونه‌های موردبررسی اشاره دارد؛ چراکه به‌ویژه اشعار چپ‌چین (که در آن‌ها چالش‌های معنایی دیگری مطرح است) بررسی نشده و درنتیجه جامعه آماری پژوهش ممکن است نمایانگر کلیت شعر کردی نباشد. نهایتاً، استفاده از چارچوب‌های نظری دوسوسور و بارت، امکان تحلیل دقیق نشانه‌ها و تفسیر معانی چندلایه در متون ادبی را فراهم می‌آورد. این رویکرد نشان می‌دهد که چگونه کدهای فرهنگی و ساختارهای زبان‌شناختی در تعامل با یکدیگر، نماد دریاچه زریبار را در بستر شعری به یک عنصر معنادار و نمادین تبدیل می‌کنند. پژوهش حاضر، با تکیه‌بر این رویکرد، می‌تواند زمینه‌های جدیدی برای بررسی تأثیر فرهنگ، تاریخ و ارزش‌های اجتماعی در شکل‌گیری معانی متون ادبی فراهم آورد (Abbar, 2023; Humaira, 2025).



شکل ۱: دیاگرام سطوح معنی نشانه‌های رولان بارت (Fiske, 2011)

[1] Connotation

در این دیاگرام، سطح اول به معنای اولیه و مستقیم یک نشانه اشاره دارد. در مورد دریاچه زریبار، دلالت مستقیم ممکن است اشاره به دریاچه به‌عنوان یک پدیده جغرافیایی باشد. به‌عبارت‌دیگر، این سطح به ویژگی‌های فیزیکی و طبیعی دریاچه زریبار مانند آب، کوه‌ها و محیط اطراف آن اشاره دارد. اما سطح دوم به معنای ثانویه و ضمنی یک نشانه اشاره دارد. در این سطح، دریاچه زریبار می‌تواند به‌عنوان یک نماد فرهنگی و اجتماعی در اشعار شاعران کرد تفسیر شود. معانی ضمنی می‌توانند شامل احساسات، خاطرات، هویت فرهنگی و معانی اساطیری باشند که شاعران به دریاچه نسبت می‌دهند.

یافته‌های پژوهش

در این تحقیق، ابتدا اشعار شاعران بررسی و واژه «زریبار» نمادشناسی شد. در تمام ابیات، «زریبار» دال و معنای سطحی همان دریاچه است. نتیجه بررسی دیگر معانی و مضامین به شرح زیر است:

مثال از متن	شاعر	تحلیل سوسوری		تحلیل بارتی			زمینه فرهنگی -تاریخی
		مدلول	ارزش نشانه‌ای	دلالت	کنوتاسیون	اسطوره	
ژیوارمکانم کەرد زرێبارە	صیدی	دریاچه	تقابل «ضعف» (اشک) با «قدرت» (عظمت)	آب	اشک و پستی	عظمت و شگفتی	ارتقاء زبان کردی در مدارس دینی
گێجی زرێوار هەرسم مەوج وەردەن	مولوی	موج آب	تقابل «حرکت» (امواج) با «سکون» (عظمت)	حرکت آب	اشک و پستی	عظمت و شگفتی	ارتقاء زبان کردی در مدارس دینی
وەک دەرۆیشەکەی گۆلی زرێبار	پیرمرد	اندازه آب	تقابل «محدودیت» (حجم) با «بینهایت» (تقدیر)	حجم آب	عظمت و بلا	قضا و قدر	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی
قەبری دەرۆیشی دی وەک گۆلی زرێبار گریا	پیرمرد	اندازه آب	تقابل « جۆبار » (جویبار) با « زرێبار» (دریاچه)	حجم آب	عظمت و بلا	قضا و قدر	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی
سا بۆچی نەبی تۆ بە زرێباری مەجووسی؟!	ناری	سیل	تقابل «الودگی» (مەجووس) با «پاکی» (زلالی)	جریان آب	زلالی و شفافیت	پاکی	پیوند سنت های شفاهی با هویت خواهی کردی
کە من غەرقی زرێباری غەمی تۆ بم لە بێلوودا	ناری	عمق آب	تقابل «عمق» (فیزیکی) با «عمق» (عاطفی)	ژرفای آب	عمق و عظمت	عشق	فولکلور و سنت های شفاهی
زەل و زووزی زرێبارم بە عەینی باخی ڕزوان بوو	قانع	زیبایی آب	تقابل «زیبایی مادی» با «زیبایی معنوی»	جلوی زیبایی	زیبایی	بهشت	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی
لەناو ئەو دەشتەدا گۆلی زرێبار	قانع	اندازه آب	تقابل «کوچکی» (ابگیر) با «عظمت» (پاکی)	حجم آب	زلالی و شفافیت	پاکی	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی
بڕیاری دا زرێبارە	حقیقی	قدمت دریاچه	تقابل «گذشته» (تاریخ) با «حال» (هویت)	تاریخ	دیرینگی	هویت خواهی	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی
لە مەریوانەوە هەتا زێبار	هیمن	جغرافیا	تقابل «مکان» (جغرافیا) با «معنا» (هویت)	تفاوت مکانی	عمق و عظمت	هویت خواهی	نارضایتی و تقابل فرهنگی
وەک زرێبارە چاوی کوردی هەژار	هیمن	چشمه	تقابل «اشک» (ضعف) با «هویت» (قدرت)	چشم	اشک	هویت خواهی	نارضایتی و تقابل فرهنگی
کەول و پۆست نشین وەک «دەرۆیشەکەی گولی «زرێبار»	کاکەی فلاح	اندازه آب	تقابل «یکنواختی» (یەک ڕەنگ) با «هەلپەرست » فرصت‌طلبی (تقابل)	حجم آب	قدمت و دیرینگی	هویت خواهی	نارضایتی و تقابل فرهنگی
بوو بە گۆلی زرێباریّ	کاکەی فلاح	سیالیت آب	تقابل «جریان» (سیالیت) با «ثبات» (زندگی)	جریان آب	عظمت و بلا	زندگی	نارضایتی و تقابل فرهنگی
بەڵام دوێنێ لە زرێبار	کاکەی فلاح	طبیعت	تقابل «طبیعت» (عینی) با «عشق» (انتزاعی)	پدیده طبیعی	طبیعت	عشق	ورود رمانتیسم به ادبیات کردی
دنیام لێ بووە بە زرێبار	علی شارزوری	ویرانی	تقابل «ویرانی» (مادی) با «زیبایی» (معنوی)	غرق شدن	ویرانی	زیبایی	ورود رمانتیسم به ادبیات کردی
: وەک زرێباری بن خێوەتی مانگەشەو	سواره ایلخانیزاده	عظمت	تقابل « هیبت» (ترس) با «زیبایی» (جذبه)	گستردگی	عظمت و هیبت	زیبایی	ورود رمانتیسم به ادبیات کردی
کە هەر وەک زرێباری بەر تاووساوی بەیانە	سواره ایلخانیزاده	چشم	تقابل «چشم» (مادی) با «عشق» (انتزاعی)	چشم	زیبایی	عشق	ورود رمانتیسم به ادبیات کردی
لەخوڕی ئاوی چاومدا زرێبار و زێی سیروانی چی	دلشاد مریوانی	اشک	تقابل «اشک» (ضعف) با «پاکی» (قدرت)	اشک	اندوه	پاکی	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی

زریبار له دەستی نەهات	معروف آغایی	اشک	تقابل «اشک» (اندوه) با «قضا و قدر» (تقدیر)	اشک	اندوه	قضا و قدر	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
سالّێ بوو ئەیام زریبار شار بوو	محمد مکری	دریاچه	تقابل «شهر» (تمدّن) با «قضا و قدر» (غیرمادی)	دریاچه	بلا	هویت خواهی	پیوند میراث باستانی با سازگاری های مدرن
زریبار چری بە کانیسانان	محمد مکری	دریاچه	تقابل «انسان» (مادی) با «هویت» (انتزاعی)	دریاچه	فنا	هویت خواهی	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
خوێنم بەستی، بوو بە زریباری دنیا	شیرکو بیکس	اقیانوس	تقابل «خون» (مرگ) با «دنیا» (زندگی)	اقیانوس	بلا	هویت خواهی	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
بالّیان وەردا «زریبار»	شیرکو بیکس	آب	تقابل «پرنده» (آزادی) با «هویت» (تعلقات)	آب	زندگی	هویت خواهی	پیوند میراث باستانی با سازگاری های مدرن
نە زریبار و نە شاهۆ	شیرکو بیکس	دریاچه	تقابل «زریبار» (طبیعت) با «شاهۆ» (تاریخ)	پدیده طبیعی	زندگی	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
ئەوە لە کوێ باسی تیترواسکی عاشقی گوێ زریبارت بۆ بکەن و	شیرکو بیکس	جغرافیا	تقابل «پدیده طبیعی» با «وطن» (انتزاعی)	پدیده طبیعی	انسان انگاری	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
هەولێر ئەباتە ناو وانەوە و زریباریش ئەباتە لای	شیرکو بیکس	اشک	تقابل «اشک» (فردی) با «وطن» (جمعی)	اشک	اندوه	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
رەنگە ئێستە لە کەناری «زریبار» دا	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «وطن» (انتزاعی)	طبیعت	زندگی	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
ژیلا» بووە بە ماسییەکی « «بالّداری ناو «زریبار	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «ماهی» (طبیعت) با «عشق» (انتزاعی)	طبیعت	زندگی	عشق	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
دەریاچەکەی زریبار بووین.	شیرکو بیکس	دریاچه	تقابل «دریاچه» (طبیعت) با «وطن» (انتزاعی)	دریاچه	طبیعت	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
زریبار ئەهێنمە ڕۆحمەوە و	شیرکو بیکس	زلالی	تقابل «شفافیت» (مادی) با «وطن» (انتزاعی)	شفافیت	جلای دل	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
«زریبار» ئاگای لێ نییە و من دڵداریم	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «وطن» (انتزاعی)	طبیعت	همراه و یاور	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
«زریبار» ئاگای لێ نییە و	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «وطن» (انتزاعی)	طبیعت	همراه و یاور	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
کە زریبار لە باوەشی سەوزی خۆیدا، هەڵیگرتم	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «وطن» (انتزاعی)	طبیعت	نمونه آفرینش	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
زریبار هەر بۆ خۆم دەبێ و کەس نایخوازێ!	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «فردیت» (انتزاعی)	طبیعت	نمونه آفرینش	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
زریباریش گوێ ڕاگرێ	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «انسان» (اجتماعی)	طبیعت	انسان انگاری	وطن	پیوند اسطوره ها و نمادها با هویت خواهی کردی
کە زریبار ئەڕژێتە سیروانەوە	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «دنیا» (انتزاعی)	طبیعت	زندگی	دنیا	سازگاری شعر مدرن با چالش های اجتماعی و سیاسی معاصر
بە زریباردا دێتەوە	شیرکو بیکس	طبیعت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «قضا و قدر» (انتزاعی)	طبیعت	جریان زندگی	قضا و قدر	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی
زۆر مەزنترە لە زریبار و خەزەر و زەڵم	محمد عمر عثمان	عمق و عظمت	تقابل «طبیعت» (مادی) با «قضا و قدر» (انتزاعی)	طبیعت	عمق و عظمت	قضا و قدر	پیوند عرفان و تصوف با هویت خواهی کردی

بر اساس جدول بالا، نماد زرێبار در شعر کردی بر اساس نظریات سوسور و بارت، به‌عنوان یک نشانه پویا و اسطوره ایدئولوژیک عمل می‌کند. از دیدگاه سوسور، زرێبار با تقابل‌های معنایی مانند «عظمت/ضعف»، «طبیعت/تاریخ» و «هویت/تقدیر» معنا می‌یابد. از منظر بارت، این نماد از سطح دلالت (طبیعت) به کنوتاسیون (مفاهیم فرهنگی مانند مقاومت، آزادی و هویت) و سپس به اسطوره (ایدئولوژی‌های طبیعی شده) ارتقا می‌یابد. زمینه‌های تاریخی-فرهنگی مانند عرفان، هویت‌خواهی و چالش‌های مدرنیته، نقش کلیدی در شکل‌گیری این نمادها ایفا می‌کنند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد نشانه‌شناسی ساختارگرای فردینان دو سوسور و پساساختارگرای رولان بارت، به تحلیل کارکرد نمادین دریاچه زریبار در اشعار شاعران برجسته کرد پرداخت. یافته‌ها نشان می‌دهد که «زریبار» به‌مثابه یک دالّ مرکزی عمل می‌کند که مدلول‌های متنوعی را بر اساس زمینه‌های شعری و تاریخی متفاوت بازنمایی می‌کند .ارزش نشانه‌ای این دالّ عمدتاً از طریق تقابل‌های دوتایی محوری مانند ضعف/قدرت، حرکت/سکون، طبیعت/فرهنگ، فردی/جمعی، گذشته/حال و زندگی/مرگ شکل می‌گیرد که در تحلیل سوسوری جدول مشهود است.

در سطح تحلیل بارتی، معنای صریح یا دلالت اولیه زریبار (مانند دریاچه، آب، پدیده طبیعی) به‌عنوان پایه و لایه اول معنایی عمل می‌کند. بر این اساس، لایه‌های معنایی ضمنی یا کنوتاسیون‌های متعددی شکل می‌گیرد که شامل مفاهیمی چون اشک، اندوه، عظمت، پاکی، قضا و قدر، عشق، زندگی و وطن می‌شود .این کنوتاسیون‌ها صرفاً معانی ثانویه نیستند، بلکه در چارچوب نظری بارت، به تولید و بازتولید اسطوره‌های فرهنگی بزرگ‌تر کمک می‌کنند.

تحلیل‌ها نشان داد که زریبار در بستر فرهنگی-تاریخی مختلف، اسطوره‌های متفاوتی را نمایندگی می‌کند. به‌عنوان‌مثال:

در اشعار شاعرانی چون پیرمرد و حقیقی، زریبار با اسطوره «قضا و قدر» و پیوند عرفان و تصوف با هویت‌خواهی کردی مرتبط می‌شود.

در آثار شاعران قرن بیستم مانند هیمن و کاکه‌ی فلاح، در زمینه فرهنگی نارضایتی و تقابل، این دریاچه بیشتر با اسطوره «هویت‌خواهی» و «قدمت و دیرینگی» پیوند می‌خورد.

با ورود رمانتیسم به ادبیات کردی، در اشعار سواره ایلخانیزاده و علی شارزوری، زریبار به اسطوره‌های «عشق» و «زیبایی» در تقابل با طبیعت بدل می‌شود.

درنهایت، در شعر شیرکو بیکس، زریبار به شکلی برجسته به اسطوره «وطن» و نمادی از تعلق سرزمینی و هویت جمعی کردها تبدیل می‌شود که این امر به‌ویژه در بستر پیوند اسطوره‌ها و نمادها با هویت‌خواهی کردی و چالش‌های اجتماعی-سیاسی معاصر قابل‌درک است.

بنابراین، زریبار صرفاً یک عنصر طبیعی در شعر کردی نیست، بلکه یک نشانه چندوجهی و پویاست که تحولات فرهنگی، اجتماعی و سیاسی جامعه کرد را در خود منعکس می‌کند. این دریاچه از یک نماد صرفاً جغرافیایی فراتر رفته و به بستری برای بیان مفاهیم عمیقی چون هویت، تاریخ، تقدیر، عشق و تعلق تبدیل‌شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه یک پدیده طبیعی می‌تواند در فرآیند اسطوره‌سازی بارتی، به ابزاری برای طبیعی‌سازی و ترویج ایدئولوژی‌ها و هویت‌های فرهنگی بدل شود. در مقایسه با مطالعات پیشین که ممکن است نمادهای طبیعی را به‌طورکلی بررسی کرده باشند، این پژوهش با تکیه بر چارچوب نشانه‌شناسی، گستره و تحول معنایی یک نماد خاص (زریبار) را از سطح فردی تا ملی و فراملی (بهشت) در بستر تاریخی ادبیات کردی ردیابی و تحلیل کرد. برای تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌شود نقش نمادین دیگر عناصر و مکان‌های جغرافیایی مهم در ادبیات کردی با استفاده از همین رویکرد نشانه‌شناسی موردبررسی قرار گیرد تا درک جامع‌تری از تعامل میان جغرافیا، فرهنگ و ادبیات در این حوزه به دست آید.

مراجع

سالّح، ه.ک. م.، زێباری، ڕ.ا.خ. ۲۰۲۳. **لێکچواندنی شەراب و پەیوەستیار و پێکهاتەکانی لە دەقەشیعرییەکانی حافز و ملای جزیرا**، کوردی‌نامه، ژمارەی ۸، لاپەرەکانی ۵۵-۴۱.

صابر، پ، خ.ا.، جبار، س. ۲۰۲۴. **ناسنامەی نەتەوەیی و نیشتمانی لە پەندی پێشینانی کوردیدا**، گۆڤاری زانکۆی ڕاپەڕین، ق‌ۆناغی ۱۱، ژمارەی ۴، لاپەرەکانی ۲۰۵-۱۸۱

المعمری، ا.، زکریا، ز. (۲۰۲۴). **الرمز فی الأدب العربی الحدیث: مرید البرغوثی أنموذجا** مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث .4(11),

Abbar, E.M. 2023. **A Critical Analysis of Symbolism in Modernist Literature with reference to T.S. Eliot and Roland Barthes**. South Asian Research Journal of Arts, Language and Literature.

Abdollla, M.M., Dashti, O.H. 2023**. Poetic Works and Reflections of Culture and Attitude in Karim Sharaza's Poetry**. Qalaai Zanist Journal, 8(3): 316-350.

Al, Serhun (2021, December 22). **Kurdish Politics in the Global Context**. Oxford Research Encyclopedia of International Studies. Retrieved 19 Feb. 2025, from https://oxfordre.com/internationalstudies/view/10.1093/acrefore/9780190846626.001.0001/acrefore-9780190846626-e-659.

Al-Waeli, H.A.M. 2024. **The Relationship between the Signifier and the Signified in the Qur'anic Text**. American Journal of Social and Humanitarian Research.

Anwar, M.M., Khan, U.A., Eby, B., Lau, K. 2020. **Induction of CKD by Gene Deletion of Canonical Transient Receptor Potential 1 (TRPC1) Channels Independent of Hypertension and Nephromegaly Despite Diabetes and Metabolic Syndrome: PO0599**. Journal of the American Society of Nephrology, 31(10S), 231. https://doi.org/10.1681/ASN.20203110S1231d

Atmaca, M. 2017. **Three stages of political transformation in the 19th century Ottoman Kurdistan**. Anatoli. De l'Adriatique à la Caspienne. Territoires, Politique, Sociétés, (8): 43-57.

Babaie, M. 2024. **Nostalgia of the Occupied**. TISHK Center for Kurdistan Studies.

Bajalan, D., & Karimi, S. Z. (2014). The Kurds and Their History: New Perspectives. Iranian Studies, 47(5), 679-681.

Barthes, R. 1972. **Mythologies. (A. Lavers, Trans.).** Hill and Wang. (Original work published 1957)

Bocheńska, J., Ghaderi, F. 2023. **Gan qey bedenî yeno çi mana' (What the Soul Means for the Body): Collecting and Archiving Kurdish Folklore as a Strategy for Language Revitalization and Indigenous Knowledge Production**. Folklore, 134(3): 344–369.

Bülbül, M. 2016. **The Transformation of Kurdish Education in Turkey**. International Journal of Communication Research, 6(2): 111.

Butt, A. 2018. **The Unimaginative Symbols of Salim Barakat**. International Journal of Kurdish Studies, 4(2).

Dag, V. 2023. **Self-governing from below: Kurdish refugees on the periphery of European societies**. Journal of Ethnic and Migration Studies, 49(15): 3920-3939.

Dai, W., Liu, H. 2024. **Research on the Design of Cross-Cultural Symbols from the Perspective of Communication Semiotics**. Communications in Humanities Research.

Donkor, E.K et al. 2024. **Symbols and Metaphors of Ceramic Sculpture Receptacles**. Humanities & Language: International Journal of Linguistics, Humanities, and Education.

Ebrahim, H.R. 2016. **Narrative analysis of the oral stories of personal experience told by Iraqi.**

Ergin, M 2014. **The racialization of Kurdish identity in Turkey**. Ethnic and Racial Studies, 37: 322 - 341.

Farhan, M.H., Ahmed, A.T. 2022. **The aesthetics of The Symbolism of The Mohammed Kurdo's Collection for the Smell of Happiness**. Govarî Zankoy Helebce, 7(3): 49–63.

Fiske, J. 2011. **Introduction to Communication Studies**. 3rd ed. Oxfordshire: Routledge.

Gao, Z., Abas, I.H. 2024. **The Semiotics and Deconstruction of the Body**. Journal of Ecohumanism.

Grenaderova, A., Sharafutdinov, R.A., Stoyko, T.G. 2024. **Holocene environmental conditions in the Eastern Sayan foothills according to a comprehensive paleoecological study of the Sosnovka mire**. Limnology and Freshwater Biology, 394-399.

Grossman, A., O'Brien, A. 2006. **Kurdish Lyrical Protest: The Terrain of Acoustic Migration**. Journal of Ethnic and Migration Studies.

Gültekin, A. 2022. **Kemerê Duzgi: The Protector of Dersim (pilgrimage, social transformation, and revitalization of the Raa Haqi religion)**. British Journal of Middle Eastern Studies, 51, 570 - 588.

Hamarasheed, H.M., Majid, P.A. 2023. **Social Identity in Kurdish Film from a Theoretical and Sociologists Perspectives**. Journal of Kurdistani for Strategic Studies.

Hazar, E., Karaselek, M.A., Kapakli, H., Dogar, O., Kuccukturk, S., Uygun, V., Artac, H., Fındık, S., Sahin, A., Arslan, S., Guner, S., Reisli, I., Keles, S. 2024. **Variable clinical presentation of hypomorphic DCLRE1C deficiency from childhood to adulthood**. Pediatric Allergy and Immunology, 35(10): e14260.

Humaira, A. 2025. **Agama sebagai produk: membedah komodifikasi Agama Islam dalam industri media perfilman dan periklanan.** Lektur: Jurnal Ilmu Komunikasi.

Kautsar, I.N., Maella, N.F.S., Prayudha, H.H., Prasetyo, I.J., Soekrani, T.S. 2024. **Symbolic communication of the tuntung pandang (kondang) skullcap as a regional symbol of tanah laut regency**. Journal of Economic, Bussines and Accounting (COSTING), 7(5): 893-901.

Lavrenova, O. 2023. **Color Semantics of the Cultural Landscape**. Arts.

Levinson-Labrosse, A.M. 2019. **Exile is Arrival: Nineteenth Century Kurdish Poetry. University of Exeter (United Kingdom).** Available at http://hdl.handle.net/10871/38642

Liu, S., Zhou, H., Li, L., Liu, Y., Deng, T., Zhou, Y., Li, M. 2024. **Structure Gaussian SLAM with Manhattan World Hypothesis**. arXiv preprint arXiv:2405.20031.

Mahato, A.S. 2023. **Mythology and Symbolism in A.K. Ramanujan's Poem "A River".** Current Perspectives in Educational Research, 6(1): 32–39.

McCarus, E.N. 1997. **Nationalism and Language in Kurdistan**, 1918-1985. Middle East Journal.

Mengozzi, A., Mustafa, D. 2015. **A Kurdish-Garshuni Poem by David of Barazne (19th Century).**

Mohammed, S.J., Romano, D. 2023. **The Kurdish Conflict in Turkey: The Central Role of Identity Recognition (or Lack Thereof)**. Ethnopolitics, 1-18.

Mühlenbeck, C., Jacobsen, T. 2020. **On the origin of visual symbols.** Journal of comparative psychology.

Natali, D. 2005. **The Kurds and the State: Evolving National Identity in Iraq, Turkey, and Iran.**

Omidi, A., Miriasl, K. 2024. **The Ideal Beloved in the Poems of Kurdish Poets of Īlam.** Hawwa, 22(3-4): 328-356.

Orekhov, A.M., Poluboyarinov, A.R. 2024. **General characterization of ideological semiology based on Roland Barthes' semiological theory**. Sociopolitical Sciences, 14(4): 213-219.

Pinto, P. 2011. **Sufism among the Kurds in Syria.** Syrian Studies Association Newsletter, 16(1).

Rafaat, A. 2007. **An independent Kurdish state: achievable or merely a Kurdish dream?.** Journal of Social Political And Economic Studies, 32(3): 267.

Rashid, J.S. 2023. **The social symbol in "Now a girl is my homeland" poem**. Govarî Zankoy Helebce, 8(3): 101–124.

Sari, V, Bahari, L.P.J 2025. **A Review Of Mircea Eliade's Perspective On The Sacred Symbols Of The Ka'bah And The Cross.** International Journal of Sociology of Religion.

Sary, G. 2016. **Kurdish self-governance in Syria: Survival and ambition**. Chatham House for the Royal Institute of International Affairs.

Saussure, F. de. 1916. **Course in General Linguistics (C. Bally & A. Sechehaye, Eds., W. Baskin, Trans.).** McGraw-Hill Book Company. (Original work published 1916)

Sawitri, A., Sazali, H. 2024. **Analisis Semiotika Roland Bartners Pesan Dakwah Dalam Film Perjalanan Pembuktian Cinta. Jurnal Cendekia Media Komunikasi Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Islam**. https://doi.org/10.37850/cendekia.v16i02.811

Shai, D. 1980. **Changes in the oral tradition among the jews of kurdistan**. Contemporary Jewry.

Sheyholislami, J 2008. **Identity, Discourse, and the Media: The Case of the Kurds**.

Shi, S. (2018, November 1). **Can a Kurd be a Turk? Clashing National Identities in Anatolia**.

Strohmeier, M. (2003). **Chapter One The 19th-century Background: Religion and Tribalism**. In Crucial Images in the Presentation of a Kurdish National Identity. Leiden, The Netherlands: Brill.

The Editors of Encyclopaedia Britannica (2025, January 16). **Kurdistan. Encyclopedia Britannica**. https://www.britannica.com/place/Kurdistan

Toksambayeva, A., Yerdembekov, B., Samekbayeva, E., Mukanova, K., Smagulova, A. 2024. **The worldview of the independence of poets-writers of the Abai region in the space of world**

thought: Analysis of the works. Scientific Herald of Uzhhorod University, Series Physics, (56): 2720-2732.

Vecina, J.P. M et al. 2025. **The Use of Textual Paralanguage in Expressing Emotions**. International Journal of Research and Innovation in Social Science. https://doi.org/10.47772/ijriss.2024.8120163.

Wanche, S.I. 2002. **Identity, nationalism and the state system: the case of Iraqi Kurdistan (Doctoral dissertation, Durham University).**

Yusupova, Z.A. 2021. **Kurdish poets: from the history of Kurdish literary studies**. Pis' mennye pamiatniki Vostoka, 18(1): 29-43.

Zeydanlıoğlu, W. 2012. **Turkey's Kurdish language policy.** International Journal of the Sociology of Language, 2012(217)" 99-125.

Лобанкова, И.П. 2024. **Symbol and consciousness in ancient myth and modern society**. Bulletin of Chelyabinsk State University, 491(9): 35-40.

Разумовская, В., Идрисова, Э., Азкенова, Ж. 2024. **Вопросы культурной, национальной и риторической идентичности в поэзии жырау как объект этноперевода. Вестник КазНУ**. Серия филологическая, 195(3): 214–226.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

زریبارنشینان از منظر تاریخی

سید برهان تفسیری[۱]، هادی سعیدی[۲]

۱- دکترای تاریخ ایران، پژوهشگر پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. tafsiri62@yahoo.com

۲- دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی و شهردار، برده‌ره‌شه (مریوان)، ایران. saidihadi37@gmail.com

چکیده

پژوهش حاضر تکامل حوزه اجتماعی زریبار را مورد بررسی قرار داده است. شاخص مهمی که برای تبیین این مسأله در نظر گرفته شده روستاهای حاشیه زریبار و عوامل مؤثر بر پیدایی آنها است. شواهد باستان‌شناختی نشان از آن دارد که قدمت سکونت در حاشیه زریبار به چند هزار سال پیش بازمی‌گردد. اما روستاهای فعلی مستقر در حاشیه زریبار تقریباً هیچ یک نتوانسته‌اند پیوستگی خود را با دوران باستان حفظ کنند. به‌عبارتی دیگر، اجتماعات باستانی موجود در حاشیه زریبار زمانی به‌دلایلی از میان رفته و پس از توقفی نسبتاً طولانی مجدداً به دلایلی دیگر و با شکلی متفاوت ظاهر می‌شوند. در پژوهش حاضر نه به وضعیت باستانی سکونت در حاشیه زریبار بلکه به ردیابی تاریخی روستاهایی پرداخته شده است که در حال حاضر بر پیرامون زریبار جا خوش کرده‌اند. مسأله اساسی پژوهش این است که روستاهای فعلی موجود در حاشیه زریبار از چه زمانی سربرآورده و چه عواملی بر پیدایی و تکوین آنها اثرگذار بوده‌اند؟. شیوه گردآوری اطلاعات در این پژوهش استفاده از تحقیقات میدانی و برخی منابع کتابخانه‌ای است. مطالعات نشان می‌دهد که بازه زمانی پیدایی روستاهای فعلی حاشیه زریبار، که ۱۳ مورد هستند، از حدود ۳۵۰ سال پیش و بیشتر آنها مربوط به سده نوزدهم میلادی است. وجود یا عدم روستاها در پیرامون زریبار را می‌توان در پیوند عمیق با وجود یا نبود امنیت، و برخاسته از معادلات سیاسی بابان-اردلان، ایران-عثمانی، حضور یا عدم حضور دولت مرکزی ایران، و همچنین حضور فصلی جاف‌ها در منطقه دانست.

واژگان کلیدی: زریبار، برده‌ره‌شه، مریوان، روستاهای زریبار.

Abstract

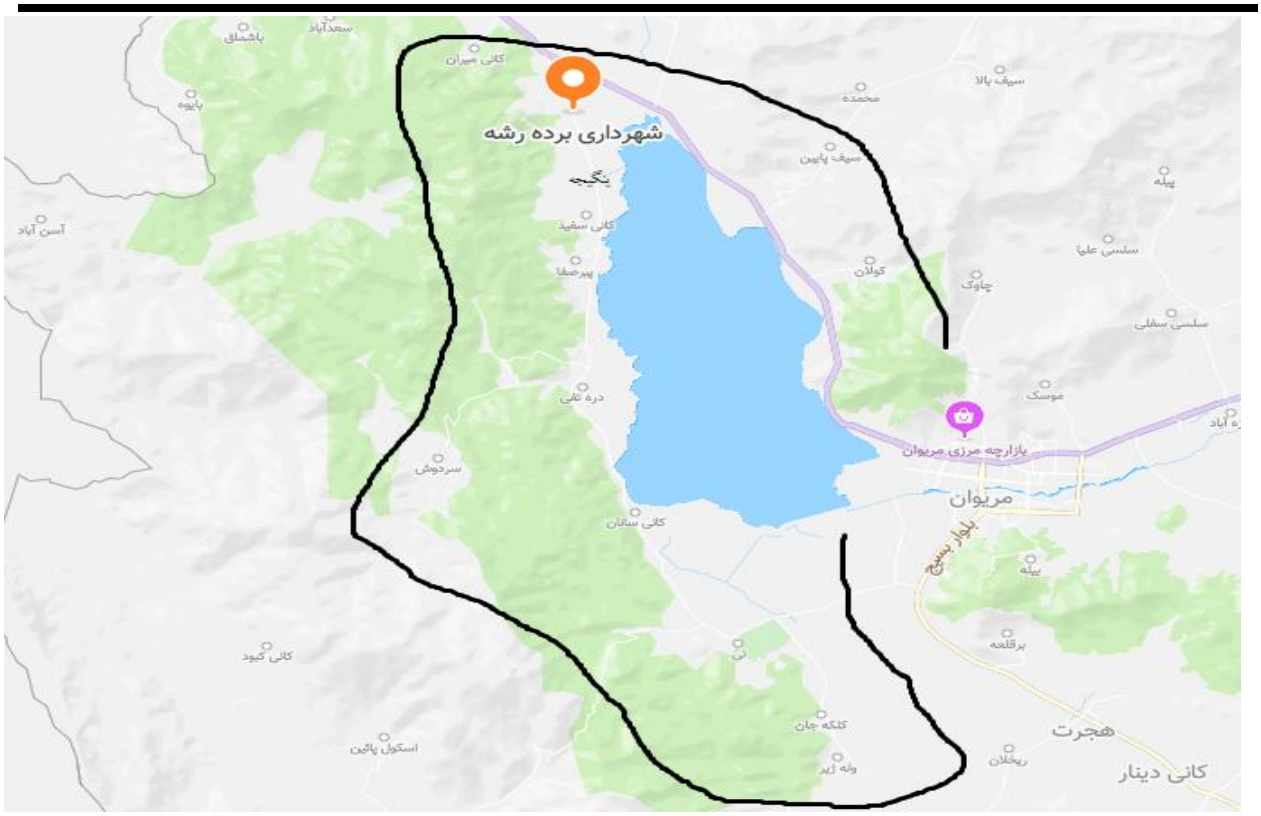
The current research has examined the evolution of Zrebar's social domain. An important indicator that is considered to explain this issue is the marginal villages of Zrebar and the factors influencing their finding. Archaeological evidence shows that the settlement in the outskirts of Zaribar dates back to several thousand years ago. However, almost none of the current villages located on the edge of Zrebar have been able to maintain their continuity with the ancient times. In other words, the ancient communities in the Zrebar area once disappeared for some reasons and after a relatively long pause, they reappear for other reasons and in a different form. In the present research, not the ancient situation of the settlement in the outskirts of Zrebar, but the historical tracing of the villages that have settled in the vicinity of Zrebar at present. The basic issue of the research is that when did the current villages in the outskirts of Zrebar emerge and what factors have influenced their development? The method of collecting information in this research is to use field research and some library sources. The studies show that the time period of finding the current Zaribar border villages, which are 13, about 350 years ago and most of them are from the 19th century. The presence or absence of villages around Zrebar can be seen in a deep connection with the presence or absence of security, arising from the political equations of Baban-Ardalan, Iran-Ottoman, the presence or absence of the central government of Iran, and also the seasonal presence of Jaffs in the region.

Keywords: Zrebar, Bordareshe, Marivan, Zrebar villages.

مقدمه

پژوهش حاضر حول محور یک پدیده جغرافیایی به نام دریاچه زریبار شکل گرفته است. اما نگاه ما در اینجا نه به یک پدیده جغرافیایی صرف و نه از نوع مطالعات طبیعی است، بلکه به تعامل طبیعت با انسان و نمود تاریخی یک پدیده جغرافیا یی است. بنابراین نوع مطالعه ما از گونه مطالعات «جغرافیای تاریخی» است. هدف این است که اثر پدیده جغرافیایی زریبار بر تکامل حیات اجتماعی و روند تحولات تاریخی پیرامون آن تبیین شود و مشخص شود که این دریاچه چگونه بر حیات اجتماعی منطقه تأثیر گذاشته و یا اینکه انسان‌ها چگونه از این عامل جغرافیایی به نفع حیات جمعی خود بهره‌برداری کرده‌اند. دریاچه زریبار به‌عنوان یک عامل جغرافیایی و پیرامون آن، به‌طور بالقوه از اهمیت و قابلیت زیادی جهت انتخاب به‌عنوان یک سکونتگاه و محل تجمع انسان‌ها برخوردار است. اما تاریخ منطقه نشان از آن دارد که در این زمینه نمی‌توان از یک روند پیوسته و تکاملی صحبت کرد. بقایای باستان‌شناسی نشان از اهمیت سکونتگاهی حاشیه زریبار در دوران باستان و مشخصاً در زمان اشکانیان دارد (محمدی‌فر و مترجم، ۱۳۸۱؛ زمانی دادانه، ۱۳۹۷). اما زمانی این مسدله کم‌رنگ شده و برخی سکونتگاه‌ها از میان می‌روند و دیگر رونقی در جمعیت حاشیه زریبار به چشم نمی‌خورد. تا اینکه از دوره صفویه به بعد و به‌طور مشخص از سده سیزدهم هجری قمری/ نوزدهم میلادی سکونتگاه‌های حاشیه زریبار جانی تازه می‌گیرند (کنفرانس ملی مریوان‌شناسی، ۱۴۰۰) و روستاهای جدید سر برمی‌آورند. در اینجا یک سوال به ذهن خطور می‌کند و آن اینکه چرا یک عامل جغرافیایی مانند زریبار نمی‌تواند به‌طور پیوسته و روزافزون انسان‌ها را به دور خود گردآورد و در این زمینه دارای فراز و فرود است؟ مگر قابلیت‌های زیستی زریبار تا این اندازه دچار دگرگونی شده که زمانی غیر قابل تحمل و زمانی مهیج باشد؟ در پاسخ به این سوال باید به اصطلاحی به نام »ویژگی‌های موقعیتی» یک مکان متوسل شد، چیزی که محصول توجه یا عدم توجه انسان به یک مکان (به دلایل مختلف) است.

در تمامی دوره‌های تاریخی ویژگی‌های موقعیتی هر مکانی دارای اهمیت خاصی هستند؛ زیرا به‌همراه دیگر خصوصیات جغرافیایی، نقشی در تاریخ آن مکان ایفا کرده‌اند. با اندکی تأمل می‌توان فهمید که موقعیت تنها یک مفهوم مطلق نیست که بتوان به زبان ریاضی آن را تعریف کرد بلکه مفهومی نسبی هم هست: زیرا انسان‌ها همواره در دنیایی در حال تغییر زیسته‌اند. بنابراین موقعیت هر مکانی یک عامل جغرافیایی متغیر و در عین حال ثابت است. بنابراین باید وجه متغیر آن را برای دوره‌های مختلف تاریخی ارزیابی کرد. نمی‌توان به‌طور قاطع و با اطمینان همان ارزشی را که موقعیت یک مکان خاص در حال حاضر دارد به گذشته هم تسری داد و این مسأله امری نسبی است. اگر دست به چنین کاری بزنیم مرتکب یک خطای تاریخی شده‌ایم. اگر سفری ذهنی به هزاره سوم دیش از میلاد داشته باشیم؛ یعنی زمانی که شیوه‌های زندگی به آرامی در شبه‌جزیره‌های مدیترانه و اروپای مرکزی در حال نشر بود، متوجه خواهیم شد که جزایر بریتانیا و فرانسه غربی و اروپای شمالی در بین عقب‌افتاده‌ترین و توسعه‌نیافته‌ترین نواحی دنیای کهن جای می‌گیرند. فرهنگ‌های بعدی نوسنگی، مفرغ و عصر آهن کهن دیر و به‌صورتی نسبتاً ضعیف به بریتانیا وارد شدند. این در حالی بود که ایرلند با استفاده مناسب از منابع طلا و مس خود تمدنی اصیل و شکوفا را در اوایل عصر برنز پدید آورد که تا مدتی جریان شرق به غرب انتشار تمدن را وارونه کرد (گوردون ایست، ۱۳۹۲). بدین‌ترتیب در مورد حوزه اجتماعی زریبار و فراز و فرودهای تاریخی آن هم می‌توان ازاین زاویه به قضیه نگاه کرد و به این امر اذعان کرد که اگر چه زریبار همیشه یک عامل جغرافیایی مهم بوده است، اما از لحاظ تاریخی همیشه به یک اندازه مهم نبوده است و این عوامل انسانی است که زمانی به زریبار بی‌اعتنا بوده و زمانی آن را به‌طور جدی وارد سپهر تاریخی می‌کند. در پژوهش حاضر به بررسی تکامل حیات اجتماعی حوزه زریبار و عوامل مؤثر بر آن پرداخته خواهد شد. مهم‌ترین ملاک یا متغیری که برای تبیین این مسأله بتوان به آن مراجعه کرد توجه به روستاهای پیرامون زربار و تاریخ پیدایی و تحولات جمعیتی آن‌هاست. به‌همین منظور علاوه بر شهر به‌رده رەشه، روستاهای مورد بررسی عبارت‌اند از: «وله‌ژیر، کلکه‌جان، کانی‌سانان، دره‌تفی، پیر سەفا، کانی سپیکه، یەنگیجه، سیف سفلی، کولان، سردوش، کانی‌میران». پژوهش حاضر نگاهی به تکامل تاریخی این حوزه حیات جمعی انداخته است.



تصویر ۱: نقشه موقعیت استقرار روستاهای مورد مطالعه نسبت به زریبار (برگرفته از googlemap: با ویرایش مؤلف)

موقعیت کلی پیرامون زریبار

به‌طور کلی، دشت‌های حاشیه زریبار را در یک جمله می‌توان اینگونه توصیف کرد: «دشت‌هایی کوه‌پایه‌ای که از یک طرف در محاصره دریاچه زریبار و از طرف دیگر در حصار امن کوه‌ها قرار دارند». در دل این توصیف واقعیت‌های زیادی نهفته است، واقعیت‌هایی که از قضا در تکامل حیات اجتماعی خطه پیرامون زریبار نمود هم پیدا کرده‌اند. اول از همه موقعیت سیاسی چنین محیطی است که در تلاقی امپراتوری‌های ایران و عثمانی هر از چندگاهی میدان رزم دو دولت مقتدر ایران و عثمانی و یا خاندان‌های محلی کردنشین بابان و اردلان در دو سوی مرز بوده است. چنین وضعیتی برای مدت‌ها این منطقه را در حد یک بارانداز نظامی و سیاسی در سطح چنین معادلاتی مطرح کرده بود. این مسأله از تبدیل آن به سکونتگاهی جدی به سان یک شهر و به‌تبع آن شکل‌گیری روستاها (اتفاقی که در دو سده اخیر افتاد) جلوگیری کرد. نگاهی به محل حکومت اردلان‌ها بر روی قله امام فعلی بر فراز مریوان و نیز وجود کهنه‌روستاهای مورد بررسی در مناطق بالادست‌تر کوه‌ها گویای این مسأله است که امنیت در این منطقه پایدار نبوده است. حتی زمانی که مریوان مرکز حکومت اردلان‌ها بود نشانی از رونق تجمعات انسانی در این منطقه به چشم نمی‌خورد. البته همان‌طور که قبلاً اشاره شد آثار تجمعات انسانی در دوره اشکانی در این منطقه به‌وفور یافت شده است، اما تمرکز ما در اینجا نه بر روی تجمعاتی است که از میان رفته‌اند بلکه بیشتر تمرکز ما بر روی تجمعاتی است که زمانی در اینجا شکل گرفته و به دلایل و اشکال مختلف توانسته‌اند تا به امروز امتداد پیدا کنند و امروزه ما همچنان شاهد حضور آنها هستیم (تفسیری، ۱۴۰۳).

با توجه به یافته‌های باستان‌شناسی در پیرامون مریوان، این منطقه از چند هزار سال قبل از میلاد مسیح از سوی گروه‌های مختلف به‌عنوان محل سکونت انتخاب شده است. در این پژوهش یک بُرش مشخص از این تاریخ طولانی مورد بررسی قرار گرفت، دوره‌ای که همزاد با تاریخ خاندان حکومت‌گر اردلان است و از دوره مغول شروع می‌شود. در ابتدا مریوان و پیرامون آن

مرکز فرمانروایی خاندان اردلان بود یا حداقل فاصله آن تا مرکز حکومت این خاندان چندان زیاد نبود. به‌همین دلیل تحولات تاریخی مریوان در آن زمان (از آغاز حکومت خاندان اردلان) تا نیمه اول دوره صفویه بیشتر مربوط به تحولات داخلی خاندان اردلان و جنگ قدرت داخلی آنها بر سر تقسیم قلمرو بود. اما با انتقال مرکز حکومت از مریوان و ظَلم به پالنگان و سنندج، حوادث مریوان از حالت اختلافات داخلی خاندان اردلان فراتر رفته و بیشتر در دایره روابط ایران و عثمانی قابل دسته‌بندی است و از این زاویه باید به آن نگریست. پس از برافتادن خاندان اردلان و آمدن حکومتگران غیرمحلی (از زمان فرهادمیرزا معتمدالدوله: ۱۲۸۴ه.ق)، مسائل عشیرگی هم در مریوان چهره نمود. البته نمی‌توان گفت که این مسأله مربوط به جبهه‌گیری در مقابل حکومتگران غیرمحلی بود، بلکه مسأله‌ای بود که زاده موقعیت مرزی مریوان و آمدورفت عشایر مرزی جاف در سرحدات دو دولت ایران و عثمانی بود. اما حکومتگران محلی از انعطاف بیشتری در مقابل این مسأله برخوردار بودند و با آمدن حکومتگران غیرمحلی تنش‌ها میان حکومت ایران و جاف‌ها هم بالا گرفت و مریوان هم تحت تأثیر این تنش‌ها قرار گرفت. البته با آمدن فرهادمیرزا معتمدالدوله مریوان به‌لحاظ اجتماعی و بافت سکونت‌گاهی دچار نوعی دگرگونی هم شد. با ساخته شدن قلعه‌ای مستحکم در این زمان، ایجاد قصبه و حمام و مسجد و بازار در کنار آن و با کوچاندن بزرگان و اشخاص متنفذ منطقه، مریوان به‌تدریج در مسیری قرار گرفت که آن را به‌نوعی بارانداز اجتماعی و اقتصادی در منطقه تبدیل می‌کرد و در واقع سنگ‌بنای تبدیل مریوان به شهر در همین زمان گذاشته شد. همین مسأله به سنگ‌بنایی مستحکم برای تکامل حیات اجتماعی زریبار هم تبدیل شد (نه برای شکل‌گیری) (همان، ۳۳۹).

عوامل اثرگذار

پژوهش حاضر را می‌توان از نوع پژوهش‌های خُرد تاریخی به‌حساب آورد که تابع کلیاتی مسجل و مشخص است. حوزه مورد مطالعه این پژوهش بخشی بسیار کوچک از جامعه بزرگ کُرد با ویژگی‌های خاص خود است. تاکنون در مورد ویژگی‌های کلی جامعه کُرد و حیات اجتماعی آن به‌صورت کلی پژوهش‌هایی انجام شده و در آنها به ویژگی‌های کلی کُردها و حیات اجتماعی آنان پرداخته شده است. بنابراین در اینجا، به‌منظور جلوگیری از تکرار مکررات و هرز رفتن توان و انرژی پژوهش، از ذکر ویژگی‌های کلی جامعه کُرد در درازای تاریخ خودداری می‌کنم و تنها به ذکر مختصر چند نکته بسنده می‌کنم که تحولات تاریخی و اجتماعی منطقه مورد بررسی را مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار داده و در واقع تنظیم کننده نبض حیات اجتماعی این منطقه در طی حداقل دو سده اخیر بوده‌اند. علاوه بر مناسبات ایران-عثمانی و بابان-اردلانی، که بر حیات اجتماعی و سیاسی این منطقه اثرگذار بودند، می‌توان بر روی چهار مورد کلی به‌عنوان عوامل اثرگذار بر رونق یا عدم رونق تجمعات انسانی در این محدوده تأکید کرد: تکامل مالکیت خصوصی بر زمین، زمین‌داران و سرگذشت زمین‌ها، بافت اجتماعی منطقه و تحولات جمعیتی آن، جاف‌ها و حضور تاریخی آنها در منطقه.

تکامل مالکیت خصوصی بر زمین

به‌نظر می‌رسد که بخشی از جریان ظهور روستاهای جدید در پیرامون زریبار را می‌توان به تحولات کلان ایران در بحث مالکیت خصوصی زمین و تکامل آن جستجو کرد. یکی از ویژگی‌های دوره قاجاریه رشد واگذاری زمین در قالب تیول بود. قاعده یا اصل تیول در نیمه اول حکومت قاجاریه شرایط را برای تشدید دو نوع اشغال زمین آماده ساخت. از طرفی چون منشأ تیول زمین خالصه بود، حکومت مرکزی با تمام نیروی خود برای توسعه اراضی خالصه در تلاش بود و بدین‌منظور به انواع بهانه‌ها و از آن جمله به بهانه «سیاست و مجازات کردن» اراضی را اشغال و به خالصه تبدیل می‌نمود. هدف حکومت از این کار این بود که بدین‌وسیله خود را هم از فشار پرداخت مواجب و مستمری نقد و هم از رنج نظارت مستقیم بر خالصه‌ها رها سازد. از طرف، دیگر تیولداران با تمام قوا در تلاش بودند که تیول تحت اختیار خود را به زمین ارثی قابل انتقال تبدیل کرده و عملاً آنها را اشغال کنند. به جرأت می‌توان گفت که تیولداران دوران قاجاریه آشکارترین و وقیح‌ترین اشغال‌کنندگان زمین‌های کشور بودند

(گلاویژ، ۱۳۶۱). حتی عبدالله مستوفی اعتراف می‌کند که داشتن خالصه در دوران قاجاریه نشانه دزدی بود (مستوفی، ۱۳۲۶). اصل تیول در عین حال ناقض استقلال و حاکمیت دولتی بود؛ زیرا تیولدار علاوه بر زمین تیول، حاکمیت محلی در آن زمین را هم در دست خود قبضه می‌کرد و نفوذ و توانایی دولت مرکزی را در قلمرو خود تضعیف می‌کرد. در نتیجه سرتاسر ایران به صدها خودمختاری «تیولداران» تقسیم می‌شد و در مواردی که تیولدار رئیس عشرت هم بود این خودمختاری عمق بیشتری هم کسب می‌کرد (گلاویژ، ۱۳۶۱).

اقتصاد کردستان در سده نوزدهم، همگام با سراسر ایران، به‌سوی خروج از دربستگی و انسداد و رکود قرون وسطایی پیش می‌رفت. منشأ این گرایش جدید میل جبری نیروهای مولده، تقسیم اجتماعی کار و مناسبات کالائی-پولی به سوی تکامل، تعمق و گسترش بود. جلب اقتصاد روستایی کردستان به بازار سرمایه‌داری و رشد مناسبات کلایی-پولی، عمده‌ترین عامل تکامل مالکیت خصوصی بر زمین بود. یکی از عللی که فروش مقدار زیادی از فرآورده‌های دامداری و کشاورزی را ضروری می‌ساخت نیاز شدید صاحبان اراضی به پول نقد جهت پرداخت مالیات‌های دولتی، خرید سلاح و ایجاد ذخیره برای روز مبادا بود. به علاوه، باید به رسوخ سرمایه و کالاهای اروپایی در بازار کردستان اشاره کرد که هر چه بیشتر به عامل فروپاشی جامعه سنتی تبدیل می‌شد. پارچه، قند، ظروف، نفت، کبریت و کالاهای از این قبیل هر بار به مقدار بیشتری از کشورهای سرمایه‌داری اروپائی وارد بازار محلی می‌شد. ورود این کالاها حتی موجب تغییر در شیوه زندگی هم می‌شد. چون کالاهای وارداتی به‌طور کلی از لحاظ کیفیت بهتر، از لحاظ قیمت ارزان‌تر و از نظر تنوع بیشتر بود، به‌تدریج صنایع دستی محلی را زیر فشار خردکننده رقابت قرار داده آنها را به نابودی می‌کشاند. گرایش روزافزون مردم به مصرف کالاهای خارجی موجب توسعه مناسبات کالائی-پولی می‌شد (همان: ۵۴).

مرور تاریخ ایران در سده نوزدهم به ما نشان می‌دهد که گرایشی ناخودآگاه در جهت مالکیت خصوصی بر زمین وجود داشت که به‌ویژه در نیمه دوم این سده طنین آن بلندآوازه‌تر شد و در نهایت با انقلاب مشروطیت به اوج خود رسید. در صدر مشروطیت در سرزمین‌های بسیار وسیعی از خاک ایران، که زیر سلطه‌ی ایلات و عشایر قرار داشتند، مالکیت ارضی و حاکمیت محلی به‌طور ارگانیک در هم تلفیق و به هم آمیخته بود و پدیده دو وجهی حاکمیت و مالکیت در وجود یک شخص مشخص و واحد (عشیره، طایفه، تیره، خاندان، خانقاه و...) تجسم می‌یافت و حاکمیت محلی بدون داشتن مالکیت ارضی بر محل امکان پذیر نبود. در جریان مشروطیت این به هم آمیختگی با تلنگری اساسی مواجه شد و در مسیر جدایی دو جانبه سیر کرد. در روند جدید باید مالکیت خصوصی به اشخاص و حکومت به دولت واگذار می‌شد. این مسأله، از لحاظ تاریخی، محتوای یک تحول بنیادی و به قول آقای گلاویژ بورژوایی را در تاریخ ایران تشکیل می‌داد. مواد ۱۵، ۱۶ و ۱۷ متمم قانون اساسی مشروطه مربوط به مصونیت مالکیت بود. در این مواد تأکید شده بود که بدون مجوز شرعی نمی‌توان ملکی را از تصرف صاحبش به در آورد، بدون حکم قانون مصادره ملک و مال مردم قدغن است، و بدون حکم قانون نمی‌توان مالکین و متصرفین را از تسلط بر املاک و اموال زیر تصرفشان محروم کرد (همان: ۷۹-۸۴). بدین‌ترتیب احترام به مالکیت خصوصی جای پای خود را محکم کرد و مبنایی قانونی و عام پیدا کرد. این قانون به مالکیت عالی حکومت و همچنین به سنت معمول اشغال اراضی رسماً پایان داد و راه را بر مداخلات نامحدود و غیر شرعی و غیرقانونی حکومت در وضع مالکیت زمین بست.

زمین‌داران و سرگذشت زمین‌های پیرامون زریبار

در حاشیه زریبار مرزبندی مشخص و منظمی میان املاک روستاها وجود ندارد و این مسأله در این منطقه تاحدودی طبیعی به‌نظر می‌رسد. متأسفانه با توجه به افزایش اهمیت و ارزش و قیمت زمین، روز به روز از دامنه جنگل‌ها و مراتع کم شده و به زمین‌ها افزوده می‌شود. اما این زمین‌ها دارای چه سرنوشتی بوده‌اند؟ در مقدمه این مبحث باید نکاتی را گوشزد کرد. پدیده کوچ‌نشینی در مریوان حضوری، هرچند نزدیک مقیاس، داشته است. در مورد چرایی آن می‌توان به پر باران بودن مریوان اشاره کرد که موجب می‌شد برخی جاهای آن چندان قابل سکونت دائمی نباشد. شاید وجود کهنه روستاها در مورد بسیاری از روستاهای پیرامون زریبار را هم بتوان از این منظر توجیه کرد. به‌همین دلیل کشاورزی رونق زیادی در این خطه نداشت. البته

ناامنی‌های منطقه و حضور فصلی جاف‌ها را هم در این زمینه نباید فراموش کرد. از دورi قاجاریه به بعد است که به‌تدریج کشاورزی در این منطقه رونق می‌گیرد. در دوران سلیمان بگ (معاصر محمود خان کانی‌سانان) معادل سال‌های ۱۳۰۰ ه.ق این منطقه رفته رفته آبادان شده و به‌همین دلیل از جاهای دیگری هم مردم به اینجا آمده‌اند. اما به‌نظر می‌رسد که بگ‌زاده‌ها زودتر از بقیه مردم در این زمینه جنبیده و زمین‌ها را در اختیار خود درآورده‌اند (فرید پروازه). البته در اینجا باید به یک سوال مهم اشاره کرد که به ذهن خطور می‌کند و آن اینکه آیا افرادی نورچشمی و توانمند با خریدن املاک به بزرگی رسیده و به بگ تبدیل شدند؟ و یا اینکه خاندان‌هایی با سابقه ملکی طولانی خریدار زمین‌ها شدند و خریدن و نخریدن زمین تأثیری در جایگاه اجتماعی آنها نداشت؟

سه طایفه اصلی زمین‌دار پیرامون زریبار عبارت‌اند از: حیدر بگی، محمد کریم بگی و فتحعلی بگی. گزارش‌های موجود حکایت از آن دارد که اصل بگ‌زاده‌های مریوان از کلبعلی‌خان و پسران او فتحعلی بگ و حیدر بگ هستند (حیرت سجادی، ۱۴۰۰). گفته می‌شود که در زمان قدیم، جماعتی از همدان و دیگر مناطق با عنوان «**که‌تیره که‌ن**» به این مناطق می‌آمدند که همچنین به کارهای دوره‌گردی مشغول بودند. فردی به نام کلبعلی‌خان (جد این بگ‌زاده‌ها) که اهل همدان بود به‌صورت واسطه بین مردم و نیروهای حکومتی درآمد و منطقه مریوان به او واگذار شد. کلبعلی‌خان دارای سه پسر بود: حیدر بگ، فتحعلی بگ و محمد کریم بگ. حیدر بگی‌ها در کانی‌سانان و **به‌یه‌له** و **گویزه کویره** و بالک بودند. طایفه فتحعلی بگی در نی و **وله‌ژیر** و سردوش بودند. طایفه کریم بگی هم در این منطقه پخش شدند. اما حیدر بگی‌ها و فتحعلی بگی‌ها قدرتمند بوده و مدعی بودند (سید محمد علی حسنی/ مصاحبه). بسیاری از حوادث تاریخی سده نوزدهم و نیمه اول سده بیستم در این منطقه را بدون فهم این مناسبات نمی‌توان توضیح داد.

کارویژه عمده بگ‌های زمین‌دار در این منطقه کمک به برقراری امنیت در منطقه بود و تا سال ۱۳۴۲ و ماجرای اصلاحات اراضی در ایران املاک این منطقه را در دست داشته و به شکل ارباب-رعیتی به مدیریت آن می‌پرداختند (ناصر خان کانی‌سانانی). دفاع در مقابل جاف‌ها و چته‌ها (راهزنان محلی) امر بسیار مهمی بود. بگ یا مالک هر روستا ناچار بود تا امنیت خود و املاک و مردمش را با اتخاذ تدابیر مختلف فراهم کند. مالکان بدین‌ترتیب بر بافت جمعیتی روستاهای خود تأثیرگذار بودند. آنها سعی داشتند با روش‌های مختلفی زارعین و کارگران را از دیگر مناطق تطمیع و جذب کنند و زمین در اختیار آنها قرار دهند تا بر روی آن کار کنند و بدین‌ترتیب رونق املاکشان هر چه بیشتر شود و نیز با مسلح کردن همه یا بخشی از آنها سطح امنیت خود و املاکشان را ارتقا دهند. بدین‌ترتیب جمعیتی که گرد می‌آمد ترکیبی بود از روستاهای مجاور و حتی فراتر از مجاور در حد منطقه و بعضاً دورتر از آن (محمود نامداری/ مصاحبه).

عمده مالکی با تمام معایبی که در قدرت ناشی از آن نهفته بود، دارای مزایایی هم بود. عمده مالکان اجازه نمی‌دادند زارعین به میل خود محصول خاصی را کشت کنند و نیز خود به خود مرز زمین‌ها را به هم بزنند. کسی نمی‌توانست بیکار بنشیند و مالکان از او نمی‌پذیرفتند. این مسأله، فارغ از جنبه جبری و تحمیلی آن، از لحاظ تولیدی به صرفه بود. تقسیم زمین‌ها و تبدیل آنها به قطعات کوچکتر از یک سو همه نیروها را مشغول خود می‌کرد و به آنها اجازه نمی‌داد به کار و حرفه دیگری فکر کنند؛ اما از سوی دیگر خود کفاف معیشت زارعین را نمی‌کرد و آنها را در نوعی بن بست قرار می‌داد و به نوعی براساس یک قانون نانوشته رعایا وابسته زمین می‌شدند. اگر یک سرپرست خانوار فوت می‌کرد دارایی او را خان برمی‌برداشت. اما کفالت و تأمین مخارج خانواده او (حداقل اسماً) با خان بود (مصاحبه با محمود تازیک و احمدی مهدی‌پور؛ برگرفته از تفسیری، ۱۴۰۳).

بافت اجتماعی منطقه و تحولات جمعیتی آن

در مورد بافت جمعیتی و طایفگی منطقه باید به یک مسأله اشاره کرد. هر یک از روستاهای پیرامون زریبار معمولاً توسط یک یا دو نفر آباد شده و بقیه بعداً در تاریخ‌های مختلف و از نقاط گوناگون به روستا آمده و به جمعیت آن اضافه شده‌اند. آنها هر کدام به دلایل مختلفی از دیگر مناطق تبعید شده و خود را در پناه یک خان یا بگ‌زاده خاص قرار می‌دادند. یا اینکه لزوماً

تبعیدی نبودند و در جستجوی کار و نیز امنیت در پناه بگ‌زاده‌ها و خوانین به این روستاها می‌آمدند. بنابراین آمدن طوایف مختلف به یک روستا اولاً به‌صورت یکپارچه نبوده و در زمان‌های مختلف و از مناطق گوناگون آمده‌اند؛ دوماً معمولا زیاد پیش می‌آمد که یک طایفه از جایی رانده و تبعید شده یا فرار می‌کرد و در جستجوی امنیت به یک بگ‌زاده پناهنده و متوسل می‌شد. دفاع در مقابل جاف‌ها و چته‌ها امر بسیار مهمی بود. بنابراین بگ یا مالک هر روستا ناچار بود تا امنیت خود و املاک و مردمش را با اتخاذ تدابیر مختلف فراهم کند. مالکان سعی داشتند با روش‌های مختلفی زارعین و کارگران را از دیگر مناطق تطمیع و جذب کنند و زمین در اختیار آنها قرار دهند تا بر روی آن کار کنند و بدین‌ترتیب رونق املاکشان هر چه بیشتر شود و نیز با مسلح کردن همه یا بخشی از آنها سطح امنیت خود و املاکشان را ارتقا دهند. بدین‌ترتیب جمعیتی که گرد می‌آمد ترکیبی بود از روستاهای مجاور و حتی فراتر از مجاور در حد منطقه و بعضاً دورتر از آن (تفسیری، ۱۴۰۳).

جاف‌ها و حضور تاریخی آنها در منطقه

از جریاناتی که از دوره صفویه به بعد همواره یکی از مشکلات منطقه و یکی از مسائل مرزی میان دولت عثمانی و دولت‌های ایرانی حاکم (صفویه، افشاریه، زندیه و قاجاریه) بود مسأله حضور فصلی جاف‌ها و مزاحمت‌های آنها برای مردم بود. تا اواخر دوره قاجاریه همچنان رسم بر این بود که منطقه مریوان و سرشیو مراتع و چراگاه‌های خود را در بهار به جاف‌ها اجاره می‌دادند. جاف‌ها تا پاییز در اینجا به چرای دام‌های خود می‌پرداختند. این اجاره‌ها و این کوچ‌های فصلی جاف‌ها امنیت منطقه مریوان را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده و در واقع کشاورزی را در این منطقه از رونق انداخته بود. روستاهای این منطقه در آن زمان خیلی کم جمعیت بوده‌اند و معمولاً توان مقابله با جاف‌ها را نداشتند و به‌همین خاطر در مواقع خطر از دست آنها به دامنه‌های مرتفع‌تر حاشیه غربی زریبار پناه می‌بردند (محمد صالحی/ مصاحبه). این مسأله پیامد تداخل و تزاحم دو شیوه زندگی کوچ‌روی (در اینجا جاف‌ها) و یکجانشینی (مردم پیرامون زریبار) بوده است و این داستان را می‌توان نماد بارز این تزاحم دانست. الان هم در قبرستان‌های اطراف زریبار یادگارهایی مربوط به حضور جاف‌ها در این منطقه و کوچ سالانه آنها به چشم می‌خورد، که اموات خود را در مسیر کوچ می‌آوردند و در اینجا دفن می‌کردند. به‌همین دلیل هم از وجود بسیاری از روستاهای امروزی حاشیه غربی زریبار اصلاً خبری نبود و معمولاً روستاهای قدیم آنها در بالادست آباد بودند.

جاف‌ها در فصل تابستان در این منطقه حاصلخیز و سرسبز و سرشار از مراتع (برای دام‌ها) زندگی می‌کردند و از دسترنج مردم این منطقه استفاده و در بسیاری مواقع سوء استفاده می‌کردند. آنها بر سر راه خود به مزارع و محصولات مردم هجوم می‌بردند و موجب ایجاد مزاحمت‌هایی سنگین برای مردم و دسترنج آنها می‌شدند. در میان اهالی یک جمله بسیار به گوش می‌رسد و آن یادگاری است از آمدن جاف‌ها به این منطقه با این عبارت که **«دەس بگرنە گولەکەیەو با نەیخوا»**. در پس این عبارت خاطراتی بسیار تلخ نهفته است. جاف‌ها دام‌های خود را در مزارع مردم می‌ریختند و محصولات زارعین را در زیر پای دام‌های خود له می‌کردند. زمانی هم که کسی معترض می‌شد که چرا با حاصل دسترنج ما چنین کاری می‌کنید، در پاسخ به مردم این جمله تحقیرآمیز را بر زبان می‌آوردند به این معنی که «گل گندم را با دست بپوشانید که دام‌های ما فقط ساقه آن را بخورند و گل گندم برای شما بماند و بدین‌ترتیب به تحقیر کشاورزان می‌پرداختند. آقای سید محمد علی حسنی که بگ‌زاده به‌رده ره‌شه و خود از ریش‌سفیدان روستا است اظهار می‌کند که «جاف‌ها مردم را سرپا نگه داشته و در سایه آنها می‌خوابیدند». یا زمانی که والی کردستان با لباس مبدل و به‌صورت ناشناس به چادر جاف‌ها می‌رود و با آنها صحبت می‌کند و آنها را توصیه می‌کند که با مردم مدارا کنند و به آنها ظلم نکنند. پاسخ آنها بسیار زننده بوده و می‌گویند **«گ‌ۆران‌ە ق‌ژە»**[1] گناه نیست و بدین‌ترتیب کشتن و آزار مردم را مایه مباهات خود هم می‌دانند. این گفته و جملاتی دیگر از این دست، شاید اغراق‌آمیز باشد، ولی حکایت از یک واقعیت دارد و آن عمق اذیت و آزاری است که جاف‌ها به شکل‌های مختلف برای مردم منطقه داشته‌اند (مصاحبه با محمد صالحی و خلیل صدیق پور و حاجی کریم از اهالی پیرصفا: برگرفته از تفسیری، ۱۴۰۳).

[1] کنایه از کشتن و آزار کردهای غیر جاف به‌دست جاف‌ها و اینکه این کار را به‌نوعی جایز شمردن است.

در زمان فرهادمیرزا معتمدالدوله قلعه‌ای در مریوان با عنوان شاه‌آباد بنا می‌شود و داستان جاف‌ها توسط فرهادمیرزا برای همیشه خاتمه پیدا کرد. بدین‌ترتیب امنیت و نظمی جدید در منطقه برقرار می‌شود. بنابراین این تاریخ (۱۲۷۷ ه.ق) و پس از آن آمدن فرهادمیرزا نقطه عطفی در پیدایی روستاهایی جدید از برده رشه تا کانی‌سانان به‌شمار می‌رود (ناصر خان کانی‌سانانی). زمانی مردم منطقه مریوان قدرت دفاع از خود در مقابل جاف‌ها را نداشتند و به‌همین دلیل نسبتاً سکونتگاه‌ها را در مناطق بالادست و مرتفع‌تر برپا می‌کردند. به‌تدریج که امنیت منطقه بیشتر شده سکونتگاه‌ها هم به پایین دست منتقل شده‌اند که دسترسی آنها به منابع آب آسان‌تر بوده است. می‌توان گفت که دلیل عمده این مسأله هم حضور قدرتمندتر دولت مرکزی در مریوان و منطقه از زمان فرهادمیرزا معتمدالدوله و نیز قدرت‌گیری و ریشه‌دواندن برخی خاندان محلی در منطقه بوده است. وجود روستای قدیم و جدید در مورد بسیاری از روستاهای پیرامون زریبار را می‌توان از این منظر توجیه کرد.

حاشیه زریبار و داستان پیدایی روستاها

آنچه که پیداست در گذشته مردم کردستان عموماً، و مردم این منطقه خصوصاً، قبل از اینکه به‌دنبال کار و پیشه باشند در طلب امنیت بوده‌اند و باید در جایی سکنی می‌گزیدند که بیشترین امنیت را برای آنها در پی داشته باشد. این مسأله بر مکان‌یابی بسیاری از روستاهای منطقه زریبار تأثیرگذار بوده و وجود «**دێه کۆن**» در مورد بسیاری از روستاهای مورد مطالعه، که اتفاقا در همه موارد در ارتفاعات بالادست روستای فعلی هم قرار داشته‌اند، حکایت از این مسأله دارد. نیز پناهجویی مردم در برابر سرما از مواردی بوده که در مکان‌یابی دارای اهمیت بوده است. کانی‌میران در زمان بگ‌زاده‌ها، به‌دلیل امنیتی که توسط افرادی مثل حسن بگ و بعداً مجید بگ برای روستا و مردمان آن برقرار بود، پناهگاهی برای مردم بوده و جمعیت‌پذیر بود. بررسی‌های حاضر هم به درستی صحت این مسأله را به اثبات رسانید و نشان داد که این روستا از نخستین حلقه‌های حوزه اجتماعی مورد مطالعه بود. حتی از اطراف هم مردم به اینجا پناه می‌آوردند. این مسأله سبب شده که زمانی کانی‌میران به قولی حدود ۲۰۰ خانوار جمعیت داشته باشد و به اصطلاح «شا دێ» (روستای بزرگ و مرکزی) باشد (عطا شیرزادی/ مصاحبه). اما بعدا از جمعیت آن کاسته شده به‌طوری‌که در یکصد سال پیش حدود ۱۰۰ خانوار بوده است (علی نامور/ مصاحبه). این آمار و ارقام شفاهی است و چندان دقیق نیستند و تنها حاصل تخمین‌های تقریبی اهالی از جمعیت روستا تا پیش از سده حاضر و حضور آمار و ارقام رسمی است. براساس یک منطق بسیار مهم می‌توان به این آمارها اعتماد کرد و آن برقراری امنیت نسبتاً پایدار در حاشیه زریبار و پیدا یی و رونق گرفتن برخی دیگر از روستاها بود. در اینجا شاید بتوان روستاهای حاشیه زریبار را از لحاظ منطق امنیتی به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول شامل روستاهایی است که در پناه و حول محور بگ‌زاده‌های قدرتمند و امنیت حاصله از اقتدار محلی آنها شکل گرفتند و رشد کردند که قدمت این دسته از روستاها معمولاً به حدود دو سده و بیشتر بازمی‌گردد. دسته دوم روستاهایی را شامل می‌شود که پیدایی آنها نه برخاسته از امنیت و اقتدار بگ‌زاده‌ها بلکه حاصل قدرت‌گرفتن دولت مرکزی ایران و برقراری امنیت حاصل از آن بود، که عمر بیشتر این روستاها هم از ۱۰۰ و نهایتاً ۱۵۰ سال (یعنی از فرهادمیرزا به بعد) بیشتر نیست (تفسیری، ۱۴۰۳).

جدول ۱: جدول رده‌بندی روستاهای مورد مطالعه بر حسب قدمت تقریبی روستای فعلی (از قدیم به جدید): برگرفته از مصاحبه‌های میدانی و شواهد حیات جمعی مانند قبرستان‌ها و دیگر آثار انسانی.

شماره	نام روستا (به‌ترتیب قدمت)	سن تقریبی (بر حسب سال)	دارای کهنه روستا (**دێیە کۆن**)
۱	دره‌تفی	بیش از ۳۰۰	
۲	سردوش	حدود ۳۰۰	
۳	کانی‌میران	۲۵۰ تا ۳۰۰	
۴	برده‌رشه	حدود ۱۸۰	
۵	کولان	حدود ۱۸۰	
۶	کانی‌سانان	حدود ۱۷۰	
۷	نی	بیش از ۱۵۰	
۸	پیر صفا	حدود ۱۵۰	
۹	سیف سفلی	حدود ۱۵۰	
۱۰	کانی‌سپیکه (کانی سفید)	حدود ۱۵۰	
۱۱	وله‌ژیر	حدود ۱۵۰	
۱۲	ینگیجه	حدود ۹۰	
۱۳	کلکه‌جان	حدود ۶۰	

نگاهی به جدول زمان‌بندی پیدایش روستاهای پیرامون زریبار نشان می‌دهد که از حدود ۳۵۰ سال پیش به‌تدریج سر و کله روستاهای پیرامون زریبار پیدا می‌شود. این زمان با کمی اغماض مصادف با زمانی است که خاندان اردلان بار و بنه خود را از مریوان و پالنگان برکنده و در سال ۱۰۴۶ ه.ق مرکز حکومت خود را به سنندج منتقل می‌کنند. از میان روستاهای مورد بررسی، روستای فعلی دره‌تفی قدیمی‌ترین و کلکه‌جان جدیدترین آنها محسوب می‌شود. با توجه به گزارشات موجود، به غیر از روستاهای دره‌تفی و کانی‌میران و سردوش، قدمت دیگر روستاها کمتر از دویست سال و بعضاً کمتر از صد سال است. بیشترین پراکندگی زمانی ظهور روستاها در این منطقه مربوط به سده سیزدهم هجری شمسی (نوزدهم میلادی) است. می‌توان گفت که حوادث مهم و اثرگذار سده سیزدهم بر منطقه مورد بررسی عبارت‌اند از: برافتادن خاندان محلی اردلان و قدرت‌گیری روزافزون دولت مرکزی ایران و نمایندگان آن در منطقه، خاتمه یافتن داستان جاف‌ها و پایان دادن به آشفتگی‌ها و ناامنی‌های حاصل از ورود فصلی آنها به منطقه، و به‌خصوص برآمدن خاندان‌های زمین‌دار محلی. این عوامل ثباتی جدید را در منطقه در پی داشت. در چنین فضایی از امنیت نسبتاً پایدار بود که روستاهای جدیدی سر برآوردند. نکته قابل تأمل دیگر اینکه هفت مورد از این روستاها دارای **دێیە کۆن** یا کهنه روستا هستند، یعنی زمانی روستایی در آن مکان یا در نزدیکی آن وجود داشته و با گذر زمان و به‌دلایلی آن روستا خراب و متروکه شده و دوباره بر خرابه‌های آن و یا در نزدیکی آن روستای جدید سر برآورده است.

با توجه به مطالب گفته شده و تناقضات موجود در میان آنها، این احتمال وجود دارد که وجود روستای قدیم و جدید در مورد بیشتر روستاهای حاشیه غربی زریبار حکایت از این واقعیت داشته باشد که به‌دلیل موقعیت گذرگاهی این منطقه مردم برای در امان ماندن از دستبرد حوادث و نیروهای در حال گذر دو مکان برای سکنی گزیدن خود انتخاب کرده‌اند که در مواقع ناامنی بتوانند از پناهگاه مرتفع‌تر استفاده کرده و تا حدودی از حوادث ناگوار در امان بمانند. یک احتمال دیگر که در این زمینه می‌توان به آن اشاره کرد مساله آب‌وهوا و تغییرات فصلی است. حاشیه پست زریبار مکانی گرمتر بوده و برای زمستان مسکن و ماوای مناسب و سکونتگاه بهتری بوده است. اما در فصل تابستان به‌دلیل گرمای هوا و وجود پشه‌ها و حشرات موزی حاشیه زریبار مردم ارتفاعات را برای سکونت اختیار کرده‌اند و این دوئیت (قدیم و جدید) در مورد بیشتر روستاها احتمالا تاحدودی و

شاید تماماً برآیند این دو عامل اساسی بوده است، نه اینکه لزوماً ابتدا روستای قدیمی به‌وجود آمده باشد و بعد در یکی دو سده اخیر روستای جدید برپا شده باشد و روستای قدیمی متروکه.

جدول شماره ۲: جمعیت روستاهای مورد مطالعه بر اساس سرشماری‌های عمومی سال ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵ و تحقیقات میدانی از دهیاری‌های مربوطه.

سال	۱۳۳۵			۱۳۴۵	۱۳۵۵	[1]۱۳۷۵	۱۴۰۳		
نام روستا	کل	مرد	زن	کل	کل	کل	کل	مرد	زن
برده‌رشه	۱۲۵	۶۱	۶۴	۴۰۷	۵۰۸	۴۰۰	۱۱۵۸	۵۹۱	۵۶۷
پیر صفا	۱۵۸	۷۶	۸۲	۱۸۳	۱۸۲	۱۸۴	۳۶۰	۱۸۳	۱۷۷
دره‌تفی	۴۳۶	۲۰۸	۲۲۸	۴۳۲	۴۸۵	۴۴۹	۱۰۲۶	۵۲۳	۵۰۳
سردوش	۴۰۰	۱۴۶	۲۵۴	۴۸۴	۶۱۶	۵۰۰	۱۵۱۰	۸۰۰	۷۱۰
سیف سفلی	۲۴۵	۹۹	۱۴۶	۲۶۹	۳۰۶	۲۲۰	۳۹۴	۱۹۹	۱۹۵
کانی‌سانان	۳۶۰	۱۸۳	۱۷۷	۳۴۴	۳۶۲	۳۷۰	۶۶۹	۳۲۸	۳۴۱
کانی‌سپیکه (کانی سفید)	۶۰	۳۴	۲۶	۷۸	۱۴۷	۷۲	۳۳۶	۱۶۲	۱۷۴
کانی میران	۲۵۴	۱۱۶	۱۳۸	۲۹۰	۳۲۸	۲۴۷	۲۸۷	۱۴۸	۱۳۹
کلکه‌جان[2]	ــــــ	ــــــ	ــــــ	۲۴	۱۰۲	۸۲	۲۵۴	۱۴۲	۱۱۲
کولان	۱۵۹	۷۵	۸۴	۲۲۸	۲۷۴	؟ــ	۹۰۰	۴۶۰	۴۴۰
نی	۱۰۱۹	۵۰۹	۵۱۰	۹۲۶	۹۳۳	۱۱۰۰	۳۰۵۰	۱۵۵۷	۱۴۹۳
وله‌ژیر	۸۹۲	۴۷۵	۴۱۷	۹۱۸	۹۲۴	۹۶۷	۱۸۱۹	۹۳۰	۸۸۹
ینگیجه	۹۸	۴۶	۵۲	۱۶۶	۲۰۱	۱۶۳	۳۱۰	۱۷۸	۱۳۲
کل جمعیت روستاهای مورد مطالعه	۴۲۰۶	۲۰۲۸	۲۱۷۸	۴۷۴۹	۵۳۴۱	[3]۴۷۵۴	۱۲۰۷۳	۶۲۰۱	۵۸۷۲

نگاهی به جدول تحولات جمعیتی منطقه مورد بررسی (جدول ۲) هم در نوع خود جالب توجه است. در مورد دوران ماقبل آمارها و سرشماری‌های رسمی نمی‌توان آمار دقیقی از جمعیت این روستاها به‌دست داد و آمارهای ارائه شده در مورد روستاهای مختلف بیشتر تقریبی است و تقریباً هیچکدام دقیق نیستند. اما، جزء در مواردی خاص، چاره‌ای جز توسل به این احتمالات و آمارهای تقریبی هم نبوده و نیست. اما از سال ۱۳۳۵ شمسی که نخستین سرشماری عمومی در ایران انجام شد، ارائه تصویری درست و دقیق از تحولات جمعیتی این منطقه کار چندان سختی نیست و با مراجعه به سرشماری‌ها به‌راحتی می‌توان این کار را انجام داد (کاری که در این پژوهش هم به آن توسل شد). همان‌طور که آمارهای رسمی نشان داد، جمعیت کل روستاهای مورد بررسی در سال ۱۳۳۵ برابر با ۴۲۰۶ نفر بود (شامل ۲۰۲۸ مرد و ۲۱۷۸ زن). این آمار با آهنگی یکنواخت به رشد خود ادامه داد تا اینکه در سال ۱۴۰۳ به ۱۲۰۷۳ نفر رسید (شامل ۶۲۰۱ مرد و ۵۸۷۲ زن). نگاهی به این آمار حکایت

[1] آمارهای سال ۱۳۷۵ برگرفته از کتاب «ایلات و عشایر کردستان، سید عبدالحمید حیرت سجادی، دانشگاه کردستان، ۱۴۰۰، ص ۲۰۶ و ۲۰۷» است. همچنین در مورد جمعیت سیف خوارو در این تاریخ به همین منبع صفحه ۲۱۷ مراجعه کنید (توضیحات مربوط به روستای سیف علیا).

[2] از روستای کلکه جان در سرشماری سال ۱۳۳۵ خبری نیست و برای اولین بار در سرشماری سال ۱۳۴۵ به جمعیت این روستا مشتمل بر ۲۴ نفر اشاره می‌شود که براساس همین سرشماری شامل ۱۲ خانوار بوده‌اند. این مسأله می‌رساند که به احتمال زیاد این روستا، که در زمین‌های روستای وله‌ژیر شکل گرفته و در واقع انشعابی از این روستا بوده است، در زمانی محدود توسط این خانوارها احداث شده است.

[3] به آمار کلی سال ۱۳۸۰ باید جمعیت کولان را هم اضافه کرد که در منابع خبری از آن نیست.

از رشد ۲۸۷ درصدی جمعیت این منطقه در فاصله زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۴۰۳شمسی دارد (چیزی حدود سه برابر). البته یک مکث مقطعی در این روند هم اتفاق افتاده و آن مربوط به سال‌های جنگ هشت ساله ایران و عراق (۱۳۵۹-۱۳۶۷ش) است. جمعیت ۵۳۴۱ نفری این منطقه در سال ۱۳۵۵ به ۴۷۵۴ نفر در سال ۱۳۷۵ کاهش یافت؛ یعنی نه تنها در این بازه زمانی رشد مثبت جمعیت این منطقه متوقف شد بلکه حتی به رشد منفی هم تبدیل شد و در پایان این بازه زمانی حدود ۵۰۰ نفر از جمعیت کلی این منطقه کاسته شده بود (کاهشی در حدود ده درصد). اگر به جدول آماری ۲ نگاه دیگری بیندازیم متوجه یک نکته خواهیم شد. اگرچه از زمان پیدایی آمارهای جمعیتی همواره (به غیر از دوره جنگ ایران و عراق) شاهد رشد جمعیت این روستاها بوده‌ایم، اما برای روند افزایش جمعیت این روستاها می‌توان دو نوع حرکت را متصور شد: یکی حرکت آرام و رشد بسیار کُند که مربوط به سال‌های قبل از دهه ۱۳۸۰ شمسی است؛ و دیگری رشد انفجاری جمعیت که از دهه ۱۳۸۰ شروع شده و جمعیت منطقه از ۴۷۵۴ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۱۲۰۷۳ نفر در سال ۱۴۰۳ افزایش می‌یابد. از جمله مهم‌ترین عوامل دخیل در این رشد انفجاری را هم می‌توان ارتقای سطح زندگی روستایی در منطقه و تحولات در سبک زندگی و دستیابی به تسهیلات و امکانات جدید دانست.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر دریاچه زریبار مورد بررسی قرار گرفت. اما این کار برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین در این زمینه نه از لحاظ تحولات زمین‌شناختی یا به‌عنوان عاملی صرفاً جغرافیایی بلکه این بار با رویکردی جدید و در تعامل با انسان انجام شد. به‌عبارتی دیگر زریبار به‌عنوان یک حوزه تجمع انسانی مورد کاوش قرار گرفت و این کاوش زمانمند بود. شواهد باستان‌شناختی نشان از قدمت سکونت انسانی در حاشیه زریبار از دوران باستان و بیشتر از دوهزار سال دارد. اما تمرکز پژوهش حاضر بر آن وجه از حیات جمعی زریبار بود که توانسته در کش‌وقوس حوادث تاریخی خود را به اکنون گره زده و هنوز هم پابرجاست. مطالعات نشان می‌دهد که اولاً، بازه زمانی پیدایی روستاهای فعلی حاشیه زریبار، که ۱۳ مورد است، از حدود ۳۵۰ سال پیش و بیشتر آنها مربوط به سده نوزدهم میلادی است. دوماً، فاصله طولی تمامی این روستاها از پایین‌ترین آنها (وله‌ژیر) تا بالاترین آنها (کولان و سیف سفلی) بیش از ۱۰ کیلومتر نیست و این مسأله حکایت از تراکم بالا و درهم‌تنیدگی زیاد حیات جمعی در حاشیه زریبار دارد. سوماً، از میان روستاهای مورد بررسی، روستای فعلی دره‌تفی قدیمی‌ترین و کلکه‌جان جدیدترین آنها محسوب می‌شود. با توجه به گزارشات موجود، به غیر از روستاهای دره‌تفی و کانی‌میران و سردوش، قدمت دیگر روستاها کمتر از دویست سال و بعضاً کمتر از صد سال است. چهارماً، با توجه به عوامل اثرگذاری که به آنها اشاره شد، وجود یا عدم روستاها در پیرامون زریبار را می‌توان در پیوند عمیق با وجود یا نبود امنیت به عنوان مهم‌ترین شاخص در این زمینه دید. عوامل مؤثر بر امنیت یا ناامنی منطقه هم برخاسته از معادلات سیاسی بابان-اردلان، ایران-عثمانی، حضور یا عدم حضور دولت مرکزی ایران، و همچنین حضور فصلی جاف‌ها در منطقه بود. روستاهای امروزی حاشیه زریبار از دل چنین مسیری خود را به امروز رسانده‌اند.

منابع

تفسیری، س.ب. ۱۴۰۳. **حوزه اجتماعی زریبار**، نگاهی تاریخی، سنندج: آمیار.

حیرت سجادی، س.ع. ۱۴۰۰. **ایلات و عشایر کردستان**، سنندج: دانشگاه کردستان.

زمانی دادانه، م. ۱۳۹۷. «**بررسی و شناسایی باستان‌شناسی دشت مریوان**»، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کردستان.

کنفرانس ملی مریوان‌شناسی، مجموعه مقالات. ۱۴۰۰. «**رویدادنگاری سیاسی مریوان: از پیدایی واژه مریوان تا دوره پهلوی**»، نویسنده: سید برهان تفسیری، آذر ۱۴۰۰، ص ۳۴۹-۳۷۷.

گلاویژ، ع. ۱۳۶۱. **مناسبات ارضی در کردستان (فروپاشی نظام عشیره‌ای)**، تهران: روزبه.

گوردون ایست، دبلیو. ۱۳۹۲. **تاریخ در بستر جغرافیا**، ترجمه حسین حاتمی نژاد و حمیدرضا پیغمبری، تهران: پژوهشکده تاریخ اسلام.

محمدی‌فر، ی.، مترجم، عباس. ۱۳۸۱. «**گزارش فصل اول بررسی و شناسایی باستان‌شناسی شهرستان مریوان**»، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کردستان.

مستوفی، ع. ۱۳۲۶. **شرح زندگانی من یا تاریخ اجتماعی و اداری دوره قاجاریه**، تهران: علمی.

ناصر خان حیدری کانی‌سانانی (۲۷ بهمن ۱۴۰۱).

محمود تازیک اهل وله‌ژیر(۲۱ اردیبهشت ۱۴۰۲).

احمدی مهدی‌پور اهل وله‌ژیر(۲۱ اردیبهشت ۱۴۰۲).

حاجی کریم فرزند احمد؛ حاجی مجید فرزند حاجی محمد مشهور به چکول اهل پیرصفا(۲۸ بهمن ۱۴۰۱).

محمد صالحی فرزند احمد (که‌وه) اهل پیرصفا(۲۸ بهمن ۱۴۰۱).

خلیل صدیق پور اهل پیرصفا(۲۸ بهمن ۱۴۰۱).

سید محمد علی حسنی فرزند شیخ محمد معروف به‌رده ره‌شه(۱۸ اسفند ۱۴۰۱).

عطا شیرزادی از اهالی به‌رده ره‌شه(تاریخ‌های مختلف).

محمود نامداری فرزند حاجی محمد علی برده ره‌شه (کارمند بازنشسته بانک کشاورزی)(۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۲).

سرشماری‌های عمومی سال ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵.

تحقیقات میدانی از دهیاری‌های مربوطه در مورد جمعیت فعلی روستاها.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

زریبار و تأثیر آن در ایجاد سکونتگاه‌های انسانی در ادوار مختلف تاریخی

میلاد آقایی [۱]، شیواپاپی [۲]، یعقوب محمدی‌فر [۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باستان شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. miladaghai1376@gmail.com

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باستان‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. papishivaO@gmail.com

۳-استاد تمام گروه باستان شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. mohamadifar@basu.ac.ir

چکیده

دریاچه زریبار، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آبی و طبیعی در غرب ایران، نقش به‌سزایی در شکل‌گیری و توسعه سکونتگاه‌های انسانی در ادوار مختلف تاریخی داشته است. این دریاچه، با برخورداری از منابع غنی آب، خاک حاص خیز و شرایط اقلیمی مناسب، همواره به‌عنوان جاذبه‌ای برای سکونت و فعالیت‌های کشاورزی، دامداری و تجاری مورد توجه جوامع انسانی قرار گرفته است. در دوران پیش از تاریخ، این منطقه به‌دلیل دسترسی به آب و منابع غذایی، محل استقرار جوامع اولیه بوده است. در دوره‌های پیشا تاریخی و تاریخی زریبار به‌عنوان یک مرکز مهم اقتصادی و ارتباطی در منطقه شناخته می‌شد. در دوران اسلامی نیز این دریاچه و مناطق اطراف آن به‌دلیل موقعیت استراتژیک و منابع طبیعی، به رشد و توسعه سکونتگاه‌ها کمک کرد. امروزه نیز زریبار به‌عنوان یک جاذبه گردشگری و زیست‌محیطی، نقش مهمی در توسعه منطقه ایفا می‌کند. این مطالعه به بررسی تأثیرات دریاچه زریوار در شکل‌گیری و تحول سکونتگاه‌های انسانی از دوران پیش از تاریخ تا به امروز می‌پردازد.

کلید واژه‌ها: زریبار، سکونتگاه، دریاچه، زیست‌محیطی، ادوار تاریخی، اقلیم باستان‌شناسی

Zrebar and its impact on the formation of human settlements throughout historical periods

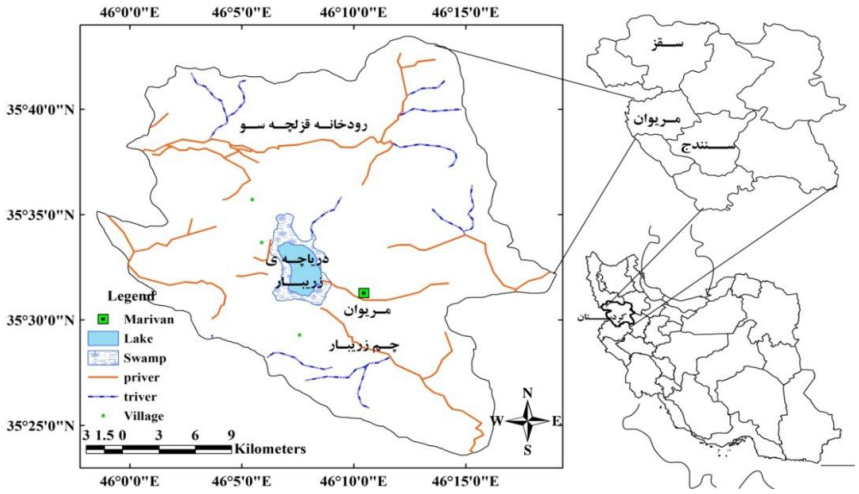
Abstract

Lake Zrebar as one of the most significant water and natural resources in western Iran, has played a crucial role in the formation and development of human settlements across various historical periods. This lake, with its abundant water resources, fertile soil, and favorable climatic conditions, has always been an attractive site for settlement and activities such as agriculture, animal husbandry, and trade. In prehistoric times, the region was a settlement area for early human communities due to its access to water and food resources. During the prehistorical and historical periods, Zrebar was recognized as an important economic and communication hub in the region. In the Islamic era, the lake and its surrounding areas contributed to the growth and development of settlements due to their strategic location and natural resources. Today, Zrebar continues to play a significant role in regional development as a tourist and environmental attraction. This study examines the impacts of Lake Zrebar on the formation and evolution of human settlements from prehistoric times to the present day.

Keywords: Zrebar, Settlement, Environment, Historical periods, Archaeological climate

مقدمه

دریاچه زریبار، واقع در دامنه‌های غربی رشته‌کوه زاگرس و در مجاورت شهر مریوان، نه تنها به‌عنوان یک اکوسیستم آب شیرین کم‌نظیر در غرب ایران شناخته می‌شود (شکل ۱) (نعمتی، ۱۳۹۵)، بلکه آینه‌ای است از تعامل پیچیده و چندلایه انسان با محیط‌زیست در طول حداقل چهل هزار سال گذشته. این دریاچه با مساحتی نزدیک به ۹۰۰ هکتار و عمق متوسط ۵ متر، در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا، به لطف ترکیب منابع تأمین آب (بارش، چشمه‌های زیرزمینی، و ذوب برف‌های زاگرس)، همواره به‌عنوان یک منبع پایدار حیات، نقش کلیدی در جذب و تداوم سکونتگاه‌های انسانی ایفا کرده است (احمدی، ۱۳۸۸). اهمیت زریبار تنها به ویژگی‌های فیزیکی آن محدود نمی‌شود؛ این دریاچه در واقع یک «آرشیو زیست‌فرهنگی» است که لایه‌های رسوبی آن حاوی ردپای فعالیت‌های انسانی از دوره پارینه‌سنگی میانه تا عصر حاضر است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). در چارچوب نظری، زریبار نمونه‌ای بارز از نظریه «اُایکومِن آب‌محور» (Hydraulic Oecumene) است که بر اساس آن، دریاچه‌ها به چهار دلیل عمده به کانون‌های تمدن‌ساز تبدیل می‌شوند (همان، ص ۱۲۵): نخست، امنیت زیستی ناشی از دسترسی دائمی به آب شرب و منابع غذایی (ماهی، پرندگان آبزی، و گیاهان خوراکی)؛ دوم، امکان توسعه کشاورزی اولیه در خاک‌های رسوبی حاصلخیز حاشیه دریاچه؛ سوم، نقش محوری به‌عنوان کریدور ارتباطی برای تجارت و تعاملات فرهنگی؛ و چهارم، کارکرد آیینی آب به‌عنوان نماد حیات در اسطوره‌شناسی جوامع انسانی. این چهار کارکرد در زریبار به گونه‌ای هماهنگ تجلی یافته‌اند که رد آن را می‌توان در کشف مُهرهای استامپی دوره مفرغ با نقوش ماهی (رحمانی، ۱۴۰۰)، کانال‌های انتقال آب دوره ساسانی (فرهادی، ۱۳۹۷)، و بقایای نیایشگاه‌های مرتبط با آیین‌های آب‌محور در تپه رشک ردیابی کرد (میرزایی، ۱۳۹۲).



شکل ۱: موقعیت شهرستان مریوان و دریاچه زریبار (نگارنده ۱۴۰۳)

داده‌های باستان‌شناختی به‌دست آمده از ۱۵ فصل کاوش میدانی در محدوده شعاع ۵ کیلومتری دریاچه، گواهی می‌دهند که زریبار در دوره پارینه‌سنگی میانه (حدود ۴۰،۰۰۰ سال پیش) میزبان گروه‌های کوچک شکارچی-گردآورنده نئاندرتال بوده است (کریمی، ۱۳۸۵). این موضوع از طریق کشف ابزارهای سنگی موستری در غار کانیسیف و همخوانی آن با داده‌های دیرین‌اقلیم‌شناسی (که نشان می‌دهد سطح آب دریاچه در دوره بین‌یخبندی آخر به حداکثر خود رسیده بود) تأیید شده است (محمدخانی، ۱۴۰۰). با انتقال به دوره نوسنگی بدون سفال (حدود ۱۰،۰۰۰ ق.م)، شاهد ظهور نخستین نشانه‌های یکجانشینی در محوطه تپه رشک هستیم، جایی که بقایای سازه‌های خشتی با پایه سنگی، ابزارهای سنگ‌ساب برای پردازش غلات وحشی، و تحلیل ایزوتوپ‌های پایدار استخوان‌های انسانی (که نشان می‌دهد ۷۰٪ رژیم غذایی از ماهی قزل‌آلا و گیاهان آبزی تأمین می‌شده) گویای اتکای کامل ساکنان به منابع دریاچه است (میرزایی، ۱۳۹۲). در عصر مفرغ (۳۰۰۰–۱۵۰۰ ق.م)، زریبار به

حلقه اتصال شبکه تجاری میان‌رودان و فلات ایران تبدیل می‌شود، موضوعی که با کشف مُهرهای استامپی اوروکی در تپه زنجیرهلو و وجود مقادیر قابل توجهی ابسیدین آناتولی در لایه‌های این دوره تأیید می‌شود (رحمانی، ۱۴۰۰).

در دوره تاریخی، به‌ویژه در عصر اشکانی و ساسانی، زریبار شاهد توسعه زیرساخت‌های آبی پیچیده‌ای مانند کانال‌های آبرسانی سنگی و سدهای کوچک جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب برای کشاورزی است (فرهادی، ۱۳۹۷). این سازه‌ها، همراه با کشف سکه‌های ساسانی در محوطه دریاچه، نشان می‌دهند که این منطقه در مسیر شاخه فرعی جاده ابریشم قرار داشته و نقش مهمی در تأمین نیازهای کاروان‌های تجاری ایفا می‌کرده است (شفیعی، ۱۳۹۸). در دوران اسلامی، گزارش‌های جغرافیدانانی چون ابن حوقل از زریبار به‌عنوان «دریای کوچک کردستان» یاد می‌کنند که اطراف آن پوشیده از روستاهای پررونق و باغ‌های میوه بوده است (ابن حوقل، صورت‌الارض، ۳۶۷ ه.ق). با این حال، اوج تعامل انسان با دریاچه در دوره معاصر و با اسکان دائمی عشایر کرد در حاشیه آن رخ می‌دهد، جایی که اقتصاد مبتنی بر ماهیگیری، کشاورزی دیم، و دامداری، تا دهه‌های اخیر پایه اصلی معیشت مردم منطقه را تشکیل می‌داده است (صفری، ۱۴۰۱).

اما زریبار تنها یک صحنه جغرافیایی برای فعالیت‌های اقتصادی نبوده است؛ این دریاچه به‌عنوان یک نماد فرهنگی، در اسطوره‌ها، آیین‌ها، و هویت جمعی مردم منطقه ریشه دوانده است (محمدپور، ۱۳۹۹). افسانه‌هایی مانند غرق شدن شهر افسانه‌ای «ژینگه‌بار» در اعماق دریاچه، یا مراسم آیینی «آواریزان» (پاشیدن آب دریاچه بر روی زمین‌های کشاورزی در ابتدای بهار)، گواهی بر این پیوند ناگسستنی است (همان، ص ۷۵). حتی امروزه، با تبدیل شدن زریبار به یک جاذبه گردشگری ملی، این دریاچه کماکان به‌عنوان عنصری زنده در خاطره جمعی مردم کردستان نقش آفرینی می‌کند (رنجبر، ۱۴۰۰).

با این حال، این میراث طبیعی-فرهنگی اکنون در معرض تهدیدهای جدی قرار دارد. کاهش ۳۰ درصدی حجم آب دریاچه طی دو دهه اخیر به‌دلیل تغییرات اقلیمی، برداشت بی‌رویه آب برای کشاورزی، و آلودگی ناشی از فاضلاب شهری، نه تنها اکوسیستم منحصر به‌فرد زریبار را به خطر انداخته، بلکه آرشیو باستان‌شناختی بی‌همتای آن را نیز تهدید می‌کند (سازمان محیط زیست کردستان، ۱۴۰۲). این مقاله، با تکیه بر داده‌های میدانی کاوش‌های باستان‌شناسی، تحلیل‌های دیرین‌اقلیم‌شناسی، و مطالعات ژنتیک باستانی، در پی بازخوانی نقش زریبار به‌عنوان یک کاتالیزور تمدن‌ساز در طول تاریخ است. هدف نهایی این پژوهش نه تنها بازسازی الگوهای استقراری و سازوکارهای تطابقی انسان با نوسانات محیطی است (محمدخانی، ۱۴۰۰)، بلکه هشداری است برای نسل حاضر درباره اهمیت حفظ این گنجینه طبیعی که همچون طنابی نامرئی، گذشته، حال، و آینده ساکنان زاگرس را به هم پیوند می‌دهد.

پیشینه پژوهش

مطالعه سکونتگاه‌های انسانی در حاشیه دریاچه زریبار و نقش اکولوژیک این پهنه آبی، ریشه در پژوهش‌های پراکنده تاریخی، باستان‌شناسی و جغرافیایی دارد که هر یک گوشه‌ای از پیچیدگی‌های این رابطه دیرینه را روشن ساخته‌اند. ابن حوقل در سده چهارم هجری، نخستین توصیف مکتوب از زریبار را تحت عنوان «دریای کوچک کردستان» ارائه کرد و به وجود روستاهای پررونق در پیرامون آن اشاره نمود (ابن حوقل، صورت‌الارض، ۳۶۷ ه.ق، ص ۱۵۶). در دوره معاصر، آنتونی اسمیت (۱۹۵۴) در چارچوب مطالعات هیدرولوژیک خود، زریبار را به عنوان یک دریاچه کارستی با کارکردهای کشاورزی معرفی کرد.(Smith, Water Resources of Iran, 1954). با این حال، رویکرد نظام‌مند به باستان‌شناسی منطقه از دهه ۱۳۵۰ شمسی با پژوهش‌های میدانی محمد میرشکرایی آغاز شد که در بررسی‌های خود از محوطه‌های پیشاتاریخی اطراف دریاچه، از جمله تپه رشک، گزارش داد (میرشکرایی، ۱۳۵۸).

در دو دهه اخیر، کاوش‌های سمیرا میرزایی و همکاران (۱۳۹۲-۱۴۰۰) در تپه رشک، گام بلندی در درک فرآیند یکجانشینی در زاگرس مرکزی برداشت. این تیم با کشف سازه‌های خشتی متعلق به دوره نوسنگی بدون سفال (حدود ۱۰،۰۰۰ ق.م) و ابزارهای سنگ‌ساب پردازش غلات، نشان داد که ساکنان اولیه زریبار به‌طور کامل به منابع دریاچه وابسته بودند (میرزایی و

همکاران، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، پژوهش‌های رضا محمدخانی (۱۴۰۰) با تحلیل مغزه‌های رسوبی دریاچه، رابطه مستقیم بین نوسانات سطح آب و رونق یا افول سکونتگاه‌ها را در دوره‌های خشکسالی تاریخی تأیید کرد (محمدخانی، ۱۴۰۰).

مطالعات تاریخی نیز حاکی از آن است که زریبار در دوره ساسانی به‌عنوان یک پایگاه تجاری در مسیر جاده ابریشم عمل می‌کرده است. کشف سکه‌های ساسانی در محوطه‌های اطراف دریاچه (فرهادی، ۱۳۹۷) و گزارش‌های یاقوت حموی (سده هفتم ه.ق) از رونق باغ‌های میوه در حاشیه آن، گواه این مدعاست (یاقوت حموی، معجم‌البلدان، ۶۲۳ ه.ق، ج ۳، ص ۱۲۴). در دوران معاصر، امان‌الله فتاحی (۱۳۷۵) در پژوهش خود به نقش زریبار در نظام معیشتی عشایر کرد پرداخت و نشان داد که ماهیگیری سنتی تا دهه ۱۳۵۰ شمسی، پایه اصلی اقتصاد محلی بود (فتاحی، ۱۳۷۵).

فعالیت‌های باستان‌شناسی در شهرستان مریوان و حوضه دریاچه زریبار

فعالیت‌های میدانی باستان‌شناسی

نخستین بررسی‌های نظام‌مند باستان‌شناسی در مریوان به سرپرستی محمد میرشکرایی در دهه ۱۳۵۰ شمسی انجام شد. وی در گزارشی تحت عنوان بررسی‌های باستان‌شناسی کردستان، از شناسایی ۱۷ محوطه پیشاتاریخ در شعاع ۱۰ کیلومتری زریبار خبر داد که مهم‌ترین آنها تپه رشک، تپه زنجیرهلو، و غار کانی سیف بودند (میرشکرایی، ۱۳۵۸). در دهه ۱۳۸۰، سمیرا میرزایی و همکاران با کاوش در تپه رشک، شواهدی از استقرار نوسنگی بدون سفال (حدود ۱۰،۰۰۰ ق.م) شامل سازه‌های خشتی، ابزارهای سنگ ساب، و بقایای اجاق‌های باستانی را کشف کردند که نشانگر وابستگی کامل ساکنان به منابع دریاچه بود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

در سال‌های اخیر، پروژه‌های متعددی بر نقش زریبار در شکل‌گیری شبکه‌های تجاری دوره تاریخی تمرکز داشته‌اند. برای مثال، کشف سکه‌های ساسانی در محوطه قلعه مریوان (در فاصله ۵ کیلومتری شرق دریاچه) توسط مهدی فرهادی (۱۳۹۷)، گواهی بر قرارگیری این منطقه در مسیر تجاری فرعی جاده ابریشم است (فرهادی، ۱۳۹۷). همچنین، بررسی‌های حسین رحمانی(۱۴۰۰) در تپه زنجیرهلو منجر به شناسایی مُهرهای استامپی اوروکی شد که پیوندهای فرهنگی با بین‌النهرین را تأیید می‌کند (رحمانی، ۱۴۰۰).

مطالعات زیست‌محیطی و میان‌رشته‌ای

پژوهش‌های رضا محمدخانی (۱۴۰۰) با تحلیل مغزه‌های رسوبی از کف دریاچه، نشان داد که سطح آب زریبار در دوره هولوسن میانه (حدود ۶۰۰۰ سال پیش) تا ۸ متر بالاتر از وضعیت کنونی بوده است، که همزمان با اوج رونق سکونتگاه‌های نوسنگی در منطقه است (محمدخانی، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، مطالعه سازمان محیط‌زیست کردستان (۱۴۰۲) هشدار داد که کاهش ۳۰ درصدی حجم آب دریاچه طی دو دهه اخیر، بقایای باستان‌شناسی محوطه‌های ساحلی را در معرض خطر قرار داده است (سازمان محیط‌زیست کردستان، ۱۴۰۲).

جایگاه مقاله حاضر در میان پژوهش‌های پیشین

اگرچه مطالعات پیشین گام‌های ارزشمندی در شناخت تاریخ مریوان و زریبار برداشته‌اند، اما سه محدودیت عمده دارند:

۱. ترکیب پژوهش‌های انجام شده با همدیگر و نتیجه‌گیری مابین همه داده‌های مرتبط با باستان اقیلم‌شناسی و داده‌های به دست آمده از محوطه‌های ادوار مختلف تاریخی

۲. غفلت از تعامل انسان-محیط: مطالعات پیشین نتوانسته‌اند رابطه دوسویه جوامع انسانی با نوسانات اکولوژیک دریاچه را تحلیل کنند.

۳. بررسی گسترده‌ای مبنی بر تجمیع محوطه‌های ادوار مختلف تاریخی و تأثیر دریاچه زریبار و اقیلم باستان‌شناسی بر زندگی انسانی تاکنون انجام نگرفته است.

مقاله حاضر با رویکرد تلفیقی (باستان‌شناسی، دیرین‌اقلیم‌شناسی، و ژنتیک) و بازه زمانی گسترده (از پارینه‌سنگی میانه تا دوره معاصر)، برای نخستین بار نشان می‌دهد که زریبار نه تنها یک منبع آب، بلکه محرک اصلی شکل‌گیری هویت فرهنگی-

اقتصادی در غرب زاگرس بوده است. افزون بر این، با ارائه ۳۵ نمونه تاریخ‌گذاری رادیوکربن از محوطه‌های مریوان، گاه‌نگاری دقیق‌تری نسبت به پژوهش‌های پیشین مانند (Smith, 1954) ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بازخوانی نقش دریاچه زریبار در شکل‌گیری و تداوم سکونتگاه‌های انسانی در شهرستان مریوان، از رویکرد میان‌رشته‌ای ترکیب‌کننده روش‌های میدانی باستان‌شناسی، تحلیل‌های آزمایشگاهی و مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی استفاده می‌کند. روش‌شناسی این تحقیق مبتنی بر سه مرحله اصلی است:

روش‌های میدانی و آزمایشگاه

بررسی‌های سیستماتیک باستان‌شناسی

تاریخ‌گذاری مطلق

آنالیزهای آزمایشگاهی

تحلیل داده‌های تاریخی و جغرافیایی

مطالعه متون تاریخی

سنجش از دور و GIS

مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی

مغزه‌گیری رسوبی: استخراج ۶ مغزه رسوبی به طول ۱۲ متر از کف دریاچه و تحلیل ایزوتوپ اکسیژن ($O18\delta$) نشان داد که بین سال‌های ۳۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ق.م، یک دوره خشکسالی شدید رخ داده که همزمان با کاهش تراکم استقرارهای انسانی است (محمدخانی، ۱۴۰۰).

نوآوری روشی

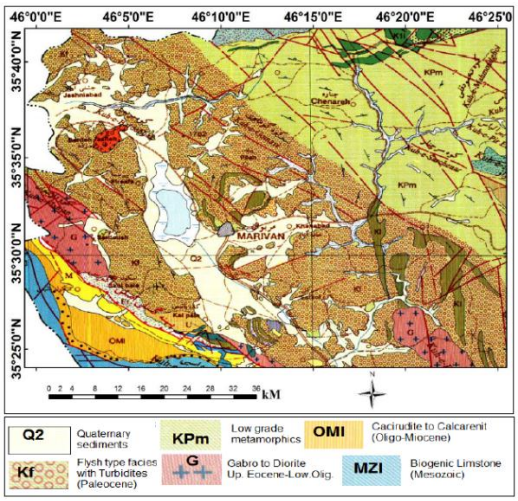
در این پژوهش سعی شده با ترکیب داده‌های آزمایشگاهی با گزارش‌های کاوش باستان‌شناسی و همزمان تحلیل آنها و توجه به باستان اقلیم‌شناسی دریاچه زریبار و پیرامون آن حدس زد که در گذشته چه اتفاقی در سکونتگاه‌های انسانی رخ داده است.

روایت نگری به‌وجود آمدن دریاچه زریبار

موقعیت و ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در زون سنندج-سیرجان و کمربند دگرگونی مرکزی آن قرار گرفته است. سنگ‌های رخ نمون یافته در این زون دگرگونی مربوط به دوران مزوزوئیک (کرتاسه تا پالئوسن) است. سنگ‌های رخساره فلیش گونه با توالی توربیدیتی، شیل، ماسه‌سنگ، سیلتستون با کمی آهک، و سنگ‌های دگرگونی درجه پایین در بخش‌های شرقی دریاچه مشاهده می‌شوند.

همچنین، توده‌های آذرین درونی مانند گرانیت و دیوریت در بخش‌های غربی و جنوب‌شرقی دریاچه حضور دارند. علاوه بر این، رسوبات دگرگون شده فلیش بر روی این توده‌های نفوذی به‌صورت دگرشیب قرار گرفته‌اند (تصویر ۲). فعالیت گسل‌ها و فرآیندهای زمین‌ساختی پس از رسوب‌گذاری، باعث شکستگی‌های گسترده در ساختار منطقه شده است (شکل ۳).

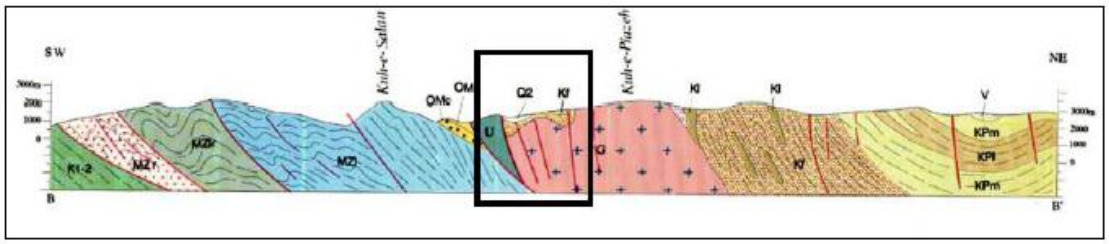


شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی موقعیت دریاچه زریبار و دشت مریوان

ساختار زمین‌شناسی و گسل‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر گسل‌های اصلی زاگرس و چناره، همراه با گسل‌های فرعی متعدد قرار دارد. فعالیت این گسل‌ها در دوران سوم سبب شکستگی، بالاآمدگی قطعات زمین و تشکیل کوه‌های نسبتاً مرتفع شده است. تراکشش (تنش فشاری) بین دو گسل اصلی منجر به نازک شدگی پوسته و شکل‌گیری چاله‌های ساختمانی طویل با جهت شمال‌غرب-جنوب شرق شده است. طول این چاله‌ها بیش از ۲۵ کیلومتر و عرض متوسط آنها حدود ۵ کیلومتر است.

فعالیت‌های نفوذی مرتبط با گسل‌ها حتی در دوره کراترتر نیز ادامه یافته و رسوبات این دوران را در بخش‌های وسیعی از منطقه، از جمله محدوده دریاچه، بریده و دگرشکل کرده‌اند. چاله‌های ساختمانی عمدتاً تحت تأثیر گسل‌های درجه ۲ و ۳ و تنش‌های ناشی از آنها در اواخر دوران سوم (پلیوسن-پلیستوسن) شکل گرفته‌اند. یک گسل ریدل (Riedel) ناشی از فعالیت گسل‌های منطقه نیز سبب فرونشست دشت مریوان عمود بر چاله زریبار شده است. اختلاف ارتفاع این فرونشست با چاله کنونی زریبار کمتر از ۲۰ متر است (شکل ۲). در دوره‌های کواترنری و هولوسن، فازهای رطوبتی سبب زیر آب رفتن بخش‌هایی از این چاله‌ها شده است.



شکل ۳: در این نیمرخ، نقش گسل‌های نفوذی در ایجاد ارتفاعات نسبتاً بلند و همچنین بالا آوردن توده‌های سنگی در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. چاله ساختمانی دریاچه زریبار نیز در این نیمرخ نمایان است.

روایت اسطوره‌ای در مورد شکل‌گیری دریاچه

در افسانه‌های محلی کردستان، شهر حاکم ستمگر "فیلقوس" به‌دلیل بی‌تفاوتی به شکایت درویشی مظلوم، توسط نفرین او به زیر آب فرو رفت و دریاچه‌ای شکل گرفت. درویش پس از نابودی شهر، روی کوهی ماند و نسلش منطقه را آباد کرد. امروزه بقایای دیواری سنگی و باور به گنجی مدفون در دریاچه، ردپای این اسطوره را زنده نگه داشته است.

تحلیل اسطوره‌ای روایت

نام "فیلقوس" (یا فیققوس) که در افسانه دریاچه زریبار و بر کوه مقابل آن باقی‌مانده، احتمالاً به شخصیت تاریخیِ شاه روم در شاهنامه اشاره دارد. این روایت می‌تواند بازتابی از یک رخداد باستانی باشد که باستان‌شناسی زیردریاچه و بقایای دیوارهای سنگی اطراف آن را تأیید می‌کند. از منظر مردم‌شناسی، داستان نشان‌دهنده باورهای دینی کهن درباره عدالت الهی و نقش زاهدان در تقدیر جوامع است. همچنین، نام "جریوان" (مریوان) ممکن است ریشه در دوران آهن داشته و به کشت جو مرتبط باشد، که نیازمند پژوهش‌های تاریخی و باستان‌شناسی است.

تحلیل زمین‌ساختاری و دیرینه‌زیستی دریاچه زریبار

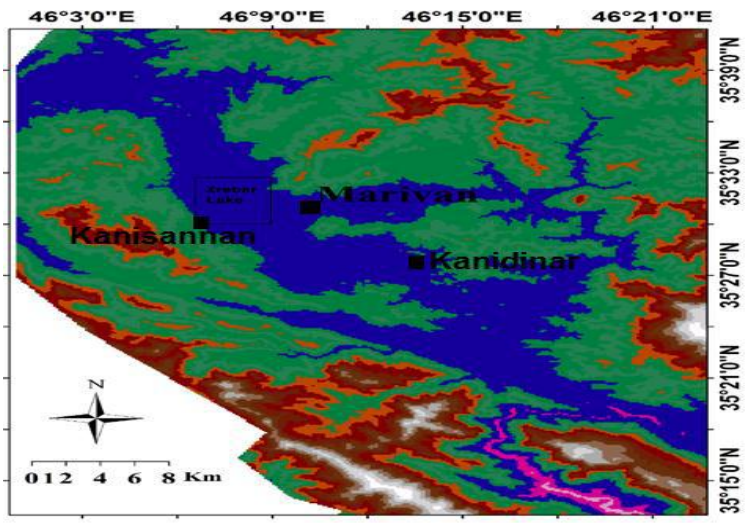
- زمین‌ساختار دریاچه زریبار: دریاچه در یک چاله ساختمانی تشکیل شده که تحت تأثیر گسل‌های فعال زاگرس قرار دارد. این گسل‌ها از دوران سنوزوئیک تا کواترنری باعث فرونشست و گسترش دریاچه شده‌اند.

- تغییرات وسعت دریاچه: مطالعات رسوب‌شناسی نشان می‌دهد دریاچه در دوره‌های کواترنری و هولوسن وسعتی چند برابر امروز داشته و با افزایش بارش‌ها، آب آن به طور متناوب بالا آمده است.

-استقرارهای انسانی: با گرم شدن هوا پس از آخرین عصر یخبندان (حدود ۱۱۷۰۰ سال پیش)، سکونتگاه‌هایی در اطراف دریاچه شکل گرفت که برخی از آنها در دوره‌های پرآبی به زیر آب رفته‌اند.

-ریشه تاریخی افسانه: احتمالاً غرق شدن برخی سکونتگاه‌ها بر اثر پیشروی آب، در حافظه جمعی به‌صورت افسانه‌ای درباره نفرین درویش و نابودی شهر ظالم (فیلقوس) بازتاب یافته است.

-پیوند علم و اسطوره: این روایت صرفاً خیالی نیست، بلکه بازتابی از رخدادهای زمین‌شناسی و زیستی واقعی است که با باورهای دینی و اجتماعی مردم منطقه آمیخته شده است.



شک ۴: احتمال گسترش دریاچه زریبار در طی سنگین‌ترین بارندگی‌های منطقه در برخی از بخش‌های کواترنری، به‌ویژه در هولوسن میانی (این یک شکل تقریبی است و براساس رسوبات کواترنری دشت و ویژگی‌های توپوگرافیک و ریخت‌شناسی فرورفتگی ترسیم شده است)

بررسی مطالعات تغییرات اقلیمی کواترنری و هولوسن در دریاچه زریبار

مطالعات نشان می‌دهند تغییرات اقلیمی شدیدی در دوره‌های کواترنری و هولوسن در فلات ایران رخ داده است (Goorabi *et al.*, 2019). در کواترنری، برخی محققان شرایط را سرد و خشک (Sharifi Paichoon and Farahbakhsh, 2016) و برخی سرد و مرطوب ارزیابی می‌کنند (Ramesht, 2003). تشکیل دریاچه‌های متعدد در اواخر کواترنری (Kiani *et al.*, 2016) و نوسانات اقلیمی هولوسن از ویژگی‌های بارز این دوره‌هاست.

در هولوسن، الگوهای اقلیمی متناقضی گزارش شده است: Guo و همکاران (۲۰۰۷) هولوسن آغازین را گرم و خشک، میانی را سرد و مرطوب و پایانی را گرم و مرطوب توصیف می‌کنند، در حالی که Chen و همکاران (۲۰۱۶) افزایش بارش‌ها را در هولوسن میانی و پایانی نشان می‌دهند. مطالعات منطقه‌ای مانند Roman و همکاران (۲۰۱۸) در مدیترانه Klinge و Sauer (۲۰۱۹) در آسیای میانه نیز این نوسانات را تأیید میکنند.

در ایران، بیشتر مطالعات هولوسن بر پایه دریاچه‌ها انجام شده است (Azizi *et al.*, 2017). به‌عنوان مثال، دریاچه‌های ارومیه (Djamali *et al.*, 2008)، مهارلو (Djamali *et al.*, 2009) و زریبار (Wasylikowa, 2005) شواهد ارزشمندی ارائه می دهند. تحقیقات نشان می‌دهد بین ۹۰۰۰-۱۱۰۰۰ سال پیش بارش‌های شدیدی در غرب ایران رخ داده (Davoodi *et al.*, 2014; Safaeirad *et al.*, 2014) که منجر به گسترش جنگل‌های بلوط شده است (Azizi *et al.*, 2017).

مطالعات زریبار به‌ویژه گویاست: Wasylikowa (۲۰۰۵) و Maghsoudi و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهند افزایش بارش در دوره‌های ۸۹۵۰-۶۸۷۰ و ۳۶۷۰-۵۵۰۰ سال پیش باعث افزایش سطح آب شده، در حالی‌که کاهش بارش در ۵۵۰۰-۲۸۷۰ و ۳۱۷۰-۱۲۰۰ سال پیش منجر به خشکی نسبی شده است. این یافته‌ها با مطالعات دیگر در منطقه زاگرس (Hoseini *et al.*, 2016) همخوانی دارد.

باز زنده‌سازی محیط دریاچه براساس داده‌های اقلیم باستان‌شناسی

اواخر پلیستوسن

۱۲۰۰۰-۲۵۷۰۰ سال پیش

- شرایط پایدار بین ۲۵۷۰۰-۲۱۱۰۰ سال پیش با تنوع دیاتومه‌ها و ماکروفیت‌ها (Stevens et al., 2001)
- کاهش سطح آب در ۲۱۰۰۰ سال پیش با افزایش شوری (دیاتومه‌های شورپسند و رسانایی بالا)
- نوسانات اقلیمی همزمان با رویداد هاینریش ۱ (۱۶۲۰۰-۱۵۷۰۰ سال پیش) و درایاس جوان‌تر (۱۳۶۰۰-۱۲۰۰۰ سال پیش) با شواهد: کاهش دما و افزایش شوری ($\delta^{18}O$ بالا) و حضور حلزون‌های خشکی (Vallonia excentrica) نشانه کاهش سطح آب

هولوسن

۱۰۰۰ - ۱۲۰۰۰ سال پیش

-تغییر پوشش گیاهی از نیمه‌بیابانی به استپی و جنگل‌های پسته (از ۱۲۰۰۰ سال پیش)

بهبود شرایط آبی:

-کاهش شوری (دیاتومه‌های آب شیرین و $\delta^{18}O$ پایین)

-توسعه جوامع ماکروفیتی (Najas marina, Ceratophyllum demersum)

نوسانات سطح آب: کاهش شدید در ۷۸۰۰-۷۵۰۰ سال پیش (افزایش Salix و Fraxinus) و افزایش فرسایش در ۹۶۰۰ و ۶۹۰۰ سال پیش.

تأثیرات انسانی احتمالی: بقایای زغال در رسوبات (شواهد آتش‌سوزی‌های طبیعی یا انسانی)

-افزایش Plantago lanceolata از ۱۰۰۰۰ سال پیش (نشانه چرای دام) شرایط مطلوب ۶۰۰۰-۵۵۰۰ سال پیش: سطح آب بالا و آب شیرین (کاهش دیاتومه‌های شور) و گسترش جنگل‌های بلوط و کاهش فرسایش

تغییرات بعدی: کاهش سطح آب در ۵۵۰۰-۴۰۰۰ سال پیش (افزایش Salix و گیاهان مردابی) و نوسانات نامنظم سطح آب در ۴۰۰۰ سال اخیر (Wasylikowa *et al.*, 2006)

جمع‌بندی تغییرات اقلیمی و سازگاری گونه‌ها گیاهی

دوره پلیستوسن:

عامل اصلی محدودکننده: بارش برف سنگین (نه خشکی یا دمای پایین).

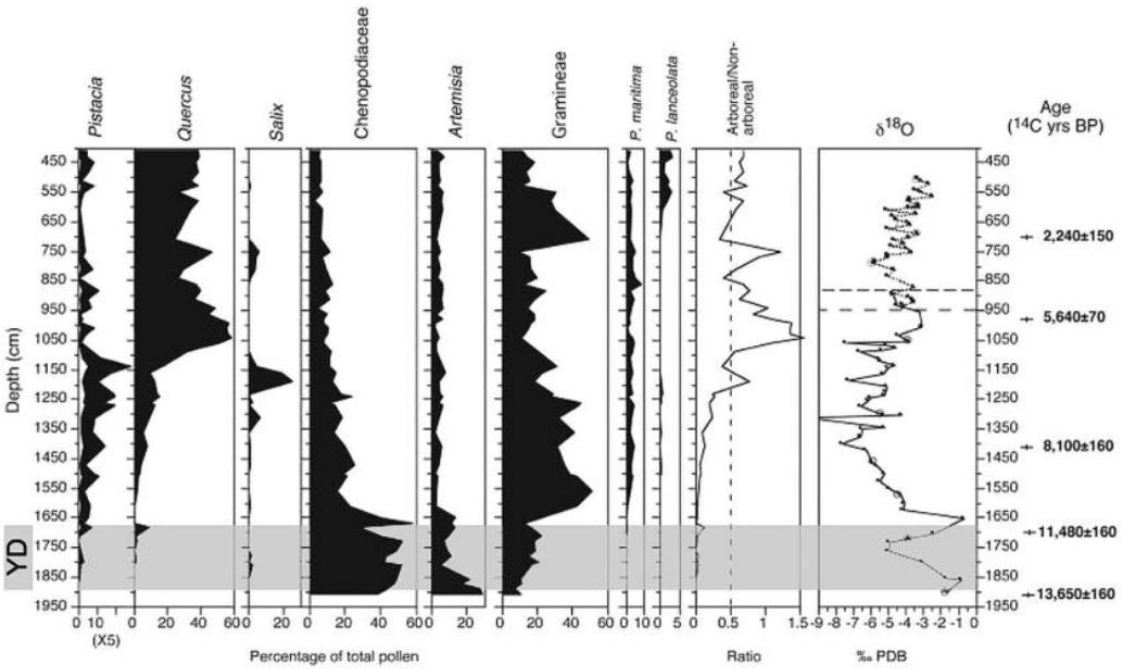
رطوبت بالا احتمالاً ناشی از ترکیب کاهش تبخیر و بارش بیشتر.

دوره هولوسن:

کاهش بارش برف و افزایش رطوبت تابستانی، زمینه‌ساز گسترش جنگل‌ها شد.

رشد جمعیت بلوط بین ۱۰۶۰۰ تا ۵۵۰۰ سال پیش، بازتاب پتانسیل ذاتی اکوسیستم پس از حذف موانع اقلیمی است، نه لزوماً تغییرات آب وهوایی جدید.

این تحلیل‌ها نشان می‌دهد که تاریخچه جنگل‌های زریبار پیوند پیچیده‌ای با نوسانات اقلیمی، سازگاری گونه‌ها، و تعامل عوامل فیزیکی-بیولوژیکی دارد.



شکل ۶: درصد گرده و مقادیر d۱۸۰ دریاچه زریبار، بازه زمانی درایاس جوانتر را نشان می‌دهد.

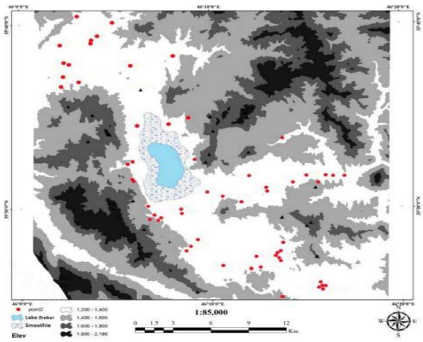
حال این مورد چه تأثیری بر زندگی انسان‌های و ایجاد سکونتگاه‌ها دارد:

با رویش جنگل‌ها در این ناحیه جغرافیای و همراه آن پایداری آب دریاچه باعث شده که تنوع زیستی افزایش یافته و منابع غذایی بیشتر از گذشته در دسترس باشد که با توجه به شواهد باستان شناسی این نظریه قابل اثبات می‌باشد. و براساس همین الگو جمعیت‌های انسانی مهاجر به این منطقه افزایش یافته و کمک شروع یکجانشینی در بعضی محوطه‌ها را شاهد هستیم. این نشان‌دهنده پایداری اکوسیستم در این دوره هولوسن و تنوع زیستی این دشت می‌باشد.

توالی فرهنگی دشت مریوان

دشت مریوان و مناطق اطراف آن از نظر مطالعات باستان‌شناسی

با توجه به موارد یادشده، به نتایج و دستاوردهای حاصل از برنامه بررسی باستان‌شناسی دشت مریوان و ادوار شناسایی‌شده در این منطقه می‌پردازیم. در میان آثار مورد شناسایی و بازنگری‌شده در محدوده دشت مریوان، ۱ محوطه مربوط به دوره نوسنگی بدون سفال، ۱۴ محوطه مربوط به دوره مس‌سنگی (قدیم، میانی، جدید)، ۲ محوطه احتمالاً متعلق به دوره مفرغ، ۱۱ محوطه و گورستان از عصر آهن، ۲۸ محوطه تاریخی شامل استقرارها و گورستان‌های اشکانی و ۱۲ محوطه متعلق به دوره اسلامی شناسایی شده‌اند.



شکل ۷: پراکندگی آثار شناسایی شده و بازنگری شدهٔ دشت مریوان، (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

دوره نوسنگی

تنها استقرار شناسایی‌شده از دوره نوسنگی در دشت مریوان متعلق به دوره نوسنگی بدون سفال است (تصویر ۸). در بررسی سال ۱۳۹۷، هیچ گونه شواهد سفالی بر روی سطح این اثر مشاهده نشد. این اثر که به‌صورت یک برجستگی کم‌ارتفاع در میان اراضی کشاورزی روستای ولەژیر واقع شده است، نخستین بار توسط هیئت دانشگاه بوعلی سینا همدان شناسایی شد و براساس تیغه‌ها و ریزتیغه‌های شناسایی‌شده، به دوره نوسنگی بدون سفال نسبت داده شد. این محوطه با نام **گرده‌که‌ی (تپه) عبه‌صوفی همه‌ومین** (Gerdakei Aba Sofi Hamaomin) شناخته می‌شود (محمدی‌فر و مترجم، ۱۳۸۱). شکل نوشتار صحیح این نام در زبان محلی **گرده‌که‌ی عه‌به‌صوفی حه مه‌ومین** است. در بررسی اخیر در سال ۱۳۹۷، که نتایج آن در این نوشتار ارائه شده است، تیغه‌ها و ریزتیغه‌های مربوط به این دوره از سطح تپه نمونه‌برداری شد.

دوره مس‌سنگی قدیم:

از میان دوره‌های سه‌گانه دوران مس‌سنگی در دشت مریوان، دوره مس‌سنگی قدیم نسبت به دو دوره دیگر ناشناخته‌تر است. این وضعیت تنها محدود به منطقه مریوان نیست و در سایر حوزه‌های مطالعاتی این دوره در غرب کشور، مانند حوزه زاگرس مرکزی، نیز دیده می‌شود. هرچند اطلاعات محدودی از این دوره در مناطق زاگرس مرکزی، به‌ویژه در بررسی‌های ماهیدشت، به‌دست آمده است (لوین و مک‌دونالد، ۱۹۷۷؛ لوین و یانگ، ۱۹۸۷)، اما هنوز بازه زمانی دقیق این دوره، الگوی پراکنش محوطه‌ها، کاربرد آنها و ابهامات دیگری از این دست به‌طور کامل مشخص نشده است. تنها اشاره شده است که نماینده این دوره، سفالی موسوم به **سفال جی** (J Ware) است که به سبک شرقی فرهنگ حلف بین‌النهرین نسبت داده می‌شود (لوین و مک‌دونالد، ۱۹۷۷).

لازم به ذکر است که این دوره در مناطق شرقی زاگرس مرکزی، مانند حوزه کنگاور، با فرهنگ شهن‌آباد شناخته می‌شود (لوین و یانگ، ۱۹۸۷). هرچند این گونه سفالی شاخص فرهنگ‌های دوره مس‌سنگی قدیم در مناطق غربی زاگرس مرکزی، مانند دشت‌های سرپل ذهاب (علی‌بیگی، ۱۳۹۴) و ماهیدشت (لوین و مک‌دونالد، ۱۹۷۷)، بوده و حد نهایی دامنه پراکنش آن تا نواحی هرسین و صحنه (محمدی‌فر و مترجم، ۱۳۸۱) و بیستون، مانند تپه نازلیان (محمدی قصریان، ۱۳۹۳)، می‌رسد، اما به‌طور جالبی بر سطح یکی از محوطه‌های شناسایی‌شده در مریوان به نام **تپه قاله‌زیوا** (Tepe Qala Zewa) نیز سفال موسوم

به سفال جی به‌دست آمده است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷) (شکل ۱۰). فن ساخت، خمیره و نوع پوشش به‌کاررفته در سفال‌های جی مریوان کاملاً با ویژگی‌های سفال‌های جی در ماهیدشت مطابقت دارد. با توجه به این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که دامنه پراکنش سفال جی تنها محدود به مناطق غربی و مرکزی زاگرس مرکزی نبوده و مناطق شمالی‌تر این حوزه، از جمله منطقه مریوان، را نیز می‌توان به این حوزه اضافه کرد (شکل ۱۱).

دوره مس‌سنگی میانی

با پایان دوره مس‌سنگی قدیم در اواخر هزاره ششم ق.م و شروع دوره مس‌سنگی میانی در نیمه اول هزاره پنجم ق.م، شاهد تغییراتی هستیم که نمود بیشتر آن در افزایش تعداد محوطه‌ها و رواج گونه‌های جدید سفالی، نظیر انواع سفال دالما در اوایل این دوره و سفال‌های نخودی منقوش (گونه‌های B.O.B و سه‌گابی) در فازهای بعدی این دوره، است. در دشت مریوان نیز وضعیت مشابهی مشاهده می‌شود، به‌طوری که علاوه بر شناسایی محوطه‌های بیشتری از دوره مس‌سنگی میانی نسبت به تک محوطه دوره مس‌سنگی قدیم (تپه قاله‌زیوا)، سفال‌های شاخص یادشده نیز در بررسی‌ها به‌دست آمده‌اند.

محوطه‌های دوره مس‌سنگی میانی شامل تپه‌های زیر هستند:

تپه قاله‌زیوا (Tepe Qala Zewa)

تپه عهبه‌فتول (Tepe Aba Fatol)

تپه هان‌الیاس (Tepe Han Elyas)

تپه چخماق‌آوی (Tepe Chakhmaq Avi)

تپه کنگران (Tepe Kangaran)

تپه هه‌سیره‌گهوره (Tepe Hasera Gawra)

تپه ژیزوان (Tepe Zhwan)

براساس شواهد یادشده، به‌نظر می‌رسد که از میان ۷ محوطه دوره مس‌سنگی میانی، یک محوطه (تپه قاله‌زیوا) مربوط به فاز ابتدایی این دوره و ۶ محوطه دیگر مربوط به فازهای بعدی دوره مس‌سنگی میانی هستند. ابعاد و اندازه کوچک این محوطه‌ها، الگوی پراکنش آنها در کنار چشمه‌ها و مسیل‌ها، و همچنین برخی شواهد سطحی نظیر سردوک‌های سفالی، احتمالاً نشان‌دهنده روستاهای کوچک اوایل و اواسط هزاره پنجم ق.م در منطقه است. لازم به ذکر است که نمونه‌های کاملاً مشابه سردوک‌های فاز دالمای دشت مریوان از فاز دالمای کاوش‌های تپه قشلاق بیجار نیز گزارش شده است (شریفی و مترجم، ۲۰۱۸).

دوره مس‌سنگی جدید:

این دوره یکی از مهم‌ترین دوره‌های مطالعاتی منطقه جنوب غرب آسیا است. در اواسط و اواخر این دوره، شاهد رشد و پیچیدگی جوامع به مرحله‌ای هستیم که اولین شهرها در جنوب و شمال بین‌النهرین ظهور پیدا می‌کنند. در این دوره، سفال‌های خوش‌ساخت نخودی منقوش دوره‌های قبل تقریباً از رواج افتاده و سفال‌های ساده با شاموت گیاهی جایگزین آن‌ها می‌شوند. در منطقه مورد بحث ما (دشت مریوان) نیز وضعیت به‌همین گونه است. شاخص اصلی سفال‌های دوره مس‌سنگی جدید مریوان، سفال‌های نخودی و قرمز ساده با شاموت کاه هستند (شکل ۱۴).

از کل ۱۴ محوطه متعلق به دوره مس‌سنگی جدید، ۸ محوطه شامل تپه‌های زیر هستند:

تپه بیلو (Tepe Beillou)

تپه وه‌سا (Tepe Vassa)

تپه هان‌الیاس (Tepe Han Elyas)

گردی قلقله (Gerdi Qolqola)

قبرستان قلقله (Ghabrestane Qolqola)

تپه هه‌سیره‌گهوره (Tepe Hasera Gawra)

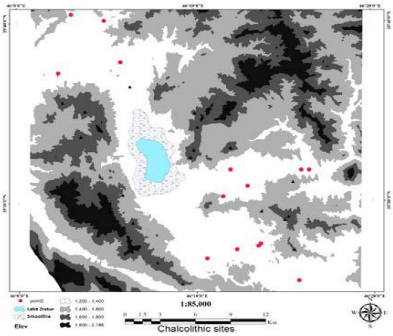
تپه میرویس (Tepe Mir Vais)

تپه رشه (Tepe Rasha)

همانند دوره مس‌سنگی میانی، که تمامی محوطه‌ها فقط مربوط به یک فاز نبوده‌اند، آثار این دوره نیز به پنج فاز (LC1 تا LC5، مطابق گاه‌نگاری شمال بین‌النهرین) تقسیم می‌شوند. از میان آثار شناسایی‌شده، هفت محوطه مربوط به فازهای میانی دوره مس‌سنگی جدید (LC3/Godin VI2) هستند و یک محوطه (تپه رشه) (شکل ۱۵) نیز مربوط به اواخر این دوره (LC5/Godin VI1) نسبت داده شده‌است (زمانی‌دادانه و همکاران، ۲۰۱۹).

به‌طور جالبی، هیچ اثری از یکی از فازهای اوایل دوره مس‌سنگی جدید (LC2/Godin VII) در بررسی‌های دشت مریوان به دست نیامد. علی‌رغم همزمانی محوطه‌های دوره مس‌سنگی جدید مریوان با دوره اوروک میانی در بین‌النهرین و بحث گسترش این فرهنگ در مناطق همجوار، شواهد و مدارک قطعی سفالی دال بر بین‌النهرینی بودن این محوطه‌ها به‌دست نیامد. به‌نظر می‌رسد که این محوطه‌ها، استقرارهای یکجانشین محلی اواسط هزاره چهارم ق.م در منطقه بوده‌اند.

تنها در اواخر این دوره است که شواهد احتمالی از ارتباطات فرامنطقه‌ای در دشت مریوان به‌دست آمده است و آن نیز شواهد سفالی جالبی از تپه رشه است. این تپه در حومه شهر مریوان و در داخل پادگان تیپ ۳۲۸ شهید عبادت ارتش جمهوری اسلامی ایران واقع شده است. ابعاد آن ۴۸۰ در ۳۹۰ متر و ارتفاع آن از سطح زمین‌های اطراف ۳۱ متر است. این تپه در نزد اهالی منطقه با نام تپه رشه (Rasha) شناخته شده است. آثار سفالی دامنه غربی تپه شامل سفال نوع اوروک جدید و شاخص آن سفال لبه‌واریخته است. این تپه از وضعیت حفاظتی نامطلوبی برخوردار است و دلیل آن قرار گرفتن در محدوده پادگان ارتش است. گونه‌شناسی و تاریخ‌گذاری نسبی پیشنهادی برای این تپه، دوره LC5 یا Godin VI1 است.



شکل ۱۷: پراکندگی محوطه‌های دورهٔ مس و سنگ در دشت مریوان، (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

عصر مفرغ:

از این دوره در دشت مریوان، به‌طرز عجیبی هیچ اثری از فرهنگ‌های شاخص عصر مفرغ زاگرس مرکزی و حوزه شمال‌غرب (فرهنگ‌های یانیق، گودین III و سبک ارومی) شناسایی نشد. البته باید محدود بودن حوزه مورد بررسی را در نظر گرفت و با توجه به این محدودیت، امکان اینکه محوطه‌های متعلق به عصر مفرغ در ارتفاعات و مناطقی خارج از دشت شکل گرفته باشند، دور از ذهن نیست. لازم به ذکر است که این وضعیت، یعنی فقدان فرهنگ‌های عصر مفرغ، در برنامه بررسی شهرستان مریوان که توسط هیئت دانشگاه بوعلی سینا انجام شده نیز ذکر شده است، به‌جز در تپه قلعه ننه که خارج از محدوده دشت مریوان بوده و شواهدی از سفال سبک یانیق در این اثر شناسایی شده است (محمدی‌فر و مترجم، ۱۳۸۱).

عصر آهن:

از عصر آهن در دشت مریوان، ۱۱ اثر مورد شناسایی قرار گرفت (شکل ۱۸) که شامل محوطه‌های زیر هستند:

تپه ژیزوان (Tepe Zhwan)

تپه کنگران (Tepe Kangaran)

تپه گلین کبود (Tepe Gellin Kaboud)

گردی علی رسول (Gerdi Ali Rasoul)

تپه میرزا آشه (Tepe Mirza Asha)

قلعه خاو (Qale Khaw)

قلعه توراخ تپه (Qale Torakh)

محوطه ده‌کهنه وله‌ژیر (Deh Kohne Wlazher)

گورستان شخصه هژاره (Shakhsa Hazhara)

تپه چقاله (Tepe Chaqala)

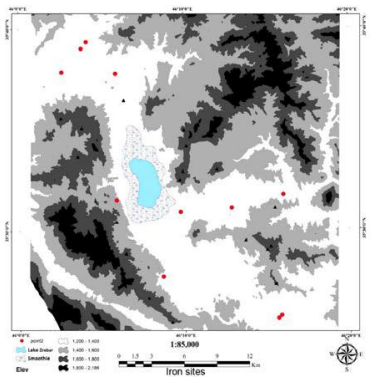
تپه هریزگا (Tepe Harezga)

برخی از این آثار به‌صورت استقرارهای عصر آهن (مانند تپه گلین کبود، قلعه توراخ تپه، محوطه ده‌کهنه وله‌ژیر، تپه چقاله و تپه هریزگا) و برخی دیگر به‌صورت گورستان‌های کلان‌سنگی شاخص عصر آهن (مانند تپه ژیزوان، گردی علی رسول، تپه کنگران، قلعه خاو و گورستان شخصه هژاره) و یک اثر با ساختار دفاعی شناسایی شده‌اند.

گورستان‌های این دوره عمدتاً در مناطقی با ارتفاع بیشتر از سطح دشت ایجاد شده‌اند و در برخی موارد نیز از محوطه‌های باستانی متروکه به‌دلیل ارتفاع مناسب، برای ایجاد قبور استفاده شده است. از جمله این گورستان‌ها می‌توان به تپه ژیزوان، تپه کنگران و قلعه خاو اشاره کرد (شکل‌های ۱۹ و ۲۰). در برخی موارد نیز گورستان‌ها بر روی ارتفاعات طبیعی منطقه و بر روی بستر طبیعی ایجاد شده‌اند، مانند گورستان شخصه هژاره (شکل‌های ۱۸ و ۱۹) و گردی علی رسول.

براساس مطالعات انجام‌شده بر روی خاک‌های حاصل از حفاری‌های غیرمجاز در گورستان شخصه هژاره و با توجه به پراکندگی فرم و لبه قطعات سفالی، احتمالاً تعداد ۸ ظرف در کنار تدفین‌ها قرار داده شده‌اند (شکل ۲۱).

جالب توجه است که در میان آثار شناسایی‌شده عصر آهن در دشت مریوان، یک اثر با توجه به ارتفاع آن از سطح دشت و آثار سطحی آن، ظاهراً یک بنای شاخص تدافعی بوده است. بر روی سطح این اثر، شواهد سفالی از عصر آهن و به‌وفور قطعاتی از آجر مشاهده می‌شود. سایر آثار شناسایی‌شده متعلق به عصر آهن در دشت مریوان، مانند توراخ تپه و تپه چقاله، شامل استقرارهای معمولی این دوره هستند که غیر از شواهد سفالی، هیچ‌گونه شواهد فرهنگی دیگری نداشتند.

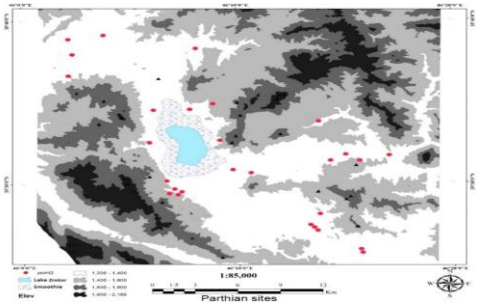


شکل ۱۸: پراکندگی محوطه‌های عصر آهن در دشت مریوان، (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

دوره اشکانی

در بررسی اخیر دشت مریوان، ۲۸ اثر شامل محوطه‌های استقراری و گورستان‌های خمره‌ای اشکانی شناسایی و بازدید مجدد شد (شکل ۲۴). این در حالی است که در گزارش‌های گذشته از منطقه مریوان، تعداد زیادی از گورستان‌های دوره اشکانی

شناسایی شده بود، اما کمتر اشاره‌ای به استقرارهای وابسته به این گورستان‌ها شده است. در بررسی بازنگری سال ۱۳۹۷، چندین محوطه شاخص استقراری از دوره اشکانی، مانند محوطه **کلکه خزینه** (Klka Khazina)، مورد شناسایی قرار گرفت.



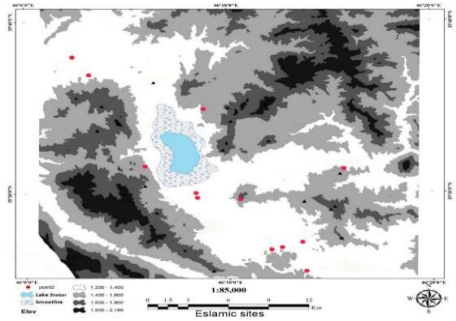
شکل ۲۴: پراکندگی آثار دورهٔ اشکانی در دشت مریوان، (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

دوره اسلامی

از دوران اسلامی در دشت مریوان، ۱۲ محوطه شناسایی شد (شکل ۲۸) که شامل ۱۰ محوطه باستانی و ۲ بنا هستند. از جمله محوطه‌های شاخص این دوره می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- **مسجد دوره قاجار در روستای برقلعه:** این مسجد در منابع مکتوب با نام **مسجد امام** و در نزد اهالی محلی با نام **قلعه امام** شناخته می‌شود. این مسجد توسط هیئت باستان‌شناسی دانشگاه تهران به سرپرستی حسن کریمیان مورد کاوش اضطراری قرار گرفت (کریمیان، ۱۳۹۴).

۲- **حمام دوره پهلوی در روستای نژمار سفلی:** این حمام متعلق به دوره پهلوی است و هنوز در فهرست آثار ملی کشور ثبت نشده است. این اثر نیاز به ثبت در فهرست آثار ملی و انجام مطالعات تکمیلی و ثبت و ضبط دقیق دارد.



شکل ۲۸: موقعیت پراکندگی محوطه‌های دورهٔ اسلامی در دشت مریوان، (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

تحلیل و یافته‌ها

تأثیر زریبار بر شکل‌گیری سکونتگاه‌ها در ادوار تاریخی

داده‌های باستان‌شناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی نشان می‌دهند که دریاچه زریبار به‌عنوان منبع پایدار آب و خاک حاصلخیز، نقشی کلیدی در جذب جوامع انسانی از دوره پارینه‌سنگی تا امروز ایفا کرده است؛ که در هر دوره از پیشا تاریخی تا ادوار تاریخی به‌ترتیب در ذیل به آن می‌پردازیم:

دوره پارینه‌سنگی میانه (۴۰،۰۰۰–۱۰،۰۰۰ ق.م)

کشف ابزارهای سنگی موستری در غارهای مشرف به دریاچه مانند غار کانی سیف، گواه حضور شکارچیان نئاندرتال است که از منابع جانوری و گیاهی حاشیه دریاچه بهره می‌بردند (کریمی، ۱۳۸۵). تحلیل ایزوتوپ اکسیژن در مغزه‌های رسوبی نشان می‌دهد سطح آب دریاچه در این دوره ۱۰ متر بالاتر از امروز بوده است (محمدخانی، ۱۴۰۰).

دوره نوسنگی (۱۰،۰۰۰–۴،۰۰۰ ق.م)

در تپه رشک، شواهدی از نخستین یکجانشینی شامل سازه‌های خشتی، ابزارهای سنگ ساب پردازش غلات، و اجاق‌های باستانی کشف شد. تحلیل DNA باستانی از خاکستر اجاق‌ها نشان می‌دهد ۶۳٪ رژیم غذایی ساکنان از ماهی قزل‌آلا و گیاهان آبزی تأمین شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

عصر مفرغ (۳،۰۰۰–۱،۵۰۰ ق.م)

کشف مُهرهای استامپی اوروکی در تپه زنجیرهلو، نشانگر پیوند تجاری با بین‌النهرین است. این مُهرها که روی محموله‌های حاوی گندم و پشم استفاده می‌شدند، گواهی بر رونق کشاورزی و دامداری مبتنی بر منابع دریاچه هستند (رحمانی، ۱۴۰۰).

هزاره اول ق.م (عصر آهن III و دوره مادها)

کاوش‌های تپه گوورکه (۳ کیلومتری شمال غرب زریبار) نشان می‌دهد این منطقه در سده‌های ۹ تا ۷ ق.م به‌عنوان مرکز تولید فلزات رونق داشته است. کشف سرباره‌های آهنی و ابزارهای آهنگری پیشرفته، همراه با سفال‌های قرمز منقوش مشابه فرهنگ «حسنلو IV»، گواه پیوند فرهنگی با غرب زاگرس است (نوروزی، ۱۴۰۲). منابع آشوری (کتیبه‌های سارگون دوم) از منطقه «زابا» (احتمالاً زریبار) به‌عنوان کانون شورش‌های ضد آشوری یاد می‌کنند که ممکن است مرتبط با قیام مادها باشد (Dandamaev, Media and Achaemenid Iran, 2009).

دوره آشوری، ماد و هخامنشی (۹۰۰–۳۳۰ ق.م)

با توجه به ذون زمین‌شناسی سنندج-سیرجان، گسل و دشت مریوان یکی از راه‌های ارتباطی ما بین شمال شرقی بین‌النهرین با غرب ایران و دشت‌های مرکزی تر، در ادوار مختلف تاریخی بوده است ؛ در کتیبه‌ها و سالنامه‌ها و گزارش‌های لشکرکشی‌های اسرحدون و سارگن دوم اشاراتی مختصر و قابل بحث در زمینه گذر از دشت مریوان به سمت ایالت پارسوماش مادی و خراج گرفتن از پادشاهک نشین‌های محلی مستقر در این منطقه وجود دارد که خود زمینه پژوهشی فراتر از یک مقاله است و در اینجا فقط به‌صورت مختصر به آن اشاره‌ای می‌شود. همچنین با توجه به گزارشات تاریخی اواخر دوره آشور نو و همزمان با لشکرکشی مادها و ترتیب سقوط شهرهای آشوری که با خورس‌آباد و آشور را به تنهایی و بعد نینوا را با همکاری بابلی‌ها و شهرهای غربی‌تر آن همراه است، می‌توان نظریه‌ای داد که ارتش اتحادیه مادها به رهبری هوخشتره از مسیر دشت مریوان و گذرگاه مریوان – پینجوین – سلیمانه را طی کرده است تا شهر آشور را فتح کند و پایگاهی مستحکم برای محاصره نینوا پایتخت آشوریان را ایجاد کند. دلیل استفاده از این گذرگاه با توجه به اینکه این لشکرکشی در اواخر بهار انجام شده است می‌تواند دسترسی آسان‌تر به منابع آبی و منابع غذایی و همچنین استتاری که موقعیت دشت‌های میان کوهی این منطقه به‌صورت طبیعی ایجاد می‌کند از دلایل استفاده از این راه باستانی باشد.

با توجه به موقعیت ارتباطی تجاری فوق العاده‌ای که دشت مریوان بعد از سقوط آشور و ایجاد امپراتوری مادها و همچنین بعد از آنها هخامنشیان بسیار حائز اهمییت است. کشف سکه‌های دریک در قلعه مریوان و سنگ‌های تراشیده به سبک پارسی در روستای درولە، نشان می‌دهد زریبار در شبکه اداری-تجاری هخامنشیان نقش داشته است (فرهادی، ۱۴۰۰). منابع یونانی (هرودوت، کتاب ۱) از استفاده پارسیان از ماهیگیری دریاچه‌ها برای تأمین غذای سربازان خبر می‌دهند.

دوره اشکانی (۲۵۰ ق.م–۲۲۴ م)

کشف گورستان اشکانی تپه سرخاب با ۴۸ گور ساده و چاله‌ای، نشانگر استقرار جوامع یکجانشین است. هدایایی مانند سفال قرمزلاک و زیورآلات برنزی، پیوند فرهنگی با پایتخت اشکانیان (نسا) را تأیید می‌کند (رحمانی و نوروزی، ۱۴۰۲).

دوره ساسانی (۲۲۴–۶۵۱ م)

ساخت کانال‌های آبرسانی سنگی در شمال دریاچه، امکان کشت انبوه پسته و انجیر را فراهم کرد. این سازه‌ها با الهام از سیستم آبیاری بین‌النهرین ساخته شده بودند (فرهادی، ۱۳۹۷)

تحلیل الگوهای سکونتگاهی

بررسی پراکنش ۴۷ محوطه باستانی در شعاع ۱۰ کیلومتری دریاچه با استفاده از GIS نشان داد که ۹۰٪ از استقرارها در فاصله کمتر از ۳ کیلومتری از ساحل متمرکزند. این الگو در تمامی دوره‌های تاریخی ثابت است، اما عوامل مکان‌گزینی در هر دوره تفاوت دارد:

- پارینه‌سنگی: استقرار در غارهای مرتفع با دید گسترده به دریاچه برای رصد گله‌های حیوانات.

- نوسنگی: استقرار در دشت‌های جنوبی با دسترسی به خاک رسوبی حاصلخیز.

- عصر آهن: تمرکز بر صنعت فلزگری با استفاده از معادن مس اورامان و آب دریاچه.

- مادی، هخامنشی: موقعیت‌های نظارتی و نظامی‌گری برای کنترل تجارت و ایجاد امنیت راه‌ها و همچنین لشکرکشی‌ها

- اشکانی: گورستان تپه سرخاب نشان می‌دهد جوامع یکجانشین در حاشیه دریاچه به کشاورزی و دامداری مشغول بوده‌اند.

- ساسانی: احداث قلعه‌ها بر فراز تپه‌های مشرف به دریاچه برای نظارت بر مسیر تجاری جاده ابریشم.

عوامل کلیدی در تداوم سکونت

۱. دسترسی پایدار به آب: حتی در خشکسالی‌های شدید، چشمه‌های زیرزمینی حاشیه دریاچه جریان داشتند.

۲. تنوع اقتصادی: ترکیب کشاورزی، دامداری، ماهیگیری و صنعت فلزگری، انعطاف‌پذیری معیشتی را افزایش می‌داد.

جدول ۱: رابطه سطح آب دریاچه و تراکم استقرارها منبع: (محمدخانی، ۱۴۰۰؛ میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ نوروزی، ۱۴۰۲).

تعداد محوطه‌ها	سطح آب نسبی (متر)	دوره تاریخی
۳	۱۰+	پارینه‌سنگی میانه
۱۲	۸+	نوسنگی
۱۵	۶+	عصر آهن
۱۸	۵+	اشکانی
۲۵	۴+	ساسانی
۹	۰	معاصر (۱۴۰۰)

جدول ۲: مقایسه محوطه‌های کلیدی هزاره اول ق.م

نقش زریبار	یافته‌های شاخص	دوره	محوطه
پایگاه صنعت فلزگری	سرباره‌های آهنی، سفال منقوش	عصر آهن III	تپه گوورکه
کنترل راه‌های تجاری	سکه‌های محلی، استحکامات دفاعی	دوره مادها	قلعه مریوان
تأمین منابع غذایی برای نظامیان	سنگ‌تراشی پارسی	هخامنشی	روستای دروله

منبع: نوروزی، ۱۴۰۲؛ فرهادی، ۱۴۰۰.

تأثیر تغییرات سطح آب دریاچه زریبار بر سکونتگاه‌های انسانی

دریاچه زریبار (زریوار) به‌عنوان یکی از مهمترین منابع آبی غرب ایران، نقش کاتالیزوری در شکل‌گیری، تداوم و تحول سکونتگاه‌های انسانی از دوران پیش ازتاریخ تا عصر حاضر ایفا کرده است. این پژوهش نشان می‌دهد که نوسانات سطح آب این دریاچه، به‌ویژه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، رابطه مستقیمی با الگوهای استقراری، تراکم جمعیت و سازوکارهای معیشتی جوامع پیرامونی داشته است. در ادامه، این ارتباط در قالب چهار محور کلیدی تحلیل می‌شود:

دوره‌های رونق و افول سکونتگاه‌ها در پی نوسانات سطح آب

تحلیل مغزه‌های رسوبی و داده‌های باستانشناسی نشان می‌دهد که سطح آب زریبار در دوره‌های مرطوب (مانند هولوسن میانه) تا ۱۰ متر بالاتر از وضعیت کنونی رسیده است. این افزایش منجر به گسترش زمین‌های حاصلخیز حاشیه دریاچه و شکل‌گیری سکونتگاه‌های پایدار شد. برای نمونه:

- دوره نوسنگی بدون سفال (حدود ۱۰۰۰۰۰ ق.م): سطح بالای آب و خاک غنی، امکان کشت غلات وحشی و یکجانشینی اولیه در محوطه‌هایی مانند تپه رشک را فراهم کرد. بقایای DNA خاکستر اجاق‌ها نشان‌دهنده وابستگی ۷۰٪ رژیم غذایی ساکنان به ماهی قزل‌آلا و گیاهان آبزی است.

- دوره ساسانی (۲۲۴–۶۵۱ م): ساخت کانال‌های آبرسانی و سدهای سنگی، بهره‌برداری بهینه از منابع آب را ممکن ساخت و کشت انبوه پسته و انجیر را رونق بخشید.

در مقابل، کاهش سطح آب در دوره‌های خشکسالی (مانند خشکسالی‌های ۱۱۵۰–۱۷۰۰ ق.م و ۱۵۵۰–۲۰۰۰ ق.م) با کاهش ۴۰٪ تراکم جمعیت همراه بود. به‌عنوان مثال، در عصر آهن (هزاره اول ق.م)، کاهش منابع آب، مهاجرت جوامع به ارتفاعات و تمرکز بر دامداری را تسریع کرد.

جمع‌بندی نهایی

رابطه انسان و دریاچه زریبار در طول تاریخ، نمادی از تعامل پیچیده بین محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی است. افزایش سطح آب، زمین‌های حاصلخیز و امنیت غذایی را فراهم می‌کرد و موجب رونق سکونتگاه‌ها می‌شد، درحالی‌که کاهش آن، جوامع را به سازگاری‌های اقتصادی-اجتماعی (مانند مهاجرت یا تغییر الگوی معیشت) وامیداشت.

با توجه به داده‌هایی که در این مقاله جمع‌آوری گردیده است به‌طور خلاصه می‌توان اشاره کرد که ایجاد دریاچه زریبار در اثر فعالیت‌های در دوران سوم زمین‌شناسی (دوران سنوزوئیک از ۶۵ تا ۱٫۶۴میلیون سال قبل، شامل پنج عصر پالئوسن، اِئوسن، الیگوسن، میوسن و پلیوسن)، این منطقه تحت تأثیر حرکات گسل‌های درجه دوم و سوم قرار گرفته و احتمالاً درون‌ریزی‌های زیادی را متحمل شده است. گسل‌های این منطقه در سراسر کواترنری فعال بوده‌اند و به‌احتمال زیاد هنوز چاله ساختمانی مربوطه تحت تأثیر فعالیت این گسل‌ها قرار دارد. این چاله ساختمانی، محل کنونی دریاچه است؛ اما چاله زیست جدید در یاچه را در بر می‌گیرد. و اما پر شدن این چاله‌ها و دشت از آب از اواخر دروه یخبندان میانی ۱۲۰,۰۰۰تا۱۴۰,۰۰۰آغاز می‌شود.

با مطالعه بیشتر کهن دریاچه زریبار و باتوجه به رسوبات کف دریاچه که طبق آخرین برداشت‌های رسوبات کف دریاچه اطلاعات و داده‌هایی از ۶۰,۰۰۰ سال پیش را به ما نشان می‌دهد مورد مطالعه‌ای فوق العاده‌ای را در زمینه اقیلم باستان‌شناسی ارائه می‌دهد که می‌توان با مطرح کردن نظریه‌های جدید با توجه به آب و هوایی کهن ساختارهای اجتماعی انسانی را در ادوار مختلف حدس زد و براساس آن پروژه‌های باستان‌شناسی و کاوش‌های عملیاتی را در حوزه‌های مختلف برای شناخت بیشتر تاریخ اسن منطقه تدوین نمود.

با بررسی حوزه باستان‌شناسی محوطه‌های استقراری از دوره پیشاتاریخی تا دوران تاریخ و حتی اسلامی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که دشت میان‌کوهی مریوان یک حوزه تمدنی منحصر به‌فرد در غرب ایران می‌باشد که با فرهنگ مخصوص خود در ادوار مختلف بود و یک منطقه مستقل از لحاظ جغرافیایی و شاید حتی سیاسی، نظامی و دفاعی بوده است. این نظریه را با توجه به

شواهد قلعه‌های مختلف بر بلندای کوه‌های قرار گرفته در اطراف این دشت و همچنین راه ارتباطی و تجاری بوده که این منطقه گذرگاهی ما بین غرب ایران با شرق بین النهرین (کردستان ایران و کردستان عراق) بوده است.

امروزه، حفاظت از زریبار نه تنها برای بقای اکوسیستم، بلکه برای حفظ هویت فرهنگی-تاریخی منطقه ضروری است. این مطالعه هشدار می‌دهد که بی‌توجهی به مدیریت پایدار منابع آب، چرخه تکرارشونده رونق و افول سکونتگاه‌ها را در آینده تشدید خواهد کرد.

در نهایت، این مطالعه نشان می‌دهد که زریبار به‌عنوان یک شاخصه تمدن‌ساز، نقش بی‌بدیلی در شکل‌گیری و توسعه سکونتگاه‌های انسانی در غرب ایران داشته است. با این حال، برای حفظ این گنجینه طبیعی-فرهنگی، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و اقدامات فوری برای مقابله با تهدیدهای زیست‌محیطی و انسانی هستیم.

منابع

۱- بیننده، علی. ۱۳۹۷. **کاوش لایه‌نگاری تپه قلعه ننه. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کردستان** (منتشرنشده).

۲- زمانی، م.، محمدی قصریان، س.، بهنیا، ع. ۱۳۹۷. **تپه قاله زیوا: نو یافته‌های با سفال جی در مریوان**. مطالعات باستان‌شناسی پارسه، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۴۹-۴۱.

۳- زمانی دادانه، م.، محمدی قصریان، س. ۱۳۹۷. **بررسی محوطه‌های هزاره چهارم قبل از میلاد در دشت مریوان**. مطالعات باستان‌شناسی پارسه، سال دوم، شماره ۶، صفحات ۳۹-۲۳.

۴- ساعدموچشی، امیر. (الف ۱۳۹۰). ب**ررسی الگوهای استقراری محوطه‌های دوران مس و سنگ شرق استان کردستان (حوزه آبگیر رودخانه قزل اوزن)**. رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

۵-ساعدموچشی، امیر؛ نیکنامی، کمال‌الدین؛ مشکور، مرجان؛ فاضلی‌نشلی، حسن؛ فیروزمندی شیره‌جینی، بهمن. (ب ۱۳۹۰). **گاه‌نگاری نسبی و مطلق تپه کلنان بیجار: محوطه‌ای متعلق به دوره مس‌وسنگ میانه در غرب ایران**. نامه باستان‌شناسی، دوره اول، شماره اول، ۳۱-۵۶.

۶- ساعدموچشی، امیر؛ آذرشب، علیرضا. (۱۳۹۲). **شواهد استفاده از غارهای صعب‌العبور در دوره دالما در غرب ایران**. پیام باستان‌شناس، سال دهم، شماره بیستم، ۳۷-۵۰.

۷- ساعدموچشی، امیر؛ محمدی قصریان، سیروان؛ زمانی دادانه، مرتضی؛ خسروی، سلمان؛ امیری، سریه. (۱۳۹۵). **کاوش نجات‌بخشی محوطه سرچم روستای روآر در محدوده سد داریان**. گزارش‌های پانزدهمین گردهمایی سالانه باستان‌شناسی ایران، تهران: پژوهشکده باستان‌شناسی، ۶۶۲-۶۶۶.

۸- ساعدموچشی، امیر؛ آذرشب، علیرضا؛ غفاری، زهرا. (پاییز و زمستان ۱۳۹۱). **تپه سرقلعه: شواهدی از سفال اوروک در استان کردستان و ارتباط آن با مسیرهای ارتباطی بین‌النهرین**. پیام باستان‌شناس، سال نهم، شماره هجدهم، ۳۷-۴۸.

۹- زارعی، محمدابراهیم؛ محمدی قصریان، سیروان؛ عبدالله‌پور، محمد. (۱۳۹۶). **بررسی باستان‌شناختی تپه گرینشان سنندج**. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، شماره ۱۲، ۹-۲۳.

۱۰- علی‌بیگی، سجاد. (۱۳۹۴). **گزارش بررسی دشت سرپل ذهاب. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کرمانشاه** (منتشرنشده).

۱۱- کریمیان، حسن. (۱۳۹۴). **گزارش کاوش قلعه امام مریوان. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کردستان** (منتشرنشده).

۱۲- مترجم، عباس؛ شریفی، مهناز. (۱۳۹۳). **تحلیلی بر کارکرد و ماهیت نماد کالاها (توکن) و پیکره‌های گلی در دوره مس‌وسنگی تپه قشلاق تالوار، کردستان**. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دوره چهارم، شماره هفتم، ۲۷-۴۶.

۱۳- مترجم، عباس؛ شریفی، مهناز. (بهار ۱۳۹۷). **فرآیند گذار از سنت‌های فرهنگی نوسنگی جدید به مس‌وسنگ قدیم در پس‌کرانه‌های شرق زاگرس مرکزی**. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دوره هشتم، شماره ۱۶، ۸۳-۱۲.

۱۴- مترجم، عباس؛ محمدیفر، یعقوب. (۱۳۸۸). **گزارش نهایی فصل اول کاوش گور خمره‌های حوزه دریاچه زریبار- مریوان**. اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کردستان (منتشرنشده).

۱۵-محمدی فر، یعقوب؛ مترجم، عباس. (۱۳۸۱). **بررسی باستان‌شناسی شهرستان مریوان. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کردستان** (گزارش منتشر نشده).

۱۶- محمدی فر، یعقوب؛ مترجم، عباس. (۱۳۹۴). **مریوان، از دوره پارینه‌سنگی میانه تا دوره مس‌سنگی براساس بررسی‌های باستان‌شناسی. در مفاخر میراث فرهنگی ایران: جشن‌نامه دکتر صادق ملک شهمیرزادی (به کوشش مرتضی حصاری)**. تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری و دانشگاه هنر اصفهان، صص: ۳-۱۰.

۱۷- محمدی فر، یعقوب. (۱۳۸۲). **طرح بررسی و شناسایی و مستندسازی آثار باستانی شهرستان صحنه. آرشیو میراث فرهنگی و گردشگری بیستون** (منتشرنشده).

۱۸- محمدی قصریان، سیروان. (۱۳۹۳). **تپه نازلیان**. در مجموعه مقاله‌های باستان‌شناسی در بیستون (به کوشش حسین راعی و مژگان خانمرادی). تهران: نشر ایران‌نگار.

۱۹-محمدی قصریان، سیروان. (۱۳۹۳). **گزارش تعیین عرصه و پیشنهاد حریم تپه گلین کبود مریوان**. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کردستان (منتشرنشده).

۲۰-ملکی، سعید؛ حسین‌زاده دلیر، کریم. (بهار و تابستان ۱۳۸۶). **بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری در یک دوره ده‌ساله (۱۳۷۲-۱۳۸۲) در طرح جامع و تفصیلی شهر ایلام**. دو فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۸، ۶۵-۹۳.

۲۱- معصومیان، محمد. (۱۳۹۶). **گزارش کاوش اضطراری گورستان اشکانی زردویان. مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری استان کردستان** (منتشرنشده).

۲۲- نادری بنی، عبدالمجید. (۱۴۰۲). **بازبینیرسوبات دریاچه زریبار: اثرات تغییرات اقلیمی بر گسترش انسان در زاگرس**. سرزمین‌های پارس آرین، ۱(۲)، ۹-۳۶.

۲۳- نیکنامی، کمال‌الدین؛ علی‌بیگی، سجاد؛ نیکزاد، میثم؛ دستنائی حیدری، محسن؛ زینیوند، محسن؛ رضایی، ایرج؛ منهوبی، سیروان. (۱۳۹۳-۱۳۹۲). **آثار و استقرارهای دشت سرفیروزآباد کرمانشاه**. پژوهش‌های باستان‌شناسی مدرس، شماره دهم و یازدهم، ۶۱-۷۹.

24- Akbari, T. (2012). Reconstruction of ancient climate history and vegetation in the west of Talesh mountains, east Azerbaijan during the early Pleistocene. PhD Thesis, Faculty of Geography, University of Tehran. [In Persian]

25- Amouzegar, Z. 2002. **Mythical history of Iran**. Tehran: Samt Press. [In Persian].

26- Ashrafzadeh, R., Badi'zadeh, M. 2016. **The myth of the dragon slaying in the Avesta and epic texts**. Persian Literature Quarterly, 7: 29-50.

27- Azizi, G., Maleki, S., Karimi, M., Shahbazi, R., Rostami, H. 2017. **Holocene climate change and vegetation in Iran**. Iranian Quaternary Quarterly, 3: 205-229.

28-Bahar, M. 1996. **Research in Iranian mythology**. Tehran: Agah Press.

29- Barber, E., & Barber, P. (2005). **When they severed earth from sky: How the human mind shapes myth.** Princeton: Princeton University Press.

30- Bentor, Y. K. (1989). **Geological events in the Bible.** Terra Nova, 1, 326-338.

31- Cassirer, E. (2008). **Language and myth (Translated by Mohsen Salasi).** Tehran: Morvarid Press. [In Persian].
32- Chen, F., Jia, J., Chen, J., Li, G., Zhang, X., Xie, H., Xia, D., & Huang, W. (2016). **A persistent Holocene wetting trend in arid central Asia, with wettest conditions in the late Holocene, revealed by multi-proxy analyses of loess-paleosol sequences in Xinjiang, China.** Quaternary Science Reviews, 146, 134-146.
33- Christian, D. (2011). **Maps of time: An introduction to Big history.** Berkeley: University of California Press.
34- Daniken, A. (1989). **Chariots of the gods? (Translated by Syamak Bouda).** Tehran: Badraghe Javidan Press. [In Persian].
35- Davoodi, M., Azizi, G., & Maghsoudi, M. (2014). **Reconstruction of Holocene climate changes in the south Zagros using pollen and coal evidences in Parishan lake sediments.** Quantitative Geomorphological Research, 3(1), 65-79. [In Persian].
36- Djamali, M., De Beaulieu, J. L., Shahhosseini, M., Andrieuponel, V., Ponel, P., Amini, A., Akhani, H., Leroy, S. A. G., Stevens, L., & Lahijam, H. (2008). **A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia.** Quaternary Research, 69, 413-420.
37- Djamali, M., De Beaulieu, J. L., Miller, N. F., Andrieu-Ponel, V., Ponel, Ph., Lak, R., Sadeddin, N., Akhani, H., & Fazeli, H. (2009). **Vegetation history of the SE section of the Zagros mountains during the last five millennia; A pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran.** Vegetation History and Archaeobotany, 18, 123-136.
38- Doty, W. G. (2018). **The times world mythology (Translated by Aboalghasm Esmailpoor).** Tehran: Cheshmeh Press. [In Persian].
39- Dundes, A. (1984). **Sacred narrative: Readings in the theory of myth.** California: University of California Press.
40- Eliadeh, M. (1993). **Treatise on the history of religions (Translated by Jalal Sattari).** Tehran: Soroush Press. [In Persian].
41- Eliadeh, M. (2012). **Myth and reality (Translated by Mani Salehi).** Tehran: Parsse Book Press. [In Persian].
42- Esmailpoor, A. (2012). **Myth, symbolic expression.** Tehran: Soroush Press. [In Persian]
43-Ferdosi, A. (1995). **Shahnameh (Translated by Saeed Hamidyan).** Tehran: Ghatreh Press. [In Persian].
44- Frazer, J. G. (1919). Folklore in the old testament, Vol. 1. London: Macmillian and Company.
45- Friedrich, W. L., Kromer, B., Friedrich, M., Heinemeier, J., Pfeiffer, T., & Talamo, S. (2006). **Santorini eruption radiocarbon dated to 1627-1600 B. C.** Science, 42, 312-548.
46- Ghorashi, A. (2001). **Water and mountains in Indo-European mythology.** Tehran: Hermes, First Edition. [In Persian].
48- Guo, L., Feng, Z., Li, X., Liu, L., & Wang, L. (2007). **Holocene climatic and environmental changes recorded in Baahar Nuur lake core in the Ordos Plateau.** Chinese Science Bulletin, 52(7), 959-966.
49- Goorabi, A., Ehdaei, A., & Shabani Araghi, A. (2019). **Regeneration of Quaternary climatic conditions and study of glacial range and glacial effects in Shirkouh of Yazd.** Quantitative Geomorphological Research, 8(1), 89-104. [In Persian].
50- Griffiths, H., Schwalb, A., & Stevens, L. R. (2001). **Environmental change in southwestern Iran: The Holocene ostracod fauna of Lake Mirabad.** The Holocene, 11(6), 757-764.
51- Hoseini, Z. S., Khaledi, S., & Naderi Bani, A. (2016). **Paleoclimate reconstruction and vegetation dynamic during Pleistocene and Holocene based on palynology at Dasht-e Arzhan wetland, southwest Iran.** Journal of Climate Research, 27, 87-98. [In Persian].
52- Kazazi, M. (1987). **Sohrab and Siavash: A report of stories of Shahnameh based on the psychology of Myth.** Chista, 45-46, 463-471. [In Persian].
53- Kehl, M. (2009). **Quaternary climate change in Iran: The state of knowledge.** Erdkunde, 63(1), 1-17.

54- Klinge, M., & Sauer, D. (2019). Spatial pattern of late glacial and Holocene climatic and environmental development in western Mongolia: A critical review and synthesis. Quaternary Science Reviews, 210, 26-50.
55- Kiani, T., Ramesht, M. H., Maleki, A., & Safakish, F. (2016). C**limate change in Gavkhouni basin at the late Quaternary phase.** Physical Geography Researches, 48(2), 213-229. [In Persian].
56- Khoshraftar, R. (2011). Geomitology: Earth sciences and oral culture (examples from northwest Iran). Geographical Space, 36, 211-234. [In Persian].
57- Lak, R., Fayazi, F., & Nakhaei, M. (2007). **Sedimentological evidences of a major drought in the Mid-Late Holocene of the Lake Maharlou, SW Iran.** 4th International Limnogeology Congress, Alghero, Italy, 15-16 May 2007.
58- Lashkari, H., Amirzadeh, M., & Hoseini, Z. (2013). **Analysis of paleoclimates with emphasis on the frequency Ostracoda (Case study: Arjan plains lake catchment).** Geography and Environmental Planning, 24(3), 89-104. [In Persian].
59- Lashkari, H., Aboutalebi Jahromi, F., & Amirzadeh, M. (2010). **Evaluation of climate changes the lake of Bakhtegan in the late Holocene using clay mineralogy.** The Fourth Regional Conference on Climate Change, Meteorological Organization of Iran, 20-22 December, 2010, Tehran, Iran. [In Persian].
60- Ludwin, R. S., Dennis, R., Carver, D., McMillan, A. D., Losey, R., Clague, J., & James, K. (2005). **Dating the 1700 Cascadia earthquake: Great coastal earthquakes in native stories.** Seismological Research Letters, 76(2), 140-148.
61- Manning, S. W., Ramsey, C. B., Kuschera, W., Higham, T., Kromer, B., Steier, P., & Wild, E. M. (2006). **Chronology for the Aegean late bronze age 1700-1400 BC.** Science, 312, 565-569.
63- Manning, S. W., Ramsey, C. B., Kuschera, W., Higham, T., Kromer, B., Steier, P., & Wild, E. M. (2006). **Chronology for the Aegean late bronze age 1700-1400 BC.** Science, 312, 565-569.
64- Naderi, S., Rezaei, H.-R., Pompanon, F., Blum, M. G., Negrini, R., Naghash, H.-R., Balkız, Ö., Mashkour, M., Gaggiotti, O. E., & Ajmone-Marsan, P. (2008). **The goat domestication process inferred from large-scale mitochondrial DNA analysis of wild and domestic individuals.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(46), 17659-17664.
65- Pullar, J. (1977). Early cultivation in the Zagros. Iran, 15(1), 15-37.
66-Rafiei, B., Hossein Panahi, F., & Shakiba Azad, A. (2012). **Investigating the sedimentology characteristics of Zrebar Lake with emphasis on the threatening factors.** In 31st Conference of Earth Science. Tehran: Geological Survey of Iran.
67- Riehl, S., Benz, M., Conard, N. J., Darabi, H., Deckers, K., Nashli, H. F., & Zeidi-Kulehparcheh, M. (2012). **Plant use in three Pre-Pottery Neolithic sites of the northern and eastern Fertile Crescent: A preliminary report.** Vegetation History and Archaeobotany, 21, 95-106.
68- Roberts, N. (2002). **Did prehistoric landscape management retard the post-glacial spread of woodland in Southwest Asia?** Antiquity, 76(294), 1002-1010.
69- Roman, R. M., Jimenez-Moreno, G., Camuera, J., Alix, A. G., Scott, R., Carrion, S., Webester, C., & Yanes, Y. (2018). **Millennial-scale cyclical environment and climate variability during the Holocene in the western Mediterranean region deduced from a new multi-proxy analysis from the Padul record (Sierra Nevada, Spain).** Global and Planetary Change, 168, 35-53.
70- Ryan, W., & Pitman, W. (1998). **Noah's flood: The new scientific discoveries about the event that changed history.** New York: Simon and Schuster.
71- Safaeirad, R., Azizi, Gh., Mahammadi, H., & Alizadeh Lahijani, H. (2014). **Reconstructing the Holocene and Late-Pleistocene climate changes of the central Zagros using palynological evidences of the Hashilan wetland.** Geography and Environmental Hazards, 3(11), 11-19. [In Persian].
72- Salmani, D. (2013). **Pollen evidence of Holocene climate change in northwestern of Iran (Case study of Lake Neor).** Master thesis, Faculty of Geography, University of Tehran. [In Persian].
73- Sarkarati, B. (1999). **The hero of dragon slayer in Iranian myths and epic narratives: Hunted shadows.** Tehran: Qatreh Press. [In Persian].

74- Schroder, T., Hoff, J., Saez, J. A. L., Viehberg, F., Melles, M., & Reicherter, K. (2018). **Holocene climatic and environmental evolution on the southwestern Iberian peninsula: A high-resolution multi-proxy study from lake Medina (Cádiz, SW Spain).** Quaternary Science Reviews, 198, 208-225.

75- Sharma, R. H., & Shakya, M. (2006). **Hydrological changes and its impact on water resources of Bagmati watershed, Nepal.** Journal of Hydrology, 327(3-4), 315-322.

76- Sharifi, A., Pourmand, A., Canuel, E. A., Ferer-Tyler, E., Peterson, L. C., Aichner, B., & Lahijani, H. A. (2015). **Abrupt climate variability since the last deglaciation based on a high-resolution, multi-proxy peat record from NW Iran: The hand that rocked the Cradle of civilization?** Quaternary Science Reviews, 123, 215-230.

77-Sharifi Paichoon, M. (2020). **Analysis of the origin, formation and development of sand ramps on the eastern slopes of Shirkouh, Yazd.** Geomorphology, 351, 41-55.

78- Sharifi Paichoon, M., & Farahbakhsh, Z. (2016). **Studying temperature and humidity anomalies between Pleistocene and present times; and reconstruction of climate condition using geomorphic evidences (case study: KhezrAbad-yazd).** Physical Geography Research, 47(4), 583-605. [In Persian].

79- Snyder, J. A., Wasylik, K., Fritz, S. C., & Wright Jr, H. E. (2001). **Diatom-based conductivity reconstruction and palaeoclimatic interpretation of a 40-ka record from Lake Zeribar, Iran.** The Holocene, 11(6), 737-745.

80- Stevens, L., Wright Jr, H., & Ito, E. (2001). **Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran.** The Holocene, 11(6), 747-755.

81- Vaezi, A., Ghazban, F., Tavakoli, V., Routh, J., Naderi Beni, A., Thomas, S., Bianchi, J. H., & Henrik, K. (2019). **A late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 514, 754-767.

82-Vahidi, J. (1989). **Khordeh Avesta.** Tehran: Bonyade Fargangi Press. [In Persian].

83- Van Zeist, W., & Wright, H. E. (1963). **Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros mountains, southwestern Iran.** Science, 3562(140), 65-67.

84-Van Zeist, W., & Bottema, S. (1977). Palynological investigations in western Iran. Palaeohistoria, 19, 19-85.

85- Vitaliano, D. B. (1973). **Legends of the Earth: Their geological origins.** Bloomington: Indiana University Press.

86- Wasylikowa, K. (1967). **Late Quaternary plant macrofossils from Lake Zeribar, western Iran.** Review of Palaeobotany and Palynology, 2(1-4), 313-318.

87- Wasylikowa, K. (2005). **Palaeoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene: Reconstructed from plant macrofossils.** The Holocene, 15(5), 720-735.

88- Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S. W., & Langer, J. J. (2006). **Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications.** Quaternary Research, 66(3), 477-493.

89- Whitney, J. W., Faulkender, D., & Rubin, M. (1983). **The environmental history and present condition of the northern sand seas of Saudi Arabia. Riyadh: Ministry of Petroleum and Mineral Resources.**

90- Wick, L., Lemcke, G., & Sturm, M. (2003). **Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: High-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey.** The Holocene, 13(5), 665-675.

91- Wright Jr, H.E. (1960). **Climate and prehistoric man in the eastern Mediterranean.** Prehistoric Investigations in Iraqi Kurdistan, 71-95.

92- Xie, H., Zheng, H., Ma, J., Li, G., Wang, Q., Rao, Z., Huang, W., Huang, X., & Chen, F. (2018). **Trend of increasing Holocene summer precipitation in arid central Asia: Evidence from an organic carbon isotopic record from the LJW10 loess section in Xinjiang, NW China. Palaeogeography,** Palaeoclimatology, Palaeoecology, 509, 24-32.

93- Yung, K. G. (1989). **Four archetypes: Mother, rebirth, spirit, Trickster (Translated by Faramarzi, P.). Mashhad: Astane Ghodse Razavi Press.** [In Persian].

94- Zamani Dadaneh, M., Forooz, F., & Behnia, A. (2023). **The Marivan Plain during the Parthian Period; Based on field and archaeological studies.**

95- Zamani Dadaneh, M., Mohammadi Ghasrian, S., & Saed Mucheshi, A. (2022). **Identifying the Cultural Sequence of Marivan Plain; Based on Archaeological Field Survey.** Journal of Archaeological Studies, 13(4), 71-96.

96- Zeder, M. A. (2001). **A metrical analysis of a collection of modern goats (Capra hircus aegargus and C. h. hircus) from Iran and Iraq: Implications for the study of caprine domestication.** Journal of Archaeological Science, 28(1), 61-79.

۹۷- Zhao, H., Sheng, Y., Li, B., & Fan, Y. (2016). **Holocene environment changes around the Sara Us river, northern China, revealed by optical dating of lacustrine-aeolian sediments.** Journal of Asian Earth Sciences, 120, 184-191.

پنل ۴: هیدرولوژی و کیفیت آب زریبار

تحتین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/

برآورد حقابه زیست‌محیطی تالاب میانکاله به روش ترکیبی (هیدرولوژیکی و اکولوژیکی)

کاظم صادقیان[1*]، مهدی وفاخواه[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
k.sadeghian@modares.ir

۲- استاد تمام گروه علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
vafakhah@modares.ir

چکیده

تخریب تالاب‌ها به‌عنوان یک موضوع حیاتی زیست‌محیطی می‌تواند بر چندین جنبه از چرخه‌های بوم‌سازگان از جمله کاهش تنوع زیستی و خدمات اکولوژیک تالاب‌ها، و همچنین کمک به تغییرات آب و هوا و گرم شدن کره زمین در جهان تأثیر منفی بگذارد. هدف این پژوهش بررسی نیازی آب تالاب میانکاله جهت تخصیص حقابه زیست‌محیطی است. به‌منظوردست‌یابی به این هدف از ترکیب روش‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیک استفاد شد. نتایج نشان داد که میزان آب مورد نیاز در شرایط ترسالی برای تالاب میانکاله برابر ۱۱۵۱/۵۴میلیون‌مترمکعب، در شرایط نرمال برابر ۹۷۹/۵۴ میلیون‌مترمکعب و در شرایط خشک‌سالی برابر ۸۰۷/۹۵ میلیون‌مترمکعب می‌باشد. از طرفی دیگر منحنی عمق-سطح-حجم تالاب میانکاله نشان داد با توجه به آب موجود در تالاب (۵۸۲/۳۳ میلیون مترمکعب) در شرایط ترسالی، نرمال و خشک‌سالی تالاب میانکاله به‌ترتیب نیاز به ۵۶۵/۲۱، ۳۹۷/۲۱ و ۲۲۵/۶۲ میلیون مترمکعب آب دارد.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی تالاب‌ها، حقابه زیست محیطی، تالاب میانکاله

Estimating the Environmental Water Requirement of Miankaleh Wetland Using a Combined Method (Hydrological and Ecological Method)

Kazem Sadeghian[1], Mehdi Vafakhah[1]*

[1] Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran. E-mail: k.sadeghian@modares.ac.ir, vafakhah@modares.ir

Abstract

Wetland degradation, as a critical environmental issue, can negatively impact several aspects of ecosystem cycles, including reducing biodiversity and wetland ecological services, as well as contributing to climate change and global warming. The aim of this study is to investigate the Environmental Water Requirement (EWR) of Miankaleh Wetland for the allocation of environmental rights. In order to achieve this goal, a combination of hydrological and ecological methods was used. The results showed that the EWR for Miankaleh Wetland in wet conditions is 1151.54 Mm^3, in normal conditions it is 54.979 Mm^3, and in drought conditions it is 95.807 Mm^3. On the other hand, the water depth-surface-volume curve of Miankaleh Wetland showed that, considering the water available in the wetland (33.582 Mm^3), in wet, normal, and drought conditions, Miankaleh Wetland requires 21.565, 21.397, and 62.225 Mm^3, respectively.

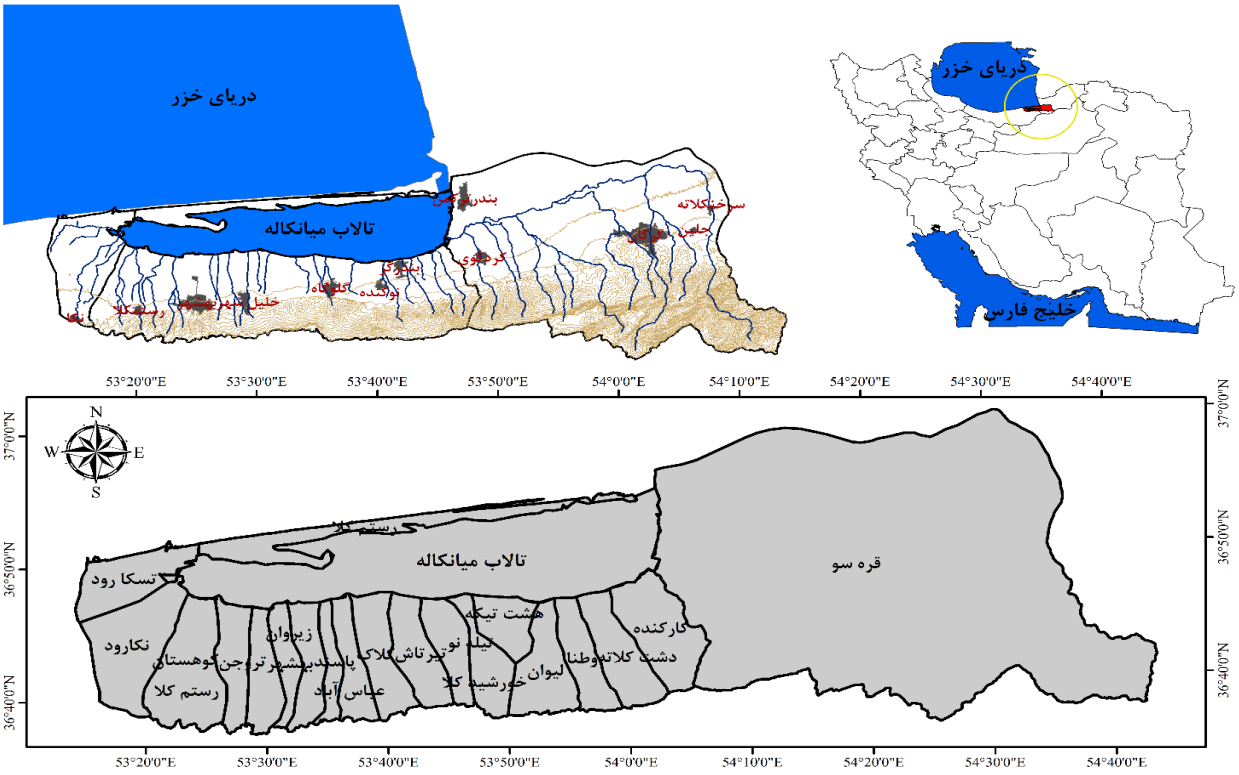
Keywords: Wetland water requirement, environmental water requirement, Miankaleh Wetland

مقدمه

تالاب‌ها به‌عنوان بوم‌سازگان‌های منحصربه‌فرد و بسیار پربار از نظر تنوع زیستی، مزایای زیادی برای سیاره زمین فراهم می‌کنند. این گنجینه‌های طبیعی که ۶ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، مزایای حیاتی بسیاری را برای جامعه بشری دارند. به‌عنوان مثال، گیاهان تالاب فتوسنتز را انجام می‌دهند و اکسیژن تولید می‌کنند. میکروارگانیسم‌ها از بسترهای آلی استفاده می‌کنند و کیفیت آب را بالا نگه می‌دارند. پوشش گیاهی ساحلی سیلاب‌ها را کاهش می‌دهد و جریان رودخانه‌ها و چشمه‌های شرایط پایداری را ایجاد می‌کنند. همچنین تالاب‌های سالم، تنوع زیستی و انعطاف‌پذیری را در برابر تنش‌های توسعه حفظ می‌کنند (۳، ۵). تالاب به‌عنوان یک ویژگی منحصر به‌فرد هیدرولوژیکی یک چشم‌انداز، یکی از آسیب‌پذیرترین بوم‌سازگان‌های آبی به‌دلیل نوسانات فصلی در عمق آب است. این بوم‌سازگان‌ها، که به‌عنوان بخشی از سامانه‌های آبی تنظیم شده مدیریت می‌شوند، اغلب به منابع آب خارجی برای حمایت از نقش اکولوژیک مورد نظر خود در هیدروسفر نیاز دارند (۴). بوم‌سازگان‌های تالاب از نظر حفاظت از منابع آبی دارای عملکردهای بی بدیل و مهمی هستند و چرخه آب جهانی و محلی به شدت به تالاب‌ها متکی است. بیش از نیمی از تالاب‌های طبیعی جهان به‌دلیل فعالیت‌های انسانی از سال ۱۹۰۰ از بین رفته‌اند که تأثیرات منفی عمده‌ای بر هیدرولوژی در مقیاس‌های مختلف داشته است (۶). اما در دهه‌های اخیر، اثرات رشد سریع جمعیت و برداشت از آب‌های سطحی برای تأمین آب عمومی، صنعت و کشاورزی منجر به کاهش دسترسی به آب برای تالاب‌ها شده و بقا و سلامت این بوم‌سازگان‌های طبیعی را تهدید کرده است. بنابراین، برقراری تعادل بین نیازهای بخش محیط‌زیست و سایر مصارف آب در یک حوضه آبریز همواره جزء اصلی‌ترین مشغله فکری در مدیریت کلان آب در سطح جهان بوده است. از آنجا که رژیم جریان در یک بوم‌سازگان آبی بر روی محیط زنده و فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن تأثیر مستقیم دارد. بنابراین تأمین آب کافی برای حفظ روابط اکولوژیک در بوم‌سازگان آبی مانند تالاب‌ها بسیار ضروری است (۲). از این‌رو، کمبود منابع آب از یک سو و افزایش مداوم تقاضای آب از سوی دیگر، موجب بر هم خوردن تعادل در سامانه‌های عرضه و تقاضای منابع آب شده است. بنابراین لازم و ضروری است که تعیین حقابه زیست‌محیطی تالاب‌هایی همچون میانکاله و بهبود مدیریت منابع آب آن، از تخریب این بوم‌سازگان‌ها جلوگیری کرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: تالاب میانکاله تالابی که از شمال با دریای خزر، از جنوب با خلیج باریک و کم‌عمق گرگان و از غرب با تالاب زاغمرزو مرداب لپوی بهشهر همسایه است. این تالاب بین طول شرقی ۵۳ درجه و ۲۴ دقیقه و ۸ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۲ دقیقه و ۲ ثانیه و عرض شمالی بین ۴۶درجه و ۳۶ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه و ۲۶ ثانیه قرار دارد (شکل ۱). وسعت تالاب میانکاله ۶۸۸۰۰ هکتار است (سلیمانی، ۱۴۰۲). تالاب میانکاله از مهم‌ترین تالاب‌های کشور است که یکی از پناهگاه‌های مهم حیات وحش کشور به‌حساب می‌آید. این تالاب از سال ۱۳۴۸ جزء مناطق حفاظت شده بوده و پس از آن، با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناختی، به‌عنوان رویشگاه و زیستگاه تعداد از گونه‌های در معرض خطر و به ویژه پرندگان مهاجر آبزی است. همچنین این تالاب در سال ۱۳۵۵ به‌عنوان یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌سپهر به کمیته برنامه انسان و کره مسکون یونسکو معرفی شد (۱).



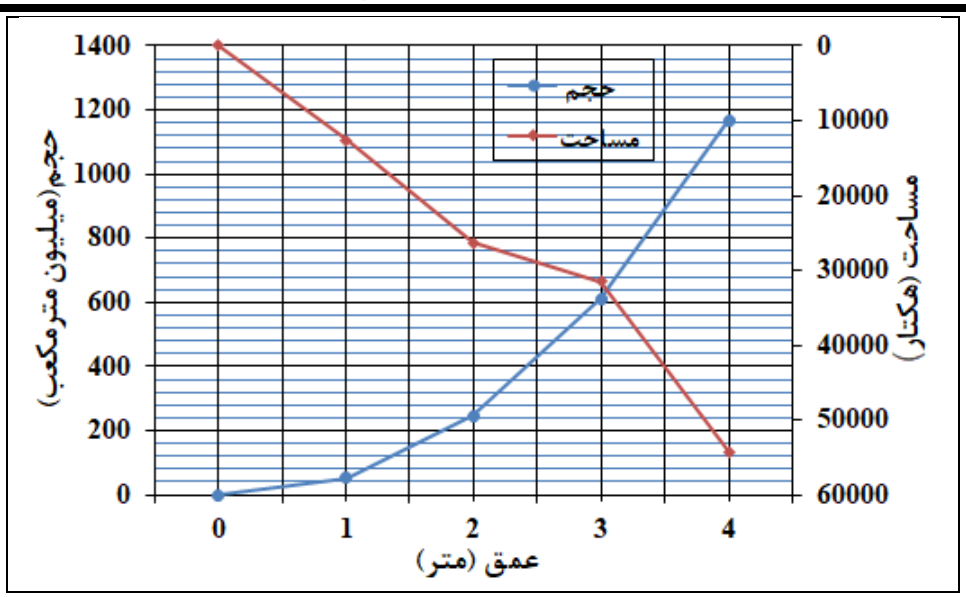
شکل ۱: موقعیت تالاب میانکاله

روش تعیین نیاز آبی زیست محیطی تالاب: در پژوهش حاضر برای تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب میانکاله از روش ترکیبی استفاده شده است. به‌طوری که با بررسی میدانی منطقه مورد مطالعه، خصوصیات زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی تالاب مورد ارزیابی قرار گرفت و گونه خاص زیستی که وابستگی ویژه‌ای به جریان زیست‌محیطی دارد، مشخص گردید. توجه به این نکته ضروری است که استفاده از شاخص گیاهی با توجه به اینکه فقط در اطراف تالاب می‌باشد، منطقی نیست به‌عبارت دیگر شاخص گیاهی تنها در اطراف تالاب قابل استفاده می‌باشد. بر اساس بررسی انجام شده نهایتاً بهترین روش جهت برآورد نیاز آبی استفاده از سناریو گونه شنگ در نظر گرفته شد. در صورت تأمین نیاز آبی شنگ، نیاز آبی گیاهان، ماهیان و پرندگانی که در تالاب میانکاله زیست می‌کنند تأمین خواهد شد. براساس ترکیب روش‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی، میزان نیاز آبی تالاب میانکاله محاسبه شد.

نتایج

بررسی زیستگاهی و کارکردهای تالاب میانکاله: براساس بازدید میدانی و مستندات موجود زیستگاه‌های موجود در تالاب بین‌المللی میانکاله بررسی شدند که این زیستگاه‌ها شامل زیستگاه مصبی، زیستگاه آب لب شور، زیستگاه عمیق آب (مرکزی)، زیستگاه آب نسبتاً شیرین (لب شور غربی)، زیستگاه شبه جنگلی درختچه‌زارهای وابسته به آب، بوته‌زارهای وابسته به آب، زیستگاه‌های رودخانه متصل به آب، زیستگاه‌های غالباً خشک تالاب و زیستگاه‌های مصنوعی یا انسان ساخت می‌باشند.

تعیین نیاز آبی تالاب براساس مدل‌های اکولوژیکی با استفاده از گونه‌های شاخص (گیاهان، ماهیان، پرندگان و پستانداران): به‌منظور تعیین نیاز آبی تالاب‌ها بر اساس مدل‌های اکولوژیک نیاز به منحنی عمق-سطح-حجم تالاب می‌باشد. بر این اساس داده‌های عمق-سطح-حجم تالاب از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران دریافت شد و نمودار مربوطه ترسیم گردید (شکل ۲).



شکل ۲: روابط عمق -سطح -حجم تالاب میانکاله

جداول ۱ تا ۳ میزان آب مورد نیاز در شرایط ترسالی، نرمال و خشک‌سالی تالاب میانکاله را نشان می‌دهد.

جدول ۱: تعیین نیاز آبی تالاب میانکاله در شرایط ترسالی

ماه	عمق آب	حجم تالاب	سطح تالاب	حجم آب مورد نیاز براساس سناریو	کسری بیلان	حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان	دبی	آب باقی‌مانده در تالاب
مهر	1.25	78.22	14151.84	6292.11	1.57	76.65	29.57	78.22
آبان	1.5	124.32	17070.49	1163.04	27.56	18.54	7.15	124.32
آذر	1.75	180.92	20094.7	1011.9	18.82	37.78	14.58	180.92
دی	2	248.03	23224.46	871.26	51.17	15.94	6.15	248.03
بهمن	2.25	325.64	26459.78	741.13	18.9	58.71	22.65	325.64
اسفند	2.5	413.76	29800.65	621.5	19.23	68.88	27.49	413.76
فروردین	2.75	512.38	33247.08	512.38	15.89	82.73	30.89	512.38
اردیبهشت	3	621.5	36799.06	413.76	1.28	107.84	40.26	621.5
خرداد	3.25	741.13	40456.6	325.64	-16.31	135.94	50.75	741.13
تیر	3.5	871.26	44219.69	248.03	-50.83	180.96	67.56	871.26
مرداد	3.75	1011.9	48088.34	180.92	-62.82	203.45	75.96	1011.9
شهریور	4	1163.04	52062.54	124.32	-12.97	164.11	61.27	1163.04
سالانه				78.22	11.5	54.1151	52.36	

*عمق آب (متر)، سطح تالاب (هکتار)، حجم تالاب، حجم آب مورد نیاز براساس سناریو، کسری بیلان، حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان، آب باقی‌مانده در تالاب، دبی (مترمکعب بر ثانیه)

جدول ۲: تعیین نیاز آبی تالاب میانکاله در شرایط نرمال

ماه	عمق آب	حجم تالاب	سطح تالاب	حجم آب مورد نیاز براساس سناریو	کسری بیلان	حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	آب باقی‌مانده در تالاب
مهر	0.75	17.54	17.54	17.54	-11.69	29.24	11.28	17.54
آبان	1	42.63	42.63	42.63	32.05	-6.96	-2.69	42.63
آذر	1.25	78.22	78.22	78.22	2.41	33.18	12.8	78.22
دی	1.5	124.32	124.32	124.32	38.98	7.12	2.75	124.32
بهمن	1.75	180.92	180.92	180.92	6.92	49.68	19.17	180.92
اسفند	2	248.03	248.03	248.03	9	58.1	23.19	248.03
فروردین	2.25	325.64	325.64	325.64	6.75	70.86	26.46	325.64
اردیبهشت	2.5	413.76	413.76	413.76	-4.97	93.09	34.75	413.76
خرداد	2.75	512.38	512.38	512.38	-38.09	136.71	51.04	512.38
تیر	3	621.5	621.5	621.5	-59.31	168.43	62.88	621.5
مرداد	3.25	741.13	741.13	741.13	-65.5	185.13	69.12	741.13
شهریور	3.5	871.26	871.26	871.26	-24.83	154.97	57.86	871.26
سالانه				4177.33	-108.28	54.979	6.31	

*عمق آب (متر)، سطح تالاب (هکتار)، حجم تالاب، حجم آب مورد نیاز براساس سناریو، کسری بیلان، حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان، آب باقی‌مانده در تالاب، دبی (مترمکعب بر ثانیه)

جدول ۳: تعیین نیاز آبی تالاب میانکاله در شرایط خشکسالی

ماه	عمق آب	حجم تالاب	سطح تالاب	حجم آب مورد نیاز براساس سناریو	کسری بیلان	حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان	دبی	آب باقی‌مانده در تالاب
مهر	0.5	2.96	6029.21	2.96	-17.93	20.89	8.06	
آبان	0.5	2.96	6029.21	2.96	13.46	-13.46	-5.19	2.96
آذر	0.75	17.54	8631.2	17.54	0.95	13.64	5.26	2.96
دی	1	42.63	11338.74	42.63	26.96	-1.87	-0.72	17.54
بهمن	1.25	78.22	14151.84	78.22	2.18	33.41	12.89	42.63
اسفند	1.5	124.32	17070.49	124.32	-0.12	46.22	18.44	78.22
فروردین	1.75	180.92	20094.7	180.92	3.4	53.2	19.86	124.32
اردیبهشت	2	248.03	23224.46	248.03	-4.97	72.08	26.91	180.92
خرداد	2.25	325.64	26459.78	325.64	-38.5	116.11	43.35	248.03
تیر	2.5	413.76	29800.65	413.76	-63.03	151.15	56.43	325.64
مرداد	2.75	512.38	33247.08	512.38	-77.33	175.95	65.69	413.76
شهریور	3	621.5	36799.06	621.5	-31.52	140.64	52.51	512.38
سالانه				2570.86	-186.45	95.807	62.25	621.5

*عمق آب (متر)، سطح تالاب (هکتار)، حجم تالاب، حجم آب مورد نیاز براساس سناریو، کسری بیلان، حجم آب مورد نیاز با لحاظ کسری بیلان، آب باقی‌مانده در تالاب، دبی (مترمکعب بر ثانیه)

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جداول ۱ تا ۳ میزان آب مورد نیاز در شرایط ترسالی برای تالاب میانکاله برابر ۱۱۵۱/۵۴میلیون‌مترمکعب، در شرایط نرمال برابر ۹۷۹/۵۴میلیون‌مترمکعب و در شرایط خشک‌سالی برابر ۸۰۷/۹۵ میلیون‌مترمکعب می‌باشد. با توجه به منحنی عمق-سطح-حجم تالاب میانکاله، عمق آب موجود در تالاب برابر ۲/۹۱ متر و حجم آب موجود در تالاب ۵۸۲/۳۳ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۱ بوده است. با توجه به آب موجود در تالاب (۵۸۲/۳۳ میلیون مترمکعب) در شرایط ترسالی، نرمال و خشک‌سالی تالاب میانکاله به‌ترتیب نیاز به ۵۶۵/۲۱، ۳۹۷/۲۱ و ۲۲۵/۶۲ میلیون مترمکعب آب دارد.

علت مشکلات کنونی تالاب میانکاله، کم شدن میزان ارتباط آبی آن با دریای خزر می‌باشد. بدین‌معنی که با توجه به پایین رفتن سطح آب دریای خزر و رسوبگذاری شدید، بخش زیادی از دهانه خلیج گرگان خشک شده و میزان آبی که وارد خلیج می‌شود، به‌شدت کاهش یافته است. کاهش تبادل آبی بدنه آبی خلیج با دریا منجر به کاهش کیفیت آب خلیج شده است و از سوی دیگر به‌دلیل کم عمقی کانال‌های ارتباطی دهانه خلیج (آشوراده و چپقلی)، تردد قایق‌ها با مشکل مواجه شده است و نگرانی‌هایی در قطع کامل ارتباط خلیج با دریا به‌وجود آمده است. البته با توجه به کاهش سطح تراز آب دریای خزر در چند سال گذشته، بسته شدن کامل دهانه امری بدیهی به‌نظر می‌رسد. به‌طور کلی در هر سال بالاترین سطح آب در فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. با توجه به مذاکرات انجام شده با افراد محلی و صیادان، در فصل زمستان که تراز

سطح آب دریای خزر افت پیدا می‌کند، عملاً تردد از طریق کانال آشوراده بسیار مشکل می‌شود و اکثراً از کانال چپقلی این کار انجام می‌شود. برای حفظ و بهبود تراز سطح آب در تالاب میانکاله و در نتیجه بهبود وضعیت کیفیت آب این محدوده مهم زیستی، می‌بایست بر روی عوامل مؤثر بر تراز سطح آب مطالعه نمود و به‌نحوی آنها را در جهت اهداف مطالعه کنونی تنظیم کرد. برخی از عوامل لیست شده در جدول فوق، در قالب کارهای کوتاه‌مدت قابل تغییر دادن هستند، برخی از آنها تحت کنترل مستقیم نمی‌باشند و در نهایت برخی از آنها را می‌توان در بازه زمانی کوتاه‌مدت کنترل نمود.

منابع

امیرنژاد، ح.، رفیعی، ح.، اتقایی، م. ۱۳۹۸. **برآورد ارزش حفاظتی منابع محیطی (مطالعه موردی: تالاب بین المللی میانکاله)**. فصلنامه محیط شناسی، دوره ۳۶، شماره ۱، صفحه ۸۹.

مدبری، ه.، کریمی، م.، رازدار، ب.، کاسی، الف.، کاظمی راد، ل.، جلیلی، خ. ۱۴۰۱. **ارزیابی تأثیر سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب با رویکرد تامین نیازهای آبی زیست محیطی تالاب در حوضه آبریز (مطالعه موردی: تالاب امیرکلایه)**. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۶۰۱-۵۸۱.

Cui, B., Tang, N., Zhao, X., Bai, J. 2009. **A management-oriented valuation method to determine ecological water requirement for wetlands in the Yellow River Delta of China**. Journal for Nature Conservation, 17(3): 129-141.

Gholami, V., Khalili, A., Sahour, H., Khaleghi, M.R., Tehrani, E.N. 2020. **Assessment of environmental water requirement for rivers of the Miankaleh wetland drainage basin**. Applied Water Science, 10(11): 233.

Sarhadi, A., Soltani, S. 2013. **Determination of water requirements of the Gavkhuni wetland, Iran: A hydrological approach**. Journal of arid environments, 98: 27-40.

Zou, Y., Duan, X., Xue, Z., Mingju, E., Sun, M., Lu, X., Yu, X. 2018. **Water use conflict between wetland and agriculture**. Journal of environmental management, 224: 140-146.

لزوم بازنگری در هیدرولوژی دریاچه زریبار با تاکید بر منابع تغذیه کننده آن

خالد اوسطی

۱- عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲- مدیر گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

ایمیل: k.osati@uok.ac.ir

چکیده

علی‌رغم مطالعات متعددی که در زمینه هیدرولوژی دریاچه زریبار انجام شده است گاهی تفاوت‌های قابل توجهی در اعداد و ارقام ارائه شده برای مؤلفه‌های هیدروفیزیوگرافی حوضه دریاچه زریبار وجود دارد. بنابراین در این مقاله سعی شده است با توجه به آخرین اطلاعات موجود؛ بازنگری در مرز حوضه دریاچه زریبار صورت گیرد و میزان تغذیه دریاچه زریبار از طریق رواناب سطحی، بارش مستقیم بر روی دریاچه و آبخوان مریوان مورد بررسی قرار گیرد. مرز حوضه بالادست دریاچه زریبار براساس DEM ۱۲/۵ متری ALOS، نقشه بزرگ مقیاس توپوگرافی محدوده شهر مریوان، اطلاعات باتیمتری دریاچه و چندین مرحله بازدیدهای صحرایی اصلاح شده است. میزان حجم رواناب متوسط سالانه حوضه بالادست با توجه به تخمین روش ایکار و نتایج پایش دبی رواناب در زیرحوضه‌های اصلی، و میزان تغذیه مستقیم دریاچه زریبار از طریق بارش براساس درون‌یابی مقادیر بارش ایستگاه‌های مختلف هواشناسی تعیین شد. سپس براساس داده‌های ارتفاع پیزومتری و روش تیسن، هیدروگراف آبخوان مریوان ترسیم شد و با پلات داده‌های ماهانه تراز آب زیرزمینی ثبت شده در چاه‌های پیزومتری اطراف دریاچه زریبار و داده‌های روزانه تراز دریاچه، ارتباط دریاچه زریبار با آبخوان زریبار مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان داد که بارش و رواناب سطحی مهمترین منابع تغذیه‌کننده دریاچه زریبار هستند. در بخش‌های شرقی، غربی و شمالی دریاچه زریبار، تراز آبخوان در بیشتر ماه‌های سال آبی بالاتر از تراز دریاچه است اما معمولاً در انتهای سال آبی این رابطه معکوس می‌شود. در بخش جنوبی دریاچه زریبار، دریاچه زریبار در بیشتر ماه‌های سال آبی؛ آب از دست داده و به تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. این روند در سال‌های انتهای دوره تشدید شده است و می‌تواند زنگ خطری برای دریاچه زریبار باشد. برخورد قانونی و سختگیرانه با تغییر کاربری اراضی، محدودیت استفاده از منابع آب زیرزمینی و سطحی، مدیریت مصارف آبی و محدودیت کشت آبی به عنوان مهم‌ترین راهکارهای مدیریت پایدار دریاچه زریبار و حفظ منابع تغذیه کننده دریاچه پیشنهاد می‌شوند.

کلمات کلیدی: تغذیه، دریاچه زریبار، ژئوهیدرولوژی، فیزیوگرافی، هیدروکلیماتولوژی

The necessity for a revision of Zrebar Lake hydrology with emphasis on its recharge resources

Khaled Osati [1 & 2]
1- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
2- Board Member of Department of Zrebar Lake Environmental Research, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
E-Mail: k.osati@uok.ac.ir

Abstract
Despite numerous studies on the hydrology of Zrebar Lake, significant discrepancies often exist in the values presented for the hydro-physiographic components of the Zrebar Lake watershed. Therefore, this paper aims to revise the Zrebar Lake watershed boundary using the latest available data, and to assess the lake's recharge from surface runoff, direct precipitation, and the Marivan aquifer. The upstream watershed boundary of Zrebar Lake has been refined using a 12.5-meter DEM from ALOS, a large-scale topographic map of the Marivan city, bathymetric data of the lake, and several field surveys. The average annual runoff volume from the upstream watershed was estimated using the ICAR method and monitoring runoff data in the outlets of main sub-watersheds, while direct precipitation input was determined from a interpolated map generated using the precipitation data from various meteorological stations. Subsequently, The Marivan aquifer hydrograph was drawn using piezometric data and the Thiessen method, and the relationship between Zrebar Lake and the Marivan aquifer was analyzed by comparing monthly groundwater levels recorded in surrounding piezometers with daily lake water levels. The results indicated that precipitation and surface runoff are the primary recharge resources for Zrebar Lake. In the eastern, western, and northern parts of Zrebar Lake, the groundwater level is higher than the Lake water level for most months of the hydrological year; however, this relationship typically reverses at the end of the hydrological year. In the southern part, the Zrebar Lake loses water and contributes to groundwater recharge during most months of the hydrological year. This trend has intensified in recent years and may serve as a warning sign for Zrebar Lake. Strict legal action against land use changes, restrictions on groundwater and surface water use, water consumption management, and limiting irrigated agriculture are proposed as the most important strategies for sustainable management and preservation of Zrebar Lake and its recharge resources.

Keywords: Recharge, Zrebar Lake, Geohydrology, Physiography, Hydro-Climatology

مقدمه

تالاب‌ها به‌دلیل وجود قابلیت‌های ویژه‌ای مانند ایجاد تعادل در اکوسیستم منطقه، حفظ ذخایر ژنتیکی و کمک به بقای گونه‌های گیاهی و جانوری، تولیدات شیلاتی، کمک به توسعه کشاورزی و جاذبه‌های گردشگری، دارای اهمیت فراوانی هستند. تالاب‌ها خدمات اکوسیستمی متعددی را ارائه می‌دهند که از آن جمله می‌توان به تغذیه آب زیرزمینی، بهبود کیفیت آب و ترسیب کربن و مواد مغذی اشاره نمود (Bassi *et al.*, 2014). با این حال، به‌دلیل مداخلات متعدد انسانی مانند تبدیل تالاب - ها به اراضی کشاورزی، استفاده بی‌رویه از منابع تالابی، آلودگی و توسعه ناپایدار، تالاب‌ها در معرض خطرات فزآینده‌ای قرار دارند. در سال‌های اخیر به‌دلیل مخاطرات ناشی از دخالت‌های انسانی، تالاب‌ها در سراسر دنیا مورد توجه مطالعات علمی و مجامع سیاسی قرار گرفته‌اند (Kimmel *et al.*, 2010). برای حفاظت و توسعه پایدار این سیستم‌های با اهمیت آبی، درک مناسب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تالاب‌ها و اثرات آنها ضروری می‌باشد (Carpenter *et al.*, 1998).

از آنجا که مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مانند میزان نفوذ، جریان زیرزمینی و تبخیر و تعرق، حتی در مقیاس کوچک نیز دارای تغییرات مکانی گسترده‌ای هستند (Zacharias *et al.*, 2003)، تعیین بیلان یک سیستم مانند دریاچه زریبار و میزان ورودی و خروجی‌های آن می‌تواند دارای عدم قطعیت بالایی باشد. مطالعات متعددی در زمینه هیدرولوژی دریاچه زریبار انجام شده است اما اعداد و ارقام ارائه شده برای مؤلفه‌های فیزیوگرافی، اقلیمی، هیدرولوژیکی و ژئوهیدرولوژیکی حوضه دریاچه زریبار تفاوت‌های قابل توجهی می‌باشند. بنابراین در این مقاله سعی شده است با توجه به آخرین اطلاعات موجود؛ بازنگری در هیدرولوژی حوضه دریاچه زریبار انجام شود. این بازنگری در موارد زیر انجام شده است:

اصلاح مرز حوضه بالادست دریاچه زریبار، میزان آورد رواناب حوضه بالادست دریاچه زریبار، میزان تغذیه مستقیم دریاچه زریبار از طریق بارش، ارتباط بین دریاچه زریبار و آبخوان و بررسی میزان تغذیه یا تخلیه دریاچه

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دریاچه زریبار در شمال‌غربی شهر مریوان و در غرب استان کردستان، در حد فاصل طول جغرافیایی"۵۲ ' ۰۳ °۴۶ تا "۵۲ ' ۱۰ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی "۲۶ ' ۲۸ °۳۵ تا "۴۴ ' ۳۶ °۳۵ شمالی واقع شده است و یک حوضه واحد هیدرولوژیک را شکل داده است که سد خاکی جنوب دریاچه زریبار به‌عنوان خروجی آن مد نظر قرار گرفته است. روستاهای کانی‌سانان، دره‌تفی، پیرصفا، کانی سپیکه، ینگیجه، برده‌رشه، محمده، سیف پایین و کولان در درون حوزه آبخیز دریاچه زریبار و روستاهای نی و کانی میران نیز در مجاورت حوضه واقع شده‌اند. انتقال آب از حوضه قزلچه‌سو و از طریق کانال و در ادامه رودخانه‌ای که از شمال دریاچه زریبار به آن می‌ریزد از دیگر موارد مؤثر بر هیدرولوژی حوضه مورد بررسی است.

روش تحقیق

همانگونه که در بخش مقدمه مقاله بیان شد بازنگری در هیدرولوژی حوضه دریاچه زریبار در موارد متعددی انجام شد:

برای اصلاح مرز حوضه بالادست دریاچه زریبار، با توجه به DEM ۱۲/۵ متری ALOS، تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارثی، نقشه بزرگ مقیاس توپوگرافی محدوده شهر مریوان و چندین مرحله بازدیدهای صحرایی که در سال آبی ۰۲-۱۴۰۱ انجام شد، محدوده حوضه بالادست دریاچه زریبار اصلاح شد. سپس با تلفیق ALOS-DEM و نقشه باتیمتری دریاچه زریبار، نقشه DEM تلفیقی تهیه شد و براساس آن، نقشه شیب حوضه در محیط Arc GIS 10.8 تهیه گردید.

تخمین میزان آورد رواناب حوضه بالادست و شرایط متوسط هیدرولوژیکی دریاچه زریبار، با استناد به مطالعه اوسطی (۱۴۰۲) و مقایسه با نتایج پایش دبی رواناب سه زیرحوضه اصلی دره‌تفی، قزلچه‌سو و سیف پایین در دو سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ و ۰۲-۱۴۰۱ ارائه شده است. اوسطی (۱۴۰۲) از روش‌های متعدد تجربی شامل روش سطح-دبی، روش نقطه‌ای، روش خوزلا، روش ایکار و روش جاستین برای تخمین آورد رواناب حوضه بالادست دریاچه زریبار استفاده کرده است.

به‌منظور تعیین میزان تغذیه مستقیم دریاچه زریبار از طریق بارش، ابتدا با توجه به نقشه باتیمتری دریاچه زریبار، سطح متوسط پهنه آبی دریاچه زریبار تعیین شد. سپس براساس نقشه درون‌یابی مقادیر بارش که براساس داده‌های ایستگاه‌های مختلف هواشناسی سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای کردستان در یک دوره آماری ۲۱ ساله (از سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹-۱۴۰۰)، به‌دست آمده است میزان تغذیه مستقیم دریاچه زریبار از طریق بارش تعیین شد.

به‌دلیل قرارگیری آبخوان مریوان در اطراف دریاچه زریبار، بررسی تغییرات زمانی و مکانی تراز و ذخیره آب زیرزمینی در آبخوان مریوان دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. بنابراین در گام اول، هیدروگراف آبخوان مریوان براساس داده‌های ۲۵ پیزمتر شبکه پایش آب منطقه‌ای در دوره مشترک آماری ۱۸ ساله (از سال آبی ۸۴-۱۳۸۳ تا ۰۱-۱۴۰۰) با بکارگیری روش تیسن ترسیم شد. سپس با پلات داده‌های ماهانه تراز آب زیرزمینی ثبت شده در چاه‌های پیزومتری اطراف دریاچه زریبار و داده‌های روزانه تراز آب دریاچه، گیرنده (Gaining) یا دهنده (Losing) بودن دریاچه زریبار مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با توجه به آخرین داده‌های هیدرولوژی حوضه دریاچه زریبار، مهمترین منابع تغذیه کننده دریاچه زریبار معرفی شد و راهکارهایی برای مدیریت پایدار دریاچه زریبار پیشنهاد گردید.

نتایج

اصلاح مرز حوضه بالادست دریاچه زریبار

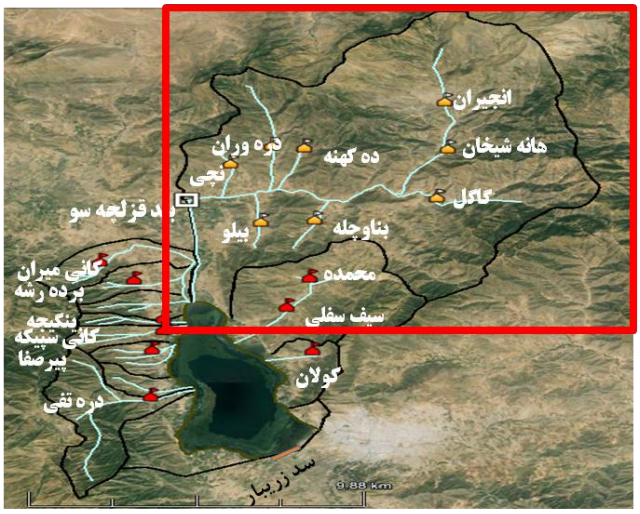
یکی از موارد بسیار مهم و تأثیرگذار در محاسبات هیدرولوژی، بستن صحیح مرز حوضه بالادست دریاچه است. متأسفانه در تعدادی از مطالعات قبلی و حتی نقشه‌ها و پلن‌های اجرایی که هم اکنون تعدادی از ارگان‌های اجرایی مورد استفاده قرار می‌دهند ایرادات متعددی در مرز حوضه بالادست و محاسبات هیدروفیزیوگرافی وجود دارد (شکل ۱). در این راستا اعداد و ارقام ارائه شده برای مساحت، محیط و سایر خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و زیرحوضه‌های بالادست دریاچه زریبار، و حتی محاسبات هیدرولوژی تحت تاثیر قرار گرفته است و گاهاً تفاوت اعداد ارائه شده بسیار زیاد است. تعدادی از ایرادات رایج در مطالعات قبلی به شرح زیر می‌باشد:

۱- یکی از ایرادات مهم و تأثیرگذار آن است که گاهاً حوضه دربرگیرنده کل شهر مریوان و محدوده بالادست آن به‌عنوان حوزه بالادست دریاچه زریبار لحاظ می‌شود در حالی که کاملاً در نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر گوگلی واضح است که رودخانه‌ای که از وسط شهر مریوان عبور می‌کند در جنوب سد خاکی به رواناب خروجی از سریز سد خاکی واقع در جنوب دریاچه زریبار پیوسته و در ادامه مسیر به سمت ایستگاه هیدرومتری زریبار–درزیان حرکت می‌کنند. بنابراین این حوضه نقشی در رواناب سطحی ورودی به دریاچه زریبار ندارد هر چند جزء منابع تغذیه کننده آبخوان مریوان محسوب می‌شود.

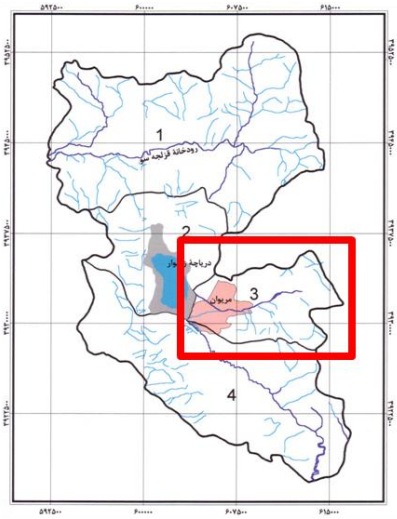
۲- یکی دیگر از ایرادها، الحاق کل حوضه قزلچه‌سو به‌عنوان حوضه بالادست دریاچه زریبار است در حالی‌که به‌صورت طبیعی این حوضه در بالادست دریاچه زریبار واقع نشده است و صرفاً کانال انحرافی قزلچه‌سو بخشی از رواناب این حوضه را گاهاً به‌سمت دریاچه زریبار انتقال می‌دهد.

۳- ایراد رایج دیگر در مطالعات قبلی، الحاق زیرحوضه کوچکی است که رودخانه فصلی آن از روستای کانی‌میران عبور می‌کند و در جهت شمال حرکت می‌کند و وارد دریاچه زریبار نمی‌شود. حتی در تصاویر گوگلی مشخص است که این زیرحوضه در بالادست حوضه دریاچه زریبار و آبخوان مریوان واقع نشده است.

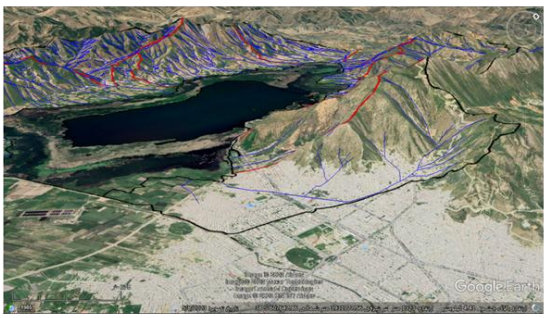
۴- براساس نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاسی که از داخل شهر مریوان موجود است، رواناب سطحی قسمت‌های کوچکی از شمال غربی محدوده فعلی شهر مریوان (شامل منطقه استادیوم و دامنه‌های بالادست) به‌صورت طبیعی وارد دریاچه زریبار می‌شود که البته در زمان هر مطالعه‌ای بایستی وضعیت موجود در آن لحظه دقیقاً مدنظر قرار گیرد زیرا ممکن است با توجه به ساخت و سازها و تغییرات ایجاد شده در راستای احداث کمربندی غربی مریوان، مرز حوضه در این بخش لحظه‌ای تغییر نماید و ممکن است محقق مجبور شود مرز حوضه را طی یک مطالعه چندین بار تغییر دهد.



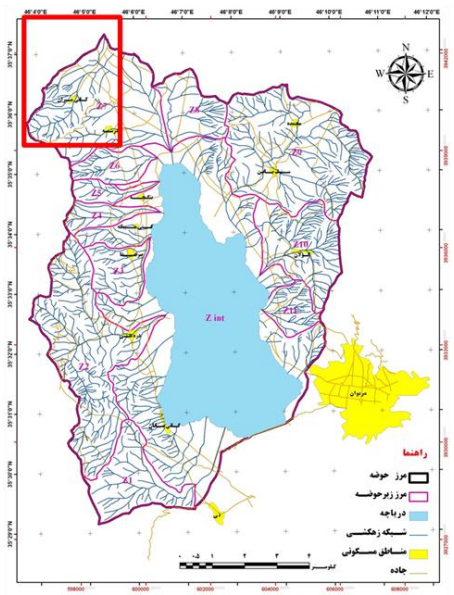
ب)



الف)



د)

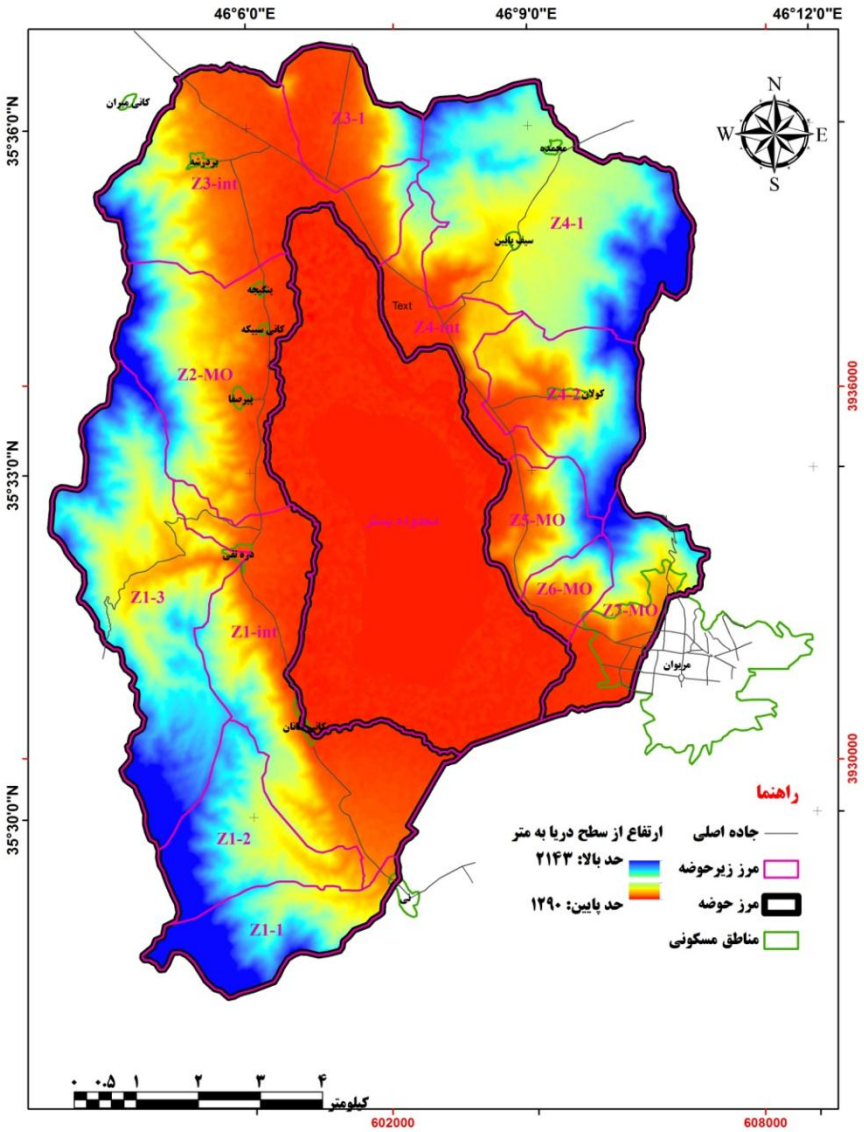


ج)

شکل ۱: نمونه‌هایی از ایرادات رایج در تعدادی از مطالعات قبلی فیزیوگرافی حوزه آبخیز دریاچه زریبار

شرح: الف) الحاق حوضه دربرگیرنده کل شهر مریوان و محدوده بالادست آن به حوضه بالادست دریاچه زریبار، ب) الحاق کل حوضه قزلچه‌سو به حوضه بالادست دریاچه زریبار، ج) الحاق زیرحوضه کانی‌میران به حوضه در بالادست حوضه دریاچه زریبار و د) عدم لحاظ قسمت‌های شمال غربی محدوده فعلی شهر مریوان (شامل منطقه استادیوم و دامنه‌های بالادست) در محدوده حوضه در بالادست حوضه دریاچه زریبار

با توجه به DEM ۱۲/۵ متری ALOS، تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث، نقشه بزرگ مقیاس توپوگرافی محدوده شهر مریوان و چندین مرحله بازدیدهای صحرایی که در سال آبی ۰۲-۱۴۰۱ انجام شد، محدوده حوضه بالادست دریاچه زریبار به‌صورت شکل ۲ اصلاح شده است که براساس آن مساحت زیرحوضه‌های بالادست دریاچه معادل ۸۱۲۲/۹۷ هکتار، محدوده بستر دریاچه (شامل پهنه آبی و نیزارها) معادل ۲۴۲۸/۴۰ هکتار است بنابراین سطح کل حوضه دریاچه زریبار (شامل خود دریاچه) برابر ۱۰۵۵۱/۳۷ هکتار می‌باشد. متوسط ارتفاع حوضه معادل ۱۴۳۶/۶ متر بالاتر از سطح دریا، حداقل ارتفاع حوضه معادل ۱۲۸۶/۰۱ متر بالاتر از سطح دریا و حداکثر ارتفاع آن نیز ۲۱۴۳ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد (حوضه بالادست و پهنه دریاچه). فرم شبکه آبراهه‌های حوضه، دندریتی یا شاخه درختی است و آبراهه‌های اصلی حوضه به‌صورت همگرای شعاعی، نزولات جوی را به سمت دریاچه جمع‌آوری می‌نمایند. شیب متوسط حوضه دریاچه زریبار با احتساب محدوده بستر دریاچه، حدود ۲۱ درصد می‌باشد.



شکل ۲: مرز حوضه اصلاح شده دریاچه زریبار

میزان آورد رواناب حوضه بالادست دریاچه زریبار

نگارنده در مطالعه‌ای با بکارگیری روش‌های متعدد تجربی (روش سطح- دبی، روش نقطه‌ای، روش خوزلا، روش ایکار و روش جاستین) و آنالیز داده‌های ۲۱ ساله دبی (از سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ تا سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹) ایستگاه‌های هیدرومتری دارای جریان طبیعی حوضه سیروان به بررسی شرایط متوسط هیدرولوژیکی حوضه دریاچه زریبار پرداخته است (اوسطی، ۱۴۰۲). براساس آنالیز منطقه‌ای بارش–رواناب و مقایسه کارایی روش‌های مختلف مشخص شد که روش ایکار کمترین خطای تخمین را در برآورد رواناب منطقه مورد بررسی داشت که براساس آن آورد سالانه حوضه بالادست دریاچه زریبار ۱۱/۸۳ میلیون متر مکعب برآورد شد.

در سال‌های آبی ۹۸-۱۳۹۷ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ سه ایستگاه پایش سیار رواناب در خروجی زیرحوضه‌های مهم دره‌تفی (Z1-3)، قزلچه‌سو (زیرحوضه Z3-1 شامل آب انتقالی از حوضه قزلچه‌سو و رواناب زیرحوضه اطراف آن) و سیف پایین (Z4-1) مد نظر قرار گرفت و در این ایستگاه‌ها؛ دبی ورودی به دریاچه در زمان جریان پایه و جریان‌های سیلابی ثبت شد. براساس میزان دبی اندازه‌گیری شده در دو سال آبی مورد اشاره، رودخانه‌های زیرحوضه‌های قزلچه‌سو و سیف پایین در بیشتر ایام سال خشک هستند و رودخانه‌های فصلی محسوب می‌شوند اما رودخانه دره‌تفی یک رودخانه دائمی محسوب می‌شود که معمولاً آب رودخانه از اوایل بهار منحرف شده و برای استفاده در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. با توجه به نتایج پایش دو سال آبی مورد بررسی، اعداد آبدهی برآورد شده برای رواناب تولیدی از سطح حوضه بالادست زیرحوضه‌های دره‌تفی و سیف پایین براساس روش ایکار بایستی تعدیل گردند. این امر احتمالاً به‌دلیل مصارف آبی داخل حوضه می‌باشد که به بخشی از رواناب تولیدی زیرحوضه‌ها اجازه ورود به دریاچه زریبار را نمی‌دهند. بنابراین در صورت دسترسی به داده‌های مصارف آبی در حوضه بالادست دریاچه زریبار و استفاده از روش‌ها و مدل‌های با دقت بالاتر (نیازمند دسترسی به داده‌های خاکشناسی، کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک و...) همزمان با اندازه‌گیری دبی در خروجی زیرحوضه‌های اصلی و کالیبراسیون مدل‌ها می‌توان محاسبات آورد حوضه بالادست به دریاچه زریبار را با دقت بالاتری محاسبه نمود. همچنین با توجه به خراب بودن بیشتر تأسیسات تنظیمی سد انحرافی قزلچه‌سو و دستکاری مردم محلی در دریچه‌ها، نمی‌توان براساس پایش دو ساله در مورد میزان انتقال آب متوسط سالانه از این کانال به دریاچه زریبار اظهار نظر کرد اما با توجه به آورد رسوب قابل توجه رودخانه مورد نظر، انتقال آب از این حوضه اثرات نامناسبی بر کیفیت آب دریاچه زریبار داشته است.

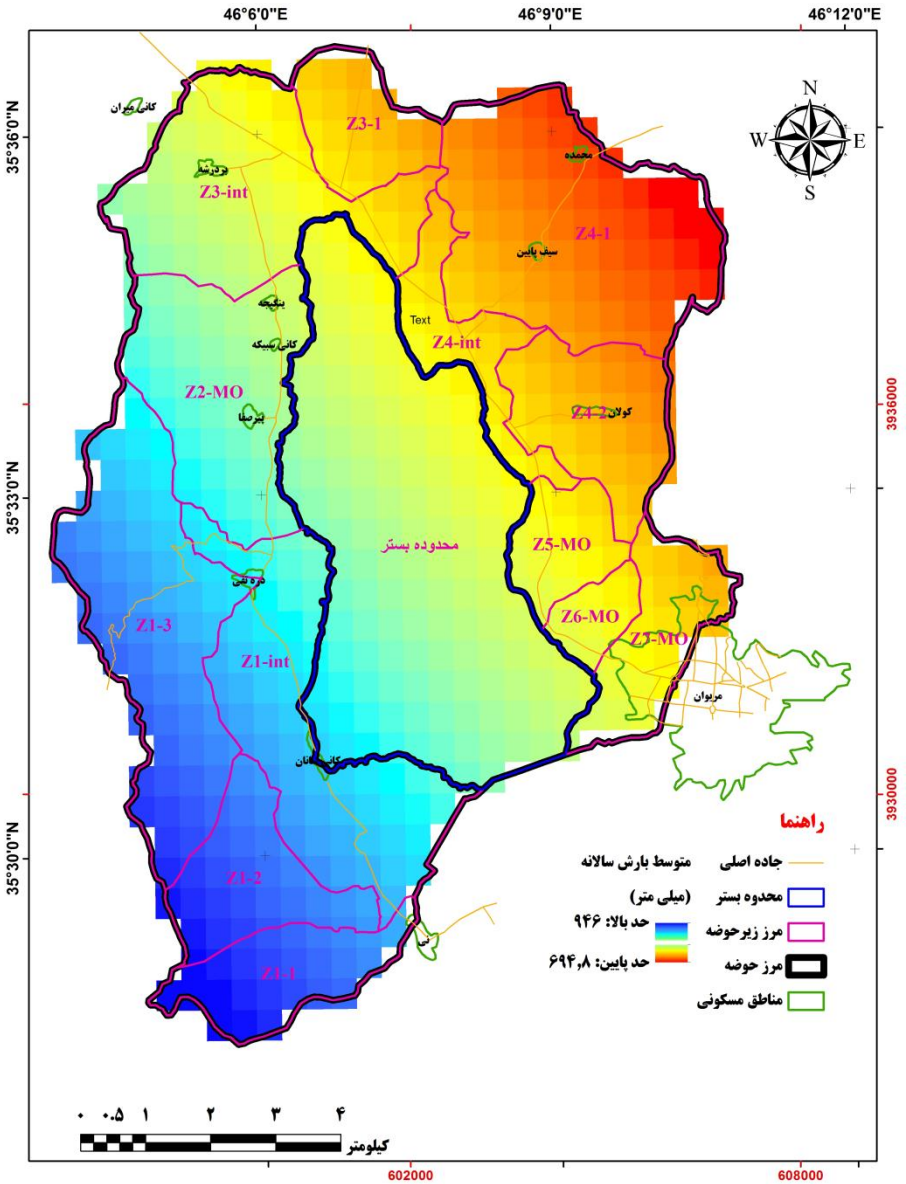
در اواخر اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ به‌منظور ارتقای تراز آب دریاچه زریبار، انتقال آبی با دبی بیش از ۲۰۰ لیتر بر ثانیه از سد گاران به دریاچه زریبار انجام گرفت. طی بازدیدهای انجام شده در ۲۶ خرداد و ۱۶ مرداد ۱۴۰۲ خروجی شبکه انتقال در جنوب شرقی دریاچه و در نزدیکی مسیر ورودی مردم و گردشگران از شهر مریوان قرار داشت اما انتقال آب متوقف شده بود. به گفته مسئولین شهرستان، این توقف جهت فضاسازی و زیباسازی محل تزریق آب بود. در محاسبات آتی میزان پمپاژ آب از این طریق نیز بایستی لحاظ گردد. همچنین مواردی از پمپاژ آب دریاچه زریبار برای آبیاری فضای سبز مریوان گزارش شده است اما متاسفانه آمار کمی در این زمینه در دسترس نمی‌باشد.

باتیمتری دریاچه زریبار (تعیین ترازهای حداقل، متوسط و حداکثر) و محاسبه تغذیه مستقیم از طریق بارش

جهت تعیین سطح متوسط پهنه آبی (به‌منظور محاسبه تغذیه مستقیم از طریق بارش) و همچنین میزان ذخیره آبی دریاچه زریبار، بررسی تغییرات عمق دریاچه الزامی است. مطالعات باتیمتری دریاچه زریبار توسط نگارنده در اردیبهشت ۱۳۹۸ با استفاده از دستگاه Fish Finder مجهز به GPS و فرستنده امواج صوتی (مدل Humminbird HELIX 12) انجام شد. همچنین اطلاعات مطالعات قبلی نیز مورد استفاده قرار گرفت.

جهت برآورد بارش مستقیم بر روی سطح دریاچه زریبار از آمار بارش ایستگاه‌های مختلف هواشناسی سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای در اطراف دریاچه زریبار استفاده شد. داده‌های بارش در دوره آماری ۲۱ ساله (از سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ تا

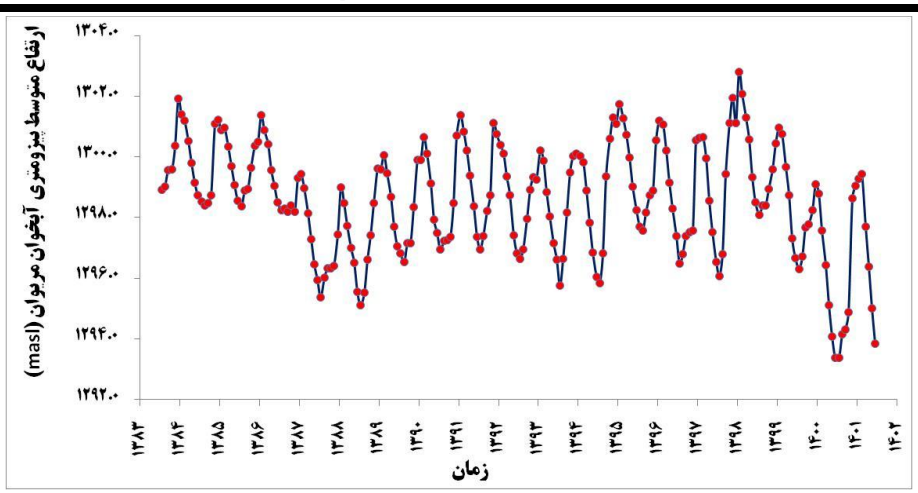
۱۳۹۹-۱۴۰۰) بررسی شده و براساس بهترین روش درون‌یابی، نقشه بارش حوضه دریاچه زریبار تهیه شد (شکل ۳). بر این اساس حجم بارش سالانه بر روی پهنه محصور در تراز متوسط دریاچه در دوره آماری ۲۱ ساله معادل ۱۶/۹ میلیون متر مکعب می‌باشد.



شکل ۳: نقشه بارش متوسط سالانه حوضه زریبار

ارتباط بین دریاچه زریبار و آبخوان مریوان و تعیین میزان تغذیه یا تخلیه دریاچه

براساس نتایج روش تیسن، هیدروگراف ۱۸ ساله آبخوان مریوان ترسیم گردید (شکل ۴) که نشان‌دهنده روند کاهشی است به طوری‌که ارتفاع متوسط پیزومتری آبخوان مریوان در شهریور ۱۳۸۴ و ۱۴۰۱ به‌ترتیب معادل ۱۲۹۸/۹۲ و ۱۲۹۳/۸۵ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد و افت متوسط ۵/۰۷ متری را نشان می‌دهد. این افت می‌تواند تاثیر معنی‌داری بر نوسانات تراز آب دریاچه زریبار داشته باشد.



شکل ۴: هیدروگراف ۱۸ ساله آبخوان مریوان

بررسی تغییرات ارتفاع پیزومتری در چاه‌های پیزومتری غرب و شمال دریاچه زریبار در مقابل نوسانات تراز دریاچه نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی آبخوان مریوان در بیشتر ماه‌ها دارای تراز بالاتری نسبت به تراز دریاچه زریبار است و به تغذیه آن می‌پردازند اما در ماه‌های آخر سال آبی رابطه عکس شده و دریاچه آب از دست داده و به تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. این روند خصوصاً در سال‌های انتهای دوره مورد بررسی تشدید شده است. در بخش شرقی دریاچه زریبار، آب‌های زیرزمینی آبخوان مریوان در ماه‌های تر دارای تراز بالاتری نسبت به تراز دریاچه زریبار هستند و به تغذیه آن می‌پردازند اما در ماه‌های منطبق با افزایش مصرف آب زیرزمینی در حوضه، رابطه عکس شده و دریاچه آب از دست داده و به تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. متاسفانه این روند در سال‌های انتهای دوره تشدید شده است. در بخش جنوبی دریاچه زریبار، آب‌های زیرزمینی آبخوان مریوان در بیشتر ماه‌ها دارای تراز پایین‌تری نسبت به تراز دریاچه زریبار هستند و در بخش جنوبی دریاچه زریبار؛ آب از دست داده و به تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. این روند در سال‌های انتهای دوره تشدید شده است که می‌تواند زنگ خطری برای دریاچه زریبار باشد. تعیین مقادیر کمی میزان تغذیه/تخلیه دریاچه زریبار در ارتباط با آب زیرزمینی آبخوان مریوان، می‌تواند براساس روش‌هایی مانند تعیین مولفه‌های بیلان آب و یا روش‌های دقیق‌تری مانند آنالیزهای هیدرولوژی ایزوتوپی صورت گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

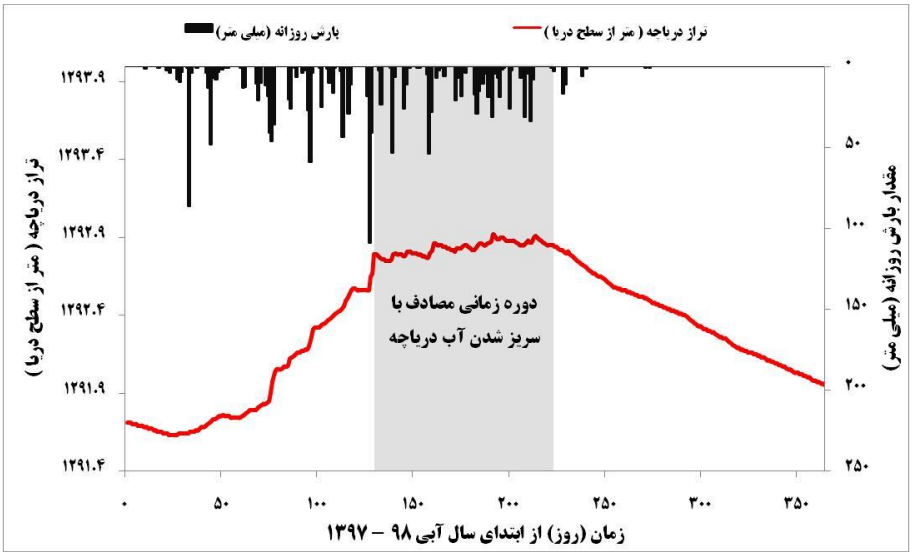
در بیشتر مطالعات هیدرولوژیکی، منابع آب سطحی و زیرزمینی به‌صورت دو محیط مجزا در نظر گرفته شده و مورد بررسی قرار می‌گیرند زیرا معمولاً خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع آب سطحی و زیرزمینی یک محل متفاوت از یکدیگرند (Kalbus *et al.*, 2006). با این حال اختلاط آبی بین منابع آب سطحی–زیرزمینی بسته به خصوصیات محلی هر منطقه، می‌تواند دارای اثرات قابل توجهی باشد. روش‌های متعددی در بررسی میزان اختلاط آبی بین منابع آب سطحی–زیرزمینی بکار می‌روند. یکی از رایج‌ترین آنها، بررسی بیلان آبی است. در این روش، کل مؤلفه‌های ورودی‌ها و خروجی‌های دریاچه لیست می‌شوند و میزان تغذیه دریاچه توسط آب زیرزمینی به‌عنوان تنها مؤلفه مجهول در رابطه بیلان آبی لحاظ می‌شود که با حل معادله بیلان، مقدار تغذیه دریاچه توسط آب زیرزمینی محاسبه می‌شود (Lock and John, 1978). همچنین تعدادی از روش‌های مورد استفاده بر مبنای قوانین حرکت آب‌های زیرزمینی دارسی ارائه شده‌اند (Kalbus *et al.*, 2006). روش دیگر استفاده از اختلاف دمای بین دو محیط آبی است که در تعیین مناطقی ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی و درصد اختلاط آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Anderson, 2005؛ Kalbus *et al.*, 2006). به‌طریق مشابهی، گاهاً اختلاف

مقادیر هدایت الکتریکی (EC) (Harvey *et al.*, 1997) و یا نسبت‌های ایزوتوپی (Wang *et al.*, 2017) بین دو محیط آبی مد نظر قرار می‌گیرند و مناطق اختلاط بین دو منبع آبی و درصد اختلاط آنها تعیین می‌شود.

علی‌رغم اینکه در بسیاری از گزارشات و تحقیقات مرتبط با دریاچه زریبار اشاره شده است که بخش عمده‌ای از تغذیه دریاچه زریبار توسط چشمه‌های کف دریاچه صورت می‌گیرد، با این حال حداقل در شرایط امروز دریاچه زریبار، مدرک مستندی برای صحت و سقم این گفته وجود ندارد. در مطالعه انجام شده توسط اوسطی و ابراهیمی (۱۳۹۸)، روش مشاهده مستقیم کف دریاچه با کمک غواصان ماهر در دستور کار قرار گرفت. هدف اولیه از این بررسی، شناسایی محل چشمه‌های احتمالی کف دریاچه زریبار و ثبت مختصات آنها توسط سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) بود. هدف ثانویه اندازه‌گیری دبی چشمه‌های کف دریاچه در دو فصل کم‌آبی و پرآبی از طریق تراوش‌سنج کیسه‌ای بود. با توجه به نوسانات معمول درون سالیانه بارش و تراز دریاچه، غواصی در دو نوبت شامل مهر ماه ۱۳۹۷ (به عنوان دوره کم‌آبی) و اردیبهشت ۱۳۹۸ (به‌عنوان دوره پرآبی) انجام شد. متأسفانه پایش غواصان در دو بازه زمانی مذکور منجر به مشاهده مستقیم نشد. دلیل مشاهده نشدن چشمه‌ها می‌تواند به دبی کم آنها و وجود پوشش رسوب و لجن ضخیم روی این منابع احتمالی مرتبط باشد.

مقایسه داده‌های بارش ایستگاه سینوپتیک مریوان و تراز دریاچه زریبار در ایستگاه آب منطقه‌ای در سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ بخوبی نشان دهنده اثرات غیرقابل انکار بارش بر تراز دریاچه زریبار می‌باشد (شکل ۵). با شروع بارش‌ها در اواخر مهر ماه ۱۳۹۷، تراز دریاچه روند صعودی به‌خود می‌گیرد و این روند تا سرریز شدن دریاچه در بهمن ماه ادامه می‌یابد. بدون تردید مقادیر و شدت وقایع بارش اتفاق افتاده در بازه زمانی بهمن ۱۳۹۷ تا اردیبهشت ۱۳۹۸، میزان سرریز دریاچه زریبار را تحت تأثیر قرار داده است اما متأسفانه هیچ ایستگاهی جهت سنجش حجم رواناب خروجی از سرریز سد خاکی واقع در جنوب دریاچه زریبار وجود ندارد. با اتمام بارش‌ها، تراز دریاچه روند نزولی به خود می‌گیرد که البته بخشی از این الگوی روند مربوط به افزایش دما و افزایش میزان تبخیر از دریاچه می‌باشد. بنابراین نوسانات تراز دریاچه زریبار به شدت تحت تأثیر بارش و رواناب حوضه بالادست آن است که عمده‌ترین منابع تغذیه‌کننده دریاچه زریبار هستند. البته برداشت‌های مستقیم و غیرمستقیم از منابع آب سطحی و زیرزمینی و تبخیر و تعرق نیز در این مهم نقش غیرقابل انکاری دارند.

با توجه به آخرین داده‌های هیدرولوژی دریاچه زریبار، برخورد قانونی و سختگیرانه با تغییر کاربری اراضی در حوضه دریاچه زریبار، محدودیت استفاده از منابع آب زیرزمینی و سطحی، مدیریت مصارف آبی در حوضه دریاچه زریبار و محدوده تغذیه کننده آبخوان مریوان، محدودیت کشت آبی و... به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای مدیریت پایدار دریاچه زریبار و در راستای حفظ منابع تغذیه کننده دریاچه پیشنهاد می‌شوند. با توجه به اثرات تغییر کاربری اراضی در حوضه دریاچه زریبار (جنگل‌زدایی، توسعه باغات و ویلاها، اماکن دولتی و..) بر کمیت و کیفیت منابع آب دریاچه زریبار، برخورد قانونی و سختگیرانه در این راستا یکی از مهمترین اقدامات پیشنهادی است. در بحث انتقال آب سد گاران برای مصارف کشاورزی در محدوده حوضه بالادست دریاچه زریبار با هدف جایگزینی منابع آب انتقالی با برداشت از آبخوان مریوان و محدود کردن برداشت از منابع آب زیرزمینی، بایستی قابلیت اجرایی پروژه در محدود کردن برداشت از منابع آب زیرزمینی به دقت بررسی شود و توسعه سطح زیر کشت آبی (حتی از آب سد گاران) به هیچ وجه توصیه نمی‌شود زیرا بار آلودگی ناشی از توسعه کشت آبی می‌تواند شرایط زیستی و سلامت دریاچه را به مخاطره بیاندازد.



شکل ۵: ارتباط بارش و نوسانات تراز دریاچه زریبار در سال آبی ۹۸-۱۳۹۷

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از کارشناسان بخش‌های مختلف شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان به‌ویژه آقایان مهندس عرفان مومن‌پور، دکتر جلیل مبارکی، مهندس زانیار ضمیران، مهندس خالد بابایی، مهندس یوسف محمدی، دکتر فواد ناصرآبادی، دکتر حمید سنگین‌آبادی، مهندس صدیق محمدی، مهندس اسماعیل صادقی، مهندس ارسطو گویلی، مهندس ارغش، مهندس غفوری، مهندس شاهو مولودی، مهندس جباری و خانم‌ها مهندس سیما گرشاسبی، مهندس صدیقه حیدری و مهندس کرمی، به‌دلیل در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات و همکاری صمیمانه، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم و به سهم خود، زحمات این عزیزان و سایر همکارانشان را ارج می‌نهم. همچنین از مدیران و کارشناسان بخش‌های مختلف اداره کل حفاظت محیط‌زیست کردستان به‌خصوص آقایان مهندس طیب محمودی، مهندس اقبال حمیدی، مهندس حیدر ویسی، مهندس احمد علی عبدالملکی، دکتر کاوه محمدپور، مهندس یوسف مجیدی و سرکار خانم‌ها مهندس شادی لاهورپور و مهندس کژال حبیب‌زاده نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

پروژه‌ها و اطلاعات گردآوری شده با حمایت دانشجویان دانشگاه کردستان و انجمن‌های زیست‌محیطی شهر مریوان و افراد دلسوز بومی انجام شده است که جا دارد در رأس آنها از آقایان مهندس جلال اصلانی، دکتر صادق اسدی، مهندس لقمان نادری، کاک ادریس رستگار و مهندس ناصح حسینی کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

منابع

اوسطی خ. ۱۴۰۲. **تخمین آبدهی ماهانه و سالانه حوضه دریاچه زریبار**. نشست تخصصی "لیمنولوژی دریاچه زریبار". ۲ اسفند ۱۴۰۲. آمفی تئاتر دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان.

اوسطی خ.، ابراهیمی ش. ۱۳۹۸. **گزارش نهایی طرح "مطالعه و بررسی چشمه‌های بستر تالاب زریبار با هدف تعیین میزان آبدهی و نقش آنها در تامین نیاز آبی تالاب"**. کارفرما: اداره کل حفاظت محیط زیست کردستان.

Bassi, N., Kumar, M.D., Sharma, A., Pardha-Saradhi, P. 2014. **Status of wetlands in India: a review of extent, ecosystem benefits, threats and management strategies**. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2: 1–19.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H. 1998. **Non point pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen**. Ecological Applications, 8: 559-568.

Kimmel, K., Kull, A., Salm, J., Mander, U. 2010. **The status, conservation and sustainable use of Estonian wetlands**. Wetlands Ecology and Management, 18: 375-395.

Anderson M.P., 2005. **Heat as a ground water tracer**, Ground Water, 43(6), 951-968.

Harvey F. E., Lee D.R., Rudolph D.L., Frape S.K., 1997, **Locating groundwater discharge in large lakes using bottom sediment electrical conductivity mapping**, Water Resources Research, 33(11), 2609-2615.

Kalbus E., Reinstorf F., Schirmer M., 2006, **Measuring methods for groundwater – surface water interactions: a review**, Hydrology and Earth System Sciences, 10: 873-887.

Lock, M.A., John, P. H. 1978, **The Measurement of Groundwater Discharge into a Lake by a Direct Method**. Int. Revue ges. Hsdrobiol., 63(2), 271-275.

Wang T., Chen J., Xu Y., Zhan L., Huang D., 2017, **Isotopes and hydrochemistry of Daihai Lake recharging sources, Northern China**, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 312(3): 615-629.

Zacharias I., Dimitriou E., Koussouris T., 2003, **Estimating groundwater discharge into a lake through underwater springs by using GIS technologies**, Environmental Geology, 44: 843-85.

بررسی برخی خصوصیات فیزیک و شیمیایی آب دریاچه زریبار

عرفان کریمیان[۱و۲*]، حبیب‌الله محمدی[۱و۲]، فرشاد مولودی[۳]

استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

استادیار گروه مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان شناسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران،

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

*e.karimian@uok.ac.ir

چکیده

دریاچه زریبار با داشتن ارزش‌های غنی اکولوژیک، جایگاه محیط‌زیستی متمایز و پتانسیل بهره‌برداری متعدد انسانی یکی از منابع آبی مهم در استان کردستان است. بنابراین باید با تعیین ویژگی‌های کیفی آن در راستای حفاظت از این اکوسیستم حساس، اقدامات علمی و کاربردی را به‌کار برد. بدین‌منظور بررسی عوامل فیزیک و شیمیایی در ۵ ایستگاه به‌صورت فصلی از زمستان ۱۴۰۱ تا پائیز ۱۴۰۲ انجام گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با وجود تغییرات فصلی معنی‌دار اما بین ایستگاه‌های مختلف تغییرات برای بیشتر عوامل غیرزیستی (به‌جز عمق) معنی‌دار نبود ($P>0/05$). میانگین سالانه دمای آب در کل دریاچه ۱۶/۲۷ درجه سانتی‌گراد و غلظت اکسیژن محلول لایه سطحی ۹/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. میانگین شفافیت نسبتاً زیاد (۲/۴۳ متر) و میانگین pH کل دریاچه نیز ۸/۶ بود. در این تحقیق میانگین سالانه قلیائیت، BOD_5، COD، TDS و هدایت الکتریکی به‌ترتیب برابر با ۱۶۱/۸، ۶/۹۸، ۹/۴، ۱۹۱/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر و ۳۲۶/۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌دست آمد. همچنین میانگین غلظت نوترینت‌ها مانند فسفات معدنی و فسفر کل برابر با ۰/۰۶۴ و ۰/۱۵۵ میلی‌گرم بر لیتر و آمونیوم، نیتریت، نیترات و نیتروژن کل به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۵، ۰/۰۱۴، ۳/۳۸ و ۳/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. به‌طور کلی، نتایج فیزیک و شیمیایی دریاچه زریبار طی فصول مختلف و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای مختلف، مطلوبیت بیشتر عوامل (دما، اکسیژن محلول، pH، قلیائیت، شفافیت، ترکیبات نیتروژنی (به‌جز نیترات) هدایت الکتریکی و جامدات محلول کل) را برای حفاظت از آبزیان نشان داد. اما مواردی مانند افزایش pH، EC و فسفر نسبت به مطالعات قبلی و همچنین BOD_5 به دلیل غلظت نسبتاً زیاد باید به‌عنوان عوامل محدودکننده کیفی برای آینده دریاچه زریبار مورد توجه قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: عوامل غیرزیستی، نوترینت، دریاچه زریبار.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
توێژینگەی کوردستان ناسی
زانکۆی کوردستان

Study of some physical and chemical properties of Zrebar Lake water

Erfan Karimian.[1,2*]; Hanibollah Mohammadi[1,2]; Farshad Molodi[3]

1- Assistant professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
2- Assistant prof in Department of Environmental Studies of Zrebar Lake, Kurdistan studies institute, Sanandaj, Iran.
3- Master's degree, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
*e.karimian@uok.ac.ir

Abstract

Zrebar Lake, with its rich ecological values, special environmental status, and multiple human exploitation potential, is one of the important water resources in Kurdistan Province, So the scientific and practical measures must be taken to protect this sensitive ecosystem by determining its qualitative characteristics. For this purpose, physical and chemical factors were studied at 5 stations during 2022-2023. The results showed that despite significant seasonal changes, fluctuations between different stations for most physical and chemical factors (except depth) were not significant (P<0.05). The average annual water temperature was 16.27°C and the dissolved oxygen concentration in the surface layer was 9.37 mg/L. The mean transparency was relatively high (2.43 m) and pH 8.6. as well as, the annual mean of alkalinity, BOD_5, COD, TDS and electrical conductivity were 161.8, 6.98, 9.4, 191.13 mg/L and 326.95 µs/cm, respectively. Also, the average concentration nutrients including orthophosphate and total phosphorus was 0.064 and 0.155 mg/L, and the mean concentration of ammonium, nitrite, nitrate and total nitrogen was 0.015, 0.014, 3.38 and 3.96 mg/L, respectively. In general, the results of physicochemical properties of Zrebar Lake during different seasons and its comparison with different standard values showed the desirability of most factors (temperature, dissolved oxygen, pH, alkalinity, transparency, nitrogen compounds (except nitrate), electrical conductivity, and total dissolved solids) for the protection of aquatic life. However, issues such as increased pH, EC, and phosphorus compared to previous studies, as well as BOD5 due to its relatively high concentration, should be considered as quality limiting factors for the future of Zrebar Lake.

Keywords: physical and chemical factors, nutrient, Zrebar Lake.

مقدمه

استفاده زیاد از آب شیرین، همراه با افزایش جمعیت، استاندارد بالاتر زندگی و افزایش پیشرفت‌های تکنولوژی، همگی بر منابع قابل استفاده باقی مانده سیاره فشار وارد می‌کند (Singh *et al.*, 2020). از طرفی، دسترسی به آب تمیز و سالم برای مصارف انسانی توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد به عنوان حقوق بشر اعلام شده است (UN, 2016). با توجه تغییرات آب و هوا و اثرات عمده فعالیت‌های انسانی در چرخه هیدرولوژیک، کاهش کیفیت آب به یک مسئله حیاتی در سراسر جهان برای توسعه پایدار انسان تبدیل شده است. منابع آب در معرض تهدید شدید آلودگی ناشی از مداخلات انسانی و زهکشی نامناسب کشاورزی از رودخانه‌ها قرار دارند (Jin *et al.*, 2020a; 2020b). منابع انسانی مانند پساب‌های صنعتی تصفیه‌نشده، زباله‌های خانگی که به‌طور نامناسب دفع شده‌اند و بناب‌های کشاورزی از عوامل اصلی آلودگی آب‌های سطحی و بدتر شدن کیفیت آب هستند (UN, 2016; Uddin and Jeong, 2021). همچنین تغییرات فصلی در فرآیندهای انسانی و طبیعی مانند دما و بارندگی نیز بر کیفیت آب رودخانه، نهایتاً سدها و دیگر مخازن آبی تأثیر گذاشته و منجر به تغییرات فصلی می‌شود.

تالاب‌ها، دریاچه‌ها و مخازن آبی یکی از مهم‌ترین منابع آب شیرین سیاره با فواید بی‌شماری هستند که با اهداف مختلف مورد استفاده قرار گرفته و زیستگاه مهمی را برای زیست آبزیان به‌خصوص ماهیان ایجاد می‌کنند بنابراین منبع مهم پروتئینی نیز به‌شمار می‌آیند (Seher, 2015). همچنین این منابع آبی دارای مزایای اقتصادی و اجتماعی مانند توریسم هستند و به‌لحاظ زیباشناختی نیز برای تمامی مردم سراسر دنیا بسیار مهم تلقی می‌گردد. عوامل فیزیکوشیمیایی آب برای آنالیز کیفی آن بسیار ضروری هستند قبل از اینکه آن‌ها برای مصارف مختلف مانند شرب، پرورش، کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار گیرند. معمولاً انتخاب این عوامل فیزیک و شیمیایی بستگی به کاربردی دارد که درجه کیفی مطلوب را می‌طلبد. این بسیار مهم است که عوامل فیزیک و شیمیایی به دقت مورد بررسی قرار گرفته و سپس نتایج آن با استانداردهای ملی و بین‌المللی مقایسه گردد (Patil *et al.*, 2012). پایش پارامترهای فیزیکوشیمیایی کیفیت آب نقش اساسی در ارزیابی محیط آب، اکوسیستم، هیدروشیمی و اکولوژی و بازیابی کیفیت آب دارد (Whitehead *et al.*, 2018; Islam *et al.*, 2019). با توجه به اینکه تغییر در کیفیت آب یک فرآیند مداوم است، داده‌های جدید کیفیت آب برای ارزیابی آن ضروری است.

استان کردستان از نظر آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از استان‌های مهم کشور می‌باشد. در این استان شش حوضه آبریز عمده وجود دارند که بخش عمده‌ای از منابع آبی ایران را تشکیل می‌دهند. این استان با دارا بودن بارندگی حدود ۵۰۰ میلی‌متر (بیش از دو برابر بارندگی متوسط ایران) یکی از پرآب‌ترین استان‌های ایران است، به‌طوری که با ۱/۷ درصد مساحت ۳/۵ درصد حجم بارندگی‌های کشور را دریافت می‌کند. در این میان دریاچه زریبار با داشتن ارزش‌های غنی اکولوژیک، جایگاه محیط‌زیستی متمایز و پتانسیل بهره‌برداری متعدد انسانی یکی از منابع آبی مهم در استان کردستان است که باید با تعیین ویژگی‌های کیفی آن، برنامه‌ریزی بلندمدت و اقدامات علمی و کاربردی را در راستای حفظ، نگهداری و استفاده بهینه این اکوسیستم بسیار حساس به کار برد.

مرور منابع

مطالعات متعدد لیمنولوژیکی امور شیلات و آبزیان استان کردستان روی منابع آبی این استان اشاره کرد که از سال ۱۳۷۳ مطالعات آب‌های داخلی استان کردستان را شروع کرده است و از آن جمله می‌توان به مطالعات جامع دریاچه زریبار (۱۳۷۳ و ۱۳۸۲) و مطالعات سد شهید کاظمی سقز (۱۳۸۷) اشاره کرد. مطالعات جامع سدهای وحدت سنندج (۱۳۸۴)، سد گاوشان کامیاران (۱۳۸۸) و سد سنگ سیاه دهگلان (۱۳۹۰) نیز انجام شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). اخیراً نیز در استان، سدهای آزاد سنندج (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۷)، گاران مریوان و داریان پاوه (معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱) با هدف انجام فعالیت‌های شیلاتی مورد مطالعه لیمنولوژی و کیفیت آب قرار گرفته است.

نتایج مطالعه جامع دریاچه زریبار شامل عوامل فیزیک و شیمیایی نشان داد عوامل غیرزیستی در دامنه محدوده استانداردهای مختلف قرار داشت و حتی عواملی مانند BOD_5 و COD دارای غلظت کمی بودند (شرکت کاس خزر، ۱۳۷۳). همچنین طی

مطالعه انجام شده توسط شرکت مهندسین آبزی‌گستر نشان داده شد که دریاچه زریبار بدنه‌ای یوتروف و برخی از متغییرها در ماه‌هایی از سال از حد مجاز و یا قابل تحمل آبزیان بیشتر بود (شرکت مهندسین آبزی‌گستر، ۱۳۸۲).

طی تحقیق انجام شده در دریاچه زریبار نیز تعیین گردید که بیشتر عوامل مورد بررسی به‌جز دما، هدایت الکتریکی، ذرات محلول کل و تاحدودی اکسیژن، خارج از دامنه استاندارد برای زیست آبزیان قرار داشت و BOD_5 و COD از غلظت زیادی برخوردار بود. ۵۷ جنس فیتوپلانکتون با فراوانی بسیار زیاد، ۴۹ جنس از زئوپلانکتون‌ها و ۵ گروه از بنتوزها با فراوانی کم شناسایی گردید. در بیشتر ماه‌های نمونه‌برداری بار کلی‌فرم‌های کل و مدفوعی زیاد بود (شرکت مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۶).

در مطالعه‌ی شریفیان و همکاران (۲۰۱۳) عواملی مانند نیتریت (۰/۰۱۱ -۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر)، نیترات (۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر)، ارتوفسفات (۱/۴۵ -۰/۰۱۹ میلی‌گرم بر لیتر)، آمونیوم (۱۱/۳۳ -۰/۱۱> میلی‌گرم بر لیتر)، هدایت الکتریکی (۴۲۶ - ۲۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و pH (۷/۸-۲۸/۳۵) از هفت ایستگاه در دریاچه زریبار مورد بررسی قرار گرفت که ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص WQI نشان داد دریاچه زریبار یک حوضه کم یا نسبتاً آلوده با کیفیت آب متوسط است.

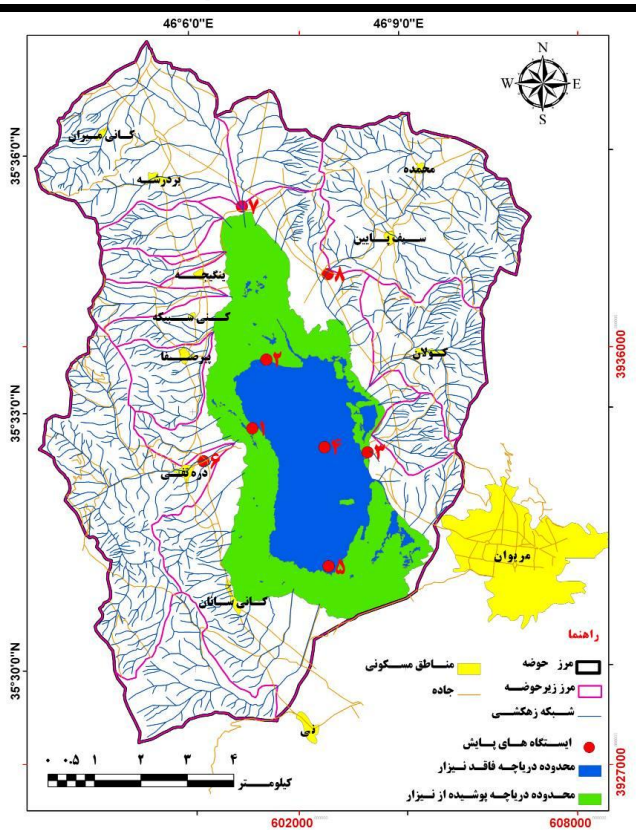
بررسی عوامل فیزیک و شیمیایی آب دریاچه سد گاران مریوان نیز به‌منظور فعالیت‌های آبزی‌پروری نشان داد که با وجود تغییرات فصلی و مکانی در مقادیر بعضی عوامل مورد بررسی، اما براساس نتایج خصوصیات فیزیک و شیمیایی، سد گاران برای فعالیت‌های آبزی پروری با الگوی استاندارد مطلوب ارزیابی شد. همچنین طی ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد گاران مریوان با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI نشان داده شد که کیفیت آب سد طی ماه‌های مختلف در طبقه متوسط تا خوب قرار داشت و برای فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و حتی آب شرب بعد از تصفیه متداول مطلوب بود (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹ الف، ب).

امکان‌سنجی آبزی‌پروری و نتایج بررسی کیفیت آب دریاچه سد داریان، عدم محدودیت بیشتر این عوامل را برای آبزی‌پروری گرم‌آبی نشان داد اما به‌دلیل برخی محدودیت‌های کیفی آب برای پرورش ماهیان سردآبی و دیگر آبزیان حساس، مطلوب نبود (کریمیان و همکاران، ۱۴۰۳).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

با توجه به نبود مطالعات جامع و جدید در خصوص وضعیت کیفی آب دریاچه و جریان‌های ورودی، خصوصیات فیزیکی و شیمیائی به‌صورت فصلی در ۵ نقطه (۵-۱) دریاچه طی سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ نمونه‌برداری شد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه دریاچه زریبار.

عوامل فیزیک و شیمیایی آب دریاچه زریبار

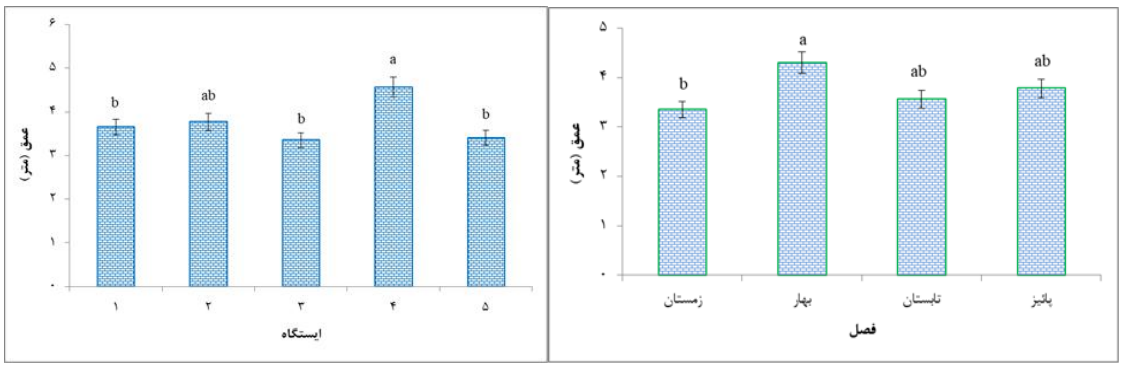
عوامل فیزیک و شیمیایی آب دریاچه زریبار طی دوره نمونه‌برداری یکساله به‌صورت فصلی و در ایستگاه‌های تعیین شده انجام شد. برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شامل pH، دما، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه پرتابل اندازه‌گیری شد. شفافیت آب با استفاده از صفحه سکشی به قطر ۲۵ سانتی‌متر و با توجه به دو عمق روئیت در زمان پایین فرستادن و بالا آوردن صفحه به‌دست آمد (Wetzel and likens, 1991). سایر عوامل فیزیکوشیمیایی پس از تهیه نمونه آب و انتقال آن، در آزمایشگاه‌های دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان با استفاده از دستگاه‌هایی نظیر اسپکتروفتومتر، جذب اتمی، فتومتر و سایر روش‌های آزمایشگاهی با استفاده از روش‌کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا اندازه‌گیری شدند (APHA[1], 2005; Standard Methods, 2005).

نتایج

عمق آب

میزان عمق آب در پنج ایستگاه مورد مطالعه با دامنه تغییرات ۳/۳۵ تا ۴/۳ متر نشان داد که بیش‌ترین آن در فصل بهار و کم‌ترین در فصل زمستان مشاهده شد اما این تغییرات فقط بین فصل بهار با زمستان معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) (شکل ۲). برخلاف سایر عوامل مورد مطالعه، میزان عمق در ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار بود به‌طوری‌که، بیشترین آن در ایستگاه ۴ و کم‌ترین در ایستگاه ۳ به‌دست آمد. لازم به ذکر است که این تفاوت بین ایستگاه ۴ با دیگر ایستگاه‌ها (به‌جز ایستگاه ۲) معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) (شکل ۲).

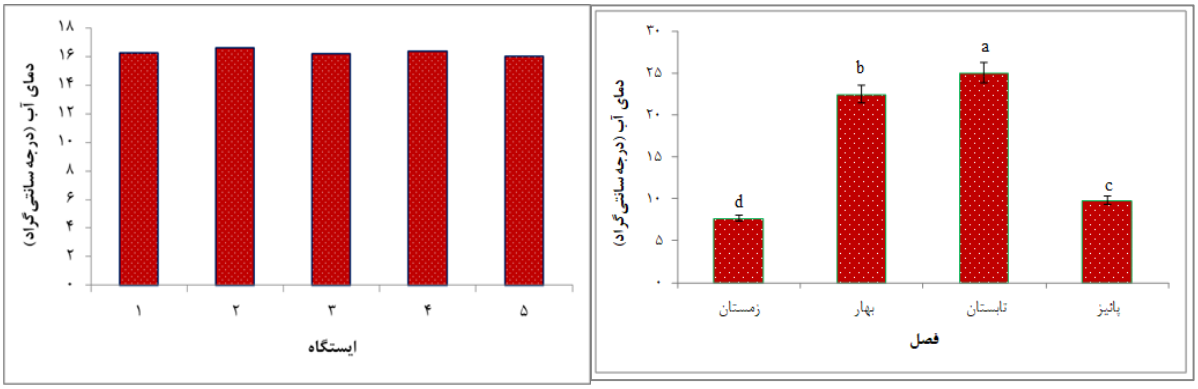
[1] American Public Health Association



شکل ۲: تغییرات عمق آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

دمای آب

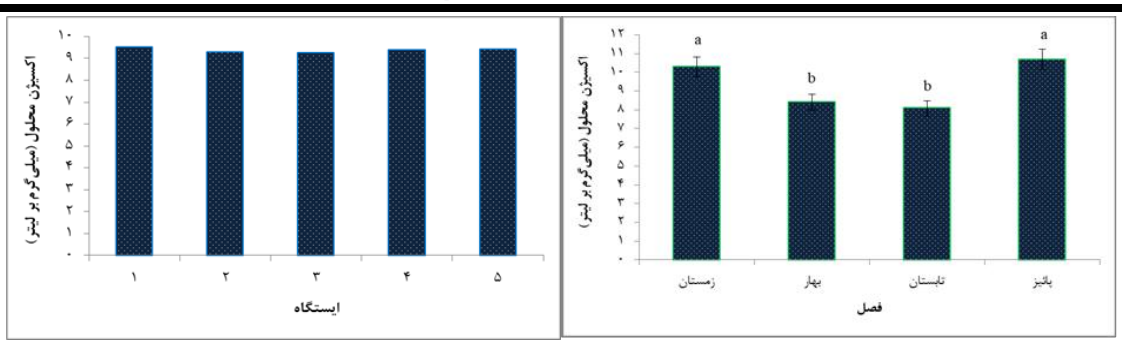
تغییرات دمای آب طی دوره مطالعه نشان داد که بیشترین آن در فصل تابستان با میزان ۲۵/۰۶ درجه‌سانتی‌گراد و کم‌ترین نیز در فصل زمستان مشاهده شد و این تغییرات بین فصول مختلف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) در تغییرات دما بین ایستگاه‌های مختلف نیز با دامنه تغییرات بسیار محدود (۱۶/۶ -۱۵/۹۷ درجه‌سانتی‌گراد) نشان داده شد که تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌ها وجود نداشت ($P>۰/۰۵$) (شکل ۳).



شکل ۳: تغییرات دمای آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

اکسیژن محلول

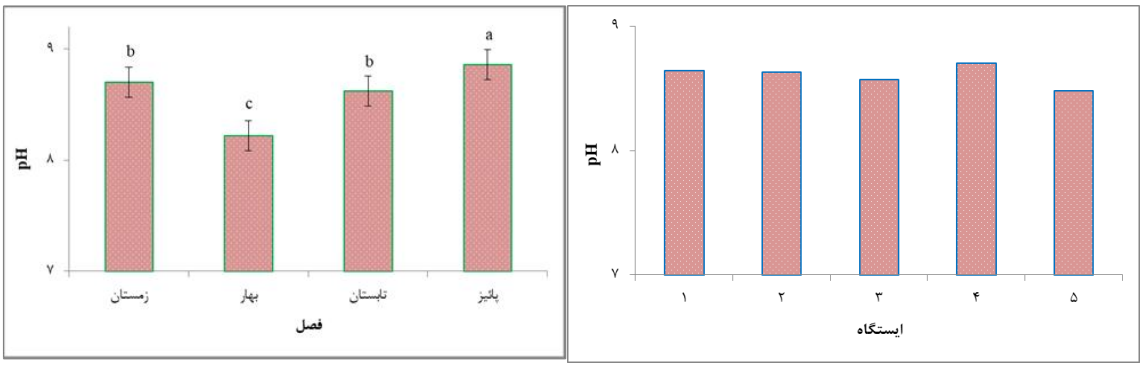
بررسی تغییرات میانگین غلظت اکسیژن محلول نشان داد که طی فصول مختلف، تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P<۰/۰۵$). بیشترین میانگین فصلی این عامل در فصل پائیز و زمستان به‌ترتیب با ۱۰/۶۹ و ۱۰/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین آن در تابستان (۸/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر) و بهار (۸/۴ میلی‌گرم بر لیتر) بود. به‌لحاظ تغییرات ایستگاهی نیز با حداقل تغییرات (۹/۵۲ - ۹/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر)، تفاوت معنی‌دار از نظر میزان اکسیژن محلول مشاهده نشد (شکل ۴).



شکل ۴: تغییرات میزان اکسیژن در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

pH

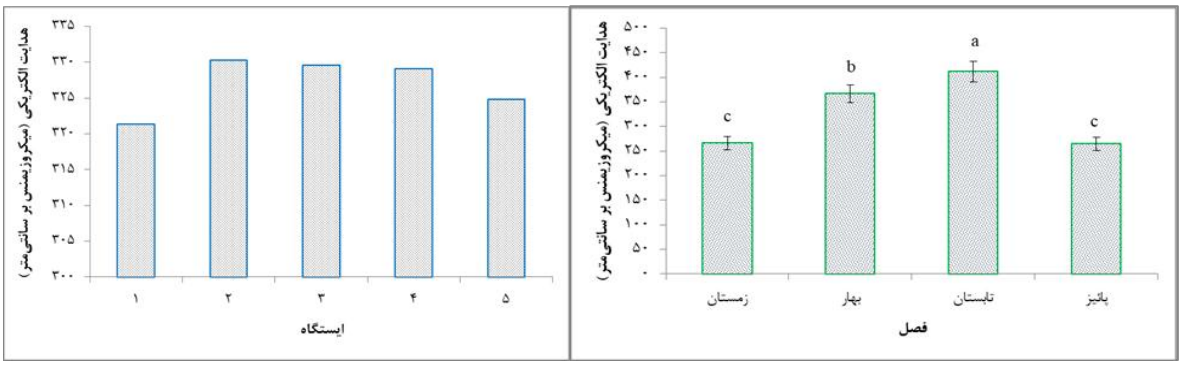
روند تغییرات میانگین pH طی دوره مطالعه در دوره‌های مختلف با دامنه ۸/۸۶-۸/۲۲ نیز نشان داد که میزان آن در فصل پائیز دارای بیشترین و در فصل بهار دارای کم‌ترین میانگین بود ($P<۰/۰۵$) اما این تفاوت بین فصل تابستان و زمستان معنی‌دار نبود. تغییرات pH با دامنه تغییرات بسیار محدود، با کم‌ترین میانگین در ایستگاه ۵ و بیش‌ترین در ایستگاه ۴ به‌دست آمد ($P>۰/۰۵$) (شکل ۵).



شکل ۵: تغییرات pH در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

هدایت الکتریکی آب

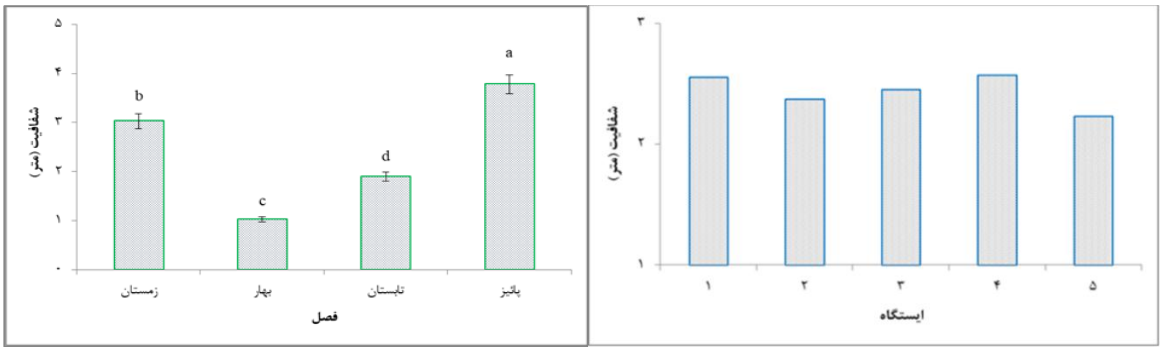
میزان تغییرات میانگین هدایت الکتریکی آب نشان داد که بین فصول مختلف (به‌جز فصل پاییز با زمستان) تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P<۰/۰۵$). بیشترین میانگین آن در فصل تابستان (۴۱۱/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و کم‌ترین در فصل پاییز (۲۶۴/۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) به‌دست آمد. بیشترین میانگین این عامل در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ اندازه‌گیری شد و کم‌ترین آن نیز در ایستگاه ۱ وجود داشت اما این تغییرات بسیار کم و غیر معنی‌دار بود (شکل ۶).



شکل ۶: تغییرات هدایت الکتریکی آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

شفافیت

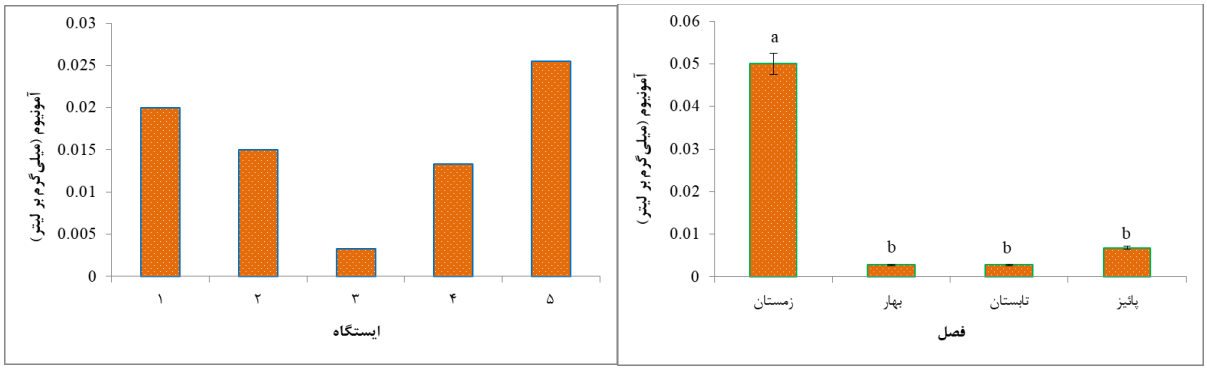
میانگین میزان شفافیت نیز بین فصول مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). بیش‌ترین (۳/۷۸ متر) و کم‌ترین (۱/۰۳ متر) آن به‌ترتیب در فصل پاییز و بهار مشاهده شد. بررسی تغییرات بین ایستگاهی نیز نشان داد که تفاوت بین ایستگاه‌ها کم بود به‌طوری‌که، ایستگاه ۴ با شفافیت ۲/۵۷ متر دارای بیش‌ترین و ایستگاه ۵ نیز با میزان ۲/۲۳ متر دارای کم‌ترین بود اگرچه این اختلافات معنی‌دار نبود (شکل ۷).



شکل ۷: تغییرات شفافیت آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

آمونیوم

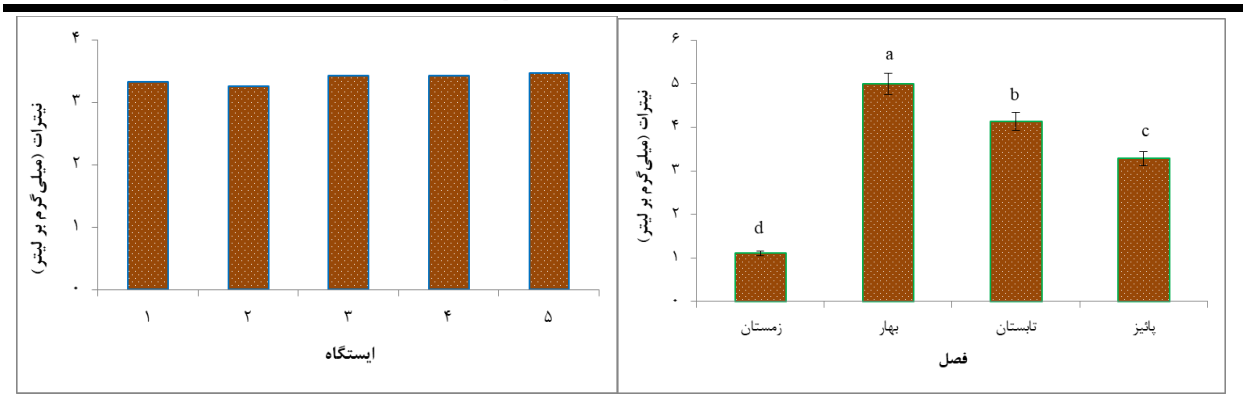
تغییرات فصلی در میانگین آمونیوم نشان داد که بیشترین میزان (۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر) معنی‌دار آن در فصل زمستان اندازه‌گیری شد اما این تغییرات بین دیگر فصول معنی‌دار نبود. در تغییرات بین ایستگاهی نشان داده شد که میزان آن از ایستگاه ۱ به‌سمت ایستگاه ۳ کاهش و سپس به سمت ایستگاه ۵ افزایش یافت به‌طوری‌که، بیشترین میانگین در ایستگاه ۵ با میزان ۰/۰۲۵۵ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین (۰/۰۰۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) نیز در ایستگاه ۳ به‌دست آمد اما این تفاوت‌های بین ایستگاهی معنی‌دار نبود (شکل ۸).



شکل ۸: تغییرات میزان آمونیوم آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

نیترات

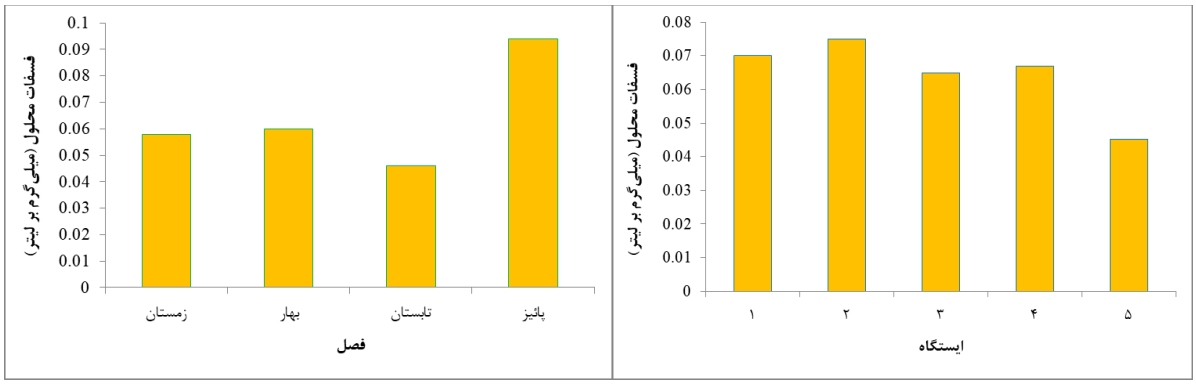
تعیین میزان عامل نیترات آب طی فصول مختلف مطالعه نشان داد که بیشترین میانگین آن با میزان ۵ میلی‌گرم بر لیتر در فصل بهار و کم‌ترین آن (۱/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل زمستان به‌دست آمد و این تفاوت‌ها بین فصول مختلف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). تغییرات بین ایستگاهی نیز با کم‌ترین تغییرات بین ایستگاهی نشان داد که تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۹).



شکل ۹: تغییرات نیترات آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

فسفات معدنی (PO_4^{3-})

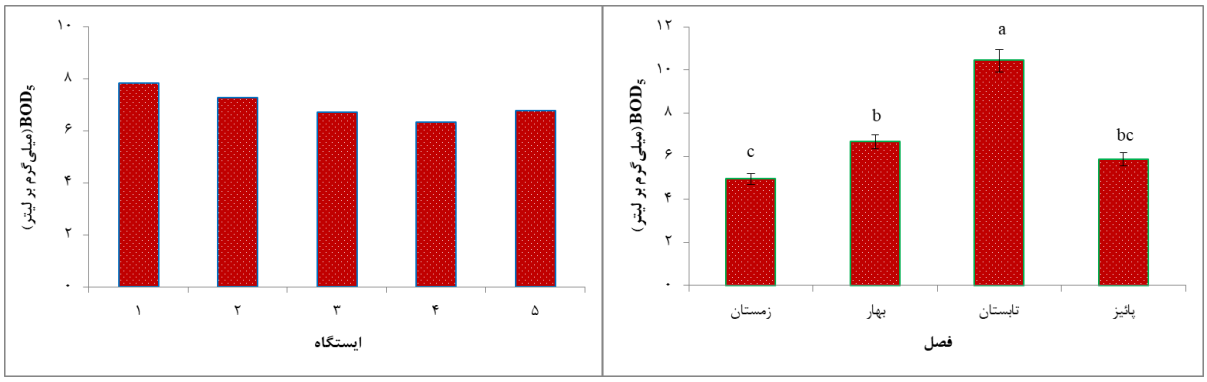
برخلاف بیشتر عوامل مورد بررسی، تغییرات میانگین فسفات معدنی بین فصول مختلف فاقد تفاوت معنی‌دار بود ($P>0/05$). اگرچه بیشترین آن در فصل پاییز و کم‌ترین میزان آن در فصل تابستان مشاهده شد. اما در بین ایستگاه‌های مختلف باوجود تغییرات جزئی و کاهش آن در ایستگاه ۵ تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: تغییرات میزان فسفات معدنی آب در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

BOD_5 (اکسیژن خواهی بیوشیمیایی)

در تعیین میزان میانگین BOD_5 طی فصول مختلف تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به‌طوری‌که، میزان آن از فصل زمستان (۴/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر) تا فصل تابستان (۱۰/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت معنی‌دار افزایش و سپس در فصل پائیز کاهش پیدا کرد ($P<0/05$). اما بین ایستگاه‌ها روند تغییرات معنی‌دار نبود اگرچه با روند منظم از ایستگاه ۱ به سمت ایستگاه ۴ کاهش و سپس در ایستگاه ۵ کمی افزایش یافت (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: تغییرات BOD_5 در فصول و ایستگاه‌های مختلف، دریاچه زریبار، ۱۴۰۲ -۱۴۰۱.

بحث و نتیجه‌گیری

میزان عمق آب منابع آبی ساکن تحت تأثیر ورودی‌ها (رواناب‌های فصلی، بارندگی‌ها و تراوش از آب‌های زیرزمینی) و خروجی‌ها (سرریز، میزان تبخیر، تراوش به آب‌های زیرزمینی، میزان برداشت و غیره) قرار دارد. در مطالعه حاضر بیشترین میزان عمق آب در ایستگاه‌های مطالعاتی با ۴/۳ متر در فصل بهار مشاهده شد که نسبت به سایر فصول معنی‌دار بود که می‌تواند ناشی از رواناب‌ها و بارندگی‌های زیاد در فصل بهار سال ۱۴۰۱ باشد. همچنین برخلاف سایر عوامل مورد مطالعه، میزان عمق در ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار بود به‌طوری‌که، بیشترین آن در ایستگاه ۴ و کم‌ترین در ایستگاه ۳ به‌دست آمد. لازم به ذکر است که این تفاوت بین ایستگاه ۴ با دیگر ایستگاه‌ها (به‌جز ایستگاه ۲) معنی‌دار بود چراکه ایستگاه ۴ در وسط دریاچه و دیگر ایستگاه‌ها نسبتاً در حاشیه قرار داشتند. طی مطالعه دیگر دامنه تغییرات عمق بین ۱/۴ تا ۶ متر متغییر بود (شرکت کاس خزر، ۱۳۷۳) و در مطالعه حاضر نیز با میانگین ۳/۷۴ متر نسبت به مطالعه مهندسین مشاور آساراب (۱۳۸۶) با میانگین ۳/۶ متر در ایستگاه‌های مطالعاتی به هم نزدیک بود.

تغییرات دمای آب طی دوره مطالعه زیاد بود به‌طوری‌که، میانگین آن از فصل زمستان تا تابستان بین ۷/۶۸ تا ۲۵/۰۶ درجه سانتی‌گراد نوسان داشت. دمای آب یکی از عوامل مهم فیزیک و شیمیایی در منابع آبی است که روی بعضی عوامل دیگر نیز تأثیرگذار است به‌طوری‌که، افزایش آن رشد میکروارگانیسم‌ها را تقویت نموده و ممکن است مشکلاتی را در ارتباط با طعم، بو، رنگ و خورندگی افزایش دهد (WHO, 2008). لازم به ذکر است که میانگین سالانه دمای آب دریاچه ۵/۸۸±۱۶/۲۷ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد که با میزان مشابه آن در مطالعات زریبار توسط شرکت کاس خزر (۱۳۷۳) با میانگین ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد (۲۸-۵ درجه سانتی‌گراد)، مطالعه زریبار توسط مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲) ۱۶/۳۵ درجه سانتی‌گراد، سد آزاد سنندج با میانگین ۱۶/۰۸ و سد گاران با ۱۵/۶۱ درجه سانتی‌گراد بسیار نزدیک اما نسبت به مطالعه دریاچه زریبار توسط مهندسین مشاور آساراب (۱۳۸۶) با میانگین ۱۹/۲۹ درجه سانتی‌گراد و سد داریان ۱۹/۰۱ درجه سانتی‌گراد کم‌تر بود.

اکسیژن محلول یکی از مهم‌ترین عوامل کیفیت آب است که اطلاعات مستقیم و غیرمستقیم در مورد در دسترس بودن مواد مغذی، سطح آلودگی، فعالیت‌های متابولیکی میکروارگانیسم‌ها، لایه‌بندی و فتوسنتز در بدنه آبی را ارائه می‌کند (Premlata, 2009). به‌طور کلی در اکوسیستم آب‌های داخلی حداقل میزان اکسیژن محلول برای آبزیان نباید کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد (Egemen, 2011). در این تحقیق میانگین سالانه اکسیژن محلول لایه سطحی ۹/۳۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. در مطالعه حاضر غلظت اکسیژن محلول آب در همه فصول بخصوص در زمستان و پائیز (DO>۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) شرایط نسبتاً مطلوب و نزدیک به درصد اشباع را داشت. در مطالعه دریاچه زریبار توسط مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲) نیز بیشترین (۱۱/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر) و کم‌ترین (۲/۳۹ میلی‌گرم بر لیتر) میزان اکسیژن سطحی به‌ترتیب در فروردین و شهریورماه و در مطالعه مهدسین مشاور آساراب با دامنه تغییرات ۱۱/۱۹-۵/۲۳ بیشترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب در ماه‌های سرد و گرم سال مشاهده شد و همانند مطالعه حاضر روند تغییرات آن از فروردین تا شهریور دارای روند کاهشی بود. نکته مورد توجه این است که در تحقیق حاضر طی دوره و حتی در شهریور ماه اکسیژن محلول میزان زیادی داشت (۷/۵ <میلی‌گرم بر لیتر) که این می‌تواند ناشی از کاهش مصرف کنندگان اکسیژن مانند انواع ماهیان، بنتوزها و دیگر جانوران آبزی و همچنین افزایش رشد فتوسنتزکنندگان بخصوص گیاهان ماکروفیت در دریاچه باشد چراکه در ایستگاه‌های حاشیه‌ای نیز اکسیژن دارای غلظت زیادی بود.

معمولاً تغییرات در میزان pH نشان‌دهنده‌ی حضور رواناب‌های مشخص در منطقه است به‌خصوص زمانی‌که به‌طور مستمر همراه با افزایش هدایت الکتریکی گزارش شده باشد. همچنین تغییرات pH روزانه نیز می‌تواند به‌دلیل چرخه‌های تنفسی و فتوسنتزی جلبک‌ها در آب‌های یوتروف اتفاق بیفتد. دامنه تغییرات pH در کل دریاچه طی دوره مطالعه با میزان ۸/۸۶-۸/۲۲، نسبت به مطالعه کاس خزر (۹/۳۵-۷/۶۴) دارای محدوده‌ی تغییرات کم‌تر و در محدوده طبیعی آب‌های با کیفیت مطلوب قرار داشت که میزان pH سالانه با ۸/۶ نسبت به pH اندازه‌گیری شده در دریاچه سد داریان ۸/۲۶، سد گاران ۷/۹۹، سد شهید کاظمی سقز (۷/۹۲)، سد آزاد (۷/۷۶) و بخصوص مطالعات قبلی دریاچه زریبار توسط مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲) با

میزان ۸، مهندسین مشاور آسراب (۱۳۸۶) با میانگین ۷/۹۴ و شریفی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۳ (۸/۳۵ -۷/۲۸) بیشتر بود. pH اسیدی معمولاً نشان‌دهنده‌ی شرایط الیگوتروفی است در حالی‌که pH خنثی و قلیایی در شرایط مزوتروف و یوتروف مشاهده می‌گردد (Soni *et al.*, 2013) که pH نسبتاً زیاد در دریاچه زریبار می‌تواند نشان‌دهنده‌ی تغذیه‌گرایی باشد. مطالعه (Nur Hanisah *et al.*, 2021) نشان داد که pH بهترین عامل شیمیایی است که به شدت بر شاخص کیفیت آب تأثیر می‌گذارد زیرا بالاترین میانگین همبستگی و کمترین واریانس تخمینی را به‌دلیل خطای نمونه‌گیری دارد.

طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1988)، میزان توصیه شده هدایت الکتریکی برای آب‌های سالم و قابل شرب ۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر گزارش شده است که به‌نظر می‌رسد حد بسیار بالایی باشد. اما در یک دامنه محدودتر، میزان طبیعی هدایت الکتریکی در آب‌های شیرین ۱۰۰۰-۱۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. از طرفی، مطابق با استانداردهای کیفیت آب، میزان هدایت الکتریکی در آب آشامیدنی نباید از ۴۰۰ µS/cm بیشتر باشد (Meride and Ayenew, 2016). هدایت الکتریکی آب دریاچه زریبار با میانگین سالانه ۳۲۶/۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر نسبت به سد داریان با ۳۱۱/۴۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر داریان، سد آزاد (۳۱۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و به‌خصوص سد شهید کاظمی (۲۶۹/۷۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و سد گاران (۲۴۲/۱۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) بیش‌تر بود و با توجه به مطالعه شریفی‌نیا و همکاران (۲۰۱۳) با میزان (۴۲۶-۲۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) نشان داد که این میزان در دریاچه زریبار طی دو دهه اخیر افزایش یافته بود چراکه در مطالعه شرکت کاس خزر (۳۰۰-۲۶۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در سال ۱۳۷۳ میزان آن کم بود. عوامل مؤثر بر مواد جامد محلول در محیط‌های آبی شامل رواناب‌های شهری، پساب‌ها، تجزیه موجودات، فرسایش خاک و مشخصات ژئوشیمیایی منطقه است. در مطالعه حاضر نیز بیشترین میزان هدایت الکتریکی در فصل تابستان (۴۱۱/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و بهار (۳۶۶/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) بود که می‌تواند ناشی از افزایش حجم رواناب‌های با هدایت الکتریکی زیاد در بهار و کاهش حجم آب و افزایش دما در فصل تابستان باشد که چرا که این عامل بخصوص با دما همبستگی زیادی (۰/۹۸) داشت.

اندازه‌گیری شفافیت (عمق روئیت سکشی‌دیسک) به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم انباشتگی غذایی یا یوتروفیکاسیون محیط آبی محسوب می‌گردد (HELCOM[1], 2006). شفافیت تحت تأثیر وجود ذرات معلق کل (TSS) و رشد جلبکی است و به‌عبارتی با افزایش این عوامل شفافیت آب پایین خواهد آمد. به‌نظر می‌رسد برای دریاچه‌ی زریبار با قدمت نسبتاً طولانی، میزان شفافیت با میانگین سالانه ۲/۴۳ متر، مناسب باشد بخصوص در مقایسه با دریاچه‌ی جوان داریان با میانگین سالانه شفافیت ۱/۸۱ متر، سد آزاد (۱/۹۶ متر) و سد گاران (۲/۰۳ متر) و حتی مطالعات قدیمی‌تر دریاچه زریبار با دامنه تغییرات ۱/۹۶ متر در آذر ماه و ۰/۷ متر در شهریورماه کمی بیشتر بود. البته نسبت به مطالعه مهندسین مشاور آسراب با میانگین ۲/۶۴ متر کمی کاهش پیدا کرد. در مطالعه حاضر، مقایسه تغییرات شفافیت دریاچه طی دوره مطالعه بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌دار را نشان نداد در حالی‌که، در مطالعه سد داریان در محل ورودی‌ها به سمت ایستگاه‌های داخل دریاچه میزان شفافیت آب افزایش پیدا کرد و ایستگاه‌های ورودی شفافیت پایین‌تری نسبت به ایستگاه‌های دریاچه‌ای داشتند که با بیشتر مطالعات (شرکت آسراب، ۱۳۸۶؛ پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶؛ کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹) همخوانی داشت. علت این تناقض در مطالعه حاضر می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در بیشتر فصول سال میزان ورودی آب به داخل دریاچه کم بوده و یا ذرات ورودی طی مسیر و قبل از ورود به دریاچه توسط گیاهان، قابل جذب و ته‌نشین شدن باشد. در مطالعه کریمیان و همکاران (۱۳۹۹)، عامل کاهش کدورت و افزایش شفافیت در فصول زمستان و پائیز ناشی از کاهش بارندگی و رواناب‌ها (با توجه به کمبود بارندگی در فصل پائیز و شروع دیرهنگام آن در زمان مطالعه) اذعان شد. در حالی‌که، کاهش آن در فصل بهار به افزایش بارندگی و رواناب‌های زیاد و افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی (شکوفایی فیتوپلانکتونی در اردیبهشت‌ماه) نسبت داده

[1] کمیته حفاظت محیط‌زیست دریای بالتیک

شد (Leroy *et al.*, 2007؛ کریمیان، ۱۳۹۵). در مطالعه حاضر نیز کم‌ترین میزان شفافیت بعد از بهار در تابستان مشاهده شد که با بیشترین فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی همراه بود.

غلظت بالای آمونیوم در اکوسیستم‌های بکر تنها زمانی اتفاق می‌افتد که حجم زیادی از طریق رواناب‌های غنی از آمونیوم وارد اکوسیستم گردد یا در بعضی اکوسیستم‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی تحت شرایط بی‌هوازی تبدیل معدنی نیتروژن به آمونیوم صورت گیرد. اگرچه در مطالعه حاضر، برعکس مطالعه انجام شده توسط مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲) در فصل زمستان میزان آن به ۰/۰۵ میلی‌گرم افزایش یافت اما در مطالعه ذکر شده میزان آمونیاک در شهریور تا ۰/۳۶ میلی‌گرم بر لیتر افزایش را نشان داد. این میزان نسبت به مطالعه شریفی و همکاران (۲۰۱۳) با میزان آمونیوم (۱۱/۳۳-۰/۱۱< میلی‌گرم بر لیتر) و در صورت صحت میزان ذکرشده، تفاوت بسیار زیادی را نشان داد. در یک تقسیم‌بندی، غلظت بیش از ۳۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر لیتر به‌ترتیب سبب بروز اثرات نامطلوب بر آبزیان حساس و دیگر آبزیان می‌شود (DWAF, 1996). باتوجه به میزان آمونیاک کل استاندارد در این تحقیق و مطابق نتایج دیگر مطالعات انجام شده در زریبار (مهندسین مشاور آبزی‌گستر، ۱۳۸۲؛ مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۶) این عامل مشکلی را برای آبزیان ایجاد نخواهد کرد.

در اغلب مطالعات نیترات کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده و غلظت‌های بالاتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌تواند ناشی از آلودگی‌های انسانی، پساب‌های کشاورزی و روستایی و حاصل از کوددهی مزارع باشد. معمولاً غلظت نیترات در آب‌های شیرین غیرآلوده کمتر از ۱/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر است (DWAF, 1996). میانگین نیترات دریاچه زریبار ۳/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر به غلظت نیترات دریاچه سد داریان با ۵/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر نزدیک بود. همچنین دامنه تغییرات نیترات مطالعه حاضر (۵-۱/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) دارای کم‌ترین میزان در فصل زمستان بود که از این نظر شبیه مطالعه شرکت مهندسین مشاور آبزی‌گستر بود که کم‌ترین (۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر) میزان نیترات را در ماه آبان و بیشترین را در اردیبهشت‌ماه (۱/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر) گزارش کردند. در هر صورت، میزان نیترات مطالعه حاضر نسبت به مطالعات شرکت کاس خزر (۱۳۷۳) با میزان ۱/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر، شرکت مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲)، آساراب (۱۳۸۶) با ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر و شریفی‌نیا و همکاران (۲۰۱۳) با میزان ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت و به‌خصوص افزایش معنی‌دار آن در فصل بهار می‌تواند ناشی از مصرف کودهای نیتراته در منطقه باشد که نهایتاً به دریاچه وارد می‌گردد.

در مطالعه دریاچه سد Çamligöze میزان فسفات معدنی (اورتوفسفات) در دامنه طبیعی توصیه شده (۰/۳-۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر) برای اکوسیستم‌های آبی قرار داشت (Cirik and Cirik, 2008) در این مطالعه نیز میانگین سالانه فسفات محلول با میزان ۰/۰۶۴ میلی‌گرم بر لیتر و با دامنه تغییرات ۰/۰۹۴-۰/۰۴۶ میلی‌گرم بر لیتر کم و در دامنه طبیعی و استاندارد قرار داشت. از طرفی، در بعضی منابع آورده شده است هنگامی‌که، غلظت فسفات از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر باشد به این معنی است که پدیده یوتروفیکاسیون در دریاچه اتفاق افتاده است. در این تحقیق اگرچه بیشترین میزان فسفات معدنی در فصل پائیز و کم‌ترین آن در فصل تابستان مشاهده شد و از طرفی در تعیین تغییرات بین ایستگاهی، بیشترین در ایستگاه‌های ورودی (۱ و ۲) و کم‌ترین در ایستگاه ۵ به‌دست آمد اما هیچ‌کدام از این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. معمولاً میزان ورودی فسفات توسط آب‌های طبیعی (به‌جز زمان سیلابی) به دریاچه‌ها ناچیز است آن مقدار هم می‌تواند با عبور از عرصه وسیع و کم‌عمق اراضی پوشیده از رویش‌های گیاهی قابل جذب و رسوب باشد بنابراین بارگذاری خارجی در شرایط عادی کم است. از طرفی، بخش عمده‌ایی از فسفات وارد شده به دریاچه به‌تدریج در رسوبات انباشت شده بنابراین بستر دریاچه انباشت از فسفات بوده و باتوجه به عمق کم دریاچه و در اثر تلاطم آب، فسفات دوباره به ستون آب برمی‌گردد به‌دلیل خاطر بارگذاری داخلی آن زیاد است (شرکت مهندسین مشاور آبزی‌گستر، ۱۳۸۲).

اگرچه BOD_5 عامل آلودگی نیست و به‌صورت مستقیم نیز مضر تلقی نمی‌گردد (مگر باعث کاهش شدید سطح اکسیژن محلول گردد) اما عامل مهمی در برآورد وضعیت آلودگی دریاچه محسوب می‌شود و میزان زیاد آن می‌تواند نشان‌دهنده شرایط آلودگی و رابطه معکوس با غلظت اکسیژن محلول باشد. اتحادیه‌ی اروپا مقدار مناسب اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) را برای حفاظت از آزاد ماهیان و آبزیان حساس ۳≤ میلی گرم بر لیتر و برای کپورماهیان ۶≤ میلی گرم بر لیتر (Enderlein,

1996) و با توجه به استاندارد کیفیت آب آمریکا حداکثر مجاز آن را ۵ میلی‌گرم بر لیتر تعیین نموده است. براین اساس، میانگین BOD_5 دریاچه‌ی زریبار (۶/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) درمحدوده‌ی آب‌های با کیفیت متوسط قرار داشت به‌طوری‌که، دامنه تغییرات آن ۱۰/۴۴ -۴/۹۶ میلی گرم بر لیتر بود که همانند مطالعه انجام شده توسط شرکت مهندسین مشاور آبزی گستر (۱۳۸۲) بیشترین آن در فصل تابستان و کم‌ترین در فصل زمستان مشاهده شد و این تغییرات در بیشتر موارد معنی‌دار بود. دریاچه زریوار به علت ورود ضایعات و باقی‌مانده رویش گیاهی اطراف و تجزیه آن و مرگ و میر زیستمندان مقدار زیادی مواد آلی را دریافت می کند (مقدار کمی نیز ناشی از پساب روستاهای اطراف و مرکز تفریحی) همچنین در فصل گرم سال فعالیت باکتریایی همزمان با افزایش رویش گیاهی باعث می‌گردد که دریاچه از میزان اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی نسبتاً زیادی برخوردار باشد (شرکت مهندسین مشاور آبزی‌گستر، ۱۳۸۲). در مقایسه با دیگر مطالعات در دریاچه زریبار توسط شرکت کاس خزر (۱۳۷۳) با دامنه ۳/۱-۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر، شرکت مهندسین مشاور آبزی‌گستر (۱۳۸۲) ۸/۹ -۱/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر و شرکت مهندسین آساراب (۱۳۸۶) با میانگین ۶/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر این میزان در مطالعه حاضر کمی (۶/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) افزایش یافت. BOD_5 میزان اکسیژن مصرف شده توسط میکروارگانیسم‌ها را مانند باکتری اکسید کننده مواد آلی داخل آب اندازه‌گیری می‌کند (Aniyikaiya *et al.*, 2019). همچنین غلظت بالای BOD_5 نشان دهنده‌ی حضور زیاد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها در آب است که ممکن است ناشی از وجود پساب‌های صنعتی و پرورشی باشد که نهایتاً منجر به مصرف شدید اکسیژن محلول و افزایش تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی شوند (Hasan *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

طی دهه‌های اخیر، تعیین کیفیت آب‌های سطحی در بسیاری از کشورها انجام شده است. افزایش جمعیت و از آن مهم‌تر سوءمدیریت‌های انسانی باعث شده است که آب‌های داخلی در معرض افزایش تقاضای آب بیشتر و آلودگی آنتروپوژنیک شامل ورود مواد مغذی و رسوبات بخصوص در دریاچه‌ها و مخازن قرار گیرد (Kondratyev and Pozdnyakov, 1998). طی مطالعه حاضر، نتایج فیزیک و شیمیایی دریاچه زریبار طی دوره مطالعه و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای داخلی و خارجی (میرزاجانی، ۱۳۸۹؛ DWAF, 1996؛ Florida DEP, 2003) مطلوبیت بیشتر عوامل را (دما، اکسیژن محلول، pH، قلیائیت، شفافیت، ترکیبات نیتروژنی (به‌جز نیترات)، هدایت الکتریکی و جامدات محلول کل) برای حفاظت از آبزیان نشان داد. اما عواملی مانند pH، EC و فسفر زیاد نسبت به مطالعات قبلی و همچنین BOD_5 به‌دلیل غلظت نسبتاً زیاد می‌توانند به‌عنوان عوامل محدودکننده کیفی برای آینده دریاچه زریبار مطرح باشد.

منابع

پور آذری، ع.م. ۱۳۹۵. **اثرات عوامل محیطی رودخانه و دریاچه پشت سد ارس بر رشد و نمو خرچنگ دراز آب شیرین**. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۳۶-۹۰۱۳۶-۱۲-۷۹-۲. ۱۰۵ ص.

کریمیان، ع. ۱۳۹۵. **مطالعه شرایط زیست‌محیطی پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضه جنوبی دریای خزر**. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۲۵۰ ص.

کریمیان، ع.، ذاکری، م.، فارابی، س.م.و.، حقی، م.، کوچنین، پ. ۱۳۹۹الف. **مطالعه پارامترهای غیرزیستی آب در مجاور قفس دریایی پرورش ماهی در ساحل جنوبی خزر، منطقه عباس‌آباد**. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۶، صفحات ۱۱-۲۸.

کریمیان، ع.، بهرامی‌کمانگر، ب.، محمدی، ح.، قادری، ا. ۱۳۹۹ب. **ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد گاران مریوان با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI**. مجله محیط‌زیست طبیعی. دوره ۷۳، شماره ۳، صفحات ۵۸۳-۵۷۱.

کریمیان، ع.، محمدی، ح. بهرامی‌کمانگر، ب.، مولودی، ف.، منصوری، آ. ۱۴۰۳. **امکان‌سنجی آبزی‌پروری و بررسی کیفیت آب دریاچه سد داریان پاوه، استان کرمانشاه**. مجله پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه. دوزه ۳، شماره ۳، صفحات ۸۴-۱۱۰.

محمدی، ح. پیغمبری، س.ی.، عبدالملکی، ش.، فلاحی، م.، قربانی، ر.، حسینی، س.ع. ۱۳۹۵. **مطالعات لیمنولوژی و ارزیابی بیوماس کپورماهیان چینی دریاچه گلبلاغ استان کردستان**. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۵۶ ص.

مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۷۸. **مطالعات جامع لیمنولوژیک دریاچه پشت سد گاوشان کامیاران. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان**. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شرکت سهامی شیلات ایران.

میرزاجانی، ع. ۱۳۸۸. **مطالعه دریاچه سدهای خاکی شویر و میرزاخانلو استان زنجان به منظور امکان آبزی‌پروری**. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان. ۹۰ ص.

APHA (American Public Health Association)., 2005. **Standard Methods for The Examination of water and wastewater, 21th ed**. American Public Health Association, Washington, DC. 1550P.

Anyanwu, C.U., Okoli, E.N. 2012. **Evaluation of the bacteriological and physicochemical 674 quality of water supplies in Nsukka, Southeast, Nigeria**. Afr. J. Biotechnol. 11(48): 1086810873.

DWAF. 1996. **South African Water Quality Guidelines (second edition)**. Volume 5: Agricultural Use: Livestock Watering.

Egemen, O. 2011. **Water quality**. Ege University Fisheries Faculty Publication No. 14, Izmir, Turkey, 1-150.

Enderlein, U.S., Enderlein, R.E., Williams, W.P. 1996. **Water Quality Requirements**. In: Chapman D. (Ed.) 1996. Water Quality Assessments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Ed., UNESCO/ WHO/ UNEP. Longhurst, A. R., 2007. Ecological Geography of the Sea. Elsevier, Amsterdam, 542 p.

Environmental Protection Agency (EPA), 1996. **Quality Criteria for Waters**, Washington, D.C.

Wetzel, R.G. Likens, H. 1991. Limnological analysis. Springer-Verlag, 391P.

WHO. 1988. **Assessment of freshwater quality**. Global Environmental Monitoring Systems (GEMS) Report on the Related Environmental Monitoring, World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. Pp. 1-121.

WHO., 2008. **Guidelines for Drinking-water Quality**, Third Edition, Incorporating the First and Second Addenda. Volume 1. Recommendations. Geneva. 134P.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
تحتین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

بررسی کیفیت آب‌های سطحی ورودی به دریاچه زریبار

شیرکو ابراهیمی محمدی

عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. shirkoebrahimi@uok.ac.ir

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تغییرات مکانی و زمانی روان‌آب، رسوب و مواد مغذی ورودی‌های اصلی دریاچه زریبار در مقیاس بارش و روزانه می‌باشد نتایج آزمون آماری T حاکی از اختلاف معنی‌دار متغیرهای کدورت (سیف ۲۶۵/۹ و دره‌تفی ۱۴۳/۹ NTU)، هدایت الکتریکی (سیف ۵۰۳/۷ و دره‌تفی ۳۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، TDS (سیف ۲۶۳/۶ و دره‌فی ۱۹۶/۳ میلی‌گرم در لیتر)، pH (سیف ۸/۵۴ و دره‌تفی ۸/۱۷)، غلظت رسوب معلق (سیف ۰/۸۵ و درتفی ۰/۲۹ میلی‌گرم در لیتر)، کل مواد آلی رسوب معلق (سیف ۰/۱۳۴ و دره‌تفی ۰/۰۹۶ گرم در گرم)، ماده آلی آب (سیف ۰/۱۳۶ و دره‌تفی ۰/۰۶۲)، نیترات (سیف ۷/۹۶ و دره‌تفی ۳/۸۰ میلی‌گرم در لیتر)، نیتریت (سیف ۰/۲۳ و دره‌تفی ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر)، آمونیاک (سیف ۰/۰۰۴۶ و درتفی ۰/۰۰۴۴ میلی‌گرم در لیتر)، فسفر کل (سیف ۰/۰۷۳ و درتفی ۰/۰۵۲ میلی‌گرم در لیتر)، سدیم (سیف ۱۶/۶۴ و درتفی ۵/۷۷ میلی‌گرم در لیتر)، پتاسیم (سیف ۱۰/۰۹ و درتفی ۱/۸۲ میلی‌گرم در لیتر) و کلسیم (سیف ۵۰/۹۹ و در-تفی ۳۵/۱۶ میلی‌گرم در لیتر) و عدم اختلاف معنی‌دار مقادیر اکسیژن محلول (DO) آب ورودی از زیر حوضه سیف با آب ورودی از زیر حوضه دره‌تفی به تالاب زریبار در طول دوره مطالعاتی بود. نتایج حاکی از افزایش غلظت آلاینده‌ها در زیرحوضه سیف نسبت به زیرحوضه دره‌تفی می‌باشد. تعدد زیاد بندهای رسوبگیر در زیرحوضه دره‌تفی تأثیر به‌سزایی در افزایش زمان تمرکز این زیرحوضه و ترسیب رسوبات داشته است.

کلید واژه‌ها: آلودگی آب، تالاب، عناصر غذایی، زریبار، مریوان.

Abstract

The aim of this study is to investigate the spatial and temporal changes in runoff, sediment, and nutrients of the main inputs of Zaribar Lake on a rainfall and daily scale. The results of the T-test showed significant differences in the variables of turbidity (SIF 265.9 and Darretfi 143.9 NTU), electrical conductivity (SIF 503.7 and Darretfi 380 microsiemens/cm), TDS (SIF 263.6 and Darretfi 196.3 mg/L), pH (SIF 8.54 and Darretfi 17.8), suspended sediment concentration (SIF 0.85 and Darretfi 0.29 mg/L), total suspended sediment organic matter (SIF 0.134 and Darretfi 0.096 g/g), water organic matter (SIF 0.136 and Darretfi 0.062), nitrate (SIF 7.96 and Darre-Tafi 3.80 mg/L), nitrite (Sif 0.23 and Darre-Tafi 0.13 mg/L), ammonia (Sif 0.0046 and Darre-Tafi 0.0044 mg/L), total phosphorus (Sif 0.073 and Darre-Tafi 0.052 mg/L), sodium (Sif 16.64 and Darre-Tafi 5.77 mg/L), potassium (Sif 10.09 and Darre-Tafi 1.82 mg/L) and calcium (Sif 50.99 and Darre-Tafi 16.35 mg/L) and there was no significant difference in the dissolved oxygen (DO) values of the water entering from the Saif basin with the water entering from the Darre-Tafi basin to the Zaribar wetland during the study period. The results indicate an increase in the concentration of pollutants in the Seif sub-basin compared to the Dareh-e-Tafi sub-basin. The large number of sedimentation dams in the Dareh-e-Tafi sub-basin has had a significant impact on increasing the concentration time of this sub-basin and sediment deposition.

Keywords: Water pollution, Wetland, nutrients, Zrebarr, Marivan.

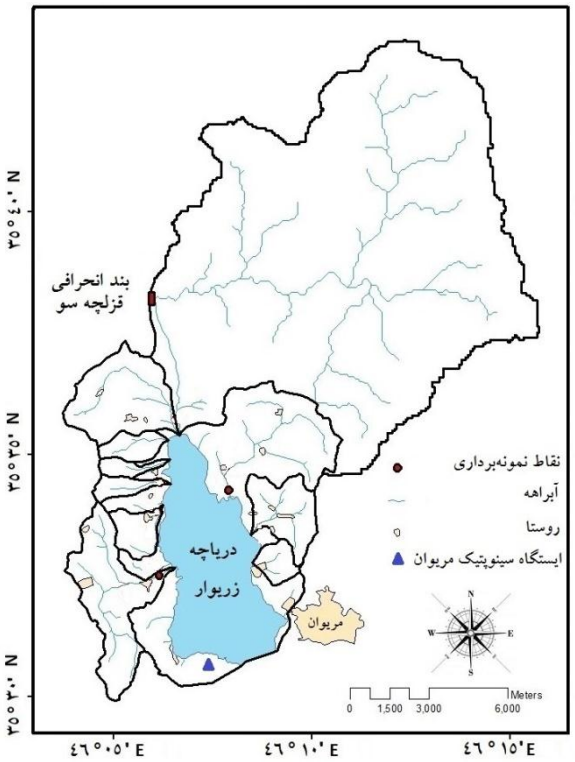
مقدمه

ورود بیش از حد مواد مغذی بخصوص نیتروژن (N) و فسفر (P) یکی از بزرگترین تهدیدها برای اکوسیستم‌های آبی در جهان است که باعث یوتریفیکاسیون رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و خطوط ساحلی دریایی در سراسر جهان می‌شود (Mooney *et al.*, 2020). یوتریفیکاسیون یا تجمع گسترده مواد مغذی در بسیاری از رودخانه‌ها و سامانه‌های آبی پایین‌دست حوزه‌های آبخیز منجر به اختلال در کیفیت آب، تغییر عملکرد اکوسیستم (Wurtsbaugh *et al.*, 2019) و افزایش آسیب‌پذیری در برابر تهاجم گونه‌ها و رشد بلوم جلبکی می‌شود (Makarewicz *et al.*, 2012). به‌دنبال کاهش منابع نقطه‌ای آلودگی مواد مغذی از دهه ۱۹۷۰، منابع غیرنقطه‌ای به منابع اصلی یوتریفیکاسیون تبدیل شده‌اند (Jarvie *et al.*, 2013). یوتریفیکاسیون چه در مقیاس محلی مانند دریاچه زریبار و چه در مقیاس وسیع ناشی از ورود مواد مغذی از سرشاخه‌هایی است که حوزه‌های آبخیز آنها توسط فعالیت‌های انسانی تغییر یافته (Ho and Michalak, 2017). آبراهه‌ها و رودخانه‌ها خدمات مهم اکوسیستمی از جمله پردازش و نگهداشت مواد مغذی را برای آب‌های پایین‌دست انجام می‌دهند اما از طرف دیگر نگرانی در مورد یوتریفیکاسیون رودخانه‌ها منجر به ارائه دستورالعمل‌هایی در خصوص محدودیت غلظت مواد مغذی در آنها جهت دستیابی یا حفظ شرایط اکولوژیکی مطلوب شده است (Poikane *et al.*, 2019). آگاهی از غلظت مواد مغذی در رودخانه‌ها و مقایسه آن با غلظت‌های مجاز به مدیران محیط‌زیست و منابع طبیعی در مورد وضعیت یوتریفیکاسیون رودخانه‌ها و سامانه‌های آبی پایین دست آن کمک زیادی می‌کند. تغییراتی که انسان در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی عناصری مانند کربن، نیتروژن و فسفر ایجاد می‌کند منجر به تغییرات زمانی و مکانی غلظت عناصر پرمصرف در جریان رودخانه‌ها شده است (Allan, 2004). اگرچه نتایج پژوهش‌های متعدد، تأثیر فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی را بر غلظت مواد مغذی در رودخانه‌ها ثابت کرده است (Thomas *et al.*, 2018). اما پژوهش‌های کمتری در رابطه با تأثیر آنها بر نسبت غلظت مواد مغذی در آب رودخانه‌ها انجام شده است. الگوهای جهانی نسبت غلظت مواد مغذی پرمصرف حاکی از افزایش نسبی غلظت نیتروژن نسبت به فسفر به دلیل اختلالات انسانی است (Peñuelas *et al.*, 2013). تغییرات مکانی نسبت غلظت مواد مغذی پرمصرف در مقیاس‌های کوچک‌تر ممکن است در نتیجه فعالیت‌های محلی انسان (Jarvie *et al.*, 2008)، فیزیوگرافی حوضه (Green *et al.*, 2007) و موقعیت آن بازه در امتداد پیوسته رودخانه (Jarvie *et al.*, 2018) باشد. تغییرات زمانی نسبت غلظت مواد مغذی پرمصرف محدودیت‌هایی را بر اکوسیستم‌های آبی تحمیل می‌کند. وقایع هیدرولوژیکی (بارش-رواناب) نیز می‌توانند بر نسبت‌های غلظت مواد مغذی رودخانه‌ها تأثیر بگذارند (Rattan and Chambers, 2017; Jarvie *et al.*, 2018). علاوه بر این، تغییرات فصلی غلظت مواد مغذی نیز باعث تغییر نسبت‌های غلظت مواد مغذی رودخانه‌ها در مقیاس‌های زمانی طولانی‌تر خواهد شد (Dupas *et al.*, 2017; Green and Finlay, 2010).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

هدف پژوهش حاضر بررسی تغییرات مکانی و زمانی روان‌آب، رسوب و مواد مغذی ورودی‌های اصلی دریاچه زریبار در مقیاس بارش و روزانه می‌باشد (شکل ۱). نقاط نمونه‌برداری در آبراهه‌های اصلی انتخاب شده‌اند که مستقیماً به دریاچه می‌ریزند. برای رعایت نکات لازم جهت نمونه‌برداری از قبیل دسترسی آسان به نقاط نمونه‌برداری و همچنین محاسبه دبی در مقاطع ثابت، نقاط در محل پل‌ها روی جاده اصلی قرار گرفته‌اند. همچنین آبراهه‌های مورد نظر ترجیحاً دائمی و یا حداقل فصلی بوده تا امکان ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی در آنها میسر باشد.



شکل ۱: حوزه آبخیز دریاچه زریبار و موقعیت نقاط نمونه‌برداری

روش کار

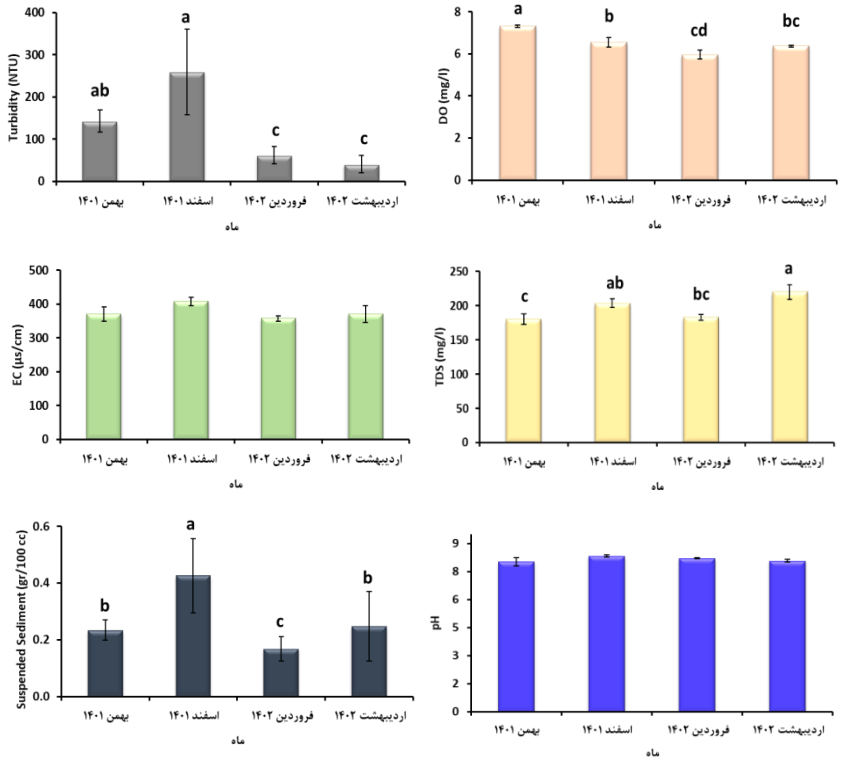
داده‌های سنجش شده در این پژوهش شامل دبی آب، غلظت رسوب معلق و متغیرهای کیفی آب شامل کدورت، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، pH و کل مواد جامد محلول و همچنین غلظت مواد مغذی اصلی شامل یون‌های محلول نیتریت، نیترات، آمونیاک، فسفر کل، سدیم، پتاسیم و کلسیم در رواناب‌های خروجی از زیرحوزه‌های اصلی آبخیز دریاچه زریبار بوده در مقیاس روزانه و بارش می‌باشد. نمونه‌برداری آب پایه از ابتدای سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به‌صورت هفته‌ای یکبار و در طی بارش‌های اتفاق افتاده، هر دو ساعت یکبار شروع شد. در نقاط نمونه‌برداری نمونه‌های رواناب و رسوب در آبراهه‌ها توسط ظروف پلاستیکی یک لیتری به‌صورت هفته‌ای یک بار در زمان‌های دارای روان‌آب و هم‌چنین نمونه‌های متوالی با فاصله زمانی دو ساعت در روزهای بارشی جمع‌آوری شد. در مواقع بارشی، نمونه‌برداری و ثبت دبی به‌محض کسب اطلاع از وقوع بارش و یا پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی کل کشور، آغاز و تا پایان بارش و قطع روان‌آب در ورودی‌های فصلی و رسیدن ارتفاع جریان آبراهه دائمی به ارتفاع ثابت ادامه یافت. بعد از نمونه‌برداری، ظروف حاوی آب و رسوب به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق از روش تخلیه آب (Walling *et al.*, 2001) استفاده شد. در این روش ابتدا ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه آب و رسوب را درون بشر ریخته، سپس آن را به‌مدت ۴۸ ساعت به‌حالت سکون نگه داشته تا در این زمان رسوبات موجود در آب در کف بشر ته‌نشین شوند. بعد از این مدت، به‌آرامی اقدام به تخلیه آب بالای رسوبات گردید. خالی کردن آب بالای نمونه تا حدی صورت گرفت که رسوبات موجود در کف ظرف جدا نشده و به‌همراه آب خارج نشود. بعد از خالی کردن آب اضافی، رسوبات موجود در بشر در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک گردید (APHA-2540 B., 20177). سپس برای جلوگیری از هرگونه آلودگی با جداسازی آنها توسط همزن‌های میله‌ای شکل شیشه‌ای و توزین با ترازوهای با دقت هزارم، غلظت رسوب معلق نمونه برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سی سی محاسبه شد. کدورت نمونه‌ها توسط دستگاه AL450T-IR در محدوده ۰/۰۱ تا ۱۱۰۰ NTU اندازه‌گیری شد. متغیرهای pH، EC و TDS توسط دستگاه PCSTEST35 و DO توسط مولتی‌پارامتر مدل HQ30d سنجش شدند. غلظت یون‌های نیتریت (NO_2^-)، نیترات (NO_3^-)،

آمونیاک (NH_3) و فسفر کل (TP) به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Uvi Light & UVIKON XL/XS و سدیم (Na^+)، پتاسیم (K^+) و کلسیم (Ca^{+2}) توسط دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل BWB-XP اندازه‌گیری شدند.

نتایج

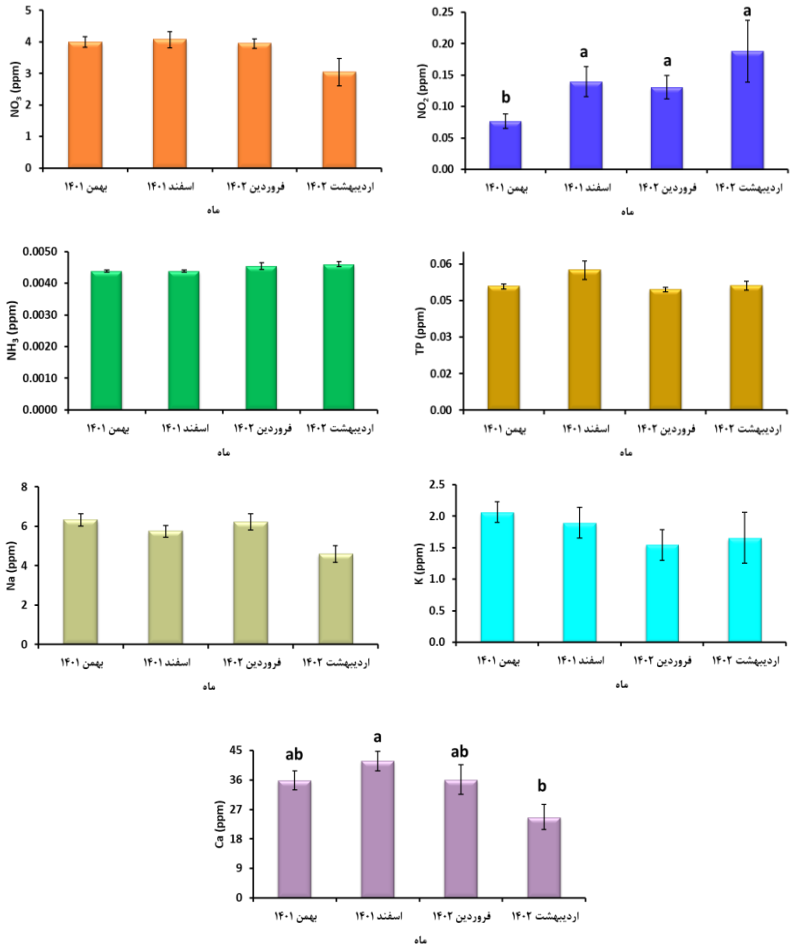
تغییرات ماهانه متغیرهای سنجش شده

نتایج آزمون کروسکال-والیس حاکی از اختلاف معنی‌دار آماری مقادیر میانگین ماهانه متغیرهای کدورت (sig.=۰/۰۰۱)، اکسیژن محلول (sig.=۰/۰۰۰)، TDS (sig=0/021)، نیتریت (sig.=۰/۰۰۱) و کلسیم (sig.=۰/۰۳۹) آب‌های ورودی دره‌تفی در سطح اعتماد ۹۵ درصد بود. همچنین نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که کدورت ماه‌های بهمن و اسفند ۱۴۰۱ افزایش معنی‌دار آماری با مقادیر کدورت ماه‌های فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۲ دارند که دلیل آن بارش‌های شدید ۱۰ تا ۱۱ بهمن ۱۴۰۱ و ۱۷ تا ۱۸ اسفند ۱۴۰۱ می‌باشد به‌طوری‌که حداکثر مقدار کدورت مشاهده شده در آب این زیر حوضه ۱۹۶۶ NTU در بارش ۱۷ تا ۱۸ اسفند ۱۴۰۱ مشاهده شد. غلظت رسوب معلق اسفند ماه ۱۴۰۱ با میانگین ۰/۴۳ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری با سایر ماه‌ها داشت. پس از آن ماه‌های بهمن ۱۴۰۱ و اردیبهشت ۱۴۰۲ به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۲۳ و ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر قرار دارند که اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. فروردین ۱۴۰۲ با میانگین ماهانه غلظت رسوب معلق ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر با اختلاف معنی‌دار آماری از همه کمتر است. بررسی‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین ماهانه اکسیژن محلول آب زیرحوضه دره‌تفی در ماه‌های مختلف دارد به‌طوری در بهمن ۱۴۰۱ بیشترین مقدار (۷/۳۱ میلی‌گرم در لیتر) و فروردین ۱۴۰۲ کمترین مقدار (۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر) ثبت گردید. میانگین مقادیر TDS اسفند ماه ۱۴۰۱ (۲۰۳/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) و اردیبهشت ۱۴۰۲ (۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری نداشته و این قضیه در مورد ماه‌های بهمن ۱۴۰۱ (۱۸۰/۲۸ میلی‌گرم در لیتر) و فروردین ۱۴۰۲ (۱۸۳/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) نیز صدق می‌کند (شکل ۲). میانگین ماهانه سایر متغیرها اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند.



شکل ۲: تغییرات ماهانه میانگین متغیرهای اولیه کیفی آب و همچنین میزان رسوب زیرحوضه دره‌تفی

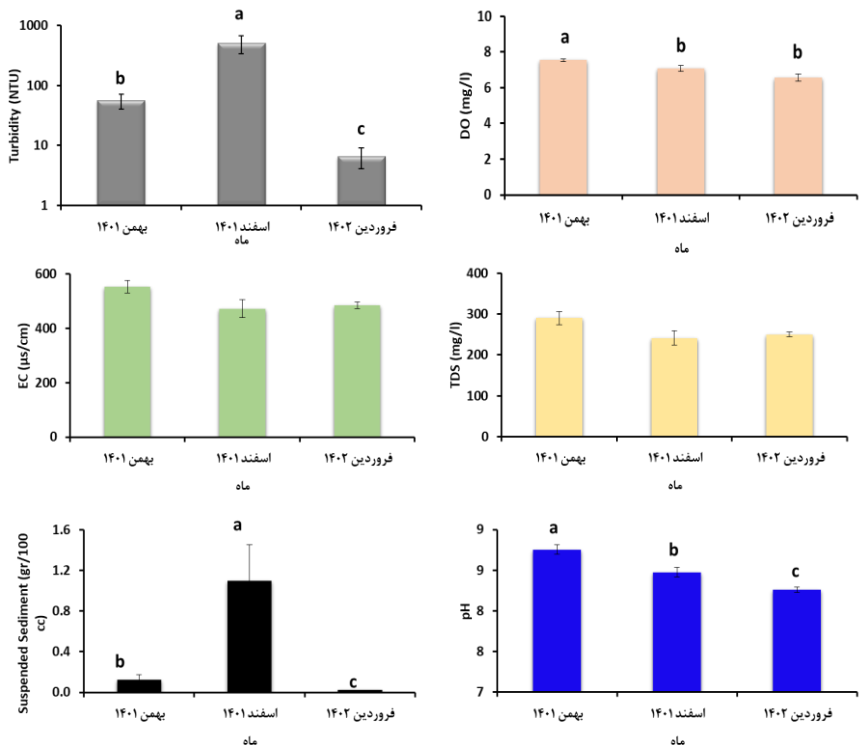
نتایج بررسی مقایسه میانگین ماهانه عناصر غذایی محلول زیرحوضه دره‌تفی (شکل ۳) حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار آماری نیتریت و کلسیم در ماه‌های مختلف می‌باشد. به‌طوری غلظت نیتریت بهمن ماه ۱۴۰۱ با ۰/۰۸ میلی‌گرم در لیتر کمتر از سایر ماه‌ها می‌باشد اما اختلاف معنی‌داری بین مقادیر میانگین نیتریت در ماه‌های اسفند ۱۴۰۱ (۰/۱۴ میلی‌گرم در لیتر)، فروردین ۱۴۰۲ (۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر) و اردیبهشت ۱۴۰۲ (۰/۱۹ میلی‌گرم در لیتر) وجود ندارد. غلظت کلسیم اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ با ۲۴/۶۶ میلی‌گرم در لیتر کمتر از سایر ماه‌ها می‌باشد اما اختلاف معنی‌داری بین مقادیر میانگین کلسیم در ماه‌های بهمن ۱۴۰۱ (۳۵/۹۱ میلی‌گرم در لیتر)، اسفند ۱۴۰۱ (۴۱/۸۴ میلی‌گرم در لیتر) و فروردین ۱۴۰۲ (۳۶/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) وجود ندارد.



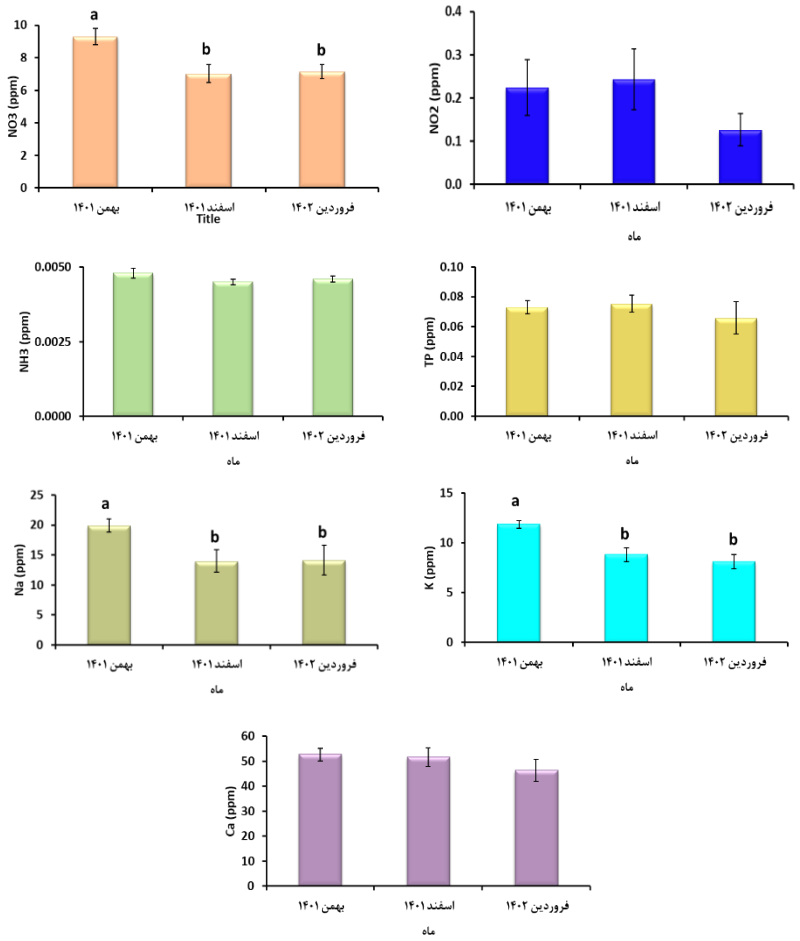
شکل ۳: تغییرات ماهانه میانگین غلظت مواد مغذی محلول زیرحوضه دره‌تفی

نتایج آزمون کروسکال-والیس حاکی از اختلاف معنی‌دار آماری مقادیر میانگین ماهانه متغیرهای کدورت (sig.=۰/۰۰۰)، اکسیژن محلول (sig.=۰/۰۰۰)، pH (sig.=۰/۰۰۰)، غلظت رسوب معلق (sig.=۰/۰۱۹)، نیترات (sig.=۰/۰۰۰)، سدیم (sig.=۰/۰۰۲) و پتاسیم (sig.=۰/۰۰۰) آب‌های سطحی ورودی سیف در سطح اعتماد ۹۵ درصد بود. همچنین نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن (شکل‌های ۴ و ۵) نشان داد که مقادیر میانگین کدورت ماه‌های نمونه‌برداری شده تفاوت معنی‌دار آماری دارند به‌طوری‌که در اسفند ماه ۱۴۰۱ شاهد بالاترین میانگین کدورت (۵۰۴/۸۷ NTU)، پس از آن بهمن ماه ۱۴۰۱ با میانگین کدورت ۵۶/۱۷ NTU و در نهایت در فروردین ماه ۱۴۰۲ شاهد کمترین میانگین کدورت (۶/۶۲ NTU) بودیم. بالاترین مقدار میانگین اکسیژن محلول آب این زیر حوضه در بهمن ماه ۱۴۰۱ (۷/۵۴ میلی‌گرم در لیتر) ثبت شد که دارای اختلاف معنی‌دار

آماری با دو ماه بعدی است. به‌طوری‌که میانگین مقدار اکسیژن محلول ماه‌های اسفند ۱۴۰۱ و فروردین ۱۴۰۲ به ترتیب ۷/۰۸ و ۶/۵۶ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین ماهانه غلظت رسوب معلق ماه‌های مورد مطالعه وجود دارد به‌طوری‌که بیشترین میانگین غلظت رسوب معلق متعلق به اسفند ماه ۱۴۰۱ (۱/۱۰ میلی گرم در لیتر)، پس از آن بهمن ماه ۱۴۰۱ (۰/۱۲ میلی‌گرم در لیتر) و در نهایت فروردین ۱۴۰۲ (۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر) می باشد. دلیل این امر بارش‌های شدید دو ماه اسفند و بهمن است. در این پژوهش شاهد اختلاف معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین ماهانه pH ماه‌های مختلف بودیم به‌طوری‌که بیشترین مقدار میانگین pH متعلق به بهمن ماه ۱۴۰۱ (۸/۷۵)، پس از آن اسفند ماه ۱۴۰۱ (۸/۴۸) و در نهایت فروردین ۱۴۰۲ (۸/۲۶) می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که میانگین غلظت نیترات محلول بهمن ماه ۱۴۰۱ در زیرحوضه سیف (۹/۳۰ میلی‌گرم در لیتر) دارای اختلاف معنی‌دار آماری با دو ماه پس از خود است اما مقادیر میانگین غلظت نیترات محلول ماه‌های اسفند ۱۴۰۱ و فروردین ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۷/۰۲ و ۷/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بوده و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند. میانگین غلظت سدیم محلول بهمن ماه ۱۴۰۱ (۱۹/۹ میلی‌گرم در لیتر) دارای اختلاف معنی‌دار آماری با دو ماه پس از خود است اما مقادیر میانگین غلظت سدیم محلول ماه‌های اسفند ۱۴۰۱ و فروردین ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۱۳/۹۹ و ۱۴/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بوده و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند. همچنین میانگین غلظت پتاسیم محلول بهمن ماه ۱۴۰۱ (۱۱/۸۶ میلی‌گرم در لیتر) دارای اختلاف معنی‌دار آماری با دو ماه پس از خود است اما مقادیر میانگین غلظت پتاسیم محلول ماه‌های اسفند ۱۴۰۱ و فروردین ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۸/۸۲ و ۸/۱۳ میلی‌گرم در لیتر بوده و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند.



شکل ۴: تغییرات ماهانه میانگین متغیرهای اولیه کیفی آب و همچنین میزان رسوب زیرحوضه سیف



شکل ۵:تغییرات ماهانه میانگین غلظت مواد مغذی محلول زیرحوضه سیف

مراجع

Allan, J.D. 2004. **Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems**. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35(1): 257–284.

APHA, 2017. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 23st edition, American Public Health association, Washington, D.C. pp. 4-118- 4-1121.

Dupas, R., Musolff, A., Jawitz, J.W., Rao, P.S.C., Jäger, C.G., Fleckenstein, J.H., Rode, M,. Borchardt, D. 2017. **Carbon and nutrient export regimes from headwater catchments to downstream reaches**. Biogeosciences 14(18): 4391-4407.

Green, M.B., Finlay, J.C., 2010. **Patterns of hydrologic control over stream water total nitrogen to total phosphorus ratios**. Biogeochemistry 99(1–3): 15-30.

Green, M.B., Nieber, J.L., Johnson, G., Magner, J., Schaefer, B. 2007. **Flow path influence on an N: P ratio in two headwater streams: A paired watershed study**. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 112 (G3): 1–11.

Ho, J.C., Michalak, A.M. 2017. **Phytoplankton blooms in Lake Erie impacted by both long-term and springtime phosphorus loading**. Journal of Great Lakes Research, 43(3): 221-228.

Jarvie, H.P., Sharpley, A.N., Withers, P.J.A., Scott, J.T., Haggard, B.E., Neal, C. 2013. **Phosphorus mitigation to control river eutrophication: Murky waters, inconvenient truths, and "postnormal" science**. Journal of Environmental Quality, 42: 295-304.

Jarvie, H.P., Smith, D.R., Norton, L.R., Edwards, F.K., Bowes, M.J., King, S.M., Scarlett, P., Davies, S., Dils, R.M., Bachiller-Jareno, N. 2018. **Phosphorus and nitrogen limitation and impairment of headwater streams relative to rivers in Great Britain: A national perspective on eutrophication**. Science of the Total Environment, 621: 849-862.

Jarvie, H.P., Withers, P.J.A., Hodgkinson, R., Bates, A., Neal, M., Wickham, H.D,. Harman, S.A., Armstrong, L. 2008. **Influence of rural land use on streamwater nutrients and their ecological significance**. Journal of Hydrology, 350 (3-4): 166-186.

Ji, Z.G., 2008. **Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes, and estuaries**, John Wiley & Sons, Inc, 679 p.

Makarewicz, J.C., Lewis, T.W., Boyer, G.L., Edwards, W.J. 2012. **The influence of streams on nearshore water chemistry, Lake Ontario**. Journal of Great Lakes Research, 38: 62-71.

Mooney, R.J., Stanley, E.H., Rosenthal, W.C., Esselman, P.C., Kendall, A.D., Mclntyre, P.B. 2020. **Outsized nutrient contributions from small tributaries to a Great Lake**. PANS, 117(45): 28175-28182.

Peñuelas, J., Poulter, B., Sardans, J., Ciais, P., Van Der Velde, M., Bopp, L., Boucher, O,. Godderis, Y., Hinsinger, P., Llusia, J., Nardin, E., Vicca, S., Obersteiner, M,. Janssens, I.A. 2013. **Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe**. Nature Communications, 4(2394), 1-10.

Poikane, S., Kelly, M.G., Salas Herrero, F., Pitt, J., Jarvie, H.P., Claussen, U., Leujak, W,. Solheim, A.L., Teixeira, H., Phillips, G. 2019. **Nutrient criteria for surface water under the European Water Frame-Work Directive: current state-of-the-art ,challenges and future outlook**. Science of the Total Environment, 695: 1-14.

Rattan, K.J., Chambers, P.A. 2017. **Total, dissolved and particulate N:P stoichiometry in Canadian Prairie streams in relation to land cover and hydrologic variability**. Proceedings, 2(5): 183.

Thomas, K.E., Lazor, R., Chambers, P.A., Yates, A.G. 2018. **Land-use practice influence nutrient concentrations of southwestern Ontario streams.** Canadian Water Resources Journal, 43 (1): 2-17.

Walling, D.E., Collins, A.L., Sichingabula, H.A. and Leeks, G.J.L. 2001. **Integrated Assessmen of Catchment Suspended Sediment Budget: A Zambian Example.** Land Degradation and Development, 12: 387-415.

Wurtsbaugh, W.A., Paerl, H.W., Dodds, W.K. 2019. **Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum.** Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6(5): 1–27.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

وقوع میکروپلاستیک در دریاچه زریبار: ارزیابی ریسک

منیره نوری[۱]، هوشیار حسینی*[۲]، حکمت عبدی[۳]، تورج مساحی[۱]

کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

کمیته تحقیقات و فناوری دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

وجود میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های دریایی به‌دلیل وزن کم، ماندگاری طولانی و خطر برای جوامع دریایی مرتبط باعث نگرانی جهانی شده است. با توجه به ماهیت و خطرات ذرات میکروپلاستیک برای آبزیان و گونه‌های جانوری مختلف دریاچه زریبار، این مطالعه با هدف بررسی پراکندگی میکروپلاستیک‌ها در آب این دریاچه که یکی از بزرگترین دریاچه‌های آب شیرین جهان محسوب می‌شود، انجام شد. در این مطالعه توصیفی مقطعی، با استفاده از نقشه دریاچه و با انتخاب ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری توسط سامانه موقعیت‌یابی جهانی و با حفظ فاصله حداقل ۱۰ متری از ساحل برای جلوگیری از آلودگی ساحلی نقاط نمونه‌برداری، تعیین گردید. نمونه‌برداری با استفاده از ظروف شیشه‌ای از ستون آب دریاچه انجام شد. با انتقال نمونه‌ها در شرایط خاص به آزمایشگاه، تجزیه و تحلیل نمونه‌ها برای بررسی میکروپلاستیک‌ها انجام گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد آب دریاچه زریبار به میکروپلاستیک‌ها آلوده می‌باشد و میکروپلاستیک‌های الیافی و قطعات شکل غالب میکروپلاستیک‌های موجود در دریاچه می‌باشند که حاصل فعالیت‌های روزمره انسان است. همچنین پلیمرهای پلی‌استایرن، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌آمید وپلی‌وینیل کلراید نیز پلیمرهای مشاهده شده در این دریاچه می‌باشند. ورود میکروپلاستیک‌ها از منابع مختلف به دریاچه به‌نوان یک تهدید جدی برای محیط‌زیست اکوسیستم محسوب می‌شود.

کلید واژه‌ها: میکروپلاستیک‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها، ارزیابی ریسک، دریاچه زریبار

Occurrence of microplastics in Zrebar Lake: Risk Assessment

Abstract

The ubiquitous presence of microplastics (MPs) in marine ecosystems has raised significant global concerns due to their persistent nature, low density, and potential harm to aquatic life. Given the unique characteristics and associated risks of MPs to aquatic organisms and various species inhabiting Lake Zrebar, this study aimed to assess the distribution of MPs in water column of this large freshwater lake. Fifteen sampling stations were strategically selected using a Global Positioning System (GPS) and a lake map. After collecting samples from the water using a diver and glass containers, the samples were transported to the laboratory under controlled conditions for microplastic analysis. The presence of MPs in water samples of Zrebar lake was confirmed, with a predominance of fiber and fragment-shaped microplastics of various sizes. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis revealed the presence of polymers such as polystyrene, polypropylene, polyamide, polyethylene terephthalate, polyurethane, and polyvinyl carbonate. The existence of these microplastics poses a significant threat to this ecosystem.

Keywords: Microplastics detection, Wetlands, Lakes, Zrebar lake.

مقدمه

قرن بیستم شاهد انقلابی در تولید پلاستیک بود که منجر به یک نگرانی بزرگ زیست‌محیطی شد. میکروپلاستیک‌ها؛ ذرات کوچک، اغلب کمتر از ۵ میلی‌متر اندازه دارند، به‌راحتی تجزیه نمی‌شوند و می‌توانند صدها سال در محیط باقی بمانند. آنها همه جا هستند. در اقیانوس‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و حتی در هوایی که ما تنفس می‌کنیم یافت می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها برای اکوسیستم‌ها و سلامت انسان‌ها تهدید به‌شمار می‌آیند. در محیط‌های آبی، آنها توسط موجودات مختلف از جمله ماهی، صدف‌ها و زئوپلانکتون‌ها بلعیده می‌شوند و به این ترتیب وارد چرخه غذایی انسان می‌شوند (۱, ۲). علاوه بر این، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند عملکرد اکوسیستم را مختل کنند. آنها می‌توانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، آب و رسوبات را تغییر دهند، مواد شیمیایی مضر و پاتوژن‌ها را انتقال دهند و حتی به‌عنوان یک ناقل برای گونه‌های مهاجم عمل کنند (۳). مروری بر مطالعات انجام شده بر روی میکروپلاستیک‌ها و موجودات موجود در محیط‌های آبی نشان داد که یک همبستگی مثبت بین تعداد میکروپلاستیک‌ها و آلاینده‌های آلی/غیر آلی در بافت برخی از گونه‌ها وجود دارد و این بر نیاز به کنترل آلودگی میکروپلاستیک برای حفظ تنوع زیستی و به حداقل رساندن خطرات برای موجودات آبزی و انسان تأکید می‌کند (۴, ۵). مطالعات نشان داده‌اند که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند در غذاهای دریایی انباشته شوند و مصرف این محصولات آلوده می‌تواند انسان را در معرض طیف وسیعی از خطرات سلامتی از جمله مشکلات گوارشی، التهاب و مشکلات بالقوه سلامت درازمدت قرار دهد (۶). آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها به‌دلیل قرار گرفتن در معرض فعالیت‌های انسانی و منابع پسماند پلاستیکی، به‌ویژه در برابر آلودگی میکروپلاستیک آسیب‌پذیر هستند. مطالعات نشان داده‌اند که مناطق شهری و فعالیت‌های صنعتی منابع اصلی آلودگی میکروپلاستیک در آب‌های سطحی هستند (۷, ۸). وجود میکروپلاستیک‌ها در دریاچه‌ها به‌دلیل شیوع گسترده این آلاینده‌ها در آب شیرین به یک نگرانی فزاینده تبدیل شده است. میکروپلاستیک‌ها را می‌توان در رسوبات دست نخورده دریاچه‌ها یافت و حضور آنها در دریاچه‌ها سوالاتی را در مورد خطرات بالقوه آنها برای اکوسیستم و سلامت انسان ایجاد می‌کند. دریاچه‌ها اکوسیستم‌های حیاتی هستند که طیف وسیعی از خدمات اکولوژیک از جمله کنترل سیل، تصفیه آب و ترسیب کربن را ارائه می‌دهند. آنها همچنین زیستگاه بسیاری از گونه‌های در معرض تهدید و حفاظت شده را فراهم می‌کنند. با این حال، دریاچه‌ها اغلب کمتر از ارزش‌گذاری شده و عملکرد آنها به‌طور کامل مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد. بنابراین، مدیریت صحیح و حفاظت از تالاب‌ها برای حفظ یکپارچگی اکولوژیکی آنها و تضمین تداوم ارائه این خدمات ارزشمند ضروری است. اهمیت اکولوژیکی دریاچه زریبار در حمایت از طیف گسترده‌ای از گیاهان و جانوران آبزی از جمله چندین گونه در معرض خطر و حفاظت شده مشهود است. به علاوه، این دریاچه نقش کلیدی در بخش‌های گردشگری و تفریحی محلی ایفا می‌کند. با این حال، مانند بسیاری از اکوسیستم‌های آب شیرین، دریاچه زریبار در برابر آلودگی ناشی از منابع متعدد از جمله رواناب‌های کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی آسیب‌پذیر است. این حساسیت به آلودگی بر نیاز به مدیریت مؤثر و استراتژی‌های حفاظتی برای حفاظت از یکپارچگی اکولوژیک دریاچه و رفاه گونه‌های مرتبط با آن تأکید می‌کند. وجود میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار این پتانسیل را دارد که بر سلامت موجودات آبزی و عملکرد اکولوژیک تالاب تأثیر منفی بگذارد. با مطالعه حضور و پراکنش میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار، محققان می‌توانند به اطلاعات ارزشمندی در مورد میزان و منابع آلودگی میکروپلاستیک در اکوسیستم‌های آب شیرین ایران دست یابند. این تحقیق برای ارزیابی فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم دریاچه‌ها و خطرات بالقوه آنها ضروری است. اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعه حضور و پراکنش میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار می‌تواند برای شکل‌دهی سیاست‌گذاری و تصمیمات مدیریتی با هدف کاهش آلودگی میکروپلاستیک و حفظ یکپارچگی اکولوژیک تالاب‌هایی مانند دریاچه زریبار مورد استفاده قرار گیرد. تلاش جهانی برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها در منابع مختلف آب به‌عنوان یک نگرانی مهم ظاهر شده است. در حالی‌که سطوح آلودگی کنونی قابل توجه تلقی نمی‌شود، محققان بر ضرورت نظارت مستمر و مدیریت تالاب‌ها برای جلوگیری از آلودگی بیشتر و حفظ اکوسیستم‌ها تأکید دارند. مطالعه میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار و تلاش‌های تحقیقاتی مشابه، نقشی محوری در اطلاع‌رسانی سیاست‌ها و استراتژی‌های مدیریتی با هدف کاهش آلودگی میکروپلاستیک و حفظ تعادل اکولوژیک تالاب‌ها ایفا

می‌کند. این یافته‌ها با نگرانی روزافزون جهانی در مورد میکروپلاستیک‌ها مطابقت دارد و تلاش‌های هماهنگی را برای به‌حداقل رساندن تولید آنها و کاهش اثرات زیست‌محیطی آنها انجام می‌دهد. این مطالعه به تلاش‌های مداوم برای درک تأثیر میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم‌های دریاچه و خطرات بالقوه آنها کمک می‌کند. برای پرداختن به این موضوع مهم، درک منابع، توزیع و تأثیرات میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های مختلف بسیار مهم است.

مواد و روش‌ها

محل مطالعه و جمع‌آوری نمونه

دریاچه زریبار دریاچه‌ای آب شیرین است که در شمال غربی ایران و به‌طور خاص در شهرستان مریوان استان کردستان واقع شده است. در دامنه‌کوه‌های زاگرس قرار دارد و عمدتاً از چشمه‌های کف دریاچه تغذیه می‌شود. مختصات جغرافیایی تالاب زریبار بین ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۰۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۰۹ دقیقه طول شرقی است. این دریاچه در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. این دریاچه به‌عنوان یک دریاچه آب شیرین به طول تقریبی ۴/۵ کیلومتر توصیف می‌شود. عمق دریاچه بین ۱/۳ تا ۵/۹ متر است. نکته حائز اهمیت این است که دریاچه زریبار یکی از تالاب‌های شاخص ایران به‌شمار می‌رود که دارای بیش از ۲۵۰ تالاب به وسعت حدود ۲/۵ میلیون هکتار است. مساحت دریاچه زریبار تقریباً ۵/۶ کیلومتر مربع است. این دریاچه یک اکوسیستم آب شیرین است که بیشتر به‌عنوان تالاب شناخته می‌شود و به‌دلیل موقعیت جغرافیایی منحصر به‌فرد خود یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های پرندگان مهاجر در ایران است. منطقه مریوان و دریاچه زریبار تحت تأثیر الگوهای خاص باد است. بادهای غالب در این منطقه عموماً از شمال غربی به جنوب شرقی می‌وزد. این بادها معمولاً از کوه‌های کردستان سرچشمه می‌گیرند و تأثیر به‌سزایی بر وضعیت آب و هوا و دمای منطقه به‌ویژه در فصل تابستان دارند. در مجموع به‌دلیل وجود کوه و دریاچه، منطقه دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است. از نقطه نظر صنعتی، منطقه اطراف دریاچه تا حد زیادی به کشاورزی و دامداری وابسته است. اما در سال‌های اخیر به‌دلیل رشد جمعیت و توسعه اقتصادی برخی فعالیت‌های صنعتی نیز در اطراف دریاچه مشاهده شده است. این نوع فعالیت‌ها می‌تواند تهدیدهای زیست‌محیطی برای اکوسیستم دریاچه زریبار به‌ویژه از نظر تولید زباله‌های پلاستیکی و تأثیر آن بر آب و خاک باشد (۱۴). برای تعیین نقاط نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از نقشه دریاچه شناسایی شدند. (ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ مشخص شده است). انتخاب شاخص ورود نمونه و تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری شامل انتخاب فاصله حداقل ۱۰ متری از ساحل، به استثنای مناطق نزدیک به ساحل برای جلوگیری از تأثیرپذیری نمونه‌ها توسط آلودگی ساحل است. در طول نمونه‌برداری از غواص برای نمونه‌برداری استفاده شد و از ظروف شیشه‌ای برای برداشت آب استفاده گردید. نمونه‌برداری در پاییز ۱۴۰۳ در نقاط مذکور انجام شده و نمونه‌ها برای آزمایش به آزمایشگاه منتقل شدند. در این تحقیق ۱۵ ایستگاه در فواصل تقریبی ۳۰۰ متر تعیین و از هر ایستگاه یک نمونه آب (از ستون آب) جمع‌آوری شد. در مجموع ۱۵ نمونه جمع‌آوری شد. نقاط نمونه براساس محل تخلیه فاضلاب و فاضلاب کشاورزی و همچنین استفاده از آنها برای ماهیگیری و مجاورت با روستاهای اطراف به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. طبق دستورالعمل‌های استاندارد برای نمونه‌برداری میکروپلاستیک از محیط، نقاط نمونه‌برداری تا حد امکان پراکنده انتخاب شدند. نمونه‌ها در بطری‌های شیشه‌ای ۲ لیتری جمع‌آوری شد. تمام نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرد نگهداری شدند تا زمانی که در آزمایشگاه آنالیز شدند.

شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری

روش تحلیل

فراوانی، شکل، اندازه و رنگ میکروپلاستیک‌ها روی فیلترها با استفاده از استریومیکروسکوپ (Olympus SZX16، Olympus K.K، ژاپن) تعیین شد. میکروپلاستیک‌ها به چهار شکل (فیبر، قطعه، فیلم و فوم) و ۵ اندازه (< ۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۵۰۰ و بزرگتر (میکرومتر)) طبقه‌بندی شدند. اندازه میکروپلاستیک‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری قطر فرت تعیین شد. برای تشخیص دقیق ذرات میکروپلاستیک از سایر ذرات کریستالی مانند نمک‌های مختلف، از تست سوزن داغ استفاده شد. تعداد میکروپلاستیک‌های شناسایی شده به‌عنوان تعداد ذرات در هر لیتر آب (ذره/لیتر) تعیین شد. علاوه بر این، ویژگی‌های ریختی سطح میکروپلاستیک‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (SEM) (Hitachi SU3500، Bruker Nano GmbH برلین، آلمان) مورد بررسی قرار گرفت. برای شناسایی پلیمرها از طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شد (PerkinElmer، ایالات متحده). شناسایی انواع پلیمر با مقایسه طیف‌های اندازه‌گیری شده با داده‌های موجود قبلی تسهیل شد (۹, ۱۰).

کنترل کیفیت و تضمین کیفیت

برای اطمینان از صحت داده‌های به‌دست آمده، اقدامات کنترل کیفیت اجرا شد. ظروف نمونه‌برداری شیشه‌ای قبل از انتقال به ایستگاه بعدی با آب مقطر شسته شدند تا آلودگی متقاطع بین ایستگاه‌ها کاهش یابد. در طول استخراج و مشاهده میکروپلاستیک‌ها، از روش‌های مورد استفاده در مطالعات قبلی مانند استفاده از دستکش لاتکس، لباس‌های آزمایشگاهی ۱۰۰ درصد پنبه، اتاق تمیز و بسته و هود پیروی شد. علاوه بر این، تمام تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده، از جمله بطری‌های نمونه، لوله‌های آزمایش، فور و فیلترها از مواد غیر پلاستیکی (شیشه یا فولاد ضد زنگ) ساخته شده‌اند. کلیه تجهیزات آزمایشگاهی قبل از استفاده استریل شدند و نمونه‌ها در شرایطی بسته (در یک پلیت شیشه‌ای با درب بسته) در صورت عدم تجزیه و تحلیل نگهداری می‌شدند. در تمام مراحل از آب مقطر استفاده شد.

شمارش و جداسازی میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های آب

نمونه‌ها از ستون آب تحت شرایط خاص بر اساس زمان جمع‌آوری و در ظروف شیشه‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محیطی تاریک و کنترل شده برای انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از ورود، نمونه‌ها با استفاده از فیلتر فایبرگلاس و قیف بوخنر، فیلتر شدند. تمامی فیلترها در پتری‌دیش‌های مهر و موم شده ذخیره شده و برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه‌های تعیین شده ارسال شدند. برای اکسید کردن مواد آلی، ۱۰ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید ۳۰ درصد به هر لیتر نمونه اضافه شد. این روش تقریباً ۹۵ درصد بازدهی را در هضم مواد آلی ارائه می‌دهد. پس از آن، برای تسهیل شناورسازی میکروپلاستیک مبتنی بر چگالی، محلول نمک سدیم کلرید (Sodium chloride, Merck) (۵ گرم در لیتر) به ظروف نمونه اضافه شد. سپس محتویات با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه با استفاده از همزن به‌مدت ۳ دقیقه به هم زده شد. مخلوط به‌مدت ۲۰ دقیقه ته‌نشین شد و پس از آن مایع رویی تخلیه شد. مایع رویی از طریق فیلتر فایبرگلاس (درجه A/۵۰، منفذ ۱/۲ میکرومتر، قطر ۴۷ میلی‌متر) با استفاده از قیف بوخنر و پمپ خلاء فیلتر شد. سپس کاغذ صافی به پتری‌دیش شیشه‌ای منتقل شد، برچسب‌گذاری و برای تجزیه و تحلیل آماده شد.

تعیین پلیمرهای میکروپلاستیک‌ها

برای تحلیل پلیمری میکروپلاستیک‌ها در مطالعه حاضر، از طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) در حالت بازتاب (ATR-FTIR برای ذرات >۱۰۰ میکرومتر) استفاده شد. طیف‌های به‌دست آمده با کتابخانه‌های پلیمری استاندارد (NIST SRM 2905) مقایسه گردید و پلیمرها تشخیص داده شدند.

ارزیابی ریسک

بر اساس مطالعات قبلی، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی آلودگی میکروپلاستیک در دریاچه زریبار انجام شد (۱۱). با توجه به غلظت میکروپلاستیک‌ها و تنوع ترکیب پلیمرهای میکروپلاستیک، میزان خطری که ایجاد می‌کنند برآورد شد. H برای رتبه‌بندی خطر آلودگی میکروپلاستیک‌ها همان‌طور که در رابطه ۱ نشان داده شده است، محاسبه شد:

$$H = \Sigma S_n \times P_n \qquad (۱)$$

که در آن H: شاخص خطر ناشی از میکروپلاستیک‌ها، S_n: عدد ریسک پلیمرهای میکروپلاستیک و P_n: نسبت هر نوع پلیمر میکروپلاستیک است.

شاخص بار آلودگی (PL_I) نیز بر اساس معادلات زیر به‌دست آمد (۱۸):

$$CF_i = Ci / C_{0i} \qquad (۲)$$

$$PLI_i = \sqrt{CFi} \quad (۳)$$

$$PLI_{estuary} = \sqrt{} PLI_1 \times PLI_2 \times PLI_3 \times PLI_4 \times PLI_n \qquad (۴)$$

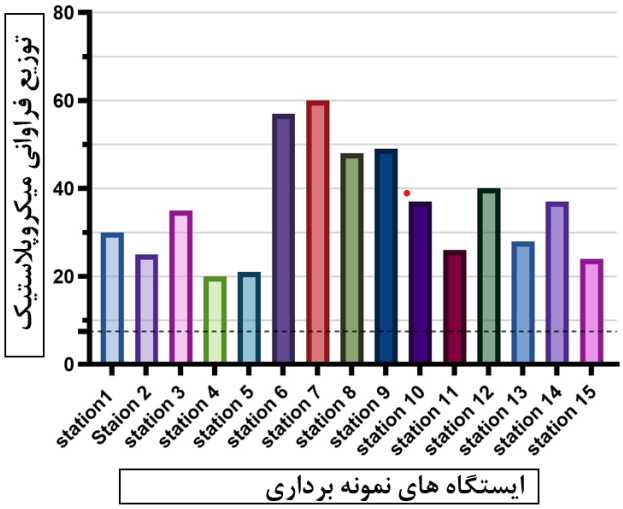
که در آن:

C_i: فراوانی میکروپلاستیک در ایستگاه i و C_{oi}: فراوانی میکروپلاستیک‌های اساسی است که از لحاظ نظری یک مقدار مرجع برای غلظت میکروپلاستیک‌ها در مرحله پایه صنعت پلاستیک است. برای ارزیابی مقیاس خطر میکروپلاستیک‌ها، C_{oi} به‌عنوان حداقل میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌های آزاد شده (۰/۰۱ ذرات بر متر مکعب) در آب‌های سطحی تعریف می‌شود. CF_i: فاکتور آلودگی میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با میکروپلاستیک‌های پایه، مقدار C_i و C_{oi} است. PLI_i: شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک‌ها در سایت i، جذر C_{fi} و n: تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری است. $PLI_{estuary}$: شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک برای آب‌های سطحی، نهمین ریشه همه شاخص‌های بار آلودگی میکروپلاستیک است که در یکدیگر ضرب شده‌اند (۱۸).

نتایج و بحث

تعیین کمیت میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار

ذرات میکروپلاستیک در تمام نمونه‌های آب دریاچه با فراوانی‌های متفاوت در ایستگاه‌های مختلف یافت شدند (نمودار ۱). تشخیص میکروپلاستیک در نمونه‌های آب از هر ۱۵ ایستگاه اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده آلودگی تمام نمونه‌های جمع‌آوری شده با میکروپلاستیک‌ها است. فراوانی میکروپلاستیک‌ها ۵۳۱ ذره در لیتر بود. همچنین میانگین فراوانی در نمونه‌های آب ۳۵/۸ ذره در لیتر بود. بیشترین تعداد ذرات میکروپلاستیک در ایستگاه ۷ با ۶۰ ذره در لیتر مشاهده شد. همچنین کمترین تعداد ذرات میکروپلاستیک در ایستگاه ۴ با ۲۰ ذره در لیتر مشاهده شد. در مطالعه Ramadan و همکاران، فراوانی میکروپلاستیک‌ها در دریاچه جاتیلهور در اندونزی از ۷۰۰ تا ۴۵۰۰ ذره در کیلومتر مربع در هفت محل نمونه‌برداری متغیر بود (۱۲). به‌همین ترتیب، در مطالعه‌ای که توسط Baldwin و همکاران انجام شد، ذرات میکروپلاستیک در تمام ۱۰۷ نمونه با حداکثر غلظت ۳۲ ذره در لیتر یافت شد که مشابه نتایج مطالعه حاضر است (۱۳). زباله‌های پلاستیکی در حوضه‌های آبخیز نزدیک به مناطق شهری در مقایسه با مناطقی که دارای پوشش‌های دیگر هستند، بیشتر است. علاوه بر این، این ذرات در چنین مناطقی تحرک بیشتری دارند، زیرا سطوح غیرقابل نفوذ و رواناب‌های طوفان در منابع نزدیک به مناطق شهری، حمل و نقل پلاستیک را به آب‌های دریافت کننده در طول تشکیل رواناب تسهیل می‌کند (۱۴). تحقیقات قبلی همچنین ارتباط بین غلظت میکروپلاستیک و ویژگی‌های مربوط به شهری مانند تراکم جمعیت و توسعه شهری را گزارش کرده‌اند (۳, ۱۵). دریاچه زریبار که تنها در ۲ کیلومتری شهر مریوان قرار دارد نیز تحت تأثیر این ویژگی‌های شهری است که در نهایت منجر به ورود و نفوذ آسان ذرات میکروپلاستیک به آب دریاچه می‌شود (۱۶). در مطالعه Wang و همکاران، غلظت میکروپلاستیک‌های موجود در آب‌های مورد مطالعه چندین دریاچه در چین از ۱۶۶ تا ۶۳۹/۱ ذره در لیتر متغیر بود. فراوانی میکروپلاستیک‌ها در دریاچه‌های مختلف در این مطالعه، مشابه مطالعه حاضر، همبستگی منفی معنی‌داری با فاصله از مرکز شهر نشان داد (۱۷). هر نوع پلاستیک، از جمله میکروپلاستیک‌ها، که در محیط یافت می‌شوند، ارتباط نزدیکی با فعالیت‌های انسانی دارند. در مقایسه با سطح وسیع دریاچه، میکروپلاستیک‌ها بیشتر در آب تحت تأثیر جریان‌ها می‌باشند (۱۸, ۱۹). همچنین این یک واقعیت است که برخی از مناطق ساحلی به محل تجمع میکروپلاستیک‌ها تبدیل می‌شوند. با این وجود، شرایط هیدرودینامیکی موجود در دریاچه تأثیر به‌سزایی در توزیع میکروپلاستیک‌ها دارد، اما تأثیر این توزیع هیدرودینامیکی هنوز با قطعیت قابل تأیید نیست و این موضوع نیاز به تحقیقات بیشتری دارد (۲۰). توسعه گردشگری و افزایش امکانات تفریحی در اطراف دریاچه و همچنین گسترش فعالیت‌های کشاورزی و متعاقب آن مصرف زیاد، ممکن است زندگی راحتی را در اینجا به ارمغان بیاورد، اما باعث می‌شود مقدار زیادی میکروپلاستیک به دریاچه تخلیه شود. براساس پیش‌بینی‌های محلی، گردشگری و بازدید از دریاچه در سال‌های اخیر ۵ برابر شده است. این روند در توزیع میکروپلاستیک‌ها در دریاچه، جایی که جاذبه‌های گردشگری، هتل‌ها و اقامتگاه‌های اکوتوریسمی در شمال و جنوب، غلظت بیشتری از میکروپلاستیک‌ها را نشان می‌دهند، منعکس شده است. همچنین برای توسعه گردشگری مجموعه‌ای از تأسیسات حمایتی در کنار دریاچه زریبار احداث شده که از مهمترین آنها می‌توان به جاده کنار دریاچه و اسکله تفریحی اشاره کرد. این تحولات منجر به افزایش قابل توجه ترافیک شده است. علاوه بر زباله‌های پلاستیکی که توسط گردشگران دور ریخته می‌شود، فرسودگی لاستیک وسایل نقلیه و ریختن رنگ از بدنه قایق‌ها همگی منابع مهم میکروپلاستیک هستند. تاکنون استاندارد ثابت و یکنواختی برای بررسی فراوانی میکروپلاستیک‌ها در آب‌های سطحی وجود نداشته است، به این معنی که نتایج تمام مطالعات انجام شده را نمی‌توان به‌طور کامل با یکدیگر مقایسه کرد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه Eriksen و همکاران نیز همخوانی دارد (۳). همچنین توسط مطالعات مختلف نشان داده شده است که میکروپلاستیک‌ها ممکن است از طریق منابع نقطه‌ای مختلف وارد محیط شده و به سیستم‌های آب شیرین (برخی دریاچه‌ها یا رودخانه‌ها) نفوذ کنند و به‌راحتی در تجزیه و تحلیل میکروپلاستیک منابع آب یافت می‌شوند (۸, ۱۲).



نمودار ۱: توزیع فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شکل و اندازه

میکروپلاستیک‌های استخراج شده در این مطالعه غلبه الیاف[1] و قطعات[2] را در همه نمونه‌ها نشان دادند (نمودار ۲). الیاف با ۴۵۰ ذره در آب (۸۳/۸۰ درصد) بیشترین فراوانی را داشتند. در مطالعه Alfonso و همکاران، بررسی میکروپلاستیک‌ها در ۹ دریاچه در سراسر پاتاگونیا (آمریکای جنوبی) (۲۱) به‌طور مشابه، مانند مطالعه حاضر، غلبه الیاف نشان داده شد. میکروپلاستیک‌ها از نوع الیافی عمدتاً از شستشوی لباس‌ها و سایر منسوجات و همچنین استفاده از محصولات مراقبت شخصی مانند خمیر دندان، لایه‌بردارها و ماسک‌های صورت تولید می‌شود. مهمترین منبع الیاف ورودی به منابع آب، محصولات آرایشی و بهداشتی و منبع میکروپلاستیک‌های قطعه‌ای بسته‌بندی است. پساب فاضلاب بدون تصفیه وارد دریاچه می‌شود که می‌تواند منبع مهم آلودگی میکروپلاستیک از نوع الیاف در دریاچه باشد. همچنین مجاورت هتل‌ها و مراکز گردشگری در مجاورت دریاچه می‌تواند عامل مهمی در حضور این نوع میکروپلاستیک‌ها باشد. فراوانی میکروپلاستیک‌ها بر اساس شکل می‌تواند بسته به محل نمونه‌برداری، شرایط محیطی و مطالعه خاص در حال انجام متفاوت باشد. توجه به این نکته مهم است که فراوانی میکروپلاستیک‌ها نیز می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند ترکیب، اندازه و نوع نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (۲۲, ۲۳). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۹، که توسط لاهیجان زاده و همکاران انجام شد، وضعیت ذرات میکروپلاستیک در خور موسی در خلیج فارس بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه مشابه مطالعه حاضر بود و وجود ذرات الیافی با اندازه کمتر از ۱۰۰ میکرومتر را تأیید می‌کرد. الیاف میکروپلاستیک علاوه بر اینکه از طریق شستشوی منسوجات تولید می‌شود، از کهنه شدن لباس‌های مصنوعی و انواع فرش‌ها نیز سرچشمه می‌گیرد (۳۴). غلبه الیاف (۷۱ درصد) و قطعات (۱۷ درصد) در نمونه‌های مطالعه Baldwin و همکاران مشاهده شد که با مطالعه حاضر نیز مطابقت دارد (۱۳).

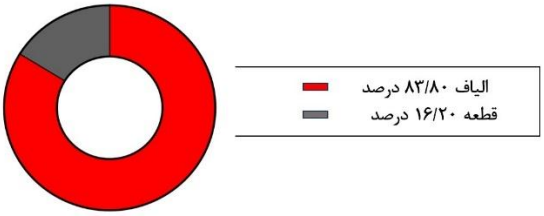
تمام این موارد احتمالاً به‌دلیل فعالیت‌های ماهیگیری و گردشگری و همچنین تخلیه فاضلاب محلی است که همگی منابع بالقوه الیاف هستند (۲۵). میکروپلاستیک‌های قطعه معمولاً از شکستن و تخریب زباله‌های پلاستیکی بزرگتر منشأ می‌گیرند و شکل خاصی ندارند (۲۶). شکل ۲ نتایج تجزیه و تحلیل میکروپلاستیک‌های قطعه در نمونه‌ها را با استفاده از استریومیکروسکوپ (الف-ت) نشان می‌دهد، همچنین نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (SEM) و آنالیز ایدکس(EDS) (ث-ح) به‌ترتیب ارائه شده است. همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود، برخی از میکروپلاستیک‌ها برجستگی‌ها و ترک‌هایی را روی سطوح خود نشان می‌دهند که می‌تواند مربوط به هوازدگی، شکستگی یا پیری پلیمر باشد.

[1] Fibers
[2] Fragments

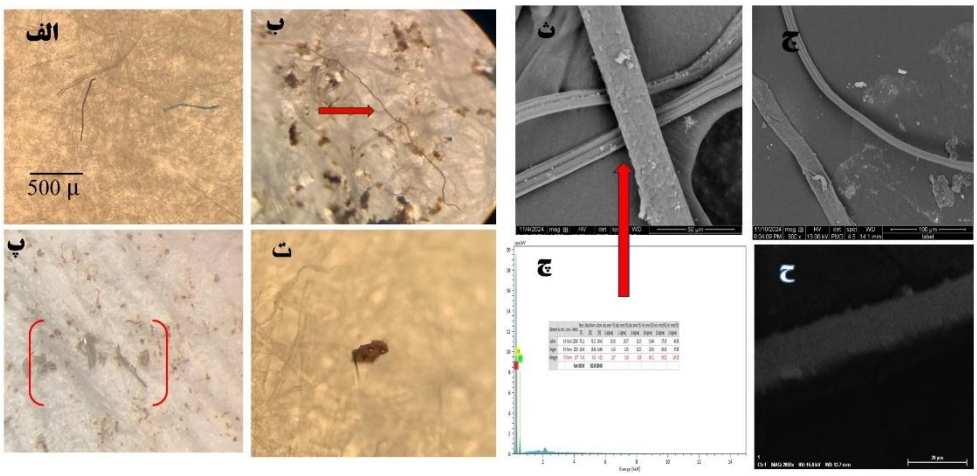
کربن (C)، اکسیژن (O) و نیتروژن (N) عناصر اصلی شناسایی شده در ترکیب ذرات میکروپلاستیک بودند. Su و همکاران آلودگی میکروپلاستیک را در کل دریاچه تایهو[1]، چین بررسی کردند و گزارش دادند که الیاف در ۴۸ تا ۸۴ درصد از نمونه‌ها غالب بود (۲۷). نوع محیط اطراف، وجود فعالیت‌های مختلف صنعتی و گردشگری در اطراف دریاچه‌ها و عملکرد دریاچه‌ها بر توزیع ریختی میکروپلاستیک‌ها تأثیر می‌گذارد (۲۸).

براساس اندازه، میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریبار به چهار گروه با اندازه‌های ۱۰۰-۵۰۰ میکرومتر[2]، ۱۰۰۰-۱۵۰۰ میکرومتر، ۱۵۰۰-۲۰۰۰ میکرومتر و بزرگتر از ۲۵۰۰ میکرومتر تقسیم شدند. با توجه به تجزیه و تحلیل، محدوده اندازه ۲۰۰۰ میکرومتر و بزرگتر، فراوان‌ترین محدوده اندازه ذرات میکروپلاستیک بود، که ۳۳/۷ درصد از کل میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های آب را تشکیل می‌داد. درصد میکروپلاستیک‌ها بر اساس اندازه در نمودار ۳ نشان داده شده است. بدیهی است که اندازه ذرات غالب میکروپلاستیک در این مطالعه ذرات ۵۰۰<μm بود. نتایج نشان داد که فعالیت‌های انسانی در حوزه آبخیز و آب دریاچه نقش به‌سزایی در توزیع و فراوانی آلاینده‌های میکروپلاستیک در دریاچه دارد (۲۶). وجود میکروپلاستیک‌ها در ستون آب را می‌توان به این واقعیت نسبت داد که یک قطعه پلاستیکی بزرگ می‌تواند به قطعات پلاستیکی کوچکتر متعددی تجزیه شود. میکروپلاستیک‌های بزرگتر فقط به قطعات کوچکتر شکسته می‌شوند و در نتیجه میکروپلاستیک‌های کوچکتر غالب می‌شوند (۲۸). میکروپلاستیک‌ها در محدوده ۲۰۰۰ میکرومتر فراوان‌ترین بودند، که مشابه یافته‌های مطالعات منتشر شده در مناطق آب شیرین مانند دریاچه‌های بزرگ در آمریکا (۳) و دریاچه ووهان[3] در چین (۱۷) است. ماندگاری پلاستیک در محیط، همان‌طور که توسط مطالعات مختلف مشخص شده است، چندین دهه تا قرن تخمین زده می‌شود (۲۹, ۳۰). عوامل مختلفی مانند مکان و نوع ذرات، عمق، سرعت جریان و چگالی بر توزیع میکروپلاستیک‌ها در ستون آب تأثیر می‌گذارند (۳۱). مطالعات نشان داده است که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از دستگاه گوارش به سیستم گردش خون مهاجرت کرده و متعاقباً در بافت‌های مختلف توزیع شود. مصرف میکروپلاستیک‌ها منجر به یک پاسخ التهابی حاد می‌شود (۳۲). اثرات اندازه‌های مختلف میکروپلاستیک‌ها متفاوت است و اندازه‌های کوچکتر خطرناک‌تر هستند. با این حال، عموماً فرض بر این است که غلظت‌های فعلی نشان‌دهنده غلظت‌های آینده نیستند، زیرا به‌دلیل افزایش تولید و استفاده از پلاستیک، ماندگاری طولانی پلاستیک و تکه تکه شدن مداوم در محیط، غلظت میکروپلاستیک‌ها در آینده قطعاً بیشتر از این خواهد بود (۳۳, ۳۴). منبع اولیه ورود میکروپلاستیک‌ها به دریاچه تخلیه فاضلاب تصفیه نشده و پساب‌های کشاورزی از مناطق و روستاهای اطراف است. میکروپلاستیک‌های کوچکتر تأثیر بالقوه بیشتری بر موجودات زنده دارند و نگرانی خاصی دارند. این ذرات ریز می‌توانند آلاینده‌های پایداری مانند رادیونوکلئیدها، آفت‌کش‌ها، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین را در محیط منتقل کنند. فراوانی میکروپلاستیک‌ها می‌تواند بر اساس عواملی مانند محدوده اندازه، اندازه پلاستیک، شکل، نوع پلیمر و محل نمونه‌برداری متفاوت باشد (۱۸). در سال ۲۰۱۳، Vianello و همکاران، مطالعه‌ای بر روی ذرات میکروپلاستیک در مرداب ونیز ایتالیا انجام دادند. این مطالعه مشاهدات اولیه را در مورد وقوع، الگوهای فضایی و شناسایی میکروپلاستیک‌ها در تالاب ارائه کرد. نتایج نشان داد که میکروپلاستیک‌ها در همه نمونه‌ها وجود دارد و اکثریت (۹۳ درصد میکروپلاستیک‌ها مشاهده‌شده) در محدوده ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ میکرومتر در اندازه قرار دارند، این مطالعه بر توزیع گسترده میکروپلاستیک‌ها در سراسر دریاچه تأکید کرد که این یافته‌ها مشابه مطالعه حاضر است (۳۵).

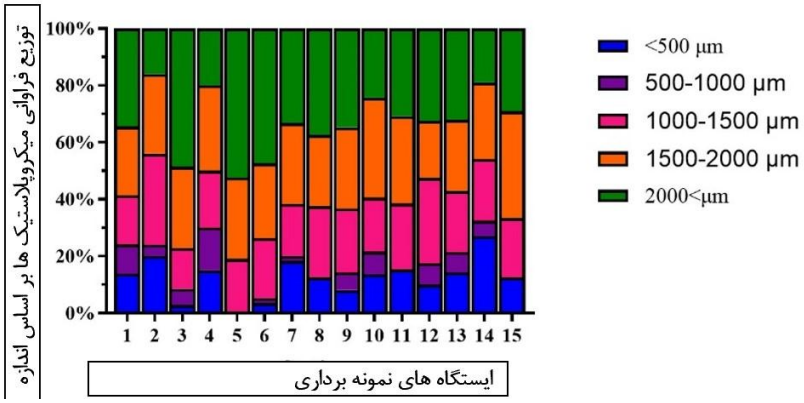
[1] Taihu
[2] μm
[3] Wuhan



نمودار ۲: فراوانی میکروپلاستیک‌ها بر اساس شکل



شکل ۲. میکروپلاستیک‌های یافت شده و انتخاب شده در نمونه‌های آب. تصاویر با استفاده از استریومیکروسکوپ (الف-ت) و آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز ایدکس (ث-ح)



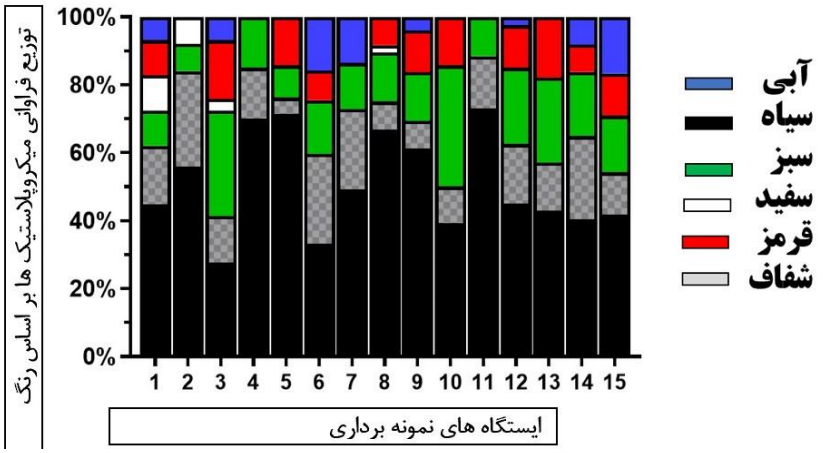
نمودار ۳. فراوانی میکروپلاستیک‌ها براساس اندازه

رنگ

بیشترین میزان میکروپلاستیک رنگی مشاهده شده مربوط به رنگ سیاه است که شامل ۲۵۹ ذره در لیتر (۴۹/۳ درصد) (نمودار ۴). وجود رنگ‌های مختلف میکروپلاستیک‌ها در محیط آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رنگ میکروپلاستیک‌ها می‌تواند اطلاعاتی در مورد منابع و آلودگی احتمالی آنها ارائه دهد. به‌عنوان مثال، رنگ سیاه می‌تواند ناشی از استفاده فراوان از پلاستیک سیاه در مناطق تفریحی اطراف دریاچه باشد، در حالی‌که رنگ سبز می‌تواند ناشی از افزایش کدورت در طول زمان باشد (۳۶). رنگ و شکل میکروپلاستیک‌ها همچنین می‌تواند بر تعامل آنها با خاک و گیاهان و همچنین سمیت آنها تأثیر بگذارد. میکروپلاستیک‌های کوچک و رنگی ممکن است توسط حیوانات آبزی و پرندگان به‌عنوان غذا مصرف شوند و سلامت

آنها را به خطر بیندازند. دسته‌بندی میکروپلاستیک‌ها براساس رنگ و شکل قابل توجه است. رنگ و شکل میکروپلاستیک‌ها می‌تواند بینش‌هایی در مورد منابع آنها ارائه دهد. رنگ‌ها و اشکال خاصی ممکن است با انواع خاصی از محصولات یا صنایع مرتبط باشند، که به محققان اجازه می‌دهد منابع بالقوه آلودگی میکروپلاستیک را شناسایی کنند. از رنگ میکروپلاستیک‌ها نیز می‌توان برای شناسایی آلودگی احتمالی استفاده کرد. میکروپلاستیک‌ها با یک رنگ خاص ممکن است با نوع خاصی از آلودگی مانند نشت نفت یا زباله‌های صنعتی مرتبط باشد. دسته‌بندی میکروپلاستیک‌ها بر اساس رنگ و شکل می‌تواند به طبقه‌بندی آنها در دسته‌های مختلف کمک کند و مقایسه و تجزیه و تحلیل داده‌ها را آسان‌تر می‌کند. شکل و رنگ میکروپلاستیک‌ها را می‌توان در تحقیقات برای بررسی اثرات میکروپلاستیک‌ها بر محیط‌زیست و موجودات زنده استفاده کرد. شکل و رنگ میکروپلاستیک‌ها می‌تواند بر تعامل آنها با خاک و گیاهان و همچنین سمیت آنها تأثیر بگذارد. به‌طور کلی، دسته‌بندی میکروپلاستیک‌ها بر اساس رنگ و شکل ابزار مفیدی برای شناسایی منابع و آلودگی احتمالی، طبقه‌بندی میکروپلاستیک‌ها و انجام تحقیقات در مورد اثرات میکروپلاستیک‌ها بر محیط و موجودات زنده است. بر اساس مطالعه Jiang و همکاران، برخی از الیاف شفاف و سبز موجود در نمونه‌ها، متعلق به مواد تور ماهیگیری است. علاوه بر این، می‌توان استنباط کرد که لایه‌های بسیار نازک و شفاف احتمالاً در نتیجه تجزیه مالچ‌های کشاورزی تشکیل می‌شوند (۳۷). علاوه بر این، در مطالعه Grbić و همکاران، ترکیب رنگ میکروپلاستیک‌های موجود در فاضلاب شامل آبی، شفاف، سفید، سیاه و خاکستری بود. بیشتر الیاف آبی از نظر شیمیایی به‌عنوان رنگ آبی مبتنی بر سلولز شناسایی شدند (۲۵).

به‌عنوان مثال، طبق مطالعات انجام شده، یکی از منابع الیاف آبی در آب را می‌توان به شستن شلوار جین آبی نسبت داد (۳۸). از طرف دیگر، ذرات سیاه را می‌توان به ذرات سایش تایر و جاده نسبت داد. این مواد به مرور زمان از فرسودگی لاستیک‌ها و سطوح جاده‌ای تولید می‌شوند که منشأ آن کربن سیاه است که به‌عنوان پرکننده در لاستیک‌های خودرو برای افزایش استحکام و دوام آن‌ها استفاده می‌شود (۳۹, ۴۰). رنگ‌های مورد استفاده در قایق‌هایی که در دریاچه‌ها حرکت می‌کنند را نیز می‌توان منبع مستقیم انواع رنگ‌ها دانست (۲۶). ذرات شفاف ممکن است مربوط به کیسه‌های پلاستیکی باشد که به‌طور گسترده توسط مردم در زندگی روزمره استفاده می‌شود. بسیاری از ذرات رنگی به ویژه الیاف و قطعات ممکن است در هنگام ورود یا پس از ورود به آب‌های سطحی رنگ خود را از دست بدهند. ذرات سیاه و سفید نیز به‌طور گسترده در انواع نمونه‌ها توزیع می‌شوند. در مقایسه با میکروپلاستیک‌های شفاف، میکروپلاستیک‌های رنگی احتمال بیشتری دارد که توسط موجودات آبزی بلعیده شود و به سلامت آنها آسیب برساند (۳۶). تمامی این یافته با نتایج ما مطابقت داشت زیرا دریاچه مورد تجزیه و تحلیل در این مطالعه در درجه اول در یک منطقه شهری قرار داشت و رایج‌ترین میکروپلاستیک‌های یافت شده رنگی، به‌خصوص رنگ‌های تیره‌تر بودند. میکروپلاستیک‌های رنگی شناسایی شده در محیط می‌تواند از محصولات معمولی مانند بسته‌بندی، اسباب‌بازی‌ها، محصولات خانگی، ساشه‌ها، طناب‌های نی پلاستیکی و بسته‌بندی‌های مواد غذایی مشتق شود (۲). میکروپلاستیک‌ها با رنگ‌های روشن، مانند سفید و زرد، به احتمال زیاد توسط ارگانیسم‌های دارای سطوح تغذیه‌ای پایین‌تر مصرف می‌شوند، زیرا شبیه منابع غذایی هستند (۴۱). مصرف میکروپلاستیک‌ها می‌تواند منجر به اثرات فیزیکی مانند انسداد دستگاه گوارش، ریزش اشک، پاسخ‌های التهابی شدید، کاهش سرعت تنفس و احساس کاذب پری شود که می‌تواند باعث کاهش قابل توجه رشد، اختلال در تناسب اندام و اختلال تولیدمثل شود (۴۲). علاوه بر این، در سطوح مولکولی و سلولی، مصرف میکروپلاستیک‌ها می‌تواند پاسخ استرس کبدی یا پاسخ‌های التهابی را القا کند و متابولیسم لیپید را مختل کند و در نهایت منجر به تغییر متابولیت‌های لیپید مانند تری‌گلیسیرید شود. این اثرات ممکن است اثرات آبشاری با پیامدهای تغذیه‌ای و اکوسیستمی (مانند تأثیرات بر ساختار کلی جامعه) داشته باشد (۴۳).



نمودار ۴: فراوانی میکروپلاستیک‌ها براساس رنگ

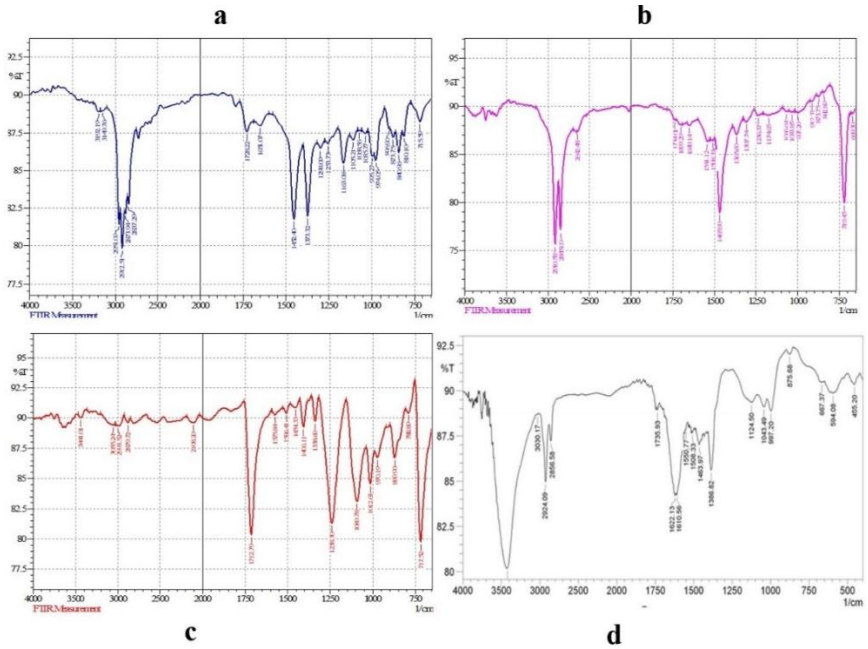
انواع پلیمر

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل از طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) حضور پلیمرهای میکروپلاستیک را در ستون آب نشان داد. شکل ۳ نتایج آنالیز FTIR چندین پلیمر میکروپلاستیک شناسایی شده در نمونه‌های آب دریاچه را به‌عنوان یک روش رایج برای شناسایی نوع میکروپلاستیک‌ها نشان می‌دهد. براساس پیک‌های مشخصه مشاهده شده در طیف، یافته‌ها نشان می‌دهد که ذرات پلاستیکی شناسایی شده از پلی‌استایرن[1]، پلی‌پروپیلن[2]، پلی‌آمید[3]، پلی‌اتیلن ترفتالات[4]، پلی‌اورتان[5] و پلی‌وینیل کربنات[6] تشکیل شده‌اند. طیف‌های FTIR کاملاً پیچیده و مبهم هستند. ممکن است برای تأیید وجود این پلیمرها به تکنیک‌های تحلیلی بیشتر نیاز باشد (۴۴). با این حال، براساس مطالعات و یافته‌های فعلی، شناسایی این پلیمرها مورد انتظار است. به‌عنوان مثال، بطری‌های مختلف آب و ظروف نوشیدنی از پلی‌اتیلن ترفتالات ساخته شده‌اند که رایج‌ترین پلیمر مورد استفاده در بسته‌بندی‌های پلاستیکی برای نوشیدنی‌ها است. با توجه به وجود مناطق تفریحی و گردشگری در اطراف دریاچه، وجود این نوع زباله‌های پلاستیکی در دریاچه و به‌تبع آن وجود پلیمرهای آنها محتمل است. علاوه بر این، به‌دلیل استفاده گسترده از پلاستیک در بسته‌بندی‌های مختلف، وجود پلی‌استایرن و استفاده از ظروف یکبار مصرف، از حضور پلی‌اورتان و سایر پلیمرها حمایت می‌کند (۴۵, ۴۶). پلیمرهای پلی‌استایرن و پلی‌پروپیلن به‌دلیل مقرون به صرفه بودن و سهولت ساخت، بیشترین استفاده را در سطح جهانی دارند. پلی‌استایرن در ظروف و جعبه‌های پلاستیکی استفاده می‌شود، در حالی‌که پلی پروپیلن در درب بطری‌ها، وسایل ماهیگیری و طناب‌های مصنوعی استفاده می‌شود. پلی‌استایرن نیز در رنگ‌ها و پوشش‌های قایق استفاده می‌شود (۲۶). پلاستیک‌های کم چگالی مانند پلی‌استایرن تمایل به شناور شدن دارند و روی سطح باقی می‌مانند و احتمال یافتن آنها در ستون آب را افزایش می‌دهد. در این مطالعه بیش از ۶۰ درصد پلیمرهای یافت شده پلی‌استایرن بودند. پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در نمونه‌های آب به فراوانی شناسایی شدند. در مقایسه با سایر مطالعات، تنوع پلیمرها با توجه به نوع فعالیت‌های انسانی و اقتصادی اطراف هر دریاچه متفاوت است. برای مثال، در دریاچه‌هایی با فعالیت ماهیگیری گسترده، سهم پلی‌آمید بیشتر است؛ در مناطق شهری، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن غالب هستند.

پساب فاضلاب یک مسیر احتمالی است که از طریق آن این پلیمرها وارد دریاچه می‌شوند. با این حال، با توجه به منابع متعدد در اطراف دریاچه مورد مطالعه، احتمالاً مسیرهای دیگری نیز وجود دارد. وجود پلیمرهای شناسایی شده شواهدی دال بر ورود

[1] Polystyrene (PS)
[2] Polypropylene (PP)
[3] Polyamide (PA)
[4] Polyethylene terephthalate (PET)
[5] Polyurethane (PU)
[6] Polyvinyl carbonate (PVC)

فاضلاب به این بدنه آبی است. علاوه بر این، پلی‌وینیل کلراید، پلیمری که معمولاً در لوله‌های آبیاری و کاربردهای کشاورزی استفاده می‌شود، در نمونه‌های ما یافت شد (۴۷).



شکل ۳. **طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) برخی میکروپلاستیک‌های شناسایی شده نمونه‌های آب به‌ترتیب (الف) پلی‌استایرن (PS)، (ب) پلی‌آمید (PA)، (ج) پلی‌پروپیلن (PP)، و (د) پلی‌اتیلن ترفتالات (PET).**

ارزیابی ریسک اکولوژیک

میکروپلاستیک‌ها از انواع پلیمرها تشکیل شده است که از طریق یک واکنش پلیمریزاسیون از زنجیره‌ای از مونومرها سنتز می‌شوند، که در طی آن مونومرهای واکنش نداده و افزودنی‌های خطرناک ممکن است وجود داشته باشند (۴۸). استفاده از جدول در مطالعه Pan و همکاران (۴۹) امتیاز ریسک نوع پلیمرها در این مطالعه تعیین و در معادله شماره ۱ قرار گرفت و ریسک ارزیابی شد. با استفاده از جدول ۲ می‌توان گزارش داد که سطح خطر (H) به‌دست آمده برای میکروپلاستیک‌های الیافی در آب ۳۹/۳۴ است که در سطح سوم قرار دارد. مقدار تعیین شده ریسک برای میکروپلاستیک‌های قطعه در آب ۱/۷۹ است که در سطح اول قرار دارد. به‌طور کلی، خطر میکروپلاستیک‌ها در آب دریاچه را می‌توان در محدوده خطر محاسبه کرد. با این حال، باید توجه داشته باشیم که شاخص خطر H ممکن است آلودگی میکروپلاستیک‌ها را دست کم بگیرد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱، می‌توان از جدول ۲ برای تفسیر میزان شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک‌ها به گونه‌ای استفاده کرد که مقدار این شاخص (PLI) به‌دست آمده جزئی باشد و در محدوده ریسک جزئی قرار گیرد. این بدان معناست که پتانسیل ریسک زیست‌محیطی ناشی از ترکیب پلیمرهای میکروپلاستیک‌ها نشان می‌دهد که آلودگی میکروپلاستیک‌ها در دریاچه زریوار در معرض ریسک کمی قرار دارد. نتایج مطالعه حاضر مشابه نتایج مطالعه آقادادشی و همکاران (۲۰۲۴) است که حضور میکروپلاستیک‌ها را به‌عنوان یک ریسک اکولوژیک فزاینده شناسایی کرد (۷۶).

جدول ۱: شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک‌ها

ایستگاه‌های نمونه‌برداری	شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک‌ها در هر ایستگاه ($PL_i = \sqrt{CF_i}$)	فاکتور آلودگی میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با میکروپلاستیک‌های پایه ($CF_i = C_i / C_0$)
۱	۰/۲۳۶	۰/۰۵۵۹
۲	۰/۲۱۵	۰/۰۴۶۵
۳	۰/۲۲۵	۰/۰۶۵۱
۴	۰/۱۹۲	۰/۰۳۲۷
۵	۰/۱۹۷	۰/۰۳۹۱
۶	۰/۳۲۵	۰/۱۰۶۱
۷	۰/۳۳۴	۰/۱۱۱۷
۸	۰/۲۹۸	۰/۰۸۹۳
۹	۰/۳۰۱	۰/۰۹۱۲
۱۰	۰/۲۶۲	۰/۰۶۸۹
۱۱	۰/۲۲	۰/۰۴۸۴
۱۲	۰/۲۷۲	۰/۰۷۴۵
۱۳	۰/۲۲۸	۰/۰۵۲۱
۱۴	۰/۲۶۲	۰/۰۶۸۹
۱۵	۰/۲۱۱	۰/۰۴۴۶
شاخص بار آلودگی میکروپلاستیک ($PLI_{estuary}$): ۰/۰۳۱۳		

جدول ۲: ارزیابی ریسک آلودگی میکروپلاستیک‌ها (۴۹)

Risk Assessment of MPs pollution.

MPs-induced Risk Index (*H*) & Pollution Load Index (*PLI*)				
Risk Index (*H*)	0–1	1–10	10–100	100–1000
Hazard level	I	II	III	IV
Pollution Loading Index (*PLI*)	<10		10–20	20–30
Hazard level	I		II	III
Potential Ecological Risk Assessment				
E_i	<40	40–80	80–160	160–320
RI	<150	150–300	300–600	600–1200
Risk Category	Minor	Medium	High	Danger

پیام‌های زیست‌محیطی

میکروپلاستیک‌ها می‌توانند توسط موجودات آبزی مختلف از جمله ماهی، پرندگان و بی‌مهرگان بلعیده شوند. این می‌تواند منجر به صدمات فیزیکی، انسداد در سیستم گوارش، کاهش بازدهی تغذیه و در نهایت مرگ شود. میکروپلاستیک‌ها همچنین می‌توانند آلاینده‌های محیط اطراف را جذب و متمرکز کنند، که این آلاینده‌ها در بافت‌های موجودات آبزی تجمع یافته و از طریق زنجیره غذایی بزرگ‌نمایی شود و به‌طور بالقوه از طریق مصرف ماهی‌های آلوده به انسان برسند. برخی از پلاستیک‌ها

حاوی مواد شیمیایی هستند که می‌توانند سیستم غدد درون‌ریز موجودات آبزی را مختل کنند و منجر به مشکلات تولیدمثل، ناهنجاری‌های رشدی و ضعیف شدن سیستم ایمنی بدن شوند. وجود میکروپلاستیک‌ها می‌تواند کیفیت آب را با تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی، مانند نفوذ نور و سطح اکسیژن، کاهش دهد. میکروپلاستیک‌ها می‌توانند در رسوبات انباشته شوند، زیستگاه‌های اعماق دریا را مختل کنند و بر بقای موجودات ساکن در پایین تأثیر بگذارند. حضور میکروپلاستیک‌ها می‌تواند با تأثیر بر بقا و تولیدمثل گونه‌های کلیدی، تعادل ظریف شبکه غذایی را مختل کند. زباله‌های پلاستیکی قابل مشاهده می‌توانند بر جذابیت زیبایی دریاچه تأثیر منفی بگذارند و از گردشگری جلوگیری کنند و بر معیشت محلی تأثیر بگذارند. اثرات بلندمدت آلودگی میکروپلاستیک‌ها بر روی اکوسیستم دریاچه زریبار هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است، اما می‌تواند شامل از دست دادن قابل توجه تنوع زیستی، تخریب اکوسیستم، و اثرات بالقوه بر معیشت جوامع محلی باشد. با این حال، برای کاهش این پیامدهای زیستی، اجرای سیاست‌هایی برای کاهش مصرف پلاستیک، ترویج استفاده از جایگزین‌های قابل استفاده مجدد و بهبود شیوه‌های مدیریت زباله بسیار مهم است. بهبود زیرساخت‌های تصفیه فاضلاب برای جلوگیری از انتشار فاضلاب تصفیه نشده و میکروپلاستیک‌ها در دریاچه ضروری است. افزایش آگاهی عمومی در مورد خطرات آلودگی پلاستیک و تشویق روش‌های دفع مسئولانه زباله در میان جوامع محلی ضروری است. نظارت منظم بر سطوح میکروپلاستیک‌ها در دریاچه همچنین به ردیابی اثربخشی اقدامات کاهش و شناسایی روندهای نوظهور کمک می‌کند. ترویج اکوتوریسم و اجرای شیوه‌های گردشگری پایدار برای به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی بازدیدکنندگان مورد نیاز است. در نهایت، با پرداختن به این مسائل، می‌توان اثرات منفی آلودگی میکروپلاستیک را بر دریاچه زریبار کاهش داد و سلامت بلندمدت این اکوسیستم ارزشمند را تضمین کرد.

نتیجه‌گیری

برای اولین بار، فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها در آب دریاچه زریبار برای درک بهتر میزان آلودگی میکروپلاستیک در این منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. میکروپلاستیک‌های استخراج شده عمدتاً از الیاف و قطعات تشکیل شده‌اند. علاوه بر این، وجود میکروپلاستیک‌ها در رنگ‌های مختلف، با اندازه‌های بیش از ۲۰۰۰ میکرومتر در آب دریاچه تأیید شد. این نوع میکروپلاستیک‌ها معمولاً با فعالیت‌های روزمره انسان مرتبط هستند که نشان‌دهنده هجوم فاضلاب تصفیه نشده به دریاچه است. افزایش جمعیت انسانی در روستاهای ساحلی و تعداد فزاینده بازدیدکنندگان تفریحی نیز به شیوع پلاستیک کمک کرده است. رواناب کشاورزی یکی دیگر از منابع آلودگی میکروپلاستیک در دریاچه است. هجوم میکروپلاستیک‌ها از منابع مختلف تهدیدی قابل توجه برای اکوسیستم منطقه است. بر اساس یافته‌های این مطالعه، دریاچه در منطقه مورد مطالعه با چالش زیست‌محیطی اولیه مواجه است. بنابراین، اقدامات فوری برای کنترل آلاینده‌ها و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی برای جلوگیری از آسیب بیشتر ضروری است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه بابت حمایت‌های مالی و غیرمالی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

Ahmadreza Lahijanzadeh, M.M.R., Sabzalipour, S., Bagher Nabavi, M. 2020. **Investigating the status of microplastic particles in the sediments of Khor Musa in the Persian Gulf.** Journal of Oceanography, 43(11).

Ajay, K., Behera, D., Bhattacharya, S., Mishra, P.K., Ankit, Y., Anoop, A. 2021. **Distribution and characteristics of microplastics and phthalate esters from a freshwater lake system in Lesser Himalayas**. Chemosphere, 283: 131132.

Alfonso, M.B., Scordo, F., Seitz, C., Manstretta, G.M.M., Ronda, A.C., Arias, A.H., Piccolo, M.C. 2020. **First evidence of microplastics in nine lakes across Patagonia (South America)**. Science of the Total Environment, 733: 139385.

Andrady, A.L. 2003. **Plastics and the Environment**: John Wiley & Sons; 2003.

Arcadio, C.G.L.A., Navarro, C.K.P., Similatan, K.M., Inocente, S.A.T., Ancla, S.M.B., Banda, M.H.T., Bacosa, H.P. 2023. **Microplastics in surface water of Laguna de Bay: First documented evidence on the largest lake in the Philippines**. Environmental Science and Pollution Research, 30(11): 29824-29833.

Arturo, I.A., & Corcoran, P.L. 2022. **Categorization of plastic debris on sixty-six beaches of the Laurentian Great Lakes, North America**. Environmental Research Letters, 17(4): 045008.

Ashrafy, A., Liza, A.A., Islam, M.N., Billah, M.M., Arafat, S.T., Rahman, M.M., Rahman, S.M. 2023. **Microplastics pollution: a brief review of its source and abundance in different aquatic ecosystems**. Journal of Hazardous Materials Advances, 9: 100215.

Bakir, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C. 2012. **Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment**. Marine Pollution Bulletin 64(12): 2782-2789.

Baldwin, A.K., Corsi, S.R., Mason, S.A. 2016. **Plastic debris in 29 Great Lakes tributaries: relations to watershed attributes and hydrology**. Environmental Science & Technology, 50(19): 10377-10385.

Blarer, P., Burkhardt-Holm, P. 2016. **Microplastics affect assimilation efficiency in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum***. Environmental science and pollution research, 23, 23522-23532.

Corcoran, P.L., Norris, T., Ceccanese, T., Walzak, M.J., Helm, P.A., Marvin, C.H. (2015). **Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record.** Environmental Pollution, 204: 17-25.

Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Diaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Mateo, M.Á. 2021. **A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils**. Environmental Pollution, 273: 116451.

Ding, L., fan Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C. 2019. **Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China**. Science of the Total Environment, 667: 427-434.

Eo, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Lee, J., Lee, J., Shim, W.J. 2018. **Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 µm in sand beaches of South Korea**. Environmental Pollution, 238: 894-902.

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Amato, S. 2013. **Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes**. Marine Pollution Bulletin, 77(1-2): 177-182.

Everaert, G., Van Cauwenberghe, L., De Rijcke, M., Koelmans, A.A., Mees, J., Vandegehuchte, M., Janssen, C.R. 2018. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. Environmental Pollution, 242: 1930-1938.

Grbić, J., Helm, P., Athey, S., Rochman, C.M. 2020. **Microplastics entering northwestern Lake Ontario are diverse and linked to urban sources**. Water research, 174: 115623.

Habibi, F., Mostafazadeh, S. 2017. **An Analysis of Environmental Behaviors of Lake Zrebar Tourists (Marivan)**. Geography and Development, 15(47): 163-184.

Jiang, C., Yin, L., Wen, X., Du, C., Wu, L., Long, Y., & Pan, H. 2018. **Microplastics in sediment and surface water of West Dongting Lake and South Dongting Lake: abundance, source and composition**. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(10): 2164.

Jung, M.R., Horgen, F.D., Orski, S.V., Rodriguez, V., Beers, K.L., Balazs, G.H., Lynch, J.M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. Marine Pollution Bulletin, 127: 704-716.

Klein, S., Worch, E., Knepper, T.P. 2015. **Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany**. Environmental Science & Technology, 49(10): 6070-6076.

Koelmans, A.A., Besseling, E., Foekema, E., Kooi, M., Mintenig, S., Ossendorp, B.C., Scheffer, M. 2017. **Risks of plastic debris: unravelling fact, opinion, perception, and belief**.

Lenaker, P.L., Baldwin, A.K., Corsi, S.R., Mason, S.A., Reneau, P.C., Scott, J.W. 2019. **Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan.** Environmental Science & Technology, 53(21): 12227-12237.

Li, L., Geng, S., Wu, C., Song, K., Sun, F., Visvanathan, C., Wang, Q. 2019. **Microplastics contamination in different trophic state lakes along the middle and lower reaches of Yangtze River Basin**. Environmental Pollution, 254: 112951.

Lithner, D., Larsson, Å., Dave, G. 2011. **Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition**. Science of the Total Environment, 409(18): 3309-3324.

Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ren, H. 2016. **Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (Danio rerio) and toxic effects in liver**. Environmental Science & Technology, 50(7): 4054-4060.

Mai, L., Bao, L.J., Shi, L., Wong, C.S., Zeng, E.Y. 2018. A **review of methods for measuring microplastics in aquatic environments**. Environmental Science and Pollution Research, 25: 11319-11332.

Makhdoumi, P., Meshabaz, R.A., Amin, A.A., Hossini, H., Pirsaheb, M., Ahmadimanesh, M., Mohammadi, S. 2025. **Assessment of the Accumulation and Potential Toxicity of Polystyrene Microplastics in Rats**. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 29(1): 04024038.

Makhdoumi, P., Naghshbandi, M., Ghaderzadeh, K., Mirzabeigi, M., Yazdanbakhsh, A. & Hossini, H. 2021. **Micro-plastic occurrence in bottled vinegar: Qualification, quantification and human risk exposure**. Process Safety and Environmental Protection, 152: 404-413.

Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T. 2001. **Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment**. Environmental Science & Technology, 35(2): 318-324.

McQueen, R.H., Batcheller, J.C., Moran, L.J., Zhang, H., Hooper, P.M. 2017. **Reducing laundering frequency to prolong the life of denim jeans**. International Journal of Consumer Studies, 41(1): 36-45.

Muhammad Husin, M.J., Mazlan, N., Shalom, J., Saud, S.N., Abdullah Sani, M.S. 2021. **Evaluation of microplastics ingested by sea cucumber Stichopus horrens in Pulau Pangkor, Perak, Malaysia.** Environmental Science and Pollution Research, 28(43): 61592-61600.

Negrete Velasco, A.D.J., Rard, L., Blois, W., Lebrun, D., Lebrun, F., Pothe, F., Stoll, S. 2020. **Microplastic and fibre contamination in a remote mountain lake in Switzerland**. Water, 12(9): 2410.

Nel, H.A., Dalu, T., & Wasserman, R.J. 2018. **Sinks and sources: Assessing microplastic abundance in river sediment and deposit feeders in an Austral temperate urban river system**. Science of the Total Environment, 612: 950-956.

Osorio, E.D., Tanchuling, M.A.N., Diola, M.B.L.D. 2021. **Microplastics occurrence in surface waters and sediments in five river mouths of Manila Bay**. Frontiers in Environmental Science, 9: 719274.

Pan, Z., Liu, Q., Jiang, R., Li, W., Sun, X., Lin, H., & Huang, H. 2021. **Microplastic pollution and ecological risk assessment in an estuarine environment: The Dongshan Bay of China.** Chemosphere, 262: 127876.

Panko, J.M., Hitchcock, K.M., Fuller, G.W., Green, D. 2019. **Evaluation of tire wear contribution to PM2. 5 in urban environments**. Atmosphere, 10(2): 99.

Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., Shi, H. 2018. **Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels**. Science of the Total Environment, 621: 679-686.

Ramadan, A.H., Sembiring, E. (2020). **Occurrence of Microplastic in surface water of Jatiluhur Reservoir**. In E3S Web of Conferences (Vol. 148, p. 07004). edp sciences.

Roch, S., Brinker, A. 2017. **Rapid and efficient method for the detection of microplastic in the gastrointestinal tract of fishes**. Environmental Science & Technology, 51(8): 4522-4530.

Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Thompson, R.C. 2013. **Classify plastic waste as hazardous**. Nature, 494(7436): 169-171.

Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., Neff, R.A. 20118. **Microplastics in seafood and the implications for human health**. Current Environmental Health Reports, 5: 375-386.

Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H. 2016. **Microplastics in taihu lake, China**. Environmental Pollution, 216: 711-719.

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Da Ros, L. 2013. **Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 130: 54-61.

Wagner, S., Hüffer, T., Klöckner, P., Wehrhahn, M., Hofmann, T., Reemtsma, T. 2018. **Tire wear particles in the aquatic environment-a review on generation, analysis, occurrence, fate and effects**. Water Research, 139: 83-100.

Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., Wang, J. 2017. M**icroplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China**. Science of the Total Environment, 575: 1369-1374.

Yu, X., Ladewig, S., Bao, S., Toline, C.A., Whitmire, S., Chow, A.T. (2018). **Occurrence and distribution of microplastics at selected coastal sites along the southeastern United States**. Science of the Total Environment, 613: 298-305.

Zbyszewski, M., Corcoran, P.L., Hockin, A. 2014. **Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America**. Journal of Great Lakes Research, 40(2): 288-299.

Zhou, X.J., Wang, J., Li, H.Y., Zhang, H.M., Zhang, D.L. 2021. **Microplastic pollution of bottled water in China**. Journal of Water Process Engineering, 40: 101884.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توئزینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

امکان‌سنجی تخمین برخی از پارامترهای کیفی آب دریاچه‌ها با استفاده از تکنیک علم سنجش راه دور

فریما عزیزی[۱]، بهروز مهدی‌نژادیانی*[۲]، ناصر خالق‌پناه[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، ایران. farimaazizi3@gmail.com

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.b.mehdinejad@uok.ac.ir

۳-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
n.khaleghpanah@uok.ac.ir

چکیده

دریاچه زریوار به‌دلیل رشد جمعیت و آلودگی فاضلاب‌ها، با مشکل کاهش منابع آبی و آلودگی روبه‌روست. روش‌های سنتی ارزیابی کیفیت آب پرهزینه و زمان‌بر هستند، به‌همین دلیل از تصاویر سنجش از دور در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ استفاده گردید. در این تحقیق، کیفیت آب دریاچه زریبار با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و شاخص‌های مختلف کلروفیل-آ و کدورت در سامانهGEE بررسی شد. برای شناسایی منابع آلاینده، پوشش اراضی اطراف دریاچه با الگوریتم یادگیری‌ماشین جنگل تصادفی طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که شاخص BDA2 با دقت بالایی غلظت کلروفیل-آ را تخمین زد و شاخص TurbDoxعملکرد بهتری در برآورد کدورت دارا بود. مقایسه نتایج کیفی آب و طبقه‌بندی پوشش اراضی نشان داد که آلودگی در سواحل دریاچه بیش‌تر است که ناشی از ورود آبراه‌ها و فاضلاب‌ها به دریاچه است. در مرکز دریاچه به‌دلیل وجود چشمه‌های جوشان، آب تمیز به دریاچه تزریق می‌شود. بخش شرقی دریاچه به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی، فاضلاب شهر مریوان و اسکله‌های تفریحی، آلوده‌تر از سایر بخش‌ها است. این تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های یادگیری-ماشین می‌توانند به‌طور مؤثری در پایش و ارزیابی کیفیت آب دریاچه‌ها مورد استفاده قرار گیرند و به شناسایی منابع آلاینده و مدیریت بهتر منابع آبی کمک کنند.

کلید واژه‌ها: کیفت آب، تغییرات مکانی و زمانی، سنتینل ۲، کدورت، کلروفیل-آ

Feasibility of estimating some water quality parameters of lakes using remote sensing technique

Abstract

Lake Zrebar faces the challenge of diminishing water resources and pollution due to population growth and sewage contamination. Traditional water quality assessment methods are costly and time-consuming, prompting the use of remote sensing imagery in 2021 and 2022. This study investigated the water quality of Lake Zrebar using Sentinel-2 satellite imagery and various chlorophyll-a and turbidity indices within the Google Earth Engine (GEE) platform. To identify pollution sources, the surrounding land cover was classified using the Random Forest machine learning algorithm. Results indicated that the 2BDA index accurately estimated chlorophyll-a concentration, while the TurbDox index performed better in turbidity estimation. Comparison of water quality results and land cover classification revealed higher pollution levels along the lake's shores, attributed to the inflow of waterways and sewage. In the lake's center, the presence of effervescent springs contributes clean water. The eastern part of the lake, due to agricultural activities, the sewage of Marivan city, and recreational piers, is more polluted than other areas. This study demonstrates that satellite imagery and machine learning algorithms can be effectively used to monitor and assess lake water quality, identify pollution sources, and contribute to better water resource management.

Keywords: Water quality, Spatiotemporal variations, Sentinel-2, Turbidity, Chlorophyll-a

مقدمه

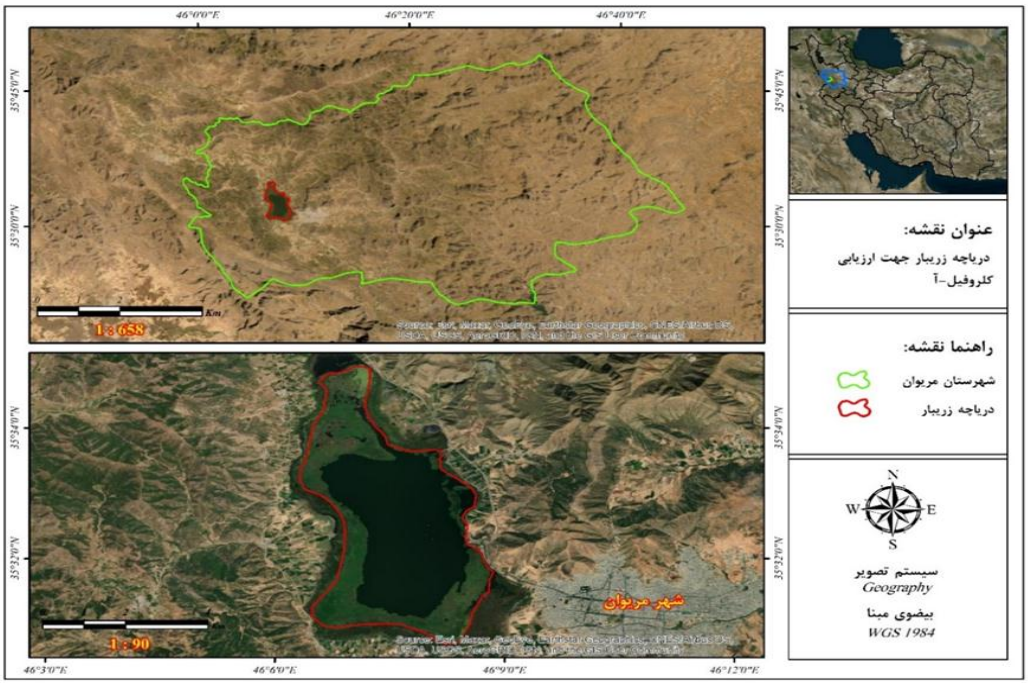
منابع آبی، به‌ویژه آب شیرین، برای انسان و محیط‌زیست بسیار ضروری هستند. با این حال، تنها بخش کوچکی از آب‌های زمین شیرین و قابل دسترس است (Vasistha and Ganguly, 2020). دریاچه‌ها به‌عنوان منابع ملی با ارزش، نقش مهمی در تأمین آب و حفظ تعادل اکوسیستم ایفا می‌کنند (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۱). بررسی کیفیت و کمیت آب دریاچه‌ها برای حفاظت و مدیریت بهتر آنها ضروری است (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۰). تغییرات کیفیت آب دریاچه‌ها می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله فعالیت‌های انسانی، آلودگی‌های صنعتی، کشاورزی و شهری قرار گیرد. پایش و ارزیابی کیفیت آب به‌منظور شناسایی و کنترل عوامل آلاینده از اهمیت بالایی برخوردار است. روش‌های سنتی پایش کیفیت آب، مانند نمونه‌برداری و آزمایش‌های آزمایشگاهی، پرهزینه و زمان‌بر هستند و نمی‌توانند پوشش کاملی از مناطق وسیع را فراهم کنند. امروزه، استفاده از فناوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی مؤثر و کارآمد برای پایش کیفیت آب دریاچه‌ها در حال گسترش است (قادری و همکاران ۱۴۰۲). این فناوری امکان جمع‌آوری اطلاعات دقیق و جامع از وضعیت منابع آبی را در زمان و هزینه کم‌تر فراهم می‌کند. تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند تغییرات کیفیت آب، مانند میزان کدورت، کلروفیل و سایر پارامترهای مرتبط را نشان دهند و به شناسایی منابع آلاینده و مدیریت بهتر منابع آبی کمک کنند. با توجه به افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های انسانی، حفاظت از منابع آبی و پایش کیفیت آنها از اهمیت روزافزونی برخوردار است. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور می‌تواند نقش مهمی در این زمینه ایفا کند و به حفظ و مدیریت پایدار منابع آبی کمک کند.

سنجش از دور، روشی برای کسب اطلاعات فیزیکی از عوارض بدون تماس مستقیم با آنهاست. این علم با قابلیت تفکیک زمانی و مکانی مناسب، امکان پایش مشخصه‌های کیفی آب، شناسایی نقاط آلوده و منبع آلودگی را فراهم می‌کند (Landry, 1977). از جمله مشخصه‌های کیفی آب قابل سنجش توسط این علم می‌توان به مواد جامد معلق، کدورت، کل نیتروژن، دما، کل فسفر، شوری، اسیدیته، کلروفیل و اکسیژن محلول اشاره کرد. در ارزیابی کمی و کیفی منابع آبی سطحی با استفاده از سنجش از دور، انتخاب سنجنده مناسب، واسنجی، شاخص‌های طیفی مرتبط، تعیین نقاط نمونه‌برداری و نحوه نمونه‌برداری از اهمیت بالایی برخوردارند. دریاچه زریبار به‌عنوان یکی از کم عمق‌ترین دریاچه‌های ایران، از ارزش زیستگاهی و اقتصادی بالایی برخوردار است. با این حال، بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که این دریاچه در سال‌های اخیر دچار تغییرات نامطلوب تروفیک و اکولوژیک شده است. عوامل متعددی از جمله رواناب ورودی از زمین‌های کشاورزی، فاضلاب شهری و روستایی، سد خاکی و فعالیت‌های توریستی بر کیفیت و کمیت آب این دریاچه تأثیرگذارند. اولادی (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای، پراکنش و فراوانی کلروفیل-آ در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS بررسی شد و مشخص شد که این تصاویر می‌توانند تغییرات اکولوژیکی، زیستی و میزان کلروفیل-آ را در دریا نشان دهند. Toming و همکاران (۲۰۱۶) به‌منظور ارزیابی پارامترهای کیفی ۸ دریاچه بزرگ و کوچک در استونی از فنون سنجش از دور استفاده کردند. نتایج نشان داد که علم سنجش از دور می‌تواند کلرفیل- آ، رنگ آب و ماده آلی را به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۳، ۰/۵۲ و ۰/۹۲ برآورد نماید. Buma و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای مقادیر کلروفیل-آ دریاچه چاد در آفریقا با استفاده از تصاویر لندست-۸ و سنتینل-۲ تخمین زدند. در این مطالعه شاخص‌های طیفی (2DBA، 3DBA، NDCI) بر روی تصاویر اعمال شدند و نتایج با تصاویر WV3 مقایسه گردید. نتایج نشان داد که NDCI مقادیر کلروفیل-آ نسبت به سایر شاخص‌ها در هر دو ماهواره با دقت بالاتری پیش‌بینی کرده است.Song و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از پهپادها و الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان، تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب دریاچه هولون را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که این روش با دقت بالای ۷۰ درصد قادر به تعیین پارامترهای کیفی آب (کلروفیل-آ و رنگ) است.

در این پژوهش، پارامترهای کیفی آب دریاچه زریوار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پردازش آنها در سامانه Google Earth Engine در طی دو سال (۱۴۰۰-۱۴۰۱) ارزیابی شده و با مقایسه داده‌های زمینی، بهترین مدل تخمین پارامترهای کیفی (کلروفیل آ و کدورت) انتخاب شد.

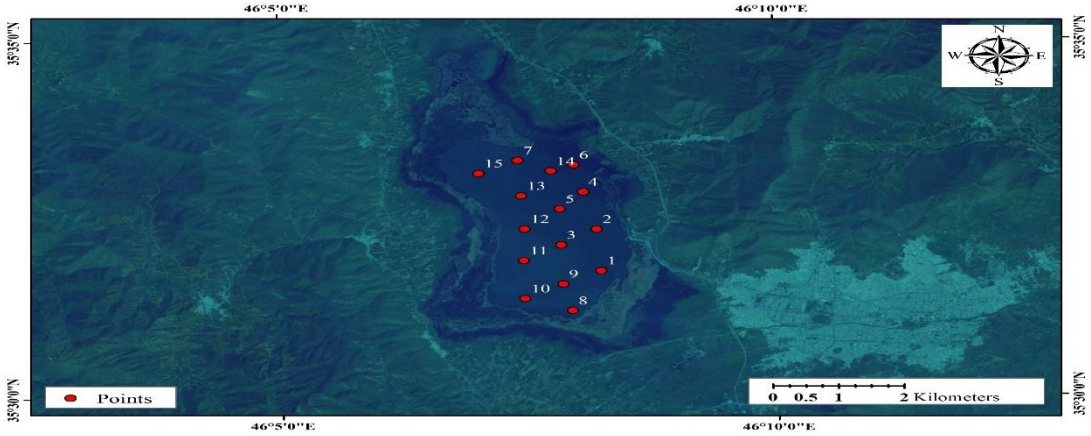
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهرستان مریوان در غرب استان کردستان واقع شده و با کشور عراق هم‌مرز است. دریاچه زریبار در نزدیکی این شهر قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۵۰ متر است. این دریاچه با مساحت تقریبی ۲۰۰۰ هکتار، از سه منبع اصلی شامل نزولات جوی، چشمه‌های جوشان و آب‌های ورودی فصلی تغذیه می‌شود. این منابع، حجم آب دریاچه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نقش مهمی در تأمین آب آن ایفا می‌کنند. حجم آب دریاچه زریبار از ۲۲/۵ میلیون مترمکعب تا ۴۷/۵ میلیون مترمکعب در طول سال متغیر است.



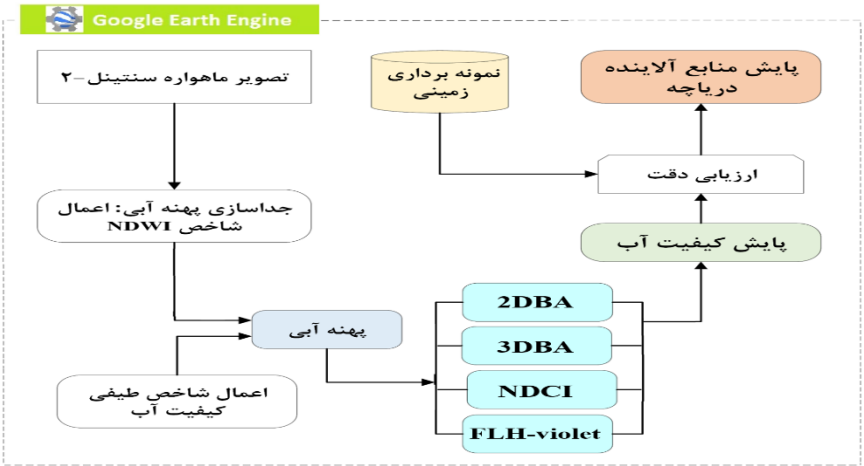
شکل ۲-۱: منطقه مورد مطالعه (دریاچه زریوار)

داده‌های مورد استفاده: تخمین پارامترهای کیفی آب مانند کلروفیل-آ و کدورت به دو روش نمونه‌برداری زمینی (دقیق اما پرهزینه و زمان‌بر) و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مقرون به صرفه و سریع اما با دقت کم‌تر) انجام شد. در این پژوهش، برای ارزیابی دقت شاخص‌های طیفی، از داده‌های نمونه‌برداری زمینی ۱۵ ایستگاه شرکت سارآب در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ و تصاویر ماهواره سنتینل-۲ استفاده شده است. شکل ۲ محل این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های برداشت زمینی و قرار گیری آنها بر روی تصویر سنتینل-۲

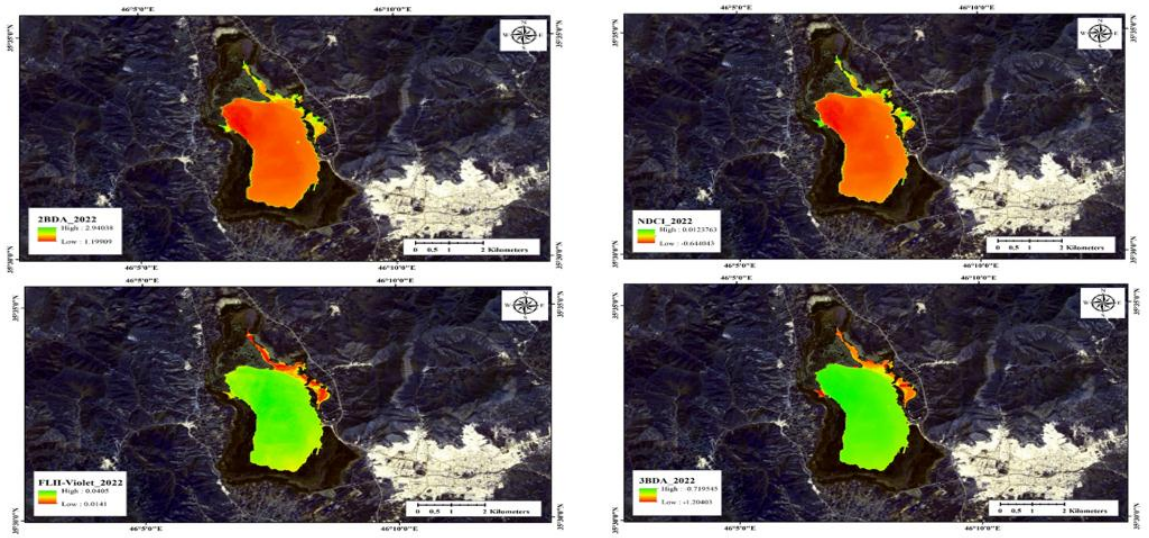
پایش کیفی پهنه آبی دریاچه زریبار: روش‌شناسی به‌کار رفته جهت جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، تجزیه و تحلیل کیفیت پیکره آبی، اعتبارسنجی و پایش منابع آلاینده دریاچه زریبار در قالب یک فلوچارت، در شکل ۳ ارائه شد.



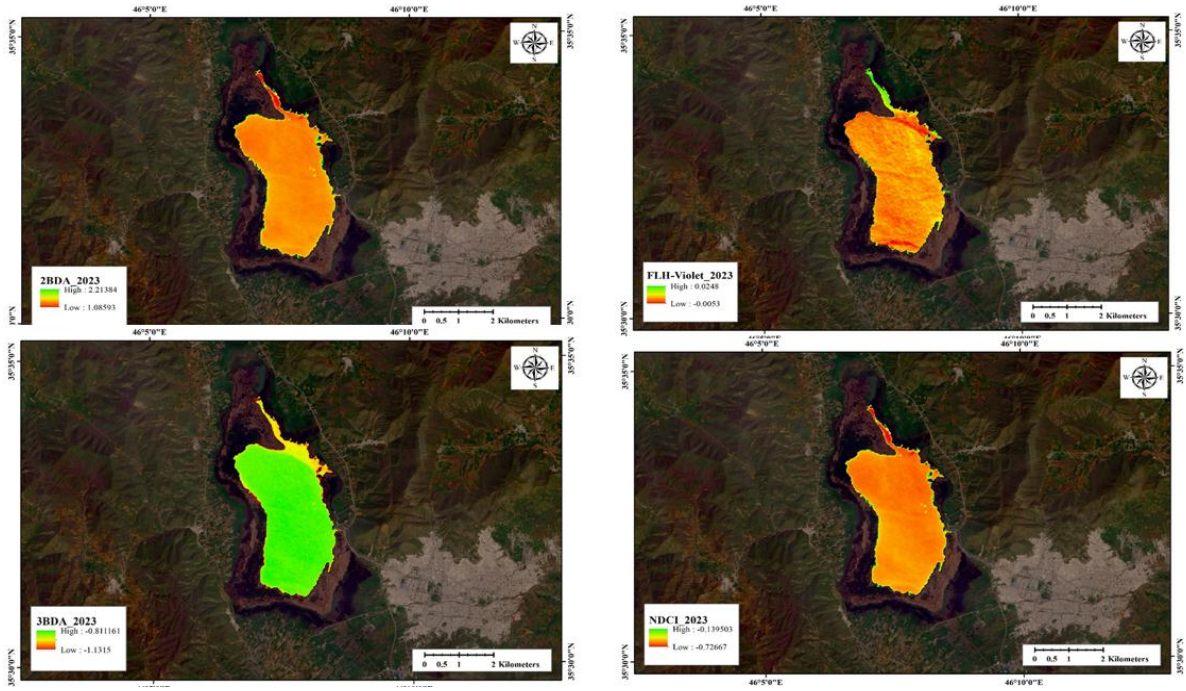
شکل ۳: فلوچارت مراحل انجام پژوهش جهت پایش منابع آلاینده دریاچه زریبار

نتایج

در این پژوهش، با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ میزان کلروفیل-آ در دریاچه زریوار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و چهار شاخص طیفی BDA2، BDA۳، NDCI و FLH-Violet مورد بررسی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ قرار گرفت. در طول فرآیند اعتبارسنجی، مقادیر منفی ثابتی در شاخص‌های 2BDA و NDCI مشاهده گردید. این مقادیر منفی نشان‌دهنده عدم دقت و مسائل بالقوه در مورد قابلیت اطمینان شاخص در تخمین پارامتر غلظت کلروفیل-آ در منطقه مورد مطالعه است. ازاین‌رو با توجه به این ناهنجاری ثابت، شاخص‌های 2BDA و NDCI از تجزیه و تحلیل بیش‌تر حذف شدند. این تصمیم براساس نیاز به اطمینان از صحت و اعتبار نتایج است. بنابراین شاخص‌های دیگری که عملکرد قابل اعتمادی را در آزمون‌های اعتبارسنجی داشته‌اند، تمرکز می‌شود. با توجه به جدول ۱ نتایج نشان داد که شاخص BDA2 در مقایسه با سایر شاخص‌ها، بهترین عملکرد را در برآورد میزان کلروفیل-آ در دو سال مذکور داشت. به‌طور خاص، افزایش میزان شاخص BDA2 در حاشیه‌های دریاچه زریوار و کاهش آن به سمت مرکز دریاچه مشاهده شد که با الگوی توزیع کلروفیل-آ در این دریاچه هم‌خوانی داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که شاخص BDA2 می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای پایش تغییرات میزان کلروفیل-آ در دریاچه زریوار مورد استفاده قرار گیرد.



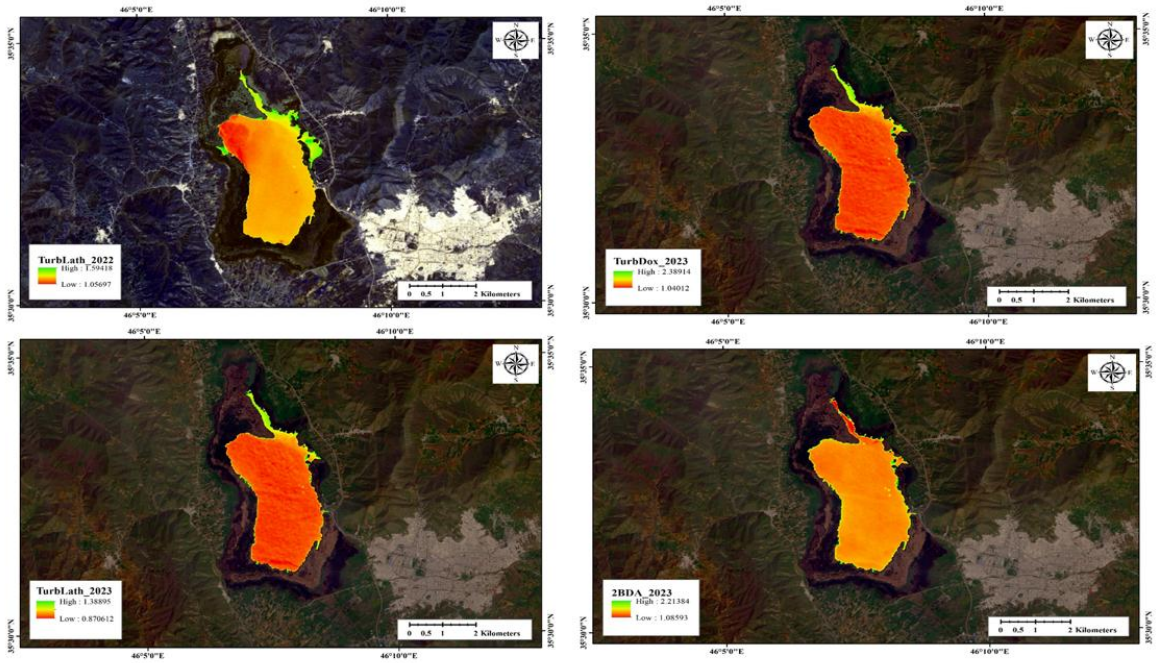
شکل ۴: نقشه‌های مربوط به شاخص کلرفیل آ در سال ۲۰۲۲



شکل ۵: شکل نقشه‌های مربوط به شاخص کلرفیل آ در سال ۲۰۲۳

به‌منظور بررسی تغییرات کدورت دریاچه زریوار، شاخص‌های طیفی TurbLath و TurbDox برای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفتند (شکل ۶). نتایج حاصل از این محاسبات به‌صورت نقشه‌های خروجی ارائه شده‌اند. بررسی این نقشه‌ها نشان می‌دهد که روند تغییرات و پراکندگی مکانی کدورت در هر دو شاخص TurbLath و TurbDox در طول این دو سال، الگوی تقریباً مشابهی را دنبال می‌کند. با این وجود، تفاوت‌هایی جزئی در مقادیر عددی این دو شاخص مشاهده می‌شود. به‌طور خاص، در سال ۲۰۲۲، مقادیر شاخص TurbLath در بخش میانی و مرکزی دریاچه زریوار اندکی بیش‌تر از مقادیر شاخصTurbDox بوده است. این تفاوت جزئی می‌تواند ناشی از حساسیت متفاوت این دو شاخص به‌عوامل محیطی و ویژگی‌های اپتیکی آب باشد. به‌طور کلی، نتایج این بخش از پژوهش حاکی از آن است که شاخص‌های TurbLath و

TurbDox، هر دو قادر به نمایش روند کلی تغییرات کدورت در دریاچه مذکور هستند، اما شاخص TurbDox به دلیل دقت بالاتر در تخمین کمی کدورت، شاخص مناسب‌تری برای پایش و مدیریت کیفیت آب این دریاچه به‌شمار می‌رود (شاخص‌های آماری جدول ۲).



شکل ۶: نقشه مربوط به شاخص‌های کدورت در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳

جدول ۲: نتایج شاخص‌های آماری مرتبط با کلروفیل-آ و کدورت در سال ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳

پارامتر	شاخص	R^2	RMSE
کلروفیل-آ	2BDA	۰/۸۶	۰/۰۰۸۰۳
۲۰۲۲	FLH-Violet	۰/۶۹	۰/۰۰۸۱۱
کدورت	TurbLath	۰/۷۵	۰/۰۷۸
۲۰۲۲	TurbDox	۰/۸۴	۰/۰۷۳
کلروفیل-آ	2BDA	۰/۸۴	۰/۰۰۸۰۳
۲۰۲۳	FLH-Violet	۰/۶۱	۰/۰۰۸۱۱
کدورت	TurbLath	۰/۷۴	۰/۰۷۶
۲۰۲۳	TurbDox	۰/۸۴	۰/۰۷۴

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، آلایندگی دریاچه زریوار با استفاده از غلظت کلروفیل-آ و کدورت و تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ در سامانهGEE پایش شد. ابتدا با آستانه‌گذاری NDVI، محدوده آبی دریاچه از سایر کلاس‌ها جدا گردید. سپس برای پیش‌بینی غلظت کلروفیل-آ از شاخص‌های طیفی BDA۲، BDA3، NDCI و FLH-Violet و برای کدورت از شاخص‌های TurbLath وTurbDox استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص BDA ۲ بهترین شاخص برای پیش‌بینی غلظت کلروفیل-آ و شاخص

TurbDox بهترین شاخص برای پیش‌بینی کدورت بود. در نهایت، آلایندگی دریاچه زریوار با استفاده از این دو شاخص پایش گردید. تحقیقات متعددی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های مختلف، به بررسی کیفیت آب دریاچه زریوار و سایر پهنه‌های آبی پرداخته‌اند. در زمینه کلروفیل-آ، مطالعات نشان داده‌اند که الگوریتم‌های BDA2 و NDCI روی تصاویر سنتینل-۲، دقت بالاتری نسبت به تصاویر لندست-۸ دارند (Beck *et al.*, 2016). با این حال، در برخی موارد، الگوریتم‌های دیگر مانند BAND3 و الگوریتم‌های بیواپتیکی OC2 و OC3 نیز نتایج قابل قبولی ارائه داده‌اند (Valizadeh Kamran *et al.*, 2020; Karimi *et al.*, 2022). در مورد کدورت، شاخص‌های TurbLath و TurbDox به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نتایج نشان داده است که TurbDox عملکرد بهتری در این زمینه دارد. به‌طور کلی، انتخاب الگوریتم مناسب برای پایش کیفیت آب، به عوامل مختلفی مانند نوع تصویر ماهواره‌ای، ویژگی‌های آب و هدف مطالعه بستگی دارد. نتایج نشان داده بود آلودگی در دریاچه زریبار از سواحل به سمت مرکز کاهش می‌یابد و ناشی از ورود آلاینده‌ها از آبرآهه‌ها و فعالیت‌های انسانی (کشاورزی، فاضلاب شهری، اسکله‌های تفریحی) در بخش شرقی است. بخش غربی دریاچه به‌دلیل وجود کاربری جنگلی، کم‌ترین میزان آلودگی را داراست. همچنین تخریب جنگل‌های اطراف دریاچه زریوار و حفر چاه‌های متعدد، عوامل متعددی در کاهش کیفیت آب آن دارند. تغییر کاربری جنگل به زمین زراعی، استفاده از چوب درختان برای سوخت، آتش‌سوزی‌های مکرر و خاکبرداری از جمله عوامل تخریب جنگل‌ها هستند. حفر چاه‌ها نیز با کاهش آبدهی چشمه‌های کف دریاچه، به‌طور مستقیم بر وضعیت آن تأثیر منفی می‌گذارد. با این حال، عامل اصلی آلودگی دریاچه، فاضلاب شهر مریوان، روستاها و زمین‌های کشاورزی اطراف آن است که از طریق آبراهه‌ها وارد دریاچه می‌شوند.

تشکر و قدردانی

در پایان از دانشگاه کردستان برای حمایت مالی این پژوهش در قالب پایان‌نامه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

مراجع

اولادی، ۱۳۹۱. **پراکنش و فراوانی کلروفیل-آ با استفاده از تکنیک RS در سواحل جنوبی دریای خزر**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان.

سلیمانی، ک.، درویشی، ش.، شکریان، ف. ۱۴۰۱. **ارزیابی صحت روش‌های سنجش از دور در استخراج و پاسش تغییرات پهنهٔ آبی دریاچه زریبار**. اکوهیدرولوژی. دوره ۹، شماره ۳، صفحات ۵۱۶-۵۰۵.

یوسفی، ح.، ترابی پوده، ح.، حقی‌زاده، ع.، صمدی، آ.، ارشیا، آ.، یاراحمدی، ی. ۱۴۰۰. **پایش تغییرات دریاچه زریبار کردستان با استفاده از شاخص¬های طیفی تفاضل نرمال و تصاویر لندست در سامانه Google Earth Engine**. هیدرولوژی. دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۴۱-۳۰.

Beck, R., Zhan, S., Liu, H., Tong, S., Yang, B., Xu, M., Su, H. 2016. **Comparison of satellite reflectance algorithms for estimating chlorophyll-a in a temperate reservoir using coincident hyperspectral aircraft imagery and dense coincident surface observations**. Remote Sensing of Environment, 178: 15-30

Buma, W.G., Lee, S.I. **2020. Evaluation of Sentinel-2 and Landsat 8 Images for Estimating Chlorophyll-a Concentrations in Lake Chad, Africa**. Remote Sensing, 12(15): 2437.

Karimi, B., Hashemi, S.H., Aghighi, H. 2022. **Performance of Sentinel-2 and Landsat-8 satellites in estimating Chlorophyll-a concentration in a shallow freshwater lake**.

Landry, B. 1977. **Eye In The Sky: Introduction To Remote Sensing** (Author: Dorothy Harper). McGill Journal of Education/Revue des sciences de l'éducation de McGill, 12(001).

Song, W., Yinglan, A., Wang, Y., Fang, Q., Tang, R. 2024. **Study on remote sensing inversion and temporal-spatial variation of Hulun lake water quality based on machine learning**. Journal of Contaminant Hydrology, 260: 104282.

Toming, K., Kutser, T., Laas, A., Sepp, M., Paavel, B., Nõges, T. 2016. **First experiences in mapping lake water quality parameters with Sentinel-2 MSI imagery**. Remote Sensing, 8(8): 640.

Valizadeh Kamran, K., Atazadeh, E., Mahdavifard, M. 2020. **Estimation of chlorophyll-a concentration using ground data and Sentinel-2 and Landsat-8 Satellite images processing (Case study: Tiab Estuary)**. 11.

Vasistha, P., Ganguly, R. 2020. **Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview**. Materials Today: Proceedings, 32: 544-552.

مقالات پوستری

پرندگان مهاجر دریاچه زریبار (تنوع گونه‌ای، اهمیت اکولوژیکی و چالش‌های حفاظتی)

میلاد آقایی[1]*، فاطمه پورحمزه[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باستان شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. miladaghai1376@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی دامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران. fatemeyas83.com@gmail.com

چکیده

دریاچه زریبار، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های پرندگان مهاجر در غرب ایران، نقش کلیدی در حفظ چرخه زندگی و تنوع زیستی این گونه‌ها ایفا می‌کند. این مطالعه به بررسی گونه‌های پرندگان مهاجر در این دریاچه، الگوهای مهاجرت، و نقش اکولوژیک آن‌ها در اکوسیستم آبی می‌پردازد. بر اساس مشاهدات میدانی و داده‌های تاریخی، بیش از ۵۰ گونه پرنده مهاجر از جمله اردک‌های سرسبز، حواصیل‌های خاکستری، فلامینگوها، و آبچلیک‌ها به‌طور فصلی در این منطقه شناسایی شده‌اند. حضور این پرندگان نه تنها به‌عنوان شاخصی از سلامت اکوسیستم دریاچه محسوب می‌شود، بلکه در گرده‌افشانی گیاهان، کنترل جمعیت حشرات و ماهیان، و تقویت زنجیره غذایی نیز مؤثر است. با این حال، عواملی مانند آلودگی آب، تخریب نیزارها، شکار غیرمجاز، و تغییرات اقلیمی، بقای این پرندگان و زیستگاه‌های آن‌ها را تهدید می‌کنند. این پژوهش بر لزوم اجرای برنامه‌های حفاظتی یکپارچه، ایجاد مناطق امن برای تخم‌گذاری، و افزایش آگاهی جوامع محلی برای حفظ این ذخیره ارزشمند تنوع زیستی تأکید می‌کند. نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای تدوین استراتژی‌های مدیریتی پایدار در راستای حفاظت از پرندگان مهاجر و اکوسیستم دریاچه زریوار مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: زریبار، دریاچه، تنوع زیستی، پرندگان، مهاجرت، حفاظت

Migratory birds of Lake Zrebar: species diversity, ecological importance, and conservation challenges

Abstract

Lake Zrebar, as one of the most critical habitats for migratory birds in western Iran, plays a pivotal role in sustaining the life cycles and biodiversity of these species. This study investigates the migratory bird species in the lake, their migration patterns, and their ecological roles within the aquatic ecosystem. Based on field observations and historical data, over 50 migratory bird species—including mallards, gray herons, flamingos, and sandpipers—have been seasonally identified in the region. The presence of these birds not only serves as an indicator of the lake's ecosystem health but also contributes to plant pollination, control of insect and fish populations, and enhancement of the food chain. However, factors such as water pollution, destruction of reed beds, illegal hunting, and climate change threaten the survival of these birds and their habitats. This research emphasizes the necessity of implementing integrated conservation programs, establishing safe breeding zones, and raising awareness among local communities to protect this invaluable biodiversity reservoir. The findings of this study can serve as a foundation for developing sustainable management strategies to conserve migratory birds and the Lake Zrebar ecosystem.

Keywords: Zrebar, Lake, Biodiversity, Birds, Migration, Conservation

مقدمه

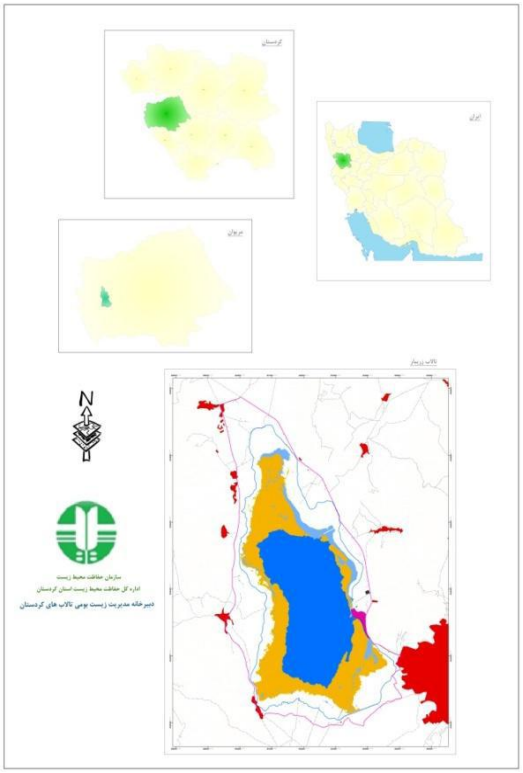
دریاچه زریبار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های تالابی در غرب ایران، نقش حیاتی در حفظ چرخه‌های زیستی و حمایت از تنوع جانوری دارد. این اکوسیستم ارزشمند هر ساله میزبان ده‌ها گونه از پرندگان مهاجر است که از مناطق دوری مانند سیبری، اروپای شرقی و آسیای مرکزی به این منطقه کوچ می‌کنند. حضور این پرندگان نه تنها نشانه‌ای از سلامت اکوسیستم تالاب محسوب می‌شود، بلکه کارکردهای مهمی در حفظ تعادل طبیعی منطقه ایفا می‌کند.

مطالعات نشان می‌دهد که حداقل ۶۵ گونه مختلف از پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار شناسایی شده‌اند. این گونه‌ها را می‌توان به چند گروه اصلی تقسیم کرد: پرندگان آبزی مانند اردک‌ها و کشیم‌ها که بیشتر وقت خود را در آب می‌گذرانند؛ پرندگان کنارآبزی مانند حواصیل‌ها و آبچلیک‌ها که در حاشیه تالاب زندگی می‌کنند؛ پرندگان شکاری مانند سنقر تالابی که نقش مهمی در کنترل جمعیت جوندگان دارند؛ و همچنین گنجشک‌سانان که در پوشش گیاهی اطراف تالاب به سر می‌برند. هر یک از این گروه‌ها به شیوه‌ای خاص به حفظ تعادل اکولوژیک منطقه کمک می‌کنند.

اهمیت اکولوژیکی پرندگان مهاجر در زریبار بسیار چشمگیر است. این پرندگان با کنترل جمعیت حشرات، جوندگان و ماهی‌ها، نقش تنظیم‌کننده‌ای در زنجیره غذایی ایفا می‌کنند. به‌عنوان مثال، حواصیل‌های خاکستری با شکار ماهی‌های بیمار و ضعیف، از شیوع بیماری‌ها در جمعیت آبزیان جلوگیری می‌کنند. از سوی دیگر، کشیم‌های بزرگ با تغذیه از زئوپلانکتون‌ها، مانع از شکوفایی بیش از حد جلبک‌ها می‌شوند که این امر به حفظ کیفیت آب تالاب کمک شایانی می‌کند. علاوه بر این، بسیاری از پرندگان با انتقال بذر گیاهان در مسیر مهاجرت خود، به تنوع و گسترش پوشش گیاهی منطقه کمک می‌کنند.

از دیدگاه اقتصادی و اجتماعی نیز حضور پرندگان مهاجر در زریبار دارای اهمیت فراوانی است. این پرندگان هر ساله تعداد زیادی از گردشگران طبیعت‌گرد و پرنده‌نگران را به منطقه جذب می‌کنند که این امر به رونق اقتصادی جوامع محلی منجر می‌شود. همچنین، زریوار به‌عنوان یک سایت تحقیقاتی مهم، زمینه‌ساز انجام مطالعات علمی متعددی در زمینه اکولوژی و رفتار پرندگان شده است که این خود به افزایش دانش بومی و جهانی در این حوزه کمک کرده است. با این حال، این اکوسیستم ارزشمند با چالش‌های متعددی روبه‌رو است که بقای پرندگان مهاجر را تهدید می‌کند. تغییرات اقلیمی و کاهش بارندگی‌های سالانه منجر به پایین آمدن سطح آب دریاچه شده است. توسعه فعالیت‌های کشاورزی و شهری در حریم تالاب، آلودگی منابع آبی و تخریب نیزارها از دیگر مشکلات پیش‌رو هستند. همچنین، شکار غیرمجاز به‌ویژه برای گونه‌های در معرض تهدیدی مانند اردک بلوطی و اردک مرمری، جمعیت این پرندگان را به شدت کاهش داده است.

برای حفاظت از این گنجینه طبیعی، اجرای راهکارهای جامع و چندبعدی ضروری است. از جمله این راهکارها می‌توان به احیای زیستگاه‌های تخریب شده، کنترل ورود فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی به تالاب، ایجاد مناطق حفاظت شده و اجرای برنامه‌های پایش مستمر اشاره کرد. استفاده از فناوری‌های نوین مانند ردیابی ماهواره‌ای پرندگان و نصب دوربین‌های نظارتی می‌تواند به جمع‌آوری داده‌های دقیق‌تر و مدیریت بهتر کمک کند. از سوی دیگر، آموزش و مشارکت جوامع محلی در برنامه‌های حفاظتی نقش کلیدی در کاهش شکار غیرمجاز و افزایش آگاهی عمومی دارد.



شکل ۱: تالاب زریوار

مشخصات و ویژگی‌های فیزیکی

تالاب آب شیرین زریبار یا زریبار (Zirêbar, Zirêwar) در ۱۳۰ کیلومتری شمال غربی سنندج (مرکز استان کردستان) و در فاصله ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان واقع شده و از مکان‌های دیدنی و گردشگری استان کردستان محسوب می‌شود. این تالاب یکی از منحصر به‌فردترین دریاچه‌های آب شیرین در جهان به‌شمار می‌رود و همچنین یکی از مراکز زمستان گذرانی و جوجه آوری پرندگان مهاجر است. بر اساس «بند الف ماده ۳ قانون حفاظت و به‌سازی محیط‌زیست مصوب ۱۳۵۳ و طی مصوبه شماره ۳۰۴ مورخ ۵/۷/۱۳۸۸ کمیسیون امور زیربنایی صنعت، معدن و تجارت، محدوده زریوار» به‌عنوان «پناهگاه حیات وحش زریبار» معرفی گردید. این تالاب با توجه به کارکردهای اکولوژیک آن، به‌عنوان تنظیم کننده رژیم آبی، زیستگاهی برای حمایت از گیاهان و جانوران و به‌ویژه پرندگان آبزی قلمداد می‌شود.

حوضه آبخیز دریاچه زریبار با مساحت ۱۵۸۲۷ هکتار در میانه دشت میان کوهی مریوان قرار گرفته که شامل دو حوضه فرعی شهری با مساحت ۵۰۰۰ هکتار و مریوان با مساحت ۱۰۸۲۷ هکتار است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۱۲۰ متر و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی تالاب زریبار ۱۲۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۱۸/۲ درصد است و تالاب زریبار کانون تمرکز روان آب‌های سطحی ۸ واحد هیدرولوژیکی حوضه زریوار محسوب می‌شود.

آب و هوا (اقلیم)

تالاب زریبار از لحاظ اقلیمی دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل بوده، به‌طوری‌که میانگین حداقل و حداکثر دمای آن به‌ترتیب ۵ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارش سالانه در منطقه حدود ۹۰۰ میلی‌متر است. بارندگی حوضه با ورود جریانات هوای مرطوب از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه از اوایل آبان آغاز شده و تا اواخر اردیبهشت ادامه می‌یابد و فصل خشک آن منطبق بر تابستان است. در این منطقه به‌دلیل نقش اساسی توپوگرافی، بارش‌های اروگرافیک در فصل بهار بیشترین سهم را به‌خود اختصاص می‌دهند. حداکثر بارش در دوره سرد سال و حداقل آن در ماه‌های گرم کاملاً محسوس است. بارندگی حوضه با ورود جریانات مرطوب اطلسی و مدیترانه‌ای از اوایل آبان آغاز گشته و تا اواخر اردیبهشت ادامه می‌یابد.

توزیع بارندگی در طول این مدت یکنواخت نبوده و تغییرات قابل توجهی بین میزان بارندگی ماه‌های مختلف مشاهده می‌شود، اما در کل بیش از ۹۷ درصد بارش‌های منطقه در این بازه زمانی اتفاق می‌افتد. توزیع زمانی بارندگی سالانه به‌ترتیب اهمیت در سه فصل زمستان، بهار و پاییز می‌باشد. بارش‌های تابستانی در این منطقه بسیار ناچیز و نادر است. فصل زمستان با متوسط ۴۶/۶ درصد، مرطوب‌ترین فصل بوده و تابستان با ۰/۱ درصد خشکترین فصل است و فصول پاییز و بهار به‌ترتیب با ۲۷/۱ و ۲۶/۲ درصد بارش سالانه را به‌خود اختصاص می‌دهند. باد غالب در منطقه دارای جهت جنوب غربی می‌باشد.

منابع تأمین آب

تالاب زریبار از معدود تالاب‌های آب شیرین ایران است که هیچ رودخانه دائمی در تأمین آب آن نقش ندارد و عمدتاً از طریق چشمه‌های متعدد در بخش غربی و کف تالاب تغذیه می‌شود. به‌طور کلی منابع تأمین آب تالاب زریبار از سه منبع عمده تشکیل می‌شود:

ریزش‌های جوی که به‌صورت باران و برف سالانه حدود هشت میلیون مترمکعب آب تالاب را تأمین می‌کند.

چشمه‌های کف‌جوش بستر تالاب که به سفره‌های زیرزمینی مرتبط است و سالانه حدود ۱۲ میلیون مترمکعب آب به تالاب وارد می‌شود.

آب‌های سطحی ورودی با رقمی حدود ۲۸ میلیون متر مکعب که از منابع تأمین آب تالاب محسوب شده که پس از بارش بهاران یا برف، از طریق آبراهه‌های جاری بر دامنه‌های غربی، شرقی و حوضه آبخیز تالاب به آن می‌ریزد. به این ترتیب حجم سالیانه آب ورودی به تالاب زریوار از این منابع حدود ۴۸ میلیون متر مکعب است که در تالاب ذخیره می‌شود.

این تالاب قبلاً دارای سرریز طبیعی در تراز ۱۲۹۰ متر بوده که سالانه حدود ۱۰ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی از آن تخلیه شده است. در سال ۱۳۷۶، یک سرریز جدید با رقوم ۱۲۹۲٫۵ متر در محل سرریز قدیمی احداث گردید. همچنین با احداث یک بند انحرافی بر روی رودخانه قزلچه‌سو و کانال انتقال آب که از شمال تالاب می‌گذرد، امکان انتقال یک تا ۲۰ میلیون مترمکعب آب (بر حسب نیاز) به تالاب فراهم شده است.

سطح، عمق و حجم آب

میانگین دورهای طولانی مدت حجم آب تالاب بین ۲۲/۵ تا ۶۴/۹ میلیون مترمکعب در طول سال در نوسان است. وسعت تالاب به‌دلیل تغییرات حجم آبی در فصول مختلف متغیر می‌باشد. طول متوسط آن ۴/۵ کیلومتر و عرض آن کمی کمتر از ۲ کیلومتر است، بنابراین سطح کاسه تالاب حدود ۸/۳ کیلومتر مربع می‌باشد. با در نظر گرفتن حاشیه غرقابی حدود ۱۲۰۰ هکتاری آن که پوشیده از گیاهان آبزی بوده و در بخش جنوبی و جنوب غربی تالاب گسترش بیشتری دارد، مساحت کل تالاب به حدود ۲۰۰۰ هکتار می‌رسد. ضمناً سطح دریاچه در تراز نرمال به ۲۳/۳ کیلومتر مربع می‌رسد. حداکثر عمق تالاب ۶/۴ متر و عمق متوسط آن حدود ۵ متر است. عمق‌یابی‌های انجام شده نشان‌دهنده افزایش عمق از حاشیه (ساحل) به سمت نقاط مرکزی تالاب می‌باشد. اراضی کف تالاب به‌صورت کاسه‌ای با چشمه‌های کف‌جوش است و توپوگرافی کف آن دارای نوسانات متنوعی است که در نهایت خطالقعر درهای کف تالاب را نشان می‌دهد، جایی که در محل‌های با پوسته نازک، سفره‌های جمع‌کننده آب‌های زیرزمینی جاری شده‌اند.

زیستگاه

تالاب زریبار با توجه به کارکردهای اکولوژیکی آن، به‌عنوان تنظیم کننده رژیم آبی و زیستگاهی برای حمایت از گیاهان و جانوران خاص، به‌ویژه پرندگان آبزی، اهمیت ویژه‌ای دارد. قبل از احداث دیواره خاکی در سال ۱۳۷۲، این تالاب به‌عنوان یک اکوسیستم آبی باز از منظر زیست‌محیطی دارای ارزش فراوانی بود. این تالاب یک ذخیره‌گاه طبیعی ژنتیکی برای انواع گیاهان و جانوران آبزی و کنارآبزی محسوب می‌شود. تالاب زریوار از سمت غرب، شرق و شمال با ارتفاعات پوشیده از جنگل احاطه شده و یکی از توقفگاه‌های مهم پرندگان مهاجر آبزی در فصل زمستان و برخی پرندگان مهاجر عبوری در دیگر فصل‌هاست، به‌طوری که سالانه پذیرای شش هزار قطعه پرنده مهاجر آبزی است.

به‌علت اهمیت این تالاب در زمستان گذرانی پرندگان مهاجر، ارزش زیستگاهی آن در زمستان قابل ملاحظه است. از ۷۴ گونه پرنده شناسایی شده در تالاب، ۴۱ گونه (معادل ۶۷ درصد) به آب که اصلی‌ترین زیست‌بوم منطقه است، وابستگی زیستی دارند. از این تعداد نیز ۷۸/۴ درصد مهاجر زمستانه هستند که از اواخر پاییز تا اواخر زمستان در منطقه حضور دارند. ۵۶/۹ درصد از پرندگان یادشده آشیانه خود را روی زمین و در اطراف تالاب مستقر می‌کنند، و ۲۲ گونه (معادل ۴۳/۱ درصد پرندگان آبزی) از گیاهان آبزی رویش یافته در حاشیه و کرانه‌های تالاب برای آشیانه‌گزینی بهره می‌گیرند. همچنین ۶ گونه درختان را برای آشیانه‌گزینی ترجیح می‌دهند.

از نظر تغذیه، ماهی‌خواری در ۱۶ گونه (۳۱/۴ درصد گونه‌های آبزی)، گیاه‌خواری در ۲۵ گونه (۴۹ درصد گونه‌های آبزی)، تغذیه از بنتوزهای تالاب در ۲۸ گونه (۵۴/۹ درصد گونه‌های آبزی) و استفاده از حشرات آبزی در ۹ گونه مشاهده می‌شود. ۶ گونه از پرندگان آبزی (معادل ۱۱/۳ درصد) نیز همه‌چیزخوار است و وابستگی محدودی به منابع غذایی خاص نشان می‌دهد.

مقدمه‌ای بر تنوع گونه‌ای پرندگان مهاجر

پرندگان مهاجر به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم سلامت اکوسیستم‌های آبی و تالابی، نقش کلیدی در تعادل زیست‌محیطی ایفا می‌کنند (Newton, 2008). دریاچه زریبار، واقع در استان کردستان ایران، یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های پرندگان مهاجر در منطقه غربی کشور است. موقعیت جغرافیایی این دریاچه، منابع غذایی متنوع و اقلیم مناسب آن باعث شده که هرساله هزاران پرنده مهاجر از گونه‌های مختلف در آن حضور یابند. مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که دریاچه زریبار پذیرای گونه‌هایی از پرندگان مهاجر است که از مناطق شمالی مانند سیبری و اروپای شرقی به این منطقه کوچ می‌کنند (Berthold, 2001). این پرندگان، بسته به گونه و شرایط اقلیمی، در فصول مختلف سال در دریاچه حضور دارند و برخی از آنها تنها برای استراحت کوتاه‌مدت توقف می‌کنند، درحالی‌که برخی دیگر در طول فصل زمستان در این زیستگاه باقی می‌مانند.

جدول عوامل مؤثر بر تنوع گونه‌ای پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار

منابع	پیامدهای اکولوژیکی	گونه‌های آسیب‌پذیر	میزان تأثیر	عامل تأثیرگذار
(IPCC, 2021; Javanshir & Ebrahimi, 2019)	تغییر مسیرهای مهاجرتی، کاهش منابع غذایی	پرندگان آبزی (کشیم بزرگ، اردک سرسبز)	کاهش ۳۰٪ سطح آب دریاچه در دهه اخیر	**تغییرات اقلیمی (افزایش دما، کاهش بارندگی)**
(Ghasemi et al., 2020)	کاهش مناطق لانه‌سازی و استراحت	پرندگان کنارآبزی (حواصیل خاکستری، اگرت کوچک)	از بین رفتن ۴۰٪ نیزارها در ۱۵ سال گذشته	**تخریب زیستگاه (توسعه شهری، کشاورزی)**
(Moosavi *et al.*, 2017)	اختلال در زنجیره غذایی	گونه‌های در خطر (اردک مرمری، عقاب شاهی)	سالانه حدود ۲۰۰۰ پرنده شکار غیرقانونی	**شکار غیرمجاز**
(Zarei *et al.*, 2021)	مسمومیت و کاهش نرخ تولیدمثل	پرندگان ماهیخوار (باکلان بزرگ، پرستوی دریایی)	افزایش ۲۵٪ نیترات در آب	**آلودگی آب (فاضلاب، سموم کشاورزی)**
(Abdoli *et al.*, 2018)	رقابت بر سر منابع غذایی	پرندگان وابسته به ماهی (کاکایی سرسیاه)	کاهش ۵۰٪ جمعیت ماهیان بومی	**گونه‌های مهاجم (ماهی گامبوزیا)**

جدول جامع و طبقه‌بندی‌شده پرندگان مهاجر و بومی دریاچه زریبار

این جدول، گونه‌های پرندگان مشاهده‌شده در دریاچه زریو زریبار را براساس دسته‌بندی اکولوژیک، نام فارسی، نام علمی، رژیم غذایی، وضعیت حفاظتی (IUCN) و زمان مشاهده در زریوار مرتب کرده است.

پرندگان آبزی-شناگر (اردک‌ها و غازها)

ردیف	نام فارسی	نام علمی	رژیم غذایی	وضعیت حفاظتی (IUCN)	زمان مشاهده
1	اردک سرسبز	*Anas platyrhynchos*	گیاه‌خوار، سخت‌پوستان	LC	پاییز - زمستان
2	خوتکا	*Anas crecca*	دانه‌خوار، بی‌مهرگان	LC	پاییز - زمستان
3	اردک بلوطی	*Aythya nyroca*	سخت‌پوستان، گیاهان آبی	VU	پاییز - زمستان
4	فیلوش شمالی	*Anas acuta*	گیاه‌خوار	LC	زمستان
5	اردک نوک‌پهن	*Anas clypeata*	گیاه‌خوار، بی‌مهرگان	LC	پاییز - زمستان
6	اردک مرمری	*Marmaronetta angustirostris*	گیاه‌خوار، بی‌مهرگان	VU	تابستان
7	اردک سرسفید	*Oxyura leucocephala*	گیاه‌خوار	EN	زمستان
8	اردک تاجدار	*Netta rufina*	گیاه‌خوار	LC	زمستان
9	اردک سیاه‌کاکل	*Aythya fuligula*	سخت‌پوستان، گیاهان آبی	LC	زمستان
10	اردک سرحنایی	*Netta erythrophthalma*	گیاه‌خوار	LC	زمستان
11	غاز خاکستری	*Anser anser*	گیاه‌خوار	LC	پاییز - زمستان
12	قو گنگ	*Cygnus olor*	گیاه‌خوار	LC	زمستان
13	قوی فریادکش	*Cygnus cygnus*	گیاه‌خوار	LC	زمستان

پرندگان آبزی -غواص و کنارآبزی

ردیف	نام فارسی	نام علمی	رژیم غذایی	وضعیت حفاظتی (IUCN)	زمان مشاهده
14	کشیم کوچک	*Tachybaptus ruficollis*	ماهی‌خوار	LC	پاییز - زمستان
15	کشیم بزرگ	*Podiceps cristatus*	ماهی‌خوار	LC	پاییز - زمستان
16	باکلان کوچک	*Microcarbo pygmaeus*	ماهی‌خوار	LC	پاییز - زمستان
17	حواصیل خاکستری	*Ardea cinerea*	ماهی‌خوار، دوزیستان	LC	بهار - تابستان
18	حواصیل ارغوانی	*Ardea purpurea*	ماهی‌خوار، دوزیستان	LC	تابستان
19	بوتیمار کوچک	*Ixobrychus minutus*	ماهی‌خوار	LC	تابستان
20	اکراس سفید	*Platalea leucorodia*	ماهی‌خوار، سخت‌پوستان	LC	پاییز - زمستان
21	آبچلیک پاسرخ	*Tringa totanus*	بی‌مهرگان	LC	بهار - پاییز
22	آبچلیک سبز	*Tringa ochropus*	بی‌مهرگان	LC	بهار - پاییز
23	دودوک	*Recurvirostra avosetta*	سخت‌پوستان	LC	بهار - پاییز
24	کاکایی سرسیاه	*Larus ridibundus*	ماهی‌خوار	LC	زمستان
25	کاکایی زردپا	*Larus michahellis*	ماهی‌خوار	LC	زمستان
26	پرستوی دریایی نوک‌کلفت	*Gelochelidon nilotica*	ماهی‌خوار	LC	بهار - تابستان
27	پرستوی دریایی سفیدبال	*Chlidonias leucopterus*	ماهی‌خوار	LC	تابستان

پرندگان شکاری

ردیف	نام فارسی	نام علمی	رژیم غذایی	وضعیت حفاظتی(IUCN)	زمان مشاهده
28	عقاب تالابی	*Clanga pomarina*	گوشت‌خوار	LC	پاییز - زمستان
29	سارگپه پابلند	*Buteo lagopus*	گوشت‌خوار	LC	زمستان
30	سنقر تالابی	*Circus aeruginosus*	گوشت‌خوار	LC	پاییز - زمستان
31	بحری	*Falco peregrinus*	گوشت‌خوار	LC	زمستان
32	شاهین معمولی	*Falco tinnunculus*	گوشت‌خوار	LC	تمام سال
33	دلیجه کوچک	*Falco naumanni*	گوشت‌خوار	NT	بهار - پاییز
34	بالابان	*Falco cherrug*	گوشت‌خوار	EN	بهار - پاییز
35	عقاب شاهی	*Aquila heliaca*	گوشت‌خوار	VU	پاییز - زمستان
36	عقاب طلایی	*Aquila chrysaetos*	گوشت‌خوار	LC	تمام سال
37	قرقی	*Accipiter nisus*	گوشت‌خوار	LC	تمام سال
38	سارگپه جنگلی	*Buteo buteo*	گوشت‌خوار	LC	تمام سال

پرندگان گنجشک‌سانان

ردیف	نام فارسی	نام علمی	رژیم غذایی	وضعیت حفاظتی (IUCN)	زمان مشاهده
39	چکچک دم‌سرخ	*Phoenicurus phoenicurus*	حشره‌خوار	LC	بهار - پاییز
40	بلبل هزارداستان	*Luscinia megarhynchos*	حشره‌خوار	LC	تابستان
41	سهره زرد	*Serinus serinus*	دانه‌خوار	LC	تمام سال
42	سهره سینه‌سرخ	*Carpodacus erythrinus*	دانه‌خوار	LC	تابستان
43	توکای معمولی	*Turdus philomelos*	میوه‌خوار	LC	پاییز - زمستان
44	توکای سیاه	*Turdus merula*	میوه‌خوار، حشره‌خوار	LC	تمام سال
45	زاغی	*Pica pica*	همه‌چیزخوار	LC	تمام سال
46	غراب	*Corvus corax*	همه‌چیزخوار	LC	تمام سال
47	چرخ‌ریسک پشت‌آبی	*Cyanistes cyanus*	حشره‌خوار	LC	تمام سال
48	سسک سردودی	*Sylvia atricapilla*	حشره‌خوار	LC	بهار - پاییز
49	توکای گلوسیاه	*Turdus torquatus*	میوه‌خوار	LC	پاییز - زمستان

50	توکای پهلوسرخ	*Turdus iliacus*	حشره‌خوار، میوه‌خوار	LC	زمستان
51	سنگ‌چشم دمگاه‌سرخ	*Lanius phoenicuroides*	حشره‌خوار	LC	تابستان
52	سنگ‌چشم پیشانی‌سفید	*Lanius nubicus*	حشره‌خوار	LC	تابستان
53	مگس‌گیر ابلق	*Ficedula hypoleuca*	حشره‌خوار	LC	بهار - پاییز
54	سهره پیشانی‌سرخ	*Carduelis cannabina*	دانه‌خوار	LC	تمام سال
55	زردپره سرزیتونی	*Emberiza cirlus*	دانه‌خوار	LC	بهار - پاییز

اهمیت اکولوژیکی پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار

دریاچه زریبار به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های استراتژیک در غرب ایران، سالانه میزبان تعداد قابل توجهی از پرندگان مهاجر است که از مناطق مختلف به این منطقه مهاجرت می‌کنند. اهمیت این پرندگان از جنبه‌های مختلف اکولوژیک نه تنها در خود دریاچه بلکه در کل اکوسیستم اطراف و حتی در سطح منطقه‌ای قابل توجه است. در این بخش، به بررسی جامع اهمیت اکولوژیکی پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار پرداخته می‌شود.

جدول اهمیت اکولوژیک پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار

کارکرد اکولوژیک	گونه‌های شاخص	مکانیسم اثر	نتایج و پیامدها	منابع
کنترل جمعیت حشرات	چکچک دم‌سرخ (*Phoenicurus phoenicurus*)، بلبل هزارداستان (*Luscinia megarhynchos*)	تغذیه از حشرات مضر و تخم آن‌ها	کاهش جمعیت آفات کشاورزی و بیماری‌های ناقل‌دار	(BirdLife International, 2021)
تنظیم جمعیت جوندگان	عقاب طلایی (*Aquila chrysaetos*)، قرقی (*Accipiter nisus*)	شکار جوندگان کوچک مانند موش‌ها	پیشگیری از تخریب محصولات کشاورزی و حفظ تعادل جمعیتی	(Schulze & Houghton, 2015)
گرده‌افشانی	توکای معمولی (*Turdus philomelos*)، توکای سیاه (*Turdus merula*)	انتقال گرده هنگام تغذیه از میوه‌ها	افزایش تنوع ژنتیکی گیاهان بومی	(Kuechler & Mansfeldt, 2018)
پراکنش بذر	انواع گنجشک‌سانان و پرندگان میوه‌خوار	دفع بذرهای هضم‌نشده در مدفوع	احیای پوشش گیاهی و گسترش گونه‌های گیاهی	(IPCC, 2021)
تنظیم زنجیره غذایی	عقاب شاهی (*Aquila heliaca*)، سنقر تالابی (*Circus aeruginosus*)	شکار گونه‌های متوسط زنجیره غذایی	جلوگیری از انفجار جمعیت شکارشوندگان و حفظ تعادل اکوسیستم	(BirdLife International, 2021)
تأمین استراحتگاه	تمام گونه‌های مهاجر آبزی و	استفاده از نیزارها و	افزایش نرخ بقای	(Scott and Rose, 1996)

	پرندگان در مسیرهای مهاجرت طولانی	مناطق کم‌عمق برای استراحت	کنارآبزی	**مهاجرتی**
(Newton, 2008)	جلوگیری از شکوفایی جلبکی و حفظ اکسیژن آب	تغذیه از ماهی‌های بیمار و کنترل زئوپلانکتون‌ها	باکلان بزرگ (*Phalacrocorax carbo*)، کشیم‌ها	**حفظ کیفیت آب**

جدول تشریح چالش‌ها و راهکارهای حفاظت از پرندگان مهاجر دریاچه زریبار

منابع	شرح	چالش/راهکار	محور
(IPCC, 2021; Newton, 2008)	توسعه شهری، کشاورزی بی‌رویه و کاهش سطح آب ناشی از تغییرات اقلیمی	تخریب زیستگاه	
(Schulze & Houghton, 2015)	ورود فاضلاب‌های شهری، پساب‌های صنعتی و مواد شیمیایی کشاورزی	آلودگی آب	
(BirdLife International, 2021)	کاهش جمعیت گونه‌های در معرض خطر مانند اردک بلوطی و مرمری	شکار غیرمجاز	
(IPCC, 2021)	تغییر الگوهای مهاجرت و کاهش منابع غذایی	تغییرات اقلیمی	
(Kuechler and Mansfeldt, 2018)	تعیین مناطق حیاتی، پوشش گیاهی و کنترل توسعه	احیای زیستگاه‌ها	**راهکارهای مدیریتی**
(IPCC, 2021)	احداث سیستم‌های تصفیه فاضلاب و پایش لحظه‌ای	بهبود کیفیت آب	
(BirdLife International, 2021)	ایجاد محدوده‌های ممنوعه شکار و نظارت مستمر	مناطق حفاظت‌شده	
(Schulze & Houghton, 2015)	مشارکت با سازمان‌هایی مانند IUCN و کنوانسیون رامسر	همکاری بین‌المللی	
(Newton, 2008)	کارگاه‌های آشنایی با گونه‌های مهاجر و قوانین شکار	آموزش جوامع محلی	
(BirdLife International, 2021)	تشکیل گروه‌های داوطلب حفاظت و گزارش تخلفات	مشارکت مردمی	
(Scott and Rose, 1996)	ایجاد درآمد پایدار از طریق گردشگری مسئولانه	توسعه اکوتوریسم	
(Kuechler and Mansfeldt, 2018)	ردیابی تغییرات زیستگاه با تصاویر ماهواره‌ای	پایش ماهواره‌ای	**فناوری‌های نوین**
(IPCC, 2021)	نصب فرستنده بر پرندگان برای مطالعه مسیرهای مهاجرت	ردیابی GPS	
(Schulze and Houghton, 2015)	تحلیل داده‌های زیستی و پیش‌بینی تهدیدات	هوش مصنوعی	
(Newton, 2008)	کمبود بودجه برای تجهیزات و نیروی انسانی	محدودیت مالی	**موانع اجرایی**
(BirdLife International, 2021)	تعارض منافع با جوامع محلی وابسته به منابع تالاب	مقاومت محلی	
(IPCC, 2021)	نیاز به زیرساخت‌های پیشرفته برای پایش	چالش‌های فنی	

نتیجه‌گیری جامع

این پژوهش با رویکردی چندوجهی به بررسی پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار پرداخته و چالش‌های زیست‌محیطی، انسانی و فنی موجود را شناسایی نموده است. از آنجا که دریاچه زریبار به‌عنوان یک نقطه حیاتی در مسیر مهاجرتی پرندگان عمل می‌کند، هرگونه تخریب یا تغییر در وضعیت آن می‌تواند تأثیرات منفی گسترده‌ای بر کل اکوسیستم داشته باشد. تغییرات اقلیمی، تخریب زیستگاه و شکار غیرمجاز از مهم‌ترین عواملی هستند که موجب کاهش جمعیت و تنوع گونه‌ای پرندگان مهاجر شده‌اند. از سوی دیگر، استفاده از فناوری‌های نوین و افزایش آگاهی عمومی می‌تواند به‌عنوان نقاط قوت برای مقابله با این چالش‌ها عمل کند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، ضروری است که برنامه‌های حفاظتی به‌گونه‌ای تدوین شوند که نه تنها بر حفظ و بهبود شرایط زیست‌محیطی متمرکز باشند، بلکه بتوانند با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و مشارکت جامعه محلی، پاسخگوی تغییرات سریع در محیط زیست باشند. استفاده از سیستم‌های پایش دیجیتال، نصب دوربین‌های نظارتی و ردیابی پرندگان با استفاده از برچسب‌های GPS، از جمله راهکارهایی است که می‌تواند به‌صورت مستمر روند تغییرات جمعیتی را ثبت و تحلیل کند. این اطلاعات به مدیران محیط‌زیست کمک می‌کند تا با داده‌های دقیق، تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ نمایند.

همچنین، تدوین سیاست‌های حفاظتی باید با توجه به مشارکت جامعه محلی و فرهنگ بومی انجام شود. ایجاد انجمن‌های محیط‌زیستی محلی، برگزاری کارگاه‌ها و کمپین‌های آگاهی‌رسانی می‌تواند باعث شود تا مردم به عنوان نگهبانان محیط زیست خود، نقش فعال‌تری در حفاظت از دریاچه زریوار ایفا کنند. همکاری بین‌المللی نیز از جمله مواردی است که می‌تواند به افزایش منابع مالی و فنی برای اجرای پروژه‌های حفاظتی کمک کند.

از سوی دیگر، مطالعات آینده باید به بررسی دقیق‌تر تأثیرات بلندمدت تغییرات اقلیمی بر روند مهاجرت و الگوهای جمعیتی پرندگان بپردازند. استفاده از مدل‌های پیش‌بینی و شبیه‌سازی، می‌تواند به تدوین سناریوهای مختلف جهت مدیریت بحران‌های احتمالی کمک نماید. همچنین، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای در زمینه ارزیابی اثرات اقتصادی حفاظت از زیستگاه‌های تالابی می‌تواند انگیزه‌های لازم برای حمایت از این اقدامات را فراهم آورد.

در نهایت، حفظ دریاچه زریبار به‌عنوان یک زیستگاه حیاتی برای پرندگان مهاجر، نیازمند رویکردی جامع و همه‌جانبه است. این رویکرد باید شامل تدوین سیاست‌های حفاظتی بر مبنای داده‌های علمی، استفاده از فناوری‌های نوین، افزایش آگاهی عمومی و ایجاد شبکه‌های همکاری محلی و بین‌المللی باشد. تنها از طریق این رویکرد جامع است که می‌توان به حفاظت از تنوع گونه‌ای و پایداری اکوسیستم تالابی اطمینان یافت.

نتیجه‌گیری کلی پژوهش به ما می‌آموزد که در مقابل تهدیدات ناشی از تغییرات اقلیمی، تخریب زیستگاه و شکار غیرمجاز، نیاز به اقدام فوری و هماهنگ در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی احساس می‌شود. در این راستا، دریاچه زریوار به‌عنوان یک منطقه با اهمیت اکولوژیک، نقش مهمی در حفظ تعادل زیست‌محیطی و بهبود کیفیت زندگی در منطقه ایفا می‌کند. با حمایت از منابع طبیعی و تدوین سیاست‌های حفاظتی مؤثر، می‌توان اطمینان حاصل کرد که نسل‌های آینده نیز از این میراث طبیعی بهره‌مند خواهند شد.

در پایان، این پژوهش نه تنها به‌عنوان مرجعی برای شناخت بهتر وضعیت پرندگان مهاجر در دریاچه زریبار عمل می‌کند، بلکه راهکارهایی عملی جهت مقابله با چالش‌های موجود و تدوین استراتژی‌های حفاظتی آینده ارائه می‌دهد. با توجه به اهمیت استراتژیک این زیستگاه، تحقیقات آینده و اقدامات اجرایی باید همگام با تغییرات محیط زیستی و فناوری‌های نوین پیش بروند تا حفاظت از تنوع گونه‌ای و پایداری اکوسیستم تالابی تضمین شود.

منابع

BirdLife International. 2021. **IUCN Red List of Threatened Species**.

IPCC. 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Cambridge University Press.

Kuechler, E., Mansfeldt, T. 2018. **Effects of Climate Change on Migratory Birds in Wetland Ecosystems: A Global Perspective.** Ecological Applications, 28(6): 1394-1407.

Newton, I. 2008. T**he Migration Ecology of Birds**. Academic Press.

Schulze, E., Houghton, RA. 2015. **Impact of Climate Change on Bird Populations in Wetland Ecosystems**. Global Environmental Change, 33, 122-134.

Scott, D.A., Rose, P.M. 1996. **Atlas of Anatidae Populations in Africa and Western Eurasia**. Wetlands International.

Delany, S., Scott, D. 2006. **Waterbird Population Estimates**. Wetlands International.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

انگل‌های کرمی اردک ماهی (*Esox lucius* L.) دریاچه زریبار، مریوان

لقمان ملکی*، اقبال غلامی

دانشگاه کردستان، دانشکده علوم، گروه علوم زیستی، سنندج، ایران.

* نویسنده مسئول: سنندج، دانشگاه کردستان، دانشکده علوم، گروه علوم زیستی، سنندج، ایران. l.maleki@uok.ac.ir

چکیده

آبزیان همیشه در معرض تهدید عوامل مختلف طبیعی و غیر طبیعی قرار دارند. در این میان انگل‌ها از جمله عوامل طبیعی هستند که در موارد بسیاری موجب کاهش نسل ماهیان می‌شوند. تاکنون مطالعات متعددی بر روی انگل‌های اردک‌ماهی صورت گرفته است. در ایران نیز گزارش‌هایی در مورد شیوع آلودگی‌های انگلی در اردک‌ماهی وجود دارد که تمرکز اصلی آن‌ها بر روی مناطق شمال کشور است. در تحقیق حاضر، تلاش شد تا انگل‌های کرمی اردک‌ماهی دریاچه‌ی زریبار مریوان (*Esox locius*) جداسازی و با استفاده از روش‌های ریخت‌شناسی و مولکولی مورد شناسایی قرار گیرد. نمونه‌برداری از اردک ماهی دریاچه زریبار مریوان طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ انجام شد. اطلاعات زیست‌سنجی نمونه‌ها شامل طول، وزن و جنسیت ثبت شد. سپس ماهی تشریح و روده آن جدا شد. نمونه‌ها برای مطالعات ریخت‌شناسی در لاکتوفنل شفاف‌سازی شدند و دو نمونه نیز برای آنالیز مولکولی و شناسایی گونه انتخاب شدند. واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) برای تکثیر نواحی ITS1، 5.8S و ITS2 از DNA ریبوزومی (rDNA) انجام شد. یک گونه کرم لوله‌ای (nematode) از جنس *Raphidascaris* در روده یافت شد. درصد آلودگی اردک‌ماهی‌های به این کرم، ۱۷٪ بود. آلودگی در اردک‌ماهی‌های نر بیشتر از ماده بود. همچنین بیشترین میزان درصد آلودگی در فصل بهار و کمترین میزان در زمستان ثبت شد. شدت آلودگی ماهیان به انگل ۱/۱±۰/۴۲ عدد بود. نتایج ارزیابی‌های ریخت‌شناسی و مولکولی نشان داد که انگل مشاهده شده، *Raphidascaris acus* می‌باشد. این انگل برای اولین باز از دریاچی زریبار گزارش می‌شود. با توجه به اینکه اردک ماهی یک ماهی وارداتی از شمال کشور به دریاچه بوده، به احتمال زیاد این انگل هم همراه ماهی وارد دریاچه شده و یک انگل وارداتی است. امکان انتقال این انگل به سایر ماهیان بومی دریاچه وجود دارد که نیاز است آن‌ها نیز در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، اردک‌ماهی، کرم لوله‌ای، توالی‌یابی، گونه مهاجم

Abstract

Aquatic organisms are perpetually exposed to various natural and anthropogenic threats. Among these, parasites represent a significant natural factor frequently responsible for the decline of fish populations. Numerous studies have been conducted on the parasites of pike (*Esox lucius*), and in Iran, reports exist regarding parasitic infections in pike, primarily focused on the northern regions of the country. In the present study, we aimed to isolate and identify the helminth parasites of pike from Lake Zrebar in Marivan using morphological and molecular methods. Sampling was conducted between 2020 and 2021. Biometric data of hosts were recorded , including length, weight, and sex. The fish were dissected, and their intestines were extracted. For morphological analysis, specimens were cleared in lactophenol, and two samples were selected for molecular identification. Polymerase chain reaction (PCR) was performed to amplify the ITS1, 5.8S, and ITS2 regions of ribosomal DNA (rDNA). A nematode species of the genus *Raphidascaris* was identified in the intestine. The infection rate among pike was 17%, with males exhibiting higher susceptibility than females. Seasonal variation was observed, with the highest prevalence in spring and the lowest in winter. The mean infection intensity was 0.42 ± 1.1 parasites per host. Morphological and molecular analyses confirmed the parasite as *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779) Railliet & Henry, 1915. This is the first report of *R. acus* in Lake Zrebar. Given that the pike was introduced to the lake from northern Iran, it is likely that this parasite was co-introduced as an invasive species. There is potential for transmission to native fish species in the lake, warranting further investigation in future studies.

Keywords: Zrebar Lake, Pike, Nematode, Sequencing, Invasive species

مقدمه

اردک ماهی شمالی (*Esox lucius*) یکی از پنج گونه جنس *Esox* بوده که به‌عنوان گونه‌ای بومی در تالاب‌های شمال ایران یافت می‌شود. این گونه دارای اهمیت صید ورزشی، تفریحی و اقتصادی است. اردک ماهی یک شکارچی در راس هرم غذایی بوده و عامل موازنه کننده در اکوسیستم‌های آب شیرین محسوب می‌شود. در گذشته این ماهی ارزش خوراکی کمی داشت اما در حال حاضر به‌خاطر کاهش گونه‌های اقتصادی تالاب‌ها، داشتن جثه بزرگ، کیفیت گوشت و داشتن استخوان‌های کم و پایین بودن میزان چربی، ارزش بسیاری پیدا کرده است [۱، ۲].

اردک‌ماهی شمالی در سرتاسر شمال آسیا، شمال اروپا و شمال آمریکای شمالی حضور دارد. در آب‌های لب شور، شیرین، تالاب‌ها و نهرهای آرام با پوشش گیاهی انبوه زندگی می‌کند. در ایران این گونه محدود به آب‌های شمالی ایران است و در حوزه دریای خزر از مرداب انزلی تا خلیج گرگان و انشعابات آن‌ها و حوزه رودخانه اترک یافت می‌شود. اردک‌ماهی شمالی به دریاچه ولشت مازندران، دریاچه اوان در شمال شرق قزوین، دریاچه قوری گل نزدیک تبریز، دریاچه زریبار مریوان کردستان و دریاچه هفت برم شیراز معرفی شده است [۳].

تاکنون مطالعات متعددی بر روی انگل‌های اردک‌ماهی صورت گرفته است. در ایران نیز گزارش‌هایی در مورد شیوع آلودگی‌های انگلی در این ماهی وجود دارد که اغلب آن‌ها بر روی مناطق شمال کشور و استفاده روش‌های مورفولوژیک است. در تحقیق حاضر تلاش شد تا انگل‌های کرمی اردک‌ماهی دریاچه زریبار مریوان، با استفاده از روش‌های ریخت‌شناسی و مولکولی مورد شناسایی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ۸۹ نمونه (۳۹ نر و ۳۶ ماده و ۱۴ نابالغ) از اردک ماهی دریاچه زریبار از ۵ ایستگاه طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ انجام شد. نمونه‌ها در یونولیت و همراه یخ به آزمایشگاه جانورشناسی دانشگاه کردستان منتقل شدند. اطلاعات زیست‌سنجی ماهی‌ها شامل طول، وزن و جنسیت ثبت شد. جهت مطالعه انگل‌شناسی، با تشریح ماهی، بخش‌های مختلف بدن مانند لوله مورد بررسی قرار گرفت. انگل‌های یافت شده در اتانول ۷۰٪ همراه با ۵٪ گلیسرین فیکس شدند. شدت و درصد آلودگی به تفکیک جنسیت، گروه‌های طولی و فصول بررسی شدند. کرم‌ها با لاکتوفنل شفاف شدند و روی لام‌های میکروسکوپی قرار گرفتند. در نهایت، نمونه‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی مورد شناسایی قرار گرفتند.

دو نمونه برای آنالیزهای مولکولی در اتانول ۹۶٪ تثبیت شدند. DNA ژنومی با استفاده از کیت ستونی Favorgen تایوان مطابق دستورالعمل شرکت سازنده استخراج شد (شرکت یکتا تجهیز، تهران). برای بررسی و تفکیک قطعات DNA از الکتروفورز ژل آگاروز ۱٪ استفاده شد. واکنش PCR برای تکثیر مناطق ITS1، S۵،۸ و ITS2 از rDNA انجام شد. هر PCR (۲۵ میکرولیتر) حاوی ۲/۵ میکرولیتر بافر X10 PCR (۱۰۰ میلی‌مولار Tris–HCl pH 8.3، ۵۰۰ میلی‌مولار KCl)، ۱/۵ میکرولیتر MgCl2 (۵۰ میلی‌مولار)، ۱ میکرولیتر مخلوط dNTP (۱۰ میلی‌مولار از هر dNTP)، ۱ میکرولیتر (۱۰ پیکومول) از هر پرایمر، ۰/۵ میکرولیتر Taq پلیمراز (۲/۵ واحد در میکرولیتر، شرکت تکاپوزیست، ایران) و ۴ میکرولیتر DNA الگو بود. برای تکثیر مناطق ITS1، S۵،۸ و ITS2 از پرایمرهای (5'-GTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATT-3') NC5 و (5'-TTAGTTTCTTTTCCTCCGCT-3') NC2 استفاده گردید [۴]. توالی‌یابی با استفاده از روش سنگر انجام شد. تعیین توالی توسط شرکت BIONEER کره جنوبی مدل Applied Biosystems 3730/3730xl DNA Analyzers Sequencing انجام گردید. توالی‌ها به صورت دستی توسط Chromas Pro نسخه ۱،۴،۱ (Technelysium Pty Ltd، استرالیا) ویرایش و با استفاده از برنامه آنلاین ClustalW2 (http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalw2) تراز شدند. سپس توالی‌ها در پایگاه داده‌ی NCBI بلاست شدند تا گونه انگل شناسایی شود.

نتایج

اکولوژی انگل

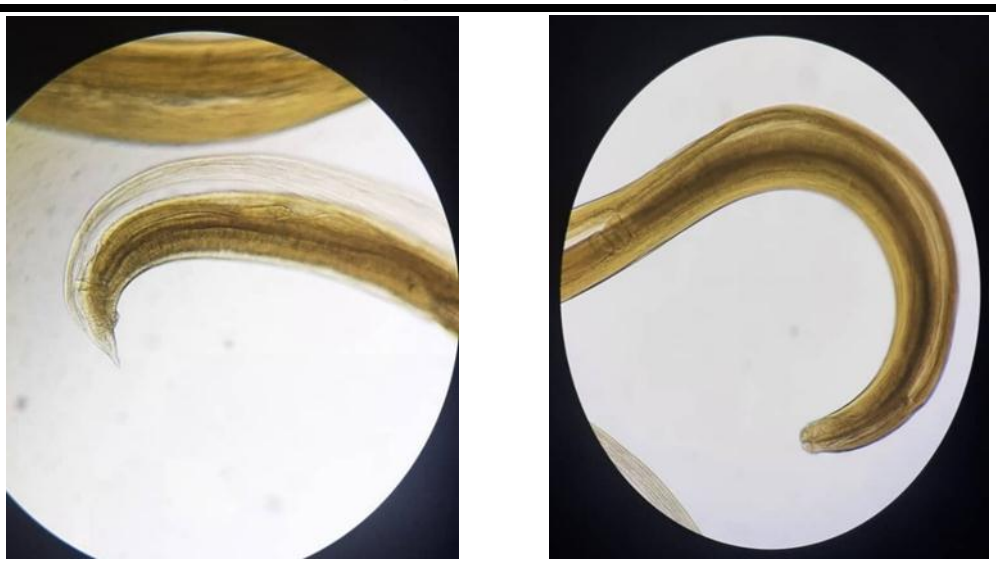
طی مطالعه صورت گرفته، یک گونه کرم لوله‌ای از جنس *Rhaphidascaris* از روده ماهی جدا شد. درصد آلودگی ماهیان (۸۷ عدد) به این گونه انگل ۱۷٪ بود. درصد آلودگی به تفکیک جنسیت هم محاسبه شد که در آن نرها ۲۰٪ و ماده‌ها ۱۶٪ آلوده بودند. درصد آلودگی بین دو جنس نر و ماده دارای اختلاف معنی داری نبود (Man-Whitney U=۶۶۸ ،p=۰/۶). درصد آلودگی به تفکیک فصل هم محاسبه هم شامل بهار ۴۳٪، تابستان ۹٪، پاییز ۲۲٪ و زمستان بدون آلودگی بودند. رابطه بین اندازه ماهی (طول بدن) با آلودگی محاسبه شد که در آن ماهیان اندازه کوچکتر آلودگی بیشتری داشتند ولی اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. شدت آلودگی ماهیان به کرم لوله‌ای ۱/۱±۰/۴۲ بود. شدت آلودگی بین جنست، فصل‌ها و اندازه ماهی اختلاف معنی‌داری نشان نداد (Kruskal-Wallis H=۶/۷ ،p=۰/۰۸). شدت آلودگی در ماهیان آلوده ۱/۷±۱/۵ بود.

ویژگی‌های ریختی انگل

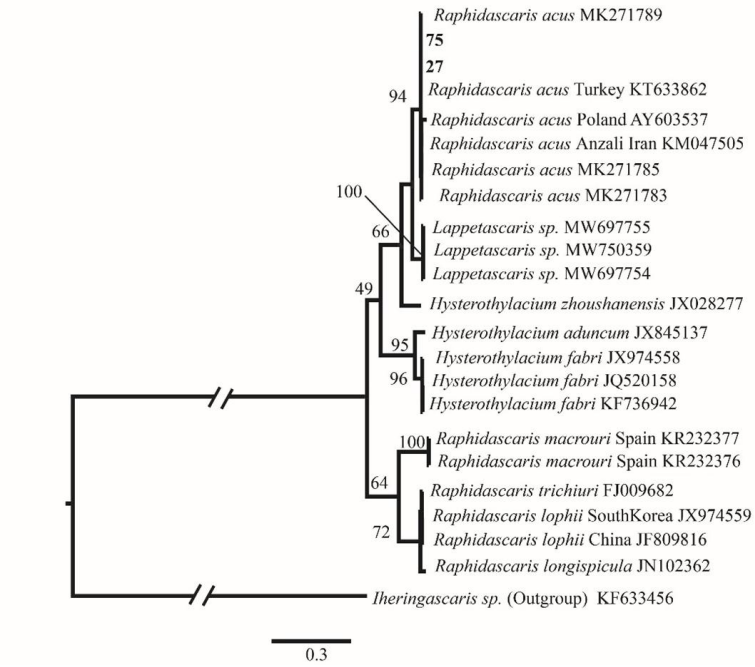
کرم لوله‌ای جدا شده از اردک ماهی زیر میکروسکوپ با هدف شناسایی از طریق صفات ریختی مورد بررسی قرار گرفت. این گونه با توصیف گونه *R. acus* منطبق بود که توصیف آن به شرح زیر است: کرم‌هایی با اندازه متوسط، به رنگ متمایل به زرد، با کوتیکول دارای نوارهای عرضی، دو انتها مخروطی شکل، بیشترین عرض در میانه بدن. در انتهای قدامی دارای سه لب نسبتاً بزرگ، با بال‌های جانبی، پالپ لب‌ها در بخش قدامی دارای دو لوب. لب پشتی حاوی دو پاپیلای جفت، لب‌های شکمی جانبی هر کدام یک پاپیلای جفت، یک پاپیلای مفرد و یک آمفید. لب‌های شکمی جانبی نسبتاً نامتقارن بوده و نسبت به لب پشتی‌اندازه کوچکتری داشتند. پالپ لب در بخش زیرین پاپیلای جفت به‌صورت دو لوب کناری امتداد یافته بود. امتداد آلای جانبی از پایه بین لب پشتی و لب‌های شکمی جانبی تا نیمه دم. عدم وجود اینترلبیا مری بلند و ماهیچه‌ای (شکل ۱).

تبارزایی مولکولی کرم لوله‌ای

نتایج بلاست توالی به‌دست آمده از واکنش PCR نشان داد که گونه‌های جداسازی شده از اردک ماهی، *Raphidascaris acus* می‌باشند (شکل ۲)، چون به‌خوبی کلادی را با *R. acus* سایر مناطق تشکیل دادند. فاصله ژنتیکی بین توالی‌ها نشان داد که کمترین فاصله ژنتیکی یا بیشترین شباهت نمونه ما با نمونه‌های ترکیه و بندر انزلی می‌باشد.



شکل ۱: سمت راست: تصویر از نمای سری نماتود جداسازی شده از اردک ماهی، سمت چپ: تصویر ناحیه دمی جنس نر



شکل ۲: درخت تبارزایی ارتباط بین نمونه‌های این مطالعه ۲۷ و ۷۵ با دیگر گونه‌های و توالی‌های نزدیک موجود در بانک ژنی با شماره دسترسی به روش حداکثر احتمال (ML). مقیاس فاصله ژنتیکی توالی‌ها را با هم نشان می‌دهد.

بحث

خانواده اردک ماهیان (Esocidae) دارای ۵ گونه بوده که اردک ماهی شمالی، *E. lucius* یکی از گونه‌های آن می‌باشد. این گونه مانند سایر گونه‌های این خانواده شکارچی و مهاجم است. سر آن به شکل پوزه اردک، پهن بوده و دارای تعداد زیادی دندان تیز می‌باشد. آن‌ها در محل زندگی پرسه زده و آماده خوردن هر نوع موجود از جمله پرندگان هستند [۵]. آن‌ها تالاب‌ها و آبگیرهای ساکن حاوی پوشش گیاهی را ترجیح می‌دهند. گسترش آن‌ها در سراسر اروپا، آمریکای شمالی و آسیا است. در ایران نیز در حوضه جنوبی دریای خزر زندگی می‌کند [۶].

دریاچه زریبار مریوان از لحاظ اکولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی مهمترین دریاچه آب شیرین در استان کردستان و غرب کشور می‌باشد. این دریاچه به‌دلیل ورود آلاینده‌ها، ساخت سد بر روی خروجی آن، رهاسازی ماهی و ورود ماهیان غیربومی از قبیل ماهی قرمز، شاهد تغییراتی در ساختار جمعیتی ماهیان بوده است. ترکیب طبیعی ماهیان دریاچه زریبار به‌دنبال تغییرات محیطی‌و ورود ماهیان غیربومی از طرق مختلف، دچار تغییراتی شده است [۷]. گزارشات متعددی در مورد ترکیب ماهیان دریاچه زریبار ارائه شده است که در آخرین مطالعه ۱۴ گونه ماهی شناسایی شده که شامل ۵ گونه بومی و ۹ گونه غیر بومی بوده است [۸]. اما در این میان حضور اردک ماهی گزارش نشده بود. تا سال ۱۳۹۸ که اولین گزارش مستند از حضور این ماهی در دریاچه زریبار مریوان توسط محمدی و همکاران ارائه شد [۷]. فون انگلی ماهیان دریاچه در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۲ توسط جلالی و همکاران انجام شده است [۹]. بیشترین تنوع در انگل‌های مونوژن در آبشش ماهیان بود. متاسرکر انگل *Diplostomum spathaceum* به‌عنوان تنها نوزاد انگل دیژن در چشم شش گونه از ماهیان بومی و معرفی شده دریاچه توسط جلالی و همکاران یافت گردید. شاخص‌ترین گونه انگلی، *Ligula intestinalis* بود که در محوطه بطنی شاه کولی یافت شد. به‌نظر می‌رسد که تا پیش از مطالعه حاضر، حضور انگل *R. acus* در ماهیان دریاچه زریبار مریوان گزارش نشده است. با این حال در شمال کشور گزارش‌هایی مبنی بر آلودگی اردک ماهی به انگل وجود *R. acus* دارد.

در مناطق مختلف شمال ایران به‌خصوص تالاب انزلی طی مطالعه‌های مختلفی انواع گروه‌های انگلی مانند کرم لوله‌ای کرم نواری، مونوژن‌ها و دیژن‌ها از اردک ماهی گزارش شده است. در برخی مطالعات بیش از ۱۰ گونه کرم انگلی گزارش شده است [۱۰]. حداقل از کرم‌های لوله‌ای سه گونه ثبت شده است. سه کرم لوله‌ای به نام *Raphidascaris acus*، *Camallanus lacustris* و نوزاد *Eustrongylides excisus* هستند. انگل *R. acus* از اردک ماهی دیگر مناطق دیگر مانند روسیه هم گزارش شده است [۱۱]. بنابراین، با توجه به اینکه این گونه تنها انگل گزارش شده از اردک ماهی زریبار می‌باشد احتمال دارد با توجه به جدید بودن ماهی در اکوسیستم جدید هنوز گونه‌های دیگر انگل در این ماهی تجمع پیدا نکرده‌اند. کرم لوله‌ای یافت شده هم همراه با ماهی وارد دریاچه شده است. ممکن است سایر گونه‌ها مانند کرم‌های نواری و دیژن‌ها به‌علت حساس بودن و عدم انطباق با محیط جدید از بین باشند و کرم لوله‌ای به علت مقاوم بودن با زیستگاه جدید سازگار شده است.

نتیجه‌گیری

درصد آلودگی معادل ۱۷٪ به انگل *Raphidascaris acus* برای اردک‌ماهیان دریاچه زریبار نرخ قابل توجهی است که می‌تواند برای اکوسیستم دریاچه و همچنین جمعیت انسانی، نگران‌کننده باشد. وجود این انگل در دریاچه زریبار احتمالاً به‌دلیل همراهی با اردک‌ماهی و ناشی از کنترل کیفی ضعیف واردات ماهی می‌باشد. از آنجا که بررسی میکروسکوپی و شناسایی مورفولوژیک انگل‌ها نسبتاً دشوار است، روش‌های مولکولی مانند واکنش PCR می‌توانند به‌دلیل حساسیت و دقت بالا و همچنین سادگی و سرعت انجام آن‌ها، در تشخیص آلودگی‌های انگلی *Raphidascaris acus* کمک‌کننده باشند. در تحقیق حاضر علاوه بر اینکه آلودگی اردک‌ماهی با انگل *Raphidascaris acus* در دریاچه زریبار مریوان برای اولین بار گزارش می‌شود، عنوان می‌گردد که روش PCR می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب و دقیق برای شناسایی انگل *Raphidascaris acus* در کنترل آلودگی‌های انگلی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از صیادان محلی مریوان برای تهیه اردک‌ماهیان و مهمانسرای محیط‌زیست برای اسکان سپاسگذاری می‌کنیم.

منابع

Dadgar, S., Teimoori, B., Yousefi, S., Tabatabaei, M. 2014. **Determination of PCB levels in skin and muscle of northern pike (*Esox lucius*) in Anzali Wetland, Iran**. Annals of Biological Research, 1: 112–117.

Brian, W.C. 2016. **Review of the pikes of Iran (Family Esocidae)**. Iranian Journal of Ichthyology, 3: 161-180.

Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., EagderI, S., & Abbasi, K. 2018. **Checklist of freshwater fishes of Iran**. FishTaxa, 3(3): 1–95.

Jahantab, M., Haseli, M., Salehi, Z. 2014. **Morphological and genetic characteristics of the anisakid nematode *Raphidascaris acus* from the southwest Caspian Sea: evidence for the existence of sibling species within a species complex**. Parasitology Research, 113: 3419-3425.

Forsman, A., Tibblin, P., Berggren, H., Nordahl, O., Koch- Schmidt, P., Larsson, P. 2015. **Pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review**. Journal of Fish Biology, 87: 472-479.

Kozlowska, J., Sionkowska, A., Skopinska-Wisniewska, J. & Piechowicz, K. 2015. **Northern pike (*Esox lucius*) collagen: Extraction, characterization and potential application**. International Journal of Biological Macromolecules, 81: 220-227.

محمدی، ح.، قادری، ا.، مولودی، ف.، بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹۸. **اولین مشاهده اردک ماهی شمالی *Esox lucius* Linnaeus, 1758 در دریاچه زریبار مریوان: ریخت‌شناسی، زیست‌شناسی تغذیه و تولیدمثل و بررسی تهدیدات این گونه‌ی مهاجم**. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. دوره ۸. شماره ۱. صفحات ۱۴۲-۱۳۳.

Esmaeili, H. R., Gholamifard, A., Freyhof, J. 2011. **Ichthyofauna of Zrebar Lake (Iran) with the first records of *Hemiculter leucisculus* and *Alburnus hohenackeri* in the Tigris drainage**. Electronic Journal of Ichthyology, 7: 1–6.

Jalali, B., Barzegar, M., Sohrabi, H. 2002. **Preliminary survey on the parasites of some fishes in Zrebar Lake**.

خارا، ح.، ستاری، م.، نظامی بلوچی، ش.، موسوی، س.، جعفرزاده، ا.، آژنگ، ب. ۱۳۸۳. **بررسی میزان شیوع و شدت آلودگیهای انگلی اردک ماهی تالاب امیر کلایه لاهیجان**. مجله تحقیقات دامپزشکی (دانشگاه تهران). دوره ۵۹. شماره ۴. صفحات ۳۳۹-۳۳۳.

Liberman, E., Voropaeva, E., Kozlov, S. 2019. **Parasitofauna of pike *Esox lucius* of the Lower Tobol (Russia).** Biosystems Diversity, 27: 214-220.

امکان‌سنجی استفاده انرژی خورشیدی برای آبزی‌پروری در دریاچه زریبار

آزاد رحیمی [۱]، کیوان محمدی [۲]

۱-هیات علمی، گروه مهندسی برق، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران، a-rahimi@nus.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، گروه مهندسی برق دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
mohammadik590@gmail.com

چکیده

توسعه پایدار آبزی‌پروری نیازمند سرمایه‌گذاری در زمینه‌هایی است که تأثیرات مخرب زیست‌محیطی را به حداقل برساند و درعین‌حال استفاده بهینه از منابع محدود را تضمین کند. تحقیقات، این فرضیه را تأیید می‌کند که شدت‌بخشی به آبزی‌پروری با گونه‌های سطح تغذیه پایین، همراه با پذیرش فناوری‌های هوشمند از نظر اقلیمی و کارآمد در استفاده از منابع، عملکرد بهتری دارد. در عین حال، رشد سریع تولید در آبزی‌پروری نیاز به تقاضای عظیمی برای انرژی دارد که تخمین زده می‌شود حدود ۴۰٪ از کل هزینه‌های انرژی را تشکیل دهد. امکان کاهش این هزینه‌ها و همچنین هزینه‌های استفاده از شبکه برق برای پمپاژی آب به استخرهای مصنوعی همجوار دریاچه زریبار با استفاده از انرژی‌های جایگزین مانند انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی به‌عنوان یک منبع بالقوه انرژی پاک تجدیدپذیر برای جایگزینی انرژیهای فسیلی آلوده‌کننده محیط‌زیست وجود دارد. این منبع مزایایی مانند کاهش انتشار CO_2، معکوس کردن گرمایش جهانی از طریق سازگاری با محیط‌زیست، و ایجاد نوآوری در آبزی‌پروری پایدار و کاهش هزینه‌های تولید را دارد. در این مطالعه، ما به بررسی استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر برای آبزی‌پروری در تالاب زریبار پرداخته و چندین تحقیق و کاربردهای انرژی خورشیدی در بسیاری از شرکت‌های جهان را بررسی می‌کنیم. نتیجه این بررسی به پتانسیل‌ها و روندهای آینده استفاده از انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری در تالاب زریبار کمک خواهد کرد.

کلید واژه‌ها: انرژی خورشیدی، آبزی‌پروری، انرژی‌های تجدیدپذیر

Feasibility of using solar energy for aquaculture in Lake Zrebar

Azad Rahimi, Department of Electrical Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.
a-rahimi@nus.ac.ir
Kaywan Mohammadi, Master of Electrical Engineering, Power Department, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran.
mohammadik590@gmail.com

Abstract
Sustainable aquaculture development requires investment in areas that minimize harmful environmental impacts while simultaneously ensuring the optimal use of limited resources. Research supports the hypothesis that intensifying aquaculture with lower-trophic species, alongside the adoption of climate-smart and resource-efficient technologies, yields better performance. At the same time, the rapid growth in aquaculture production demands enormous energy, estimated to account for about 40% of total energy costs. There is potential to reduce these costs, as well as the costs associated with utilizing the power grid for pumping water to artificial ponds adjacent to Lake Zrebar, through the use of alternative energies such as renewable energy sources like solar energy. This represents a potential source of clean, renewable energy to replace polluting fossil fuels. This source offers benefits such as reduced CO2 emissions, reversing global warming through environmental compatibility, fostering innovation in sustainable aquaculture, and reducing production costs. In this study, we examine the use of non-renewable and renewable energy resources for aquaculture in the Zrebar wetland and review several studies and applications of solar energy in various companies worldwide. The findings of this review will contribute to the potentials and future trends of solar energy use in aquaculture in the Zrebar wetland.

Keywords: Solar energy, Aquaculture, Renewable energies

مقدمه

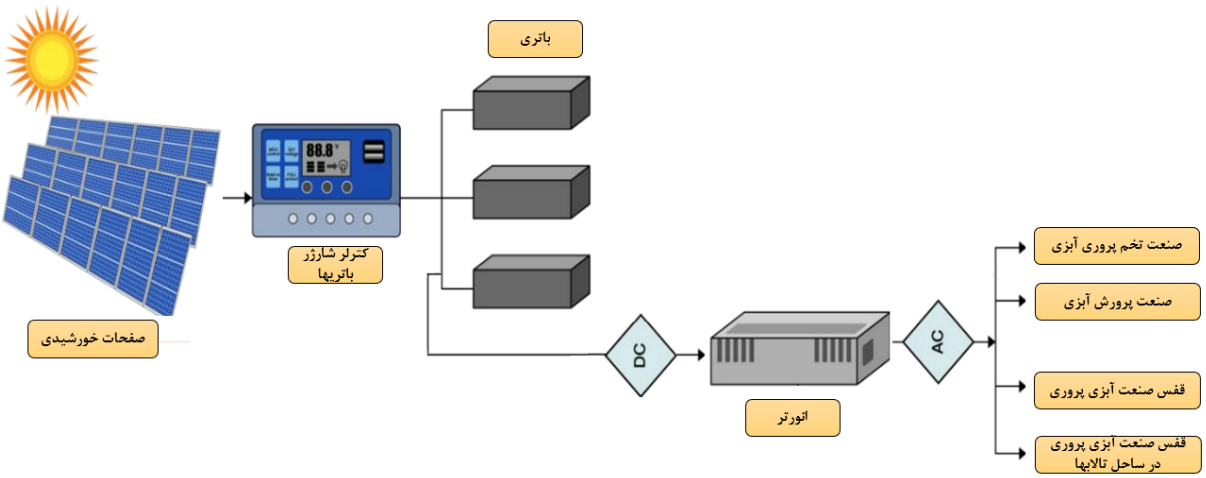
اهمیت پرورش آبزیان از جنبه‌های مختلف قابل بحث می‌باشد. افزایش جمعیت، از میان رفتن منابع طبیعی تجدید شونده و بهره‌برداری بیش از حد ذخایر دریایی از جمله مهمترین موارد محسوب می‌شوند. آبزی‌پروری یعنی پرورش حیوانات و گیاهان آبزی به‌عنوان روشی کارآمد در استفاده از منابع، برای ارائه پروتئین نسبتاً ارزان به انسان‌ها در نظر گرفته می‌شود و یکی از مهم‌ترین سیستم‌های تولید مواد غذایی هوشمند از نظر اقلیمی و کارآمد از نظر منابع است. نقش حیاتی آبزی‌پروری در اقتصاد غذایی ۴۳ درصد از مواد غذایی آبزی مصرفی انسان را شامل می‌شود. حدود ۲۵۰۰ گونه از حیوانات، گیاهان یا جلبک‌های آبزی که از محیطهای آب شیرین یا دریایی صید یا پرورش می‌شوند بخش "آبی" کشاورزی غذایی را تشکیل می‌دهند. موجودات آبزی بخش قابل توجهی از راه‌حل برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای جمعیت روبه‌رشد جهان؛ که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۱۰ میلیارد نفر برسد؛ یعنی ۲۵ درصد افزایش نسبت به جمعیت فعلی ۸ میلیاردی، ارائه می‌دهند. این صنعت در سال ۲۰۱۹ حدود ۳۱/۹۴ میلیارد دلار درآمد داشته و با نرخ رشد سالم بیش از ۷/۱٪ برای دوره پیش‌بینی شده ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۷ همراه بوده است. براساس گزارش FAO در سال ۲۰۲۰، تولید جهانی آبزی‌پروری در سال ۲۰۱۸ به رکورد جدیدی از ۱۱۴/۵ میلیون تن به وزن زنده رسید، که ارزش کل فروش در مزرعه آن به ۲۶۳/۶ میلیارد دلار می‌رسد. منابع انرژی مرسوم برای آبزی‌پروری شامل روغن، دیزل، و سوخت‌های فسیلی است. هزینه انرژی و پیامدهای تطبیق یافته آن بر انتشار کربن ناشی از فعالیت‌های آبزی‌پروری توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. Tyedmers و Pelletier نشان دادند که وابستگی انرژی با شدت تولید در آبزی‌پروری مرتبط است. این وابستگی می‌تواند به میزان ۳ کیلووات ساعت بر کیلوگرم تخمین زده شود [۱]. الکتریسیته برای مزارع زمینی از شبکه اصلی تأمین می‌شود و سوخت‌های دیزل و فسیلی برای سیستم‌های پایه استفاده می‌شوند. به‌طور خاص، در صنعت آبزی‌پروری دریایی، الزامات انرژی برای چندین دستگاه از جمله پمپ‌های آب، سیستم‌های هوادهی، نور، ماشین‌های یخ‌سازی و غیره وجود دارد. برای بخش کشت در دریا، انرژی برای ماشین‌های خوراک‌دهی، یخچال‌ها، فریزرها، دستگاه‌های برای کارکنان در مواردی مانند فرهنگ (نور، تلویزیون، تهویه هوا/پنکه‌ها)، سیستم‌های هوادهی و غیره تامین می‌شود[۲].

نیاز انرژی برای ۶۰٪ از انرژی اولیه جهان از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۳۰ سالانه ۱/۷٪ افزایش می‌یابد. براساس سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)[1]، این نیاز سالانه معادل ۴/۴ تن نفت برای هر نفر در کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای دیگر در حال رسیدن به این میزان هستند. زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سوخت‌های فسیلی هستند که به‌عنوان منابع اولیه انرژی حال حاضر شناخته می‌شوند. نوسانات قیمت نفت بر بخش انرژی تأثیر می‌گذارد. صنعت انرژی نمی‌تواند برای تأمین بلندمدت انرژی از سوخت‌های فسیلی استفاده کند. با این حال، تقاضای جهانی انرژی به‌طور مداوم افزایش می‌یابد. آمارها نشان می‌دهد که کل انتشار کربن جهانی برای تمامی سال‌های گذشته افزایش یافته و سوخت‌های فسیلی بیش از ۸۰٪ از ترکیب انرژی اولیه برای هر بخش انرژی در ۲۷ سال گذشته را تشکیل می‌دهند. در ۳۰ سال گذشته، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG)[2] افزایش یافته است و اکنون ۶۰٪ از کل گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. درصد انتشار گاز دی‌اکسید کربن از زغال سنگ، گاز و نفت به ترتیب ۴۴٪، ۲۰٪ و ۳۵٪ تخمین زده می‌شود که با مقادیر زیادی از سایر انتشارهای GHG مانند متان و اکسید نیتروژن همراه است. براساس اداره ملی اقیانوسی و جوی (NOAA)، انتشار CO_2 از سوخت‌های فسیلی عامل اصلی تغییرات اقلیمی است. این یک مسئله بزرگ است که به نگرانی‌های جهان مربوط می‌شود. یکی از پاک‌ترین منابع انرژی، انرژی خورشیدی است که دوستدار محیط زیست بوده و موجب گرم شدن زمین نمی‌شود. انرژی خورشیدی به جای روغن و زغال سنگ استفاده می‌شود [۳].

[1] Greenhouse gas emission
[2] Organization for Economic Co-operation and Development

ماژول‌های فتوولتائیک خورشیدی (PV) نور خورشید را جذب کرده و سپس آن را از طریق حرکت اتم‌ها به برق تبدیل می‌کند. سیستم‌های فتوولتائیک (PV) از چندین دستگاه مختلف ساخته می‌شوند. یک دستگاه PV به عنوان یک سلول PV شناخته می‌شود، که می‌تواند انرژی خورشید را با استفاده از مواد نیمه‌هادی به برق تبدیل کند. با اتصال سلول‌های آمپری، ماژول PV تشکیل می‌شود. سیستم PV دارای چندین بخش است که شامل اینورترها، باتری‌ها، اجزای الکتریکی و سیستم‌های نصب می‌شود. هر سیستم PV به دیگری متصل می‌شود تا ظرفیت برق از چند وات تا ۱۰۰ کیلووات افزایش یابد. انواع مختلفی از ماژول‌های PV اخیراً تولید شده‌اند، که هر کدام دارای مزایا و معایبی برای کاربردهای مختلف هستند. بنابراین، نوع ماژول PV انتخابی بسته به نوع کاربرد انتخاب می‌شود. بسیاری از سیستم‌های PV اخیراً مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مانند سیستم‌های پشت‌بام، کانال بالایی، سیستم‌های شناور PV و غیره[۳].

در این مطالعه، وضعیت استفاده از انرژی در پرورش گونه‌های مختلف آبزی در سیستم‌های فشرده، نیمه‌فشرده و گسترده با استفاده از فناوری‌های مختلف پرورش در چندین کشور را ارائه داده و در نهایت با وضعیت ویژگی‌های تالاب زریبار مقایسه می‌کنیم و امکان استفاده از این فناوری را برای آبزی‌پروری مورد بررسی قرار می‌دهیم. از این دیدگاه، وضعیت استفاده از انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری را بررسی می‌کنیم. نمای کلی از پتانسیل و روندهای آینده برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر برای آبزی‌پروری به‌صورت پایدار در شکل ۱ ارائه شده است که ۴ بخش مختلف این صنعت را نشان می‌دهد.



شکل ۱: کاربردهای انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری

ادبیات مطالعه و تاریخچه آبزی‌پروری

وضعیت استفاده از انرژی در آبزی‌پروری

هرچه تولید آبزی‌پروری به‌طور چشمگیری افزایش یافته است، مصرف انرژی نیز به‌ویژه از منابع غیر قابل تجدید به طور فزاینده‌ای مصرف شده است. با افزایش قیمت انرژی، این امر به شدت بر فعالیت‌های صنعت آبزی‌پروری تأثیر می‌گذارد و ممکن است امنیت غذایی را در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی کاهش دهد. در آبزی‌پروری، شدت انرژی به گونه‌های پرورشی، مقیاس، سیستم، فناوری، تولید و شرایط محلی بستگی دارد [۳۲، ۳۳]. مطالعات زیادی برای تعیین شدت انرژی مورد استفاده در سیستم‌های پرورشی مختلف با گونه‌های مختلف آبزی انجام شده است. تونر و ماتیاس [۳۴] آزمایشی برای تخمین مصرف انرژی در سه سایت آبزی‌پروری داخلی انجام دادند، یک مزرعه برای صدف پاسیفیک، یک مزرعه برای قزل‌آلای رنگین‌کمان و یک مزرعه برای ماهی‌های دریایی پرورش یافته در سیستم‌های بازچرخشی. نتایج نشان داد که تولید انرژی در مزرعه مورد نظر برابر با مصرف انرژی یک خانواده است. از سوی دیگر، بیشترین توان برای سیستم‌های تصفیه استفاده می‌شود و پس از آن تهویه استخر با ۳۳/۶ کیلووات‌ساعت در هفته و ۱۵/۴ کیلووات‌ساعت در هفته، به‌ترتیب. بیشترین توان در مزرعه قزل‌آلای

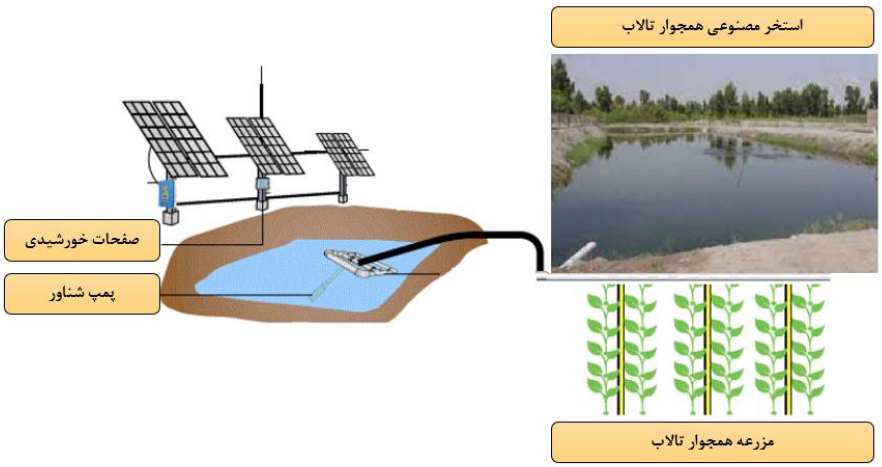
رنگین‌کمان و نوع ماهی آمور برای سیستم تهویه (۲۳/۸ کیلووات‌ساعت در هفته) و در مزرعه ماهی دریایی برای سیستم بازچرخشی (۱۳/۴۴ کیلووات‌ساعت در هفته) استفاده می‌شود [۵].

آکواترا مصرف انرژی و سایت‌های آبزی‌پروری را برای یک سیستم آبزی‌پروری آب شیرین را به‌دست آورده است و نتایج به‌دست آمده می‌توان از آن به‌عنوان یک نمونه خوب برای سایر منابع آبی استفاده کرد. چرخه تقاضای انرژی در یک استخر همجوار تالاب طبیعی ماهی بین دو تا سه سال طول می‌کشد. این چرخه بستگی به بیومس تولیدی و مرحله چرخه تولید دارد بیشترین مصرف انرژی در یک مزرعه ماهی به منابع انرژی دریایی و طبق فصل مربوط نمی‌شود. هنگام انتخاب موقعیت برای آبزی‌پروری، توانایی تأمین انرژی در هر فصل باید در نظر گرفته شود، زیرا ممکن است به‌دلیل ترکیب منابع انرژی دریایی و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، تا حدی کاهش یابد [۶].

وضعیت استفاده از انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری

در حال حاضر، استفاده از انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری به‌دلیل مزایای هزینه پایین عملیاتی، طول عمر طولانی، سازگاری با محیط زیست، عدم تولید گازهای گلخانه‌ای (CO_2)، و آلودگی کم خاک رو به افزایش است. چندین کاربرد انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری وجود دارد. از جمله تولید برق خورشیدی، هواده‌های خورشیدی برای اکسیژن‌رسانی به آب، خوراک‌دهی خورشیدی، پمپ‌های خورشیدی و سیستم‌های گرمایش آب خورشیدی [۷].

هوادهی آب هنگام پرورش گونه‌های آبزی، به‌ویژه ماهی‌های کپور و آموردر سیستم‌های فشرده، سطح اکسیژن را افزایش می‌دهد که به‌طور قابل توجهی به افزایش بهره‌وری کمک می‌کند. اپلباوم و همکاران یک سیستم هوادهی با استفاده از انرژی فتوولتائیک (خورشیدی) ساختند تا برق لازم برای حرکت چرخ پدالی به‌منظور حفظ سطح اکسیژن محلول برای ماهی در استخرها را تأمین کنند. این اولین سیستم هوادهی فتوولتائیک در اسرائیل بود. آنها این سیستم را با یک مجموعه فتوولتائیک، موتور الکتریکی، سیستم چرخ‌دنده (با نسبت ۱۳:۱ و سرعت چرخ پدالی ۱۴۴ دور در دقیقه)، چرخ پدالی، باتری و کنترلر شارژ ساختند [۸].

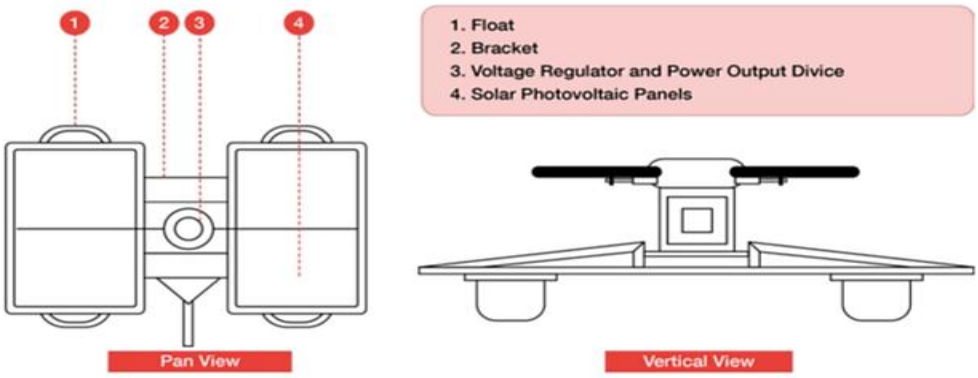


شکل ۲: کاربردهای انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری استخرها و مزارع همجوار تالابهای طبیعی

سطح اکسیژن محلول در استخر ماهی در حد ایمنی (۲ ppm یا بیشتر) حفظ شد. این سیستم نشان داد که استفاده از سیستم هوادهی در شب می‌تواند اندازه مورد نیاز سیستم فتوولتائیک را کاهش دهد و طراحی اقتصادی‌تری را امکان‌پذیر کند. سیستم هوادهی دیگری توسط پراستیانینگزاری و همکاران [۵۴] طراحی شد تا برق مورد نیاز یک سیستم هوادهی در استخرهای ماهی در اندونزی را تأمین کند. آنها از یک سیستم فتوولتائیک خورشیدی با توان ۱ کیلووات، ۸ باتری با ظرفیت ۲۰۰ آمپر

ساعت به‌عنوان مخزن ذخیره‌سازی برق و یک اینورتر با توان ۰,۲ کیلووات استفاده کردند. برق تولید شده نه تنها برای هوادهی بلکه برای روشنایی داخلی و خارجی نیز مورد استفاده قرار گرفت. نتیجه نشان داد که هزینه انرژی (COE) حدود ۰/۷۶۹ دلار به ازای هر کیلووات ساعت بود که از نظر اقتصادی بسیار مقرون‌به‌صرفه است. تنویر و مایلسامی [۲۳] یک سیستم هوادهی خورشیدی برای مزارع آبزی‌پروری پیشنهاد کردند. سیستم ساخته شده شامل پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک (تا حداکثر ۱۰۰ کیلووات)، مبدل DC (تبدیل به ۱۲۰ یا ۲۴۰ ولت AC)، باتری‌های خورشیدی، یک هواده (نوع چرخ پدالی یا مارپیچی) و یک کنتور برق بود. شکل ۱ نشان می‌دهد که چگونه پنل‌های خورشیدی انرژی خورشیدی را جذب کرده و برق تولید می‌کنند. اینورتر ابزاری است که جریان مستقیم (DC) از باتری را به جریان متناوب (AC) تبدیل می‌کند. باتری ابزاری است که برق را به شکل یک واکنش شیمیایی ذخیره می‌کند. یک کنتور برق برای بررسی میزان مصرف برق توسط سیستم استفاده می‌شود.

لیو و همکاران دستگاهی برای تنظیم و کنترل کیفیت آب در استخرهای ماهی آب شیرین طراحی کردند که از انرژی خورشیدی به‌عنوان منبع اصلی برای کارکرد آن استفاده می‌کند. این دستگاه قادر است روی آب حرکت کرده و لجن‌های کف استخرهای همجوار تالاب را جمع‌آوری کند که در شکل ۳ شماتیک ان نشان داده شده‌است.[۱۰].



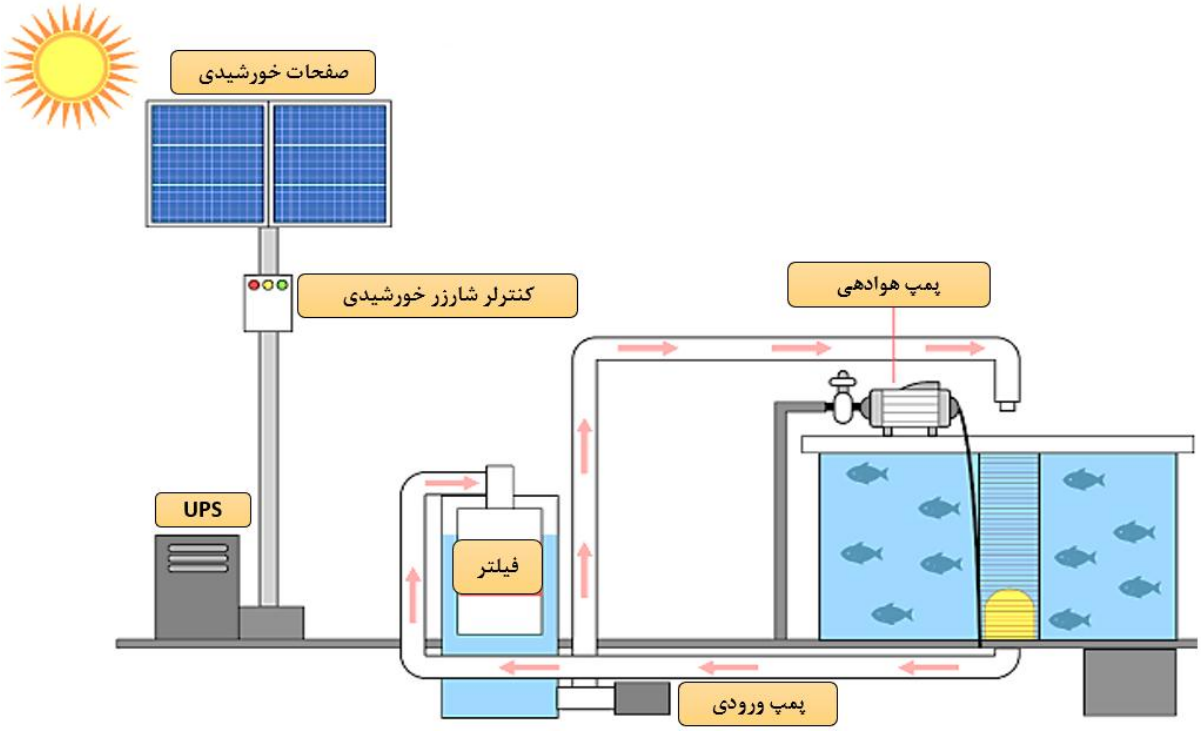
شکل ۳: دستگاه متحرک برای تنظیم و کنترل کیفیت آب

منبع: Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh, J.-H.; Park, N. Overview of Solar Energy for Aquaculture: The Potential and Future Trends. Energies 2021, 14, 6923

برق مورد نیاز این سیستم از دو پنل فتوولتائیک (۱/۶ متر × ۰/۸ متر)، با خروجی برق ۲۴ ولت و یک موتور DC تأمین می‌شود. این سیستم در شکل ۳ نشان داده شده است. کنترلر نور، دستگاه بالابر، مکانیزم حرکتی و تثبیت‌کننده توسط مجموعاً ۲۵۰ وات انرژی خورشیدی تأمین می‌شوند. ماشین‌های طراحی شده روی آب ظرفیت با مجموع قدرت خورشیدی ۲۵۰ وات. دستگاه‌های طراحی‌شده روی آب دارای ظرفیت روشنایی ۱۳،۰۰۰ لکس و سرعت پایدار ۰/۰۲–۰/۰۳ متر بر ثانیه روی آب هستند. دستگاه بلندکننده لجن با سرعت ۰/۱۳–۰/۳۵ متر بر ثانیه عمل می‌کند و ظرفیت انتقال آب آن ۱۱۰–۲۰۸ متر مکعب در ساعت برای روشنایی ۱۳،۰۰۰–۵۲،۵۰۰ لکس است. این دستگاه می‌تواند به خوبی در استخرهای با عمق‌های مختلف آب کار کند، با فاصله دستگاه بلندکننده لجن از کف ۰,۵–۲ متر و عمق آب ۱۰–۱۵ سانتی‌متر. کارایی عملیاتی این دستگاه می‌تواند به ۸۰٪ برسد. هندارتی و همکاران [۵۶] به مطالعه روشنایی مورد نیاز، ساختار قفس‌های شناور و انواع پنل‌های خورشیدی که بر رشد گروپر تأثیر می‌گذارد، پرداختند. نتایج نشان داد که روشنایی ۲۰۰ و ۱۱۵۰ لکس مناسب‌ترین دامنه برای رشد گروپر در قفس است. علاوه بر این، فیلم سلول خورشیدی شفاف مناسب‌ترین پنل فتوولتائیک است، در مقایسه با پنل‌هایی که با سلول‌های خورشیدی شفاف و پنل‌هایی که کاملاً با سلول‌های خورشیدی پوشیده شده‌اند.

الکتریسیته از توربین‌های بادی، پنل‌های خورشیدی، بانک باتری برای ذخیره انرژی، ژنراتور دیزلی و حالت‌های عملیاتی متصل به شبکه تولید می‌شود. این الکتریسیته برای روشنایی، پمپ‌های آب، سیستم‌های تصفیه فاضلاب و الکترولیزر قلیایی تأمین

می‌شود. الکترولیزر قلیایی اکسیژن خالص را به‌عنوان سیستم تولید میکروببل قبل از تغذیه استخر میگو فراهم می‌کند. نتایج نشان داد که سیستم بادی و آرایه‌های فتوولتائیک منابع انرژی تجدیدپذیر مناسب برای بهبود غلظت اکسیژن محلول در استخرهای پرورشی، صرفه‌جویی در هزینه‌های برق، کاهش هزینه‌های عملیاتی و کاهش میزان انتشار CO2 هستند. توز-زامورا و همکاران [۶۰] یک سیستم آب‌پونیک برای خانواده‌های تک‌نفره با استفاده از انرژی خورشیدی برای معرفی کشاورزی پایدار در کشورهای در حال توسعه پیشنهاد کردند. انرژی خورشیدی شامل پنل‌های فتوولتائیک، سیستم باتری PC-AC و یک اینورتر است. مصرف قدرت تولید شده کافی برای پنج پمپ، یک هواده، یک فیلتر UV و لامپ‌های LED بود. قدرت کل تولید شده ۲۴,۲۰۴ وات ساعت در روز بود. این سیستم RAS[1]، می‌تواند به‌مدت ۷ روز هفته و ۲۴ ساعت شبانه‌روز با دوره‌های تخمینی بدون تابش خورشید کار کند. (شکل ۴).



شکل ۴: سیستم پرورش آبزی‌پروری با گردش هوای خورشیدی خورشیدیRAS

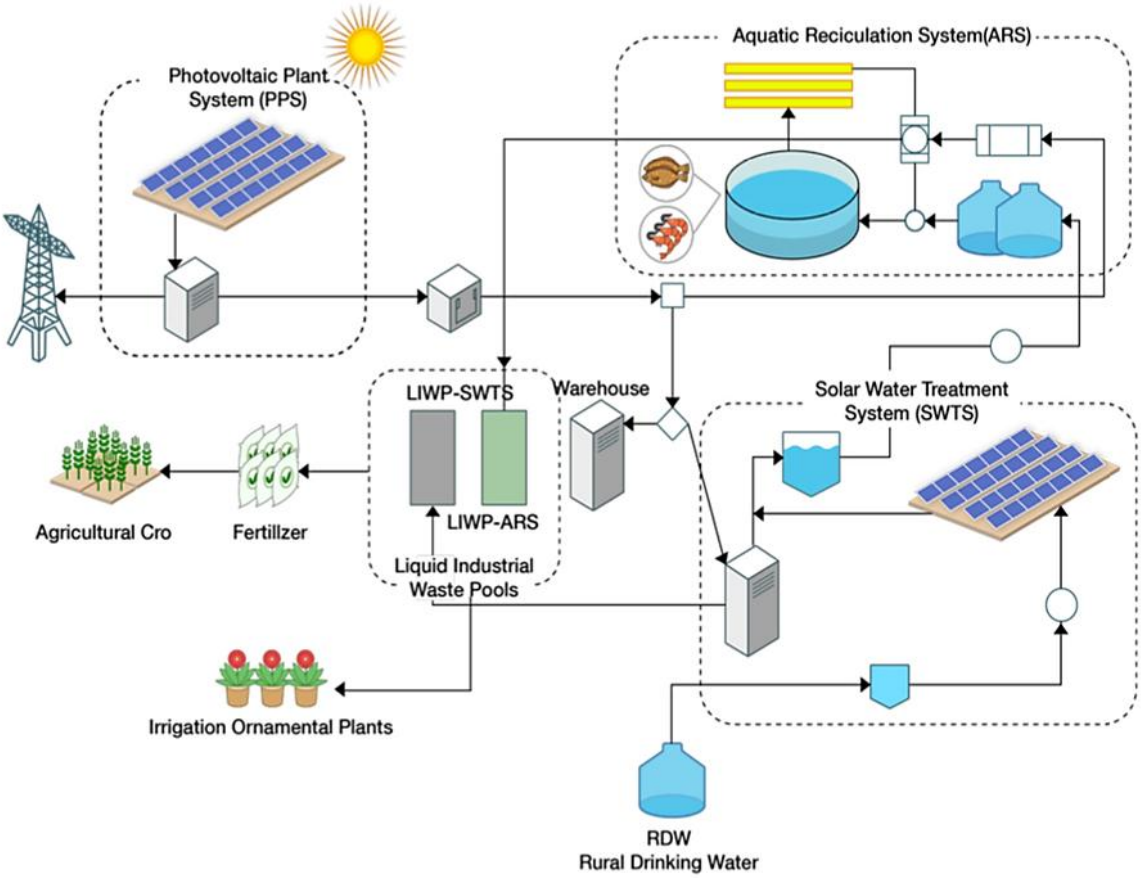
منبع: Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh, J.-H.; Park, N. Overview of Solar Energy for Aquaculture: The Potential and Future Trends. Energies 2021, 14, 6923

انرژی خورشیدی به‌عنوان انرژی اصلی خود استفاده می‌کند و توسط ددی کوریانا طراحی شده است. سیستم RAS شامل یک مخزن کشت، فیلتر، بیوفیلتر، سیستم هوادهی و پمپ گردش است. قدرت الکتریکی مورد نیاز برای راه‌اندازی این سیستم از انرژی خورشیدی با استفاده از سلول‌های خورشیدی تأمین می‌شود. بابیولا و سلوا سیستمی را برای آبزی‌پروری ساختند که شامل روشی برای توسعه پنل‌های خورشیدی پلی‌کریستالی با مساحت ۸۰۰۰ فوت مربع است. این نوع پنل برق مستقیم خالص تولید می‌کند که برای زمینه‌های آبزی‌پروری برق تولید می‌کند. یک مبدل DC به AC و یک اینورتر ورودی دوگانه به جعبه فیوز متصل شدند. با استفاده از خروجی اینورتر که به خط متر صادرات-واردات متصل است، این خروجی انرژی تجدیدپذیر به طور مستقیم به خطوط تأمین برق توزیع برای بخش آبزی‌پروری متصل می‌شود و مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، سیستم نیروگاه خورشیدی شبکه‌ای برای تولید انرژی الکتریکی در محل استفاده شد. نیروگاه

[1] Recirculation air system

خورشیدی متصل به شبکه شامل ماژول‌های PV خورشیدی، یک یا چند اینورتر و تجهیزات اتصال به شبکه است. در اینجا، ماژول‌های PV خورشیدی برای تولید انرژی الکتریکی DC استفاده می‌شود و اینورتر متصل به شبکه برای تبدیل انرژی الکتریکی DC به انرژی الکتریکی AC استفاده می‌شود. [۱۲].

Cornejo-Ponce و همکاران [۶۳] سیستمی برای پرورش میگو در یک رودخانه با استفاده از انرژی خورشیدی پیشنهاد کردند. در کاماروِنس، یک روستا در شیلی، روندی برای توسعه آبزی‌پروری به شیوه‌ای پایدار در حال پیشرفت است، با استفاده از سیستم‌های گردش آب در آبزی‌پروری. این سیستم شامل سه بخش اصلی است—نیروگاه‌های تصفیه خورشیدی، یک سیستم گردش آب آبی، و سلول‌های فتوولتائیک. نیروگاه فتوولتائیک برق را از انرژی خورشیدی تولید می‌کند و برق مورد نیاز برای سیستم گردش آب یکپارچه را تأمین می‌کند. نیروگاه تصفیه آب خورشیدی حدود ۹ متر مکعب آب تصفیه شده و ۱ متر مکعب زباله مایع در روز تولید می‌کند. در چرخه اول، آب تصفیه شده به استخرهای قزل‌آلا و میگو تأمین شد و سپس آب شروع به جریان و عبور از سیستم تصفیه کرد. کل سیستم و نحوه عملکرد آن در شکل ۵ نشان داده شده است [۱۲].

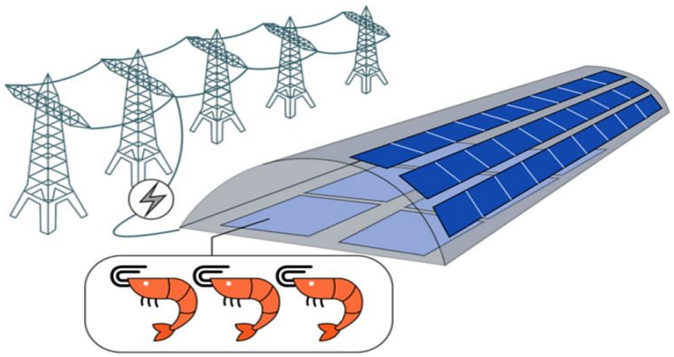


شکل ۵: سیستم یکپارچه چرخش آبزی‌پروری

منبع: Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh Vo, T.T.E.; Ko, H.; Huh, J.-H.; Park, N. Overview of Solar Energy for Aquaculture: The Potential and Future Trends. Energies 2021, 14, 6923

انرژی هزینه‌برترین عامل در آبزی‌پروری است، بنابراین انرژی خورشیدی راه‌حل بسیار خوبی برای حل این مشکل و افزایش پایداری است. با این حال، استفاده از انرژی خورشیدی با چالش‌های زیادی برای شرکت‌های آبزی‌پروری روبه‌رو است.

در تایوان، پانل‌های خورشیدی بر روی استخر ماهی به مساحت ۶۰ هکتار نصب شده‌اند. با این پیش‌نیاز که سلول‌های فتوولتائیک منظر را تغییر ندهند، ساخت چنین تأسیساتی که با تکنولوژی‌های هوش مصنوعی مجهز شده است، به توسعه همزمان شیلات و تولید برق کمک کرده و سیاست‌های دولتی را پشتیبانی می‌کند و فرصتی برای پرورش ماهی، انرژی سبز و محیط زیست پاک ایجاد می‌کند [۱۳]. ویتنام یکی از بزرگ‌ترین صادرکنندگان میگو در جهان است و مزارع آن معمولاً در مکان‌های دورافتاده و بدون دسترسی به شبکه برق قرار دارند. بنابراین، پرورش‌دهندگان آبزیان باید فعالیت‌های خود را با استفاده از تولید برق دیزلی گران‌قیمت به طور جزئی یا کامل انجام دهند. همچنین، برق ملی برای تأمین تمام مزارع کافی نیست. موسسه فُراوهوفر برای انرژی خورشیدی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر را طراحی کرده است که به بررسی امکان‌سنجی فنی و تجاری تولید انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری تجاری می‌پردازد. موسسه فُراوهوفر اعلام کرد که یک نیروگاه پایلوت یک مگاواتی می‌تواند سالانه حدود ۱۵،۰۰۰ تن معادل CO_2 را کاهش دهد و مصرف آب را نسبت به مزارع میگوی سنتی ۷۵٪ کاهش دهد. همچنین، پانل‌های فتوولتائیک که سطح آب را پوشش می‌دهند، به کاهش تبخیر آب و محافظت از گونه‌های آبزی در برابر پرندگان شکارچی کمک خواهند کرد. در استان‌های باک لیو و کا مائو، با استخرهای تجاری میگو به مساحت ۵ هکتار و ۰/۳ هکتار به‌ترتیب، سیستم‌های خورشیدی طراحی شده که شامل دو فتوولتائیک (۸۵ وات هرکدام) با ولتاژ 12 DC ولت هستند و انرژی مورد نیاز برای یک دستگاه هوادهی ۱۲۰ وات، چراغ‌ها، یک ترانسفورماتور و یک پمپ را تأمین می‌کنند. شکل ۱۰ مدل پانل‌های فتوولتائیک در ویتنام را نشان می‌دهد [۱۳].



شکل ۶: مدلی از پانل‌های PV که در ویتنام استفاده می‌شود

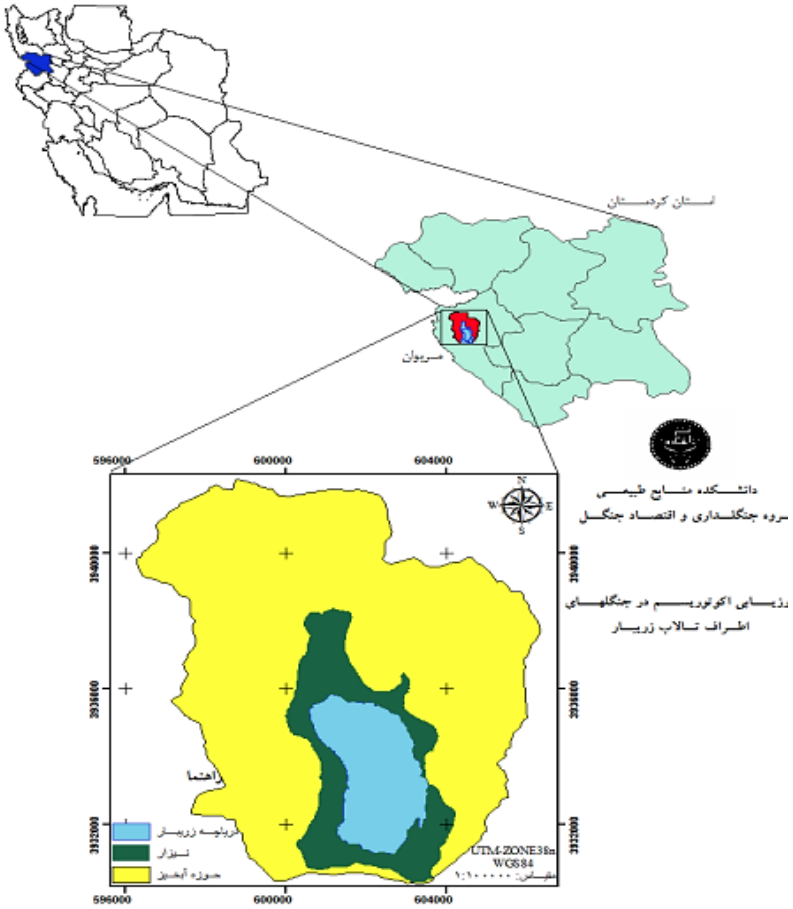
در کانادا، شرکت D'Eon Oyster Co. با استفاده از سیستم انرژی خورشیدی مشکل خود را در سیستم پرورش صدف حل کرد. با توجه به اینکه مکان پرورش صدف‌ها با شرایط سخت مواجه است، این سیستم انرژی خورشیدی به حل مشکل کمک کرد. در موارد جزر و مد پایین، کارکنان زمان زیادی را صرف انتظار برای انجام سایر فرآیندها می‌کنند. برای حل این مشکلات در حین پرورش صدف، از انرژی خورشیدی با ۸ پانل فتوولتائیک و یک سیستم ذخیره‌سازی انرژی استفاده شده است (شکل ۷). برق تولید شده می‌تواند به نصب تجهیزات و ماشین‌آلات اضافی (مانند یک دستگاه همزن و یک میز لرزان) کمک کند که نیروی انسانی را کاهش می‌دهد. ظرفیت باتری می‌تواند انرژی کافی برای ۳ روز بدون نور خورشید را ذخیره کند [۱۴].

شکل ۷: تصویری از Solar Oysters

در مصر، به‌دلیل افزایش هزینه سوخت و نگهداری، انرژی خورشیدی به‌طور جدی مورد توجه قرار گرفته و به‌دلیل مزایای آن می‌تواند برای آبزی‌پروری استفاده شود [۱۴].

پتانسیل انرژی خورشیدی در آبزی‌پروری دریاچه زریبار

اکوتوریسم در جنگل‌های اطراف تالاب زریبار با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)در پژوهشی توسط (رشیدی، آ و همکاران، ۱۳۸۹، پوشش گیاهی تالاب بر اساس داده‌های برای تعیین محدوده تالاپ توپوگرافی اسکن شده ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش تهیه شده از شرکت پویاب و همچنین تصاویر سه بعدی با نرم‌افزار (Earth Google) استفاده شد (شکل ۵) که با تطبیق آن با فتوشاپ امکانپذیر شده‌است. برای حفظ هماهنگی مکانی بین نقشه‌ها، سیستم تصویر(UTM) بامبنای(84 WGS) مربوط به (n38ZONE) برای نقسه مورد استفاده قرار گرفته‌است (شکل ۸). این مطالعه، ارزیابی توان اکولوژیکی برای اکوتوریسم متمرکز با سه طبقه توان و اکوتوریسم گسترده با دو طبقه توان در منطقه انجام شد. در مرحله بعد با شناسایی منابع اجتماعی- اقتصادی و تجزیه‌وتحلیل این داده‌ها، نقشه‌سازی و طبقه‌بندی شاخص‌های مهمی چون کاربری فعلی اراضی، درآمد حاصل از کاربری‌ها، ساختارهای زیربنایی، نرخ بیکاری و پراکنش دام انجام گرفت و نیازهای اجتماعی- اقتصادی دو دهستان موجود که آبزی‌پروری می‌تواند بخشی از این نیاز باشد، در محدوده مطالعاتی بررسی و به‌منظور اتخاذ تصمیم نهایی با توان اکولوژیکی منطقه تلفیق شد [۱۵].



شکل ۸: محدوده الکوتوریسم دریاچه زریبار (منبع: رشیدی، آ و همکاران.، ۱۳۸۹. ارزیابی اکوتوریسم در جنگلهای اطراف تالاب زریبار با استفاده از سامانه مطالعات جغرافیایی (GIS)، پژوهشهای محیط زیست، سال ۱، شماره ۲)

نتیجه‌گیری

از جمله آسیب‌های زیست‌محیطی که برخی تالاب‌ها و از جمله تالاب زریبار را در معرض خطر قرار داده است، استفاده از منابع زیرزمینی آب در جوار دریاچه برای استفاده در مزارع همجوار و استخرهای مصنوعی است. بر این اساس نرخ بیکاری بالا و نیاز به کسب و کار کشاورزی روزانه و هچنین آبزی‌پروری به‌صورت سنتی در این منطقه، استفاده از انرژی الکتریکی در درصد بالا با پمپاژ آب زیرزمینی و همچنین گرمایش استخرهای همجوار، استفاده از انرژی خورشیدی برخی از مشکلات مطروحه را پوشش می‌دهد. براساس نیاز به بسیاری از پروژه‌های استفاده از انرژی خورشیدی برای آبزی‌پروری در چندین کشور به دلیل مزایای آن به‌طور فزاینده‌ای دنبال می‌شوند. انرژی خورشیدی دارای بیشترین پتانسیل در میان منابع تجدیدپذیر است. این منبع پایدار است و کمتر تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی یا فصلی قرار می‌گیرد. انرژی خورشیدی می‌تواند توسط فناوری فتوولتائیک و حرارتی خورشیدی برای چندین کاربرد تولید شود. انرژی خورشیدی برای آبزی‌پروری در دریاچه زریبار یک منبع انرژی تجدیدپذیر بالقوه برای آینده است و تاکنون برق پایدار فراهم کرده است. بسیاری از کشورها به‌دنبال جایگزین‌های انرژی پایدار فراتر از منابع غیرتجدیدپذیر، به‌ویژه فناوری‌های خورشیدی PV از جمله PV، FPV، و CSP بوده‌اند. این انرژی پتانسیل عالی و نویدبخشی برای بهبود سیستم‌های آبزی‌پروری خارج از شبکه ملی برق دارد که هم‌اکنون در بحران ناترازی شدید استفاده از ان بسر می‌بریم. این یک راه‌حل مؤثر و پایدار برای کاهش هزینه تولید در آبزی‌پروری در کشورهای مختلف بوده و برای مناطقی از کشور خواهد بود.

منابع

رشیدی، آ.، مخدوم. م، فقهی، ج.، شریفی، م.، ۱۳۸۹. **ارزیابی اکوتوریسم در جنگلهای اطراف تالاب زریبار با استفاده از سامانه مطالعات جغرافیایی (GIS)**، پژوهشهای محیط زیست، سال ۱، شماره ۲.

Applebaum, J.; Mozes, D.; Steiner, A.; Segal, I.; Barak, M.; Reuss, M.; Roth, P. 2001. **Progress in Photovoltaics: Research and application.** Photovoltaics 2001, 9, 275–301.

Aquatera. Renewable Power Generation on Aquaculture Sites. Scottish Aquaculture Research Forum 2014. Available online:(accessed on 30 June 2021).

Available online: //www.marketwatch.com/press-release/global-aquaculture-market-2021-covid-19-impact-key-playerstrends-sales-supply-analysis-and-forecast-2027-2021-02-19 ،tesla=y (accessed on 30 June 2021).

Available online: http://reeep.sreda.gov.bd/interventions/renewable-energy/solar-aquaculture.html (accessed on 30 June 2021).

Available online: https://www.rastechmagazine.com/solar-energy-gives-aquaculture-a-boost-in-shrimps-project (accessed on 30 June 2021).

Babiyola, D.; Thamarai Selva, J.A. 2019**. Conceptual approach for development of solar power supply in aquaculture farm using net meter system in Nagapattinam Area.** Emp. J. Appl. Sci. Res. 2019, *5*, 1–7.

Bostock, J.; McAndrew, B.; Richards, R.; Jauncey, K.; Telfer, T.; Lorenzen, K.; Little, D.; Ross, L.; Handisyde, N.; Gatward, I.; et al.

FAO. **Sustainability on Action World Fisheries and Aquaculture;** Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome,

International Energy Agency. World Energy Outlook; International Energy Agency: Paris, France, 2012.

IRENA. **Renewable Power Generation Costs in 2019;** International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2020.

Kim, Y.; Zhang, Q. 2018. **Modeling of energy intensity in aquaculture: Future energy use of global aquaculture.** SDRP International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences, 2: 60-89.

Liu, X.; Xu, H.; Ma, Z.; Zhang, Y.; Tian, C.; Cheng, G. **Design and application of a solar mobile pond aquaculture water quality-regulation machine based in Bream Pond aquaculture.** PLoS ONE 2016, 11, e0146637. [CrossRef]

Meaningful Comparisons; FAO/WFT Expert Workshop; FAO Fisheries Proc. No. 10; Food and Agriculture Organization of the

Tyedmers, P.; Pelletier, N. Biophysical accounting in aquaculture: Insights from current practice and the need for methodological development**. In Comparative Assessment of the Environmental Costs of Aquaculture and Other Food Production Sectors: Methods for Aquaculture: Global status and trends.** Philos. Trans. R. Soc. B 2010, 365, 2897–2912.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

بررسی آثار باقی‌مانده آتش‌سوزی بر آبگریزی خاک در حوضه آبخیز دریاچه زریبار

ادیب وکیلی[۱]، مسعود داوری[۲]، ناصر خالق پناه[۳]، شیرکو ابراهیمی محمدی[۴]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۳-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۴-استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

آتش‌سوزی خطرناک‌ترین عامل تخریب‌کننده جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شود. بسته به شدت، مدت و رخداد آتش‌سوزی، تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی متفاوتی در ویژگی‌های خاک ایجاد می‌شود. در این پژوهش آثار باقی‌مانده آتش‌سوزی بر آبگریزی خاک در بخش‌هایی از مراتع و جنگل‌های حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان که قبلاً دچار آتش‌سوزی شده‌اند، ارزیابی شده است. بدین‌منظور تعداد سه ایستگاه به‌ازای هر سال، از مناطق سوخته و نسوخته در طول چهار سال (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶) انتخاب شد و سه نمونه خاک سطحی (۰ تا ۵ سانتی‌متری) از هر یک از مناطق سوخته و نسوخته برداشت شد. سپس با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی ویژگی‌های مبنایی خاکی طراحی شده اندازه‌گیری گردید. شاخص آب‌گریزی خاک نیز با استفاده از روش جذب‌پذیری ذاتی اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از آن بود که آتش‌سوزی بر SWR تأثیر معنی‌داری داشت. با توجه به نتایج، آب گریزی خاک به‌دلیل آتش‌سوزی افزایش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شاخص SWR به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۵، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۳ از ۲/۶۴، ۲/۷۲، ۲/۵۱ و ۲/۹۴ در مناطق نسوخته به ۴/۹۴، ۴/۴۲، ۳/۶۰ و ۳/۰۱ در مناطق سوخته افزایش یافت. به‌طور کلی، تأثیر آتش‌سوزی بر آب گریزی خاک در سال اول پس از آتش سوزی بیشتر بوده و این اثر با گذشت زمان کاهش یافته است.

کلید واژه‌ها: آتش‌سوزی جنگل، شاخص آبگریزی خاک، مرتع سوخته، مریوان

Investigating the residual effects of burning on soil water repellency in the Zrebar Lake watershed

Abstract

Fire is considered the most dangerous factor in degrading forests and rangelands. Depending on its intensity, duration, and occurrence, it can lead to various physical, chemical, and biological changes in soil properties. This study assessed the residual impacts of previously burned forest and rangeland on soil water repellency in the Zrebar lake watershed of Marivan. To achieve this, three stations each year (fires from 2014 to 2017) were selected from both burned and unburned (control) areas. Subsequently, three topsoil samples (0-5 cm) were collected from these regions. The soil samples were analyzed for basic soil properties using standard laboratory procedures. Soil water repellency (SWR) was determined by the intrinsic sorptivity method. The results indicated that the fire significantly affected soil water repellency, increasing SWR. Mean comparisons showed that the SWR index increased from 2.64, 2.72, 2.51, and 2.94 in unburned areas to 4.94, 4.42, 3.60, and 3.01 in burned areas for years 2017, 2016, 2015, and 2014, respectively. Overall, the impact of burning on soil water repellency was greater in the first year after the fire and decreased over time.

Keywords: Forest fire, Soil water repellency index, Burned rangeland, Marivan

مقدمه

مراتع و جنگل‌ها به‌عنوان بزرگترین دستگاه‌های تصفیه هوا، تنظیم‌کننده چرخه آب در طبیعت، حفظ و تثبیت‌کننده خاک و همچنین فراهم کننده شرایط مساعد زیست‌محیطی در بوم‌سامان‌های مختلف به‌شمار می‌روند. این دو منبع طبیعی، محیطی امن جهت زیست موجودات زنده ایجاد کرده و استمرار تولیدات بخش کشاورزی و دامی را نیز تضمین می‌کنند. آتش‌سوزی یکی از خطرناک‌ترین عوامل تخریب جنگل‌ها و مراتع بوده که در کمترین زمان ممکن می‌تواند سطح زیادی از آن‌ها را نابود سازد (اکبرزاده و همکاران، ۱۳۹۶). آتش‌سوزی تأثیراتی مستقیم و غیرمستقیم بر خاک دارد. تأثیرات مستقیم آتش‌سوزی را می‌توان سوزاندن و تجزیه سریع لاشبرگ‌ها، افزایش مواد معدنی قابل دسترس، افزایش واکنش خاک و همچنین تغییر شرایط دمایی و رطوبتی خاک برشمرد. این در حالی است که تأثیر غیرمستقیم آن می‌تواند از طریق کاهش یا افزایش جمعیت ریزجانداران و تغییر کیفیت رویش‌گاه‌ها در خاک باشد (Agbeshie *et al.*, 2022). آتش‌سوزی به‌عنوان یک عامل تغییر دهنده محیط‌زیست، تأثیری طولانی‌مدت بر چرخش مواد غذایی در زیست‌بوم، ترکیب گونه‌های گیاهی و رشد آن‌ها، آبشویی و هدررفت خاک دارد. افزون بر این، آتش‌سوزی با از بین بردن پوشش گیاهی سبب تخریب بیشتر خاک در اثر فرسایش می‌شود (Gómez-Rey *et al.*, 1983). آتش‌سوزی همچنین می‌تواند باعث تغییر در ماده آلی خاک، عناصر غذایی کم و پرمصرف، خصوصیات فیزیکی خاک (بافت، ساختمان، چگالی ظاهری و رنگ خاک) و جمعیت ریزجانداران خاکزی شود (Pellegrini *et al.*, 2018; Panico *et al.*, 2020).

در بسیاری از آتش‌سوزی‌ها، مواد حاصل از سوختن به سادگی وارد فاز گازی می‌شوند. لیکن برخی ازآنها به لایه‌های خاک نسوخته و سالم نفوذ کرده و در کنار مواد خنک‌تری که نسوخته باقی مانده‌اند وارد فاز مایع شده و بر روی ذرات خاک قرار می‌گیرند. این فرآیند سبب تشکیل لایه‌ای از مواد آبگریز شده، که باعث ایجاد پدیده‌ای به نام آب‌گریزی خاک[1] می‌شود. این لایه آب‌گریز مقدار نفوذ آب به خاک را کاهش می‌دهد. خاک‌های آب‌گریز اجازه ورود آسان آب به درون خود را نداده و آب به‌صورت قطره‌هایی کروی روی سطح آنها باقی می‌ماند (Agbeshie *et al.*, 2022). این خاک‌ها به سبب ظرفیت اندک نگهداشت آب ممکن است ساعت‌ها و حتی هفته‌ها خشک بمانند. آب‌گریزی خاک می‌تواند به‌دلایل مختلفی از جمله ترشح مواد آلی آب‌گریز توسط ریشه گیاهان، ترشح ترکیباتی آلی توسط قارچ‌های حقیقی، موم‌های حاصل از برگ‌های گیاهان و تجزیه بقایای آلی حاصل از آن‌ها، ریزجانداران خاکزی و بقایای آنها و ترکیب‌های حاصل از آتش‌سوزی جنگل و پوشش‌های گیاهی به‌وجود آید (اکبرزاده و همکاران، ۱۳۹۶). محققین متعددی افزایش آب‌گریزی خاک را در عرصه‌های سوخته گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال DeBano (2000) در پژوهش خود در رابطه با اثرات آتش‌سوزی بر آب‌گریزی خاک نشان داد گرما در خاکی با بیش از ۳-۲ درصد ماده آلی سبب تشدید آب‌گریزی می‌شود. در اثر آتش‌سوزی مواد آلی خاک تخریب شده و تبخیر مواد آلی ناشی از دماهای کم، آب‌گریزی ناچیزی ایجاد کرد. لیکن افزایش دما تا ۳۰۰°c به‌مدت ۱۰ دقیقه، باعث ایجاد شدیدترین آب‌گریزی بر روی این خاک‌ها گردید. در یک آتش سوزی تجویز شده (۱۴۲ °c) در استرالیا، Granged *et al.* (2011) افزایش آبگریزی خاک در جنگل‌های اکالیپتوس را گزارش کرده‌اند. Weninger و همکاران (۲۰۱۹) نیز در یک جنگل کارستی مدیترانه‌ای در کرواسی نشان دادند که آبگریزی خاک پس از آتش‌سوزی افزایش یافته است.

شیوه‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آبگریزی خاک وجود دارد که هر کدام از آن‌ها دارای محاسن و معایبی می‌باشند. با توجه به شدت آبگریزی خاک، شرایط و امکانات موجود می‌توان از هر یک از این روش‌ها برای ارزیابی آبگریزی خاک استفاده کرد. روش جذب‌پذیری ذاتی (Intrinsic sorptivity method) به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین و کارآمدترین روش‌های اندازه‌گیری آبگریزی خاک شناخته می‌شود. در این راستا در پژوهش حاضر تلاش بر این بود اثرات آتش‌سوزی و همچنین زمان (اثر باقی‌مانده) آتش‌سوزی برآب‌گریزی خاک در مراتع و جنگل‌های واقع در شهرستان مریوان در استان کردستان ارزیابی شود.

[1] SWR; Soil water repellency

مواد و روش‌ها

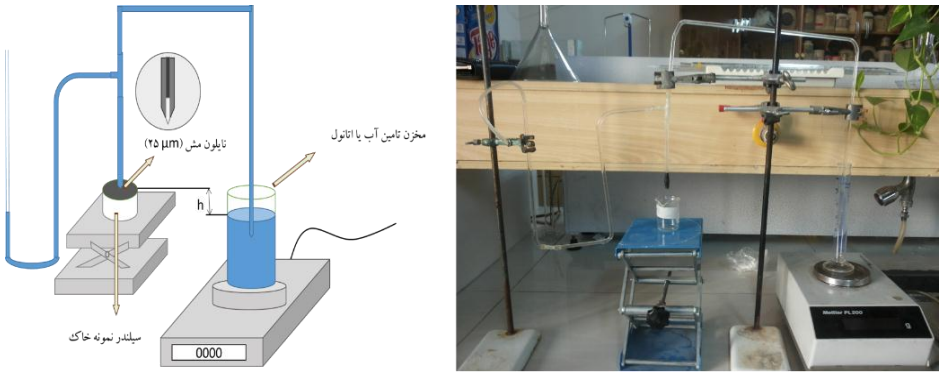
این پژوهش در بخشی از اراضی شرق حوضه آبخیز دریاچه زریبار در ۵ کیلومتری شهرستان مریوان در استان کردستان انجام شد. نمونه‌برداری در بخش‌هایی از کاربری‌های جنگل و مرتع، که براساس اطلاعات حاصل از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان دچار آتش‌سوزی شده بودند، انجام شد. بدین‌منظور در بازه سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶، به‌ازای هر سال یک ایستگاه از اراضی جنگلی و مرتعی گزینش شدند. در هر ایستگاه یک نقطه-محل به‌عنوان تیمار آتش‌سوزی و یک نقطه‌محل نیز به‌عنوان شاهد (بدون آتش‌سوزی) انتخاب شد. در انتخاب نقاط تیمار و شاهد در هر ایستگاه سعی گردید نقاط تا حد امکان به هم نزدیک و شبیه باشند. در هر نقطه-محل از تیمارهای آتش‌سوزی و بدون آتش‌سوزی سه مکان برای نمونه-برداری گزینش گردید. در هر یک از این مکان‌ها سه نمونه خاک از عمق ۵-۰ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری ویژگی‌های خاکی طراحی شده به آزمایشگاه منتقل گردید. آب‌گریزی خاک (SWR) بر روی نمونه‌های آون‌خشک و توسط روش جذب پذیری ذاتی اندازه‌گیری شد (Tillman *et al.*, 1989). برای ساخت دستگاه اندازه گیری SWR، که تحت عنوان ریزنفوذسنج مکشی است، از پژوهش Hallet و Young (۱۹۹۹) الگوبرداری شد. این دستگاه برای اندازه‌گیری میزان جذب آب و اتانول (۹۵ درصد) به خاک تحت شرایط نزدیک اشباع (پتانسیل ماتریک برابر ۲-سانتی‌متر برای آب و ۰/۷-سانتی‌متر برای اتانول) طراحی شده است (شکل ۱). اندازه‌گیری SWR در این روش مبتنی بر تفاوت جذب‌پذیری خاک برای آب و اتانول در ابتدای فرآیند نفوذ است. در محدوده زمانی ۰ تا ۱۸۰ ثانیه از فرآیند نفوذ، جریان عمدتاً تحت تأثیر نیروی ماتریک بوده و نیروی ثقل از اهمیت کمتری برخوردار است. پارامتر مؤثر در مقدار نفوذ ابتدایی، جذب‌پذیری خاک است که توسط دبی جریان ماندگار مایع (آب یا اتانول) در مدت زمان کوتاه نفوذ کمّی می‌شود:

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \qquad (۱)$$

که در آن S جذب‌پذیری خاک ($mm\ s^{-0.5}$)، Q دبی جریان ماندگار مایع ($mm^3\ s^{-1}$)، b پارامتر وابسته به تابع پخشیدگی آب در خاک بوده که آن را معادل ۰/۵۵ در نظر می‌گیرند، r شعاع انتهای لوله ریزنفوذسنج در تماس با خاک (2 mm) و f نیز تخلخل پر از هوای خاک ($mm^3.\ mm^{-3}$) می‌باشد. Tillman و همکاران (۱۹۸۹) با اندازه گیری جذب‌پذیری اتانول (S_e) و آب (S_w) شاخص R را برای ارزیابی آب‌گریزی خاک پیشنهاد کردند:

$$R = 1.95(\frac{S_e}{S_w}) \qquad (۲)$$

در خاک‌های کاملاً آب‌دوست، R برابر واحد است. این در حالی‌است که با افزایش آب‌گریزی خاک، به‌دلیل کاهش S_w، شاخص R افزایش می‌یابد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل و مقایسه میانگین SWR اندازه‌گیری شده در دو تیمار آتش-سوزی شده و نشده بر اساس آزمون LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) انجام شد.



الف ب

شکل ۱: (الف) تصویر دستگاه اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک به روش جذب‌پذیری ذاتی و (ب) نمایی کلی از آن

نتایج و بحث

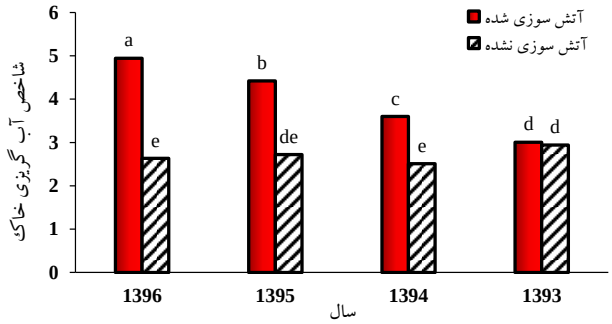
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آتش‌سوزی، زمان و همچنین اثرات متقابل آتش‌سوزی و زمان بر شاخص آب-گریزی خاک (RI) در سطح آماری یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شاخص آبگریزی خاک در تیمارهای آتش‌سوزی افزایش یافته است (شکل ۱). آتش با سوزاندن بقایای آلی و لایه لاشبرگ، تخریب ساختمان خاک و انسداد منافذ خاک توسط خاکستر به‌جا مانده، می‌تواند به‌طور غیرمستقیم فرآیند نفوذ آب به خاک را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین آتش‌سوزی پوشش گیاهی، به طور مستقیم سبب سوختن بقایای آلی و گرم شدن لایه سطحی خاک می‌شود. این موضوع تشکیل لایه‌های آب‌گریز به‌سبب آزاد شدن مواد آب‌گریز را به‌همراه دارد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و زمان وقوع آن بر شاخص آب‌گریزی (RI)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		RI
آتش‌سوزی	۱	۱/۸۷۹**
سال	۳	۱۹/۰۴**
آتش‌سوزی × سال	۳	۳/۰۷**
خطا	۶۴	۰/۰۶۱
ضریب تغییرات (٪)		۷/۴۰

ns، * و** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری، وجود اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

با توجه به شکل ۱، این تفاوت در شاخص آب‌گریزی خاک بین عرصه‌های سوخته و نسوخته در سال ۱۳۹۶، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۴ معنی‌دار بوده ولیکن در سال ۱۳۹۳ معنی‌دار نشده است. احتمالاً دلیل معنی‌داری این تفاوت در سال‌های ذکر شده شدت کم آتش‌سوزی و تراکم زیاد پوشش گیاهی علفی پس از آتش‌سوزی و به‌تبع آن افزایش ماده آلی آبگریز باشد. دلیل معنی‌دار نبودن این تفاوت در سال ۱۳۹۳ احتمالاً افزون بر شدت بالای آتش‌سوزی و تراکم کم‌تر پوشش گیاهی، فرسایش لایه خاکستر سطح خاک باشد. دمای بالای سطحی در آتش‌سوزی، آبگریزی خاک را به‌طور کامل از بین می‌برد. نتایج Granged و همکاران (۲۰۱۱) در مورد پیامدهای باقی‌مانده آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک، از جمله آب‌گریزی خاک در یک دوره زمانی سه ساله حاکی از کاهش آب‌گریزی خاک بلافاصله و یک سال پس از آتش‌سوزی نسبت به پیش از آتش‌سوزی بود. دو سال پس از آتش‌سوزی آب‌گریزی خاک نسبت به یک سال پس از آتش‌سوزی افزایش یافت و سه سال پس از آتش‌سوزی به دلیل احیاء شدن پوشش گیاهی و مواد آلی، آب‌گریزی خاک به مقدار اولیه خود رسید. Harper و Gilkes (۱۹۹۴) نیز با مقایسه دو خاک با کاربری متفاوت (مرتعی و خاک‌ورزی شده) گزارش کردند که با افزایش ماده آلی آب‌گریزی خاک نیز افزایش می‌یابد. Zavala و همکاران (۲۰۱۰) نیز ایجاد لایه‌های سطحی آب‌گریز در خاک‌های جنگلی پس از آتش‌سوزی را گزارش کردند.



شکل ۱: اثر متقابل آتش‌سوزی و سال بر شاخص آب‌گریزی خاک (براساس آزمون LSD حروف مشابه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج حاصل کارایی روش جذب پذیری ذاتی در اندازه‌گیری شاخص آبگریزی خاک در تیمارهای آتش‌سوزی را نشان داد. همچنین این پژوهش بیان‌گر آن است که آتش‌سوزی در مراتع و جنگل‌های مریوان باعث افزایش آبگریزی خاک شده و می‌تواند باعث افزایش هدررفت خاک و روان‌آب در این اراضی شود. تأثیر آتش‌سوزی بر آب گریزی خاک در سال اول پس از آتش‌سوزی بیشتر بوده و این اثر با گذشت زمان کاهش یافته است.

منابع

اکبرزاده، ع.، قربانی، ش.، نادری خوراسگانی، م.، محمدی، ج.، تقی‌زاده مهرجردی، ر. ۱۳۹۶. **تأثیر آتش‌سوزی بر آبگریزی و مقدار و عوامل فرسایش خاک در جنگل‌های سواحل جنوب غربی دریای خزر.** مجله جنگل ایران. دوره ۹. شماره ۱. صفحات ۱۵۷-۱۴۵.

Agbeshie, A.A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T., Awuah, R. 2022. **A review of the effects of forest fire on soil properties.** Journal of Forestry Research, 33: 1419–1441.

DeBano, L.F. 2000. **Water repellency in soils: a historical overview.** Journal of Hydrology, 231-232: 4–32.

Gómez-Rey, M.X., Couto-Vázquez, A., García-Marco, S., González-Prieto., S.J. 2013. **Impact of fire and post-fire management techniques on soil chemical properties**. Geoderma 195: 155-164.

Granged, A.J., Zavala, L.M., Jordán, A., Bárcenas-Moreno, G. 2011. **Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: a 3-year study.** Geoderma, 164(1-2): 85-94.

Harper, R.J., McKissock, I., Gilkes, R.J., Carter, D.J., Blackwell, P.S. 2000. **A multivariate framework for interpreting the effects of soil properties, Soil management and landuse on water repellency**. Journal of Hydrology, 231: 371-383.

Panico, S.C., Ceccherini, M.T., Memoli, V., Maisto, G., Pietramellara, G., Barile, R., De Marco, A. 2020. **Effects of different vegetation types on burnt soil properties and microbial communities.** International Journal of Wildland Fire, 29(7): 628-636.

Pellegrini, AF., Ahlström, A., Hobbie, S.E., Reich, P.B., Nieradzik, L.P., Staver, A.C., Scharenbroch, B.C., Jumpponen, A., Anderegg, W.R., Randerson, J.T., Jackson, R.B. 2018. **Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity.** Nature, 553(7687): 194-198.

Tillman, R., Scotter, D., Wallis, M., Clothier, B. 1989. **Water repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity**. Soil Research, 27(4): 637-644.

Weninger, T., Filipović, V., Mešić, M., Clothier, B., Filipović, L. 2019. **Estimating the extent of fire induced soil water repellency in Mediterranean environment.** Geoderma, 338: 187-196.

Zavala, L.M., Granged, A.J., Jordán, A., Bárcenas-Moreno, G. 2010. **Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions.** Geoderma, 158(3-4): 366-374.

ارزیابی تأثیر تغییر کاربری زمین ناشی از توسعه شهری بر ارزش خدمات اکوسیستمی تالاب دریاچه زریبار با استفاده از روش انتقال منافع

لیلا پیشداد[۱]، حامد قادرزاده[۲]

۱- محقق پسادکتری، اقتصاد منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. lpishdad@gmail.com

۲- دانشیار، اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. hamedar2002@uok.ac.ir

چکیده

ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی می‌تواند به توسعه سازوکارهای مؤثر حفاظت از منابع طبیعی برای مقابله با فعالیت‌های توسعه‌ای روزافزون انسان کمک کند. در مناطق در حال توسعه، یکی از منابع اصلی تغییرات در خدمات اکوسیستمی زیرساخت‌های طبیعی سبز-آبی، مهاجرت از مناطق روستایی و شهری به شهرها است. مطالعه حاضر پیامدهای تغییرات پوشش کاربری زمین (LUC) ناشی از توسعه شهرنشینی را بر ارزش خدمات اکوسیستمی (ESVs) در تالاب دریاچه زریبار بررسی می‌کند، جایی که مهاجرت و توسعه سریع شهرنشینی در طول سال‌ها تغییرات عمیقی در LUC اکوسیستم آن به جای گذاشته است. برای این منظور، از نقشه‌های پوشش زمین در پنج دوره زمانی از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳، و از تکنیک‌های مکانی برای ارزیابی تغییرات در ESVs استفاده شد؛ علاوه بر این، سناریوهای رشد پایه (BG) و کاربری بهینه زمین (LS) برای پیش‌بینی آینده نیز ارزیابی شدند. نتایج تغییرات معنی‌داری در LUC از جمله کاهش پوشش جنگلی، افزایش مناظر کشاورزی، و تبدیل زمین بیشتر به توسعه زیرساخت‌های شهری را نشان داد. با این حال، در سناریوی LS، تغییرات معکوس قابل‌توجهی در انواع LUC قابل‌انتظار خواهد بود. روش ارزش‌گذاری انتقال منافع، کاهش کلی ESV از ۲۰۳/۵ میلیون دلار/سال در سال ۱۹۸۳ به ۱۸۲/۱ میلیون دلار/سال در سال ۲۰۲۳ (کاهش ۱۰/۵ درصدی) را تأیید کرد که عمدتاً به‌دلیل اُفت کاهش خدمات تفرجی (۳۶/۲ درصد)، تنظیمی (۲۰/۴ درصد)، و حمایتی (۸/۳ درصد) بوده است. پیش‌بینی‌های مبتنی بر سناریوی BG نشان می‌دهد که این روند نزولی ادامه خواهد داشت، در حالی‌که سناریوی LS افزایش ۱۲/۳ میلیون دلاری در سال را در مقایسه با سال ۲۰۲۳ پیش‌بینی می‌کند. یافته‌های این مطالعه به‌عنوان نقطه مرجع کلیدی برای توسعه سازوکارهای مدیریت مکانی اکوسیستم تالاب دریاچه شهری زریبار سودمند خواهد بود.

کلید واژه‌ها: مهاجرت، ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی، روش انتقال منافع، پیش‌بینی مبتنی بر سناریو، منابع طبیعی، ابعاد اجتماعی

Assessing the impacts of urbanization-induced land use-cover change on ecosystem service values in the Zrebar lake wetland using the Benefit Transfer method

Abstract

Ecosystem service valuation has significant implications for developing effective environmental conservation strategies in the face of increasing human activities. One of the main sources of changes in ecosystem services from blue-green urban infrastructures in developing regions is in-migration from rural and urban areas. The current study investigates the impacts of migration and urbanization-derived Land Use-Cover (LUC) changes on ecosystem service values (ESVs) in the Zrebar urban lake wetland, where migration and rapid urbanization have caused profound LUC changes over the years. We used land-cover maps across five time periods from 1983 to 2023, and applied geospatial techniques to evaluate changes in ESVs, while considering Basic Growth (BG) and Land Suitability (LS) scenarios for future prediction. Significant changes in LUC have been observed, including reduced forest cover, increased agricultural landscapes, and the conversion of more land into urban development and infrastructure. However, under the LS scenario, remarkable reversal changes are expected in LUC types. The benefit transfer methodology indicated a decline in overall ESVs from $203.5 million/year in 1983 to $182.1 million/year in 2023 (-10.5%), primarily due to decreases in recreation (36.2%), regulating (20.4%), and supporting services (8.3%). Projections based on the BG scenario suggest this downward trend will continue, while the LS scenario predicts an increase of $12.3 million/year compared to 2023. Our findings serve as a fundamental framework and key reference point for developing spatial management strategies for urban lake wetland ecosystems.

Keywords: Migration, Ecosystem service valuation, Benefit transfer method, Scenario projection, Natural resources, Human dimensions

مقدمه

زیرساخت‌های سبز-آبی شهری، به‌ویژه تالاب‌ها، خدمات اکوسیستمی مهمی را به نفع هر دوی طبیعت و انسان ارائه می‌دهند (Aryal *et al.*, 2021). علاوه بر این، به‌لحاظ اقتصادی، تالاب‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند، به‌طوری‌که Davidson و همکاران (۲۰۱۹) ارزش جهانی خدمات اکوسیستمی تالاب‌ها را سالانه بیش از ۴۷/۴ تریلیون دلار برآورد کرده‌اند؛ این اهمیت به‌ویژه برای جوامع در حال توسعه و فقیر برجسته‌تر است (Mitsch and Gosselink, 2015).

مهاجرت که خود اغلب پیامد عوامل اجتماعی-اقتصادی، تغییرات محیطی و بی‌ثباتی‌های سیاسی است، منجر به تغییرات جمعیتی، و به دنبال آن تشدید شهرنشینی و افزایش توسعه زیرساخت‌ها می‌شود. حدود ۶۰ درصد از اکوسیستم‌های آبی جهان با تخریب یا استفاده ناپایدار ناشی از فعالیت‌های انسانی مرتبط با مهاجرت مواجه هستند (MEA, 2005). تغییر کاربری و پوشش (LUC) زمین به‌عنوان یکی از پیامدهای مهم مهاجرت و افزایش جمعیت، به‌طور قابل‌توجهی بر ساختار و عملکرد خدمات اکوسیستمی اکوسیستم‌ها مانند تنوع زیستی، ترسیب کربن، تأمین آب و کیفیت زیستگاه تأثیر می‌گذارد (Athukorala et al., 2024; Rahimi *et al.*, 2020; Ren *et al.*, 2023). بنابراین، این یافته‌ها اهمیت استفاده از LUC به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی یکپارچگی و سلامت تالاب‌ها را تأیید می‌کنند (Zhang *et al.*, 2019).

ارزش‌گذاری اقتصادی رویکردی ضروری برای تعیین کمیت ارزش پولی خدمات اکوسیستمی منابع طبیعی است (Arowolo *et al.*, 2018; Athukorala *et al.*, 2024). این رویکرد اهداف متعددی را از جمله حفاظت از منافع ذینفعان، افزایش درک عمومی از ارزش اکوسیستم، و کمک به فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌تواند دنبال کند (Aryal *et al.*, 2021; Costanza *et al.*, 2014). برای این هدف سه روش اصلی وجود دارد: انتقال منافع (Athukorala *et al.*, 2024)، مدل InVEST (Jiang *et al.*, 2016)، و مدل emergy (Yang *et al.*, 2019). برای مثال، در نیجریه، Arowolo و همکاران (۲۰۱۸) پویایی‌های اقتصادی خدمات اکوسیستمی تالاب‌های این کشور را با استفاده از رویکرد انتقال منافع، ارزیابی و نشان دادند که ارزش اقتصادی خدمات تأمینی این تالاب‌ها افزایش، و در مقابل ارزش خدمات نظارتی و فرهنگی آنها کاهش یافته است. پیشرفت‌های اخیر در مدل‌سازی مکانی-زمانی امکان ارزیابی سیستماتیک اثرات LUC بر خدمات اکوسیستمی در سناریوهای مختلف آینده را فراهم کرده است (Gomes *et al.*, 2021). بهره‌گیری از رویکردی کل‌نگر که ارزش خدمات اکوسیستمی درآینده را با سناریوهای کاربری زمین ادغام کند، می‌تواند اهداف حفاظتی را با نیازهای اجتماعی هماهنگ کند (Athukorala *et al.*, 2024; Peng *et al.*, 2021). در سریلانکا، Athukorala و همکاران (۲۰۲۴) سناریوهایی را برای تالاب شهری بولگودا تهیه، و براساس آنها، کاهش معنی‌دار ارزش خدمات اکوسیستمی تحت سناریوهای مدل‌سازی‌شده را پیش‌بینی کردند.

تخریب تالاب‌ها با عدم درک تهدیدها و فرصت‌های آن، شیوه‌های ناپایدار مدیریتی، مهاجرت سریع و عدم ارائه ارزش خدمات اکوسیستمی آنها تشدید می‌شود (Aryal *et al.*, 2021). طی سال‌های اخیر، مهاجرت سریع و توسعه شهرنشینی به‌طور فزاینده‌ای به پایداری تالاب زریبار فشار آورده است. با افزایش جمعیت مریوان از حدود ۲۲۰۰۰ نفر در سال ۱۹۸۳ به حدود ۱۶۰۰۰۰ نفر در سال ۲۰۲۳، تقاضا برای زمین و منابع طبیعی، افزایش و به‌دنبال آن تجاوز به زیستگاه‌های حیاتی تالاب تشدید شده است. در مریوان، توسعه شهری همواره توسعه زیرساخت‌ها و مسکن را بر حفظ محیط‌زیست ترجیح داده است و در نتیجه جنگل‌ها و زیستگاه‌های حیاتی برای گونه‌های مختلف طی دهه‌های اخیر از بین رفته است. همچنین، این رشد جمعیت به افزایش فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار و افزایش آلودگی ناشی از ورود آفت‌کش‌ها، کودها و زباله‌ها به داخل تالاب منجر شده است. در نتیجه، این مطالعه با هدف درک پیامدهای مهاجرت و تغییرات کاربری زمین ناشی از توسعه شهرنشینی بر ارزش‌های خدمات اکوسیستمی تالاب زریبار، به عنوان یکی از اکوسیستم آبی حیاتی کشور، انجام گرفت.

داده‌ها و روش‌ها

نقشه‌یابی LUC

ابتدا از روش‌های پایه برای نقشه‌یابی تغییر کاربری زمین در تالاب زریبار که بوم‌سازگان آن طی ۴۰ سال گذشته شاهد افزایش شهرنشینی و رشد جمعیت بوده است، استفاده شد. برای این منظور، پنج سال کلیدی (۱۹۸۳، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳، و ۲۰۲۳) برای تهیه نقشه‌های LUC براساس تصاویر Landsat از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده انتخاب شدند. نقشه‌های نهایی LUC با استفاده از ترکیبی از روش‌های طبقه‌بندی بدون نظارت و نظارت‌شده، و به‌دنبال آن تجزیه و تحلیل تشخیص تغییر ایجاد شدند. از مدل سلولی زنجیره اتومات- مارکوف (CA-MC) برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات LUC در طول زمان استفاده شد. سپس با استفاده از مدل CA تغییرات LUC شبیه‌سازی، و احتمالات انتقال برای ایجاد یک ماتریس زنجیره مارکوف محاسبه شد. در ادامه رویکردهای ارزیابی چند معیاره (MCE) و تخصیص چندهدفه زمین (MOLA) برای ارتقای برنامه‌ریزی کاربری زمین اعمال شدند. در پایان، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه، سناریوهای تخصیص کاربری زمین برای متعادل کردن اهداف و معیارها، و به دنبال آن تحلیل‌های حساسیت برای ارزیابی انعطاف‌پذیری راه‌حل‌های بهینه‌شده، ارزیابی شدند.

تهیه سناریوهای آینده

در این مطالعه دو سناریو تهیه و بررسی شد: ۱- سناریوی رشد پایه (BG): این سناریو با استفاده از روندهای گذشته و درون‌یابی خطی برای سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰، تغییرات کاربری زمین را تحت شرایط رشد اقتصادی فعلی پیش‌بینی می‌کند. ۲- سناریوی تناسب زمین (LS): این سناریو تناسب زمین را برای کاربری‌های مختلف، با در نظر گرفتن عواملی مانند کیفیت خاک و هیدرولوژی برای ترویج استفاده پایدار از زمین که همزمان با رفع نیازهای جامعه، ارزش خدمات اکوسیستمی تالاب را حفظ یا بهبود می‌بخشد، ارزیابی می‌کند.

تعیین خدمات اکوسیستمی، ارزش‌گذاری آنها با استفاده از روش انتقال منافع، و آنالیز حساسیت

در این بخش از تحقیق، خدمات اکوسیستمی شش نوع کاربری زمین شامل جنگل، مرتع، کشاورزی، مناطق شهری، حاشیه تالاب، و بدنه آبی تالاب در تالاب زریبار با استفاده از بیوم‌های طبقه‌بندی‌شده توسط Costanza و همکاران (۲۰۱۴) برآورد شدند. به‌دلیل عدم وجود ضرایب اقتصادی تعیین‌شده برای تالاب زریبار، از روش انتقال منافع (BTM) برای تخمین مقادیر پولی خدمات اکوسیستمی استفاده شد (Costanza *et al.*, 1997) و ارزش کل خدمات اکوسیستم با استفاده از میانگین ضرایب از مجموعه داده‌های جهانی و پرس و جو با بوم‌شناسان ملی محاسبه شد. این مقادیر با استفاده از شاخص قیمت مصرف‌کننده به دلار آمریکا برای سال ۲۰۲۳ تبدیل شدند. کل ESV برای هر نوع LUC با استفاده از معادلات گزارش‌شده توسط Arowolo و همکاران (۲۰۱۸)، و Zhang و همکاران (۲۰۱۹) محاسبه شد. در پایان، با استفاده از معادلات از قبل بهینه‌شده (Athukorala *et al.*, 2024) روش شاخص حساسیت[1] (Song و Deng، ۲۰۱۷) برای ارزیابی اینکه چگونه تغییرات LUC بر ارزش‌های برآوردشده خدمات اکوسیستمی تأثیر گذاشته است، استفاده شد.

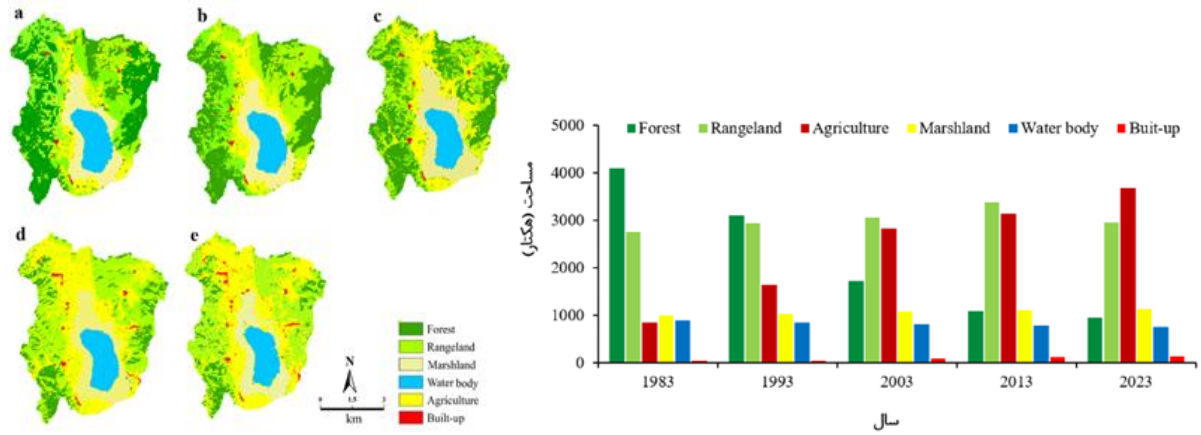
نتایج و بحث

تغییرات کاربری زمین در تالاب زریبار

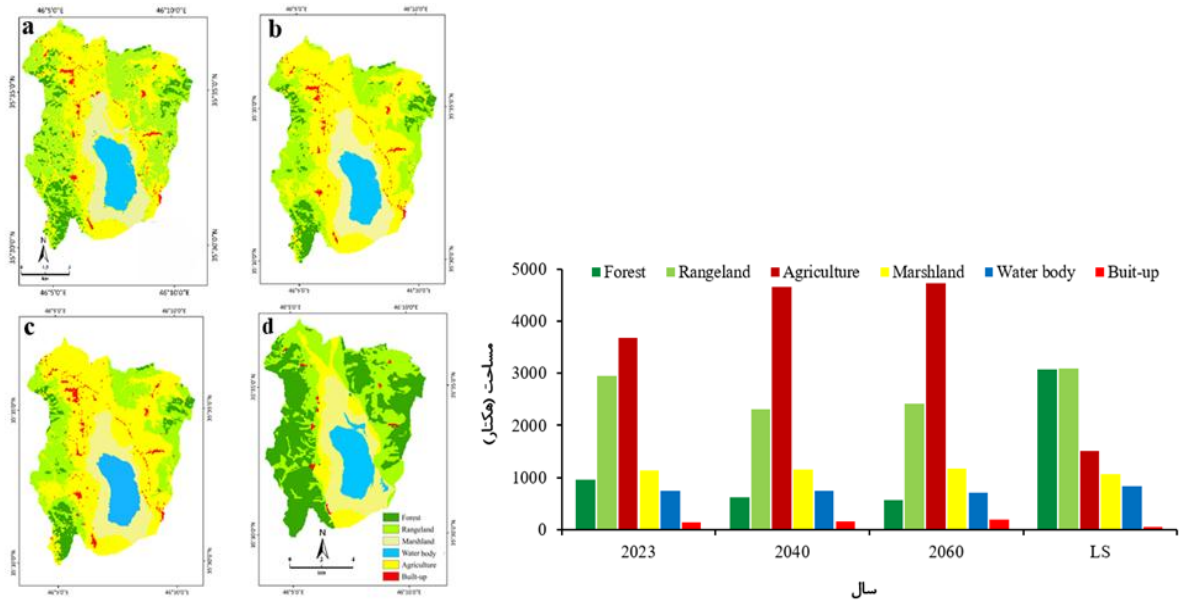
حفظ انعطاف‌پذیری و یکپارچگی اکوسیستم‌های تالابی نیازمند ارزیابی پویایی زمانی آنها است؛ به‌ویژه زمانی که این اکوسیستم‌ها با چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی مواجه باشند (Athukorala *et al.*, 2024; Rahimi *et al.*, 2020). بر اساس تجزیه و تحلیل زمانی تغییر کاربری زمین در تالاب زریبار از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳ (شکل ۱)، پوشش جنگل از ۴۰۹۷/۳ هکتار در سال ۱۹۸۳ به ۹۶۱/۰ هکتار در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته است. اراضی مرتعی با کاهش جزئی ثابت

[1] Sensitivity Index (SI)

مانده‌اند، در حالی که زمین‌های کشاورزی از ۸۳۹/۹ هکتار به ۳۶۸۱/۲ هکتار افزایش یافته است. به طور مشابه در بقیه کاربری‌ها هم تغییرات قابل‌توجه و معنی‌داری اتفاق افتاده است (شکل ۱). پیش‌بینی‌های آینده برای سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰ (به ترتیب تحت سناریوهای رشد پایه و تناسب زمین) تغییرات چشمگیری را در کاربری‌های زمین در بوم‌سازگان تالاب زریبار پیش‌بینی می‌کند (شکل ۲).



شکل ۱: تکامل زمانی کابری‌های مختلف زمین در تالاب زریبار. a، b، c، d، و e: به‌ترتیب نقشه LUC در سال‌های ۱۹۸۳، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳؛ f: سطوح تغییرات (ha) در انواع مختلف کاربری‌ها در تالاب دریاچه شهری زریبار از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳.



شکل ۲: الگوهای پیش بینی‌شده کاربری‌های مختلف زمین برای تالاب دریاچه شهری زریبار. a: نقشه LUC در سال ۲۰۲۳، b و c: به ترتیب نقشه LUC در سناریوی رشد پایه برای سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰؛ d: نقشه LUC در سناریوی تناسب اراضی؛ f: سطوح تغییرات (ha) در انواع مختلف کاربری‌ها در تالاب دریاچه شهری زریبار در سناریوی رشد پایه برای سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰، و سناریوی تناسب زمین (LS)

پویایی ارزش خدمات اکوسیستمی در تالاب زریبار

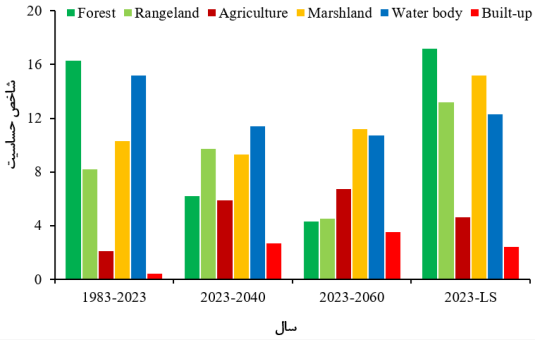
در سال ۱۹۸۳، کل ارزش خدمات اکوسیستمی برآورد شده برای تالاب زریبار تقریباً ۲۰۳/۵ میلیون دلار/سال بوده است؛ اما این مقدار در سال ۲۰۲۳ با اُفت ۱۰/۵ درصدی به ۱۸۲/۱ میلیون دلار/سال کاهش یافته است (جدول ۱). با نگاهی به آینده بر اساس سناریوی رشد پایه، پیش‌بینی می‌شود که کل ارزش خدمات اکوسیستمی تا سال ۲۰۶۰ به ۱۷۶/۷ میلیون دلار/سال کاهش یابد، در حالی که در سناریوی تناسب زمین افزایش آن به ۱۹۴/۴ میلیون دلار/سال پیش‌بینی می‌شود. در جدول ۱ جزئیات بیشتر این تغییرات نشان داده شده است. کمی‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی برای درک طیف کاملی از مزایایی که تالاب‌های دریاچه‌ای برای جامعه ارائه می‌کنند ضروری است (Arowolo *et al.*, 2018)، و پیوند این ارزش‌ها در درازمدت به پیشبرد و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و مدیریت کاربری زمین هم برای مدیریت منابع پایدار و هم برای ارتقای رفاه جوامع انسانی کمک می‌کند (Peng *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2019). کاهش ۱۰/۵ درصدی ارزش خدمات اکوسیستمی از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳ در تالاب زریبار عمدتاً به‌دلیل کاهش ۱۴/۹۶ درصدی در خدمات تنظیمی بوده است، که در این میان تنظیم آب و هوا و تنظیم انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ترتیب با ۵۷/۷ درصد و ۵۰/۴ درصد بیشترین کاهش را تجربه کرده‌اند. در مقابل خدمات تأمینی به‌ویژه تولید مولد غذایی ۶۱/۸۳ درصد افزایش یافته‌اند. خدمات پشتیبانی نتایج متفاوتی را نشان دادند، به‌طوری‌که اگرچه تشکیل خاک ۲۷۳/۵۸ درصد افزایش یافته است، ارزش اقتصادی سایر خدمات این گروه مانند کنترل فرسایش و گرده‌افشانی کاهش یافته است. با نگاهی به سال ۲۰۶۰، پیش‌بینی می‌شود ارزش خدمات تنظیمی تا ۴/۲۲ درصد کاهش یابد، اما در سناریوی تناسب زمین به‌دلیل بهبود در تنظیم آب و هوا و تصفیه زباله، ارزش خدمات این دسته ۹/۹۷ درصد رشد خواهد کرد (جدول ۲). از روش BTM برای بررسی و پیش‌بینی اثر تغییر کاربری و پوشش زمین بر ارزش خدمات اکوسیستمی در منابع طبیعی، مانند تالاب دریاچه Ebinur در چین (Zhang *et al.*, 2019) و اکوسیستم‌های مختلف در نیجریه (Arowolo *et al.*, 2018) استفاده شده است.

جدول ۱: مقادیر برآوردشده ارزش خدمات اکوسیستمی حاصل از کاربری‌های مختلف زمین در تالاب زریبار از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳ و تحت سناریوهای مختلف ($۱۰^{۶}$ × میلیون دلار در سال). BG: سناریوی رشد پایه؛ LS: سناریوی تناسب زمین؛ FR: جنگل؛ RL: مرتع؛ AG: کشاورزی؛ MS: حاشیه تالاب؛ WB: بدنه آبی تالاب؛ BU: مناطق ساخت‌وساز.

نوع LUC	۱۹۸۳	۱۹۹۳	۲۰۰۳	۲۰۱۳	۲۰۲۳	BG ۲۰۴۰	BG ۲۰۶۰	LS	تغییرات ۲۰۲۳ − ۱۹۸۳	تغییرات ۲۰۴۰ − ۲۰۲۳	تغییرات ۲۰۶۰ − ۲۰۲۳	تغییرات LS − ۲۰۲۳
FR	۲۹/۲	۲۲/۲	۱۲/۴	۷/۸	۶/۹	۴/۴	۴/۰	۲۲/۰	−۲۲/۴	−۲/۵	−۲/۸	۱۵/۱
RL	۷/۵	۸/۳	۸/۹	۱۰/۱	۹/۰	۷/۱	۷/۶	۸/۸	۷/۳	−۲۱/۹	−۱۸/۳	۴/۹
AG	۴/۴	۸/۷	۱۵/۰	۱۶/۶	۱۹/۵	۲۴/۷	۲۵/۰	۸/۰	۱۵/۱	۵/۲	۵/۵	۱۱/۵ −
MS	۲۹/۵	۳۰/۶	۳۱/۷	۳۲/۶	۳۳/۵	۳۳/۹	۳۴/۸	۳۱/۳	۴/۰	۰/۴	۱/۳	−۲/۲
WB	۱۲۴/۸	۱۱۷/۵	۱۱۴/۰	۱۰۹/۵	۱۰۵/۱	۱۰۳/۳	۹۸/۵	۱۱۵/۷	−۱۹/۷	−۱/۸	−۶/۶	۱۰/۷
BU	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۱/۰	۰/۳	۰/۵	۰/۱	۰/۳	−۰/۴
جمع	**۲۰۳/۵**	**۱۹۵/۶**	**۱۹۰/۶**	**۱۸۶/۰**	**۱۸۲/۱**	**۱۷۹/۹**	**۱۷۶/۷**	**۱۹۴/۴**	**−۲۱/۴**	**−۲/۲**	**−۵/۳**	**۱۲/۴**

آنالیز حساسیت ارزش خدمات اکوسیستمی در پاسخ به تغییر کاربری زمین در تالاب زریبار

آنالیز شاخص حساسیت نشان داد که جنگل‌ها با مقدار ۱۶/۳ بالاترین مقدار این شاخص را نشان دادند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت قابل‌توجهی این کاربری بر ارزش خدمات اکوسیستمی بوم‌سازگان تالاب زریبار از شال ۱۹۸۳ تا سال ۲۰۲۳ است (شکل ۳). کاربری مرتع با مقداری عددی SI برابر با ۸/۲ در رتبه بعدی این دسته‌بندی قرار گرفت، و کشاورزی با مقدار ۲/۱ کمترین تأثیر را در ارزش خدمات اکوسیستمی تالاب زریبار در این دوره زمانی را نشان داد. در شکل ۳ وضعیت این همبستگی بین تغییر کاربری زمین و ارزش خدمات اکوسیستمی برای دوره‌های زمانی مختلف نشان داده شده است.



شکل ۳: تغییرات زمانی در شاخص حساسیت ارزش خدمات اکوسیستمی به پوشش و کاربری زمین در دوره‌های زمانی مختلف در تالاب زریبار.

جدول ۲: ارزش برآوردشده کارکردهای خدمات اکوسیستمی تالاب دریاچه زریبار از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۳ و تحت سناریوهای مختلف (۱۰^۶ × میلیون دلار در سال)

نوع خدمت	زیر-نوع	۱۹۸۳	۱۹۹۳	۲۰۰۳	۲۰۱۳	۲۰۲۳	۲۰۴۰	۲۰۶۰	LS	تغییر (٪) ۲۰۲۳-۱۹۸۳
تنظیمی	کنترل انتشار گاز	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۹	-۵۰/۴
	کنترل تغییر اقلیم	۱۲/۴۷	۱۰/۱۴	۶/۹۶	۵/۴۰	۵/۲۷	۴/۷۰	۴/۶۵	۱۰/۰	-۵۷/۷
	کنترل آشفتگی	۷/۵۰	۷/۳۸	۷/۳۱	۷/۲۶	۷/۲۶	۷/۲۴	۷/۲۳	۷/۴	-۳/۲۰
	تنظیم آب	۹/۳۸	۹/۵۶	۹/۷۸	۹/۹۸	۱۰/۱۱	۱۰/۱۲	۱۰/۲۹	۹/۷	۷/۷۸
	تأمین آب	۳/۱۸	۳/۳۶	۳/۷۵	۳/۷۹	۳/۹۴	۴/۳۰	۴/۲۵	۳/۳	۲۳/۹۰
	تصفیه زباله	۱۰۴/۰۶	۹۸/۶۶	۹۶/۲۶	۹۲/۸۹	۸۹/۶۲	۸۸/۵۱	۸۴/۸۷	۹۷/۳	-۱۳/۸۸
	زیر-جمع	**۱۳۶/۶۹**	**۱۲۹/۲۰**	**۱۲۴/۱۱**	**۱۱۹/۳۸**	**۱۱۶/۲۴**	**۱۱۴/۹۱**	**۱۱/۳۴**	**۱۲۷/۸**	**-۱۴/۹۶**
تأمینی	تولید غذا	۸/۸۳	۱۰/۵۵	۱۲/۹۱	۱۳/۸۷	۱۴/۲۹	۱۵/۲۴	۱۵/۵۱	۱۰/۴۹	۶۱/۸۳
	تولید مواد خام	۱/۵۴	۱/۶۴	۱/۷۷	۱/۸۱	۱/۹۰	۲/۰۳	۲/۰۷	۱/۶۴	۲۳/۳۸
	زیر-جمع	**۱۰/۳۷**	**۱۲/۱۹**	**۱۴/۶۸**	**۱۵/۶۸**	**۱۶/۱۹**	**۱۷/۲۸**	**۱۷/۵۷**	**۱۲/۱۳**	**۵۶/۱۲**
حمایتی	کنترل	۸/۷۱	۸/۳۰	۷/۸۴	۷/۶۰	۷/۵۵	۷/۴۶	۷/۴۳	۸/۳۲	-۱۳/۳۲

	فرسایش تشکیل خاک	۰/۵۳	۰/۹۴	۱/۵۵	۱/۶۹	۱/۹۸	۲/۴۹	۲/۵۳	۰/۸۶	۲۷۳/۵۸
	چرخه مواد غذایی	۲/۷۴	۲/۷۹	۲/۸۵	۲/۹۰	۲/۹۵	۲/۹۷	۳/۰۲	۲/۸۳	۷/۶۶
	گرده‌افشانی	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۰	-۱۹/۳۵
	کنترل بیولوژیکی	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۱/۸۲
	زیستگاه	۱۹/۰۸	۱۸/۸۱	۱۸/۷۴	۱۸/۹۲	۱۷/۹۲	۱۶/۷۴	۱۶/۵۷	۱۸/۹۷	-۶/۰۸
	ذخایر ژنتیکی	۱۳/۹۱	۱۳/۰۴	۱۱/۷۰	۱۱/۲۳	۱۰/۸۲	۱۰/۰۹	۱۰/۲۱	۱۳/۰۹	-۲۲/۲۱
	زیر-جمع	**۴۵/۸۴**	**۴۴/۷۳**	**۴۳/۵۰**	**۴۳/۱۷**	**۴۲/۰۳**	**۴۰/۵۴**	**۴۰/۵۳**	**۴۴/۹۲**	**-۸/۳۱**
فرهنگی و تفرجی	تفریح	۹/۳۸	۸/۲۹	۷/۰۷	۶/۴۷	۶/۴۴	۶/۱۵	۶/۲۹	۸/۳۳	-۳۱/۳۴
	فرهنگ	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۲۷	۱/۱۶	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۲۵	-۴/۹۲
	زیر-جمع	۱۰/۵۷	۹/۵۱	۸/۲۹	۷/۷۴	۷/۶۰	۷/۱۶	۷/۳۰	۹/۵۷	-۳۶/۲۰
جمع کل ارزش خدمات اکوسیستمی		**۲۰۳/۴۸**	**۱۹۵/۶۲**	**۱۹۰/۵۹**	**۱۸۵/۹۸**	**۱۸۲/۰۶**	**۱۷۹/۸۸**	**۱۷۶/۷۴**	**۱۹۴/۴۴**	**-۱۰/۵۳**

نتیجه‌گیری

این مطالعه به ارزیابی اثرات تغییر کاربری زمین ناشی از مهاجرت و توسعه شهرنشینی را بر ارزش خدمات اکوسیستمی در تالاب دریاچه شهری زریبار پرداخته است. نتایج نشان داد که ارزش خدمات اکوسیستمی طی ۴۰ سال گذشته به‌دلیل رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی کاهش سالانه ۲۱/۴ میلیون دلاری را تجربه کرده است؛ که چنانچه روند فعلی ادامه یابد، پیش‌بینی می‌شود این مقدار تا سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰ بیشتر کاهش یابد. با این حال، اتخاذ سناریوی تناسب زمین می‌تواند این روند را معکوس کند. یافته‌های این مطالعه راهنمایی‌های مهم را برای ذینفعان و سیاست‌گذاران درگیر در حفاظت و مدیریت پایدار تالاب دریاچه زریبار ارائه می‌دهد.

تشکر و قدردانی

از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، اعضای فداکار انجمن سبز چیا، و همچنین سازمان‌های محلی و نمایندگان تشکل‌ها که مشارکت فعال آنها در ارائه و گردآوری داده‌های پایه‌ای مورد نیاز این مطالعه نقش بسیار مهمی داشت، قدردانی می‌کنیم. همچنین قدردان حمایت مالی دریافتی از کمک هزینه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه کردستان هستیم (شماره قرارداد پژوهشی ۳۳۹۳۶-۰۹-۰۲).

مراجع

Arowolo, A. O., Deng, X., Olatunji, O. A., Obayelu, A. E. 2018. **Assessing changes in the value of ecosystem services in response to land-use/land-cover dynamics in Nigeria**. Science of the Total Environment 636: 597-609.

Aryal, K., Ojha, B. R., Maraseni, T. 2021. **Perceived importance and economic valuation of ecosystem services in Ghodaghodi wetland of Nepal**. Land Use Poli 106: 105450.

Athukorala, D., Murayama, Y., Bandara, C.M.M., Lokupitiya, E., Hewawasam, T., Gunatilake, J., Karunaratne, S. 2024. **Effects of urban land change on ecosystem service values in the Bolgoda Wetland, Sri Lanka**. Sustainable Cities and Society 101: 105050.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., et al. 1997. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nat 387(6630): 253-260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R. K. 2014. **Changes in the global value of ecosystem services**. Global Environmental Change 26: 152-158.

Davidson, N.C., van Dam, A.A., Finlayson, C.M., McInnes, R.J. 2019. **Worth of wetlands: revised global monetary values of coastal and inland wetland ecosystem services**. Marine and Freshwater Research 70: 1189.

Gomes, E., Inácio, M., Bogdzevič, K., Kalinauskas, M., Karnauskaitė, D., Pereira, P. 2021. **Future land-use changes and its impacts on terrestrial ecosystem services: A review**. Science of the Total Environment 781: 146716.

Jiang, C., Li, D., Wang, D., Zhang, L. 2016. **Quantification and assessment of changes in ecosystem service in the Three-River Headwaters Region, China as a result of climate variability and land cover change**. Ecological Indicators 66: 199-211.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis**. World Resources Institute, Washington (D.C.). 78 p.

Mitsch, W., Gosselink, J. 2015. **Wetlands (5th ed.).** Hoboken, NJ: Wiley.

Peng, K., Jiang, W., Ling, Z., Hou, P., Deng, Y. 2021. **Evaluating the potential impacts of land use changes on ecosystem service value under multiple scenarios in support of SDG reporting: A case study of the Wuhan urban agglomeration**. Journal of Cleaner Production, 307, 127321.

Rahimi, L., Malekmohammadi, B., Yavari, A.R. 2020. **Assessing and modeling the impacts of wetland land cover changes on water provision and habitat quality ecosystem services.** Natural Resources Research 29: 3701-3718.

Ren, Q., Liu, D., Liu, Y. 2023. **Spatio-temporal variation of ecosystem services and the response to urbanization: Evidence based on Shandong province of China**. Ecological Indicators, 151: 110333.

Song, W., & Deng, X. 2017. **Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China**. Science of the Total Environment 576: 705-719.

Yang, Q., Liu, G., Casazza, M., Hao, Y., Giannetti, B. F. 2019. **Emergy-based accounting method for aquatic ecosystem services valuation: A case of China**. Journal of Cleaner Production 230: 55-68.

Zhang, F, Yushanjiang, A., Jing, Y. 2019. **Assessing and predicting changes of the ecosystem service values based on land use/cover change in Ebinur Lake Wetland National Nature Reserve, Xinjiang, China**. Science of the Total Environment 656: 1133-1144.

برآورد مقادیر روزانه تبخیر از تشت با بکارگیری چند مدل یادگیری ماشین در ایستگاه سینوپتیک مریوان

یونس خوشخو [۱]، حدیث الماسی [۲]

۱-استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
y.khoshkho@uok.ac.ir

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
hadis.almasy@gmail.com

چکیده

تبخیر پارامتری کلیدی در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی کشاورزی بوده و یک متغیر اقلیمی مؤثر در مناطق خشک و کم‌آب مثل ایران است. در این پژوهش عملکرد سه مدل یادگیری ماشین شامل جنگل تصادفی، مدل درختی M5 و ماشین بردار پشتیبان در برآورد تبخیر روزانه در ایستگاه سینوپتیک مریوان مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های روزانه چند متغیر هواشناسی شامل دمای حداکثر، دمای حداقل، رطوبت نسبی، طول ساعات آفتابی، فشار بخار آب، کمبود فشار بخار، سرعت باد و تابش خالص در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۳ برای ایستگاه سینوپتیک مریوان گردآوری شدند و از آنها به‌عنوان ورودی مدل‌های یادگیری ماشین جهت برآورد مقادیر روزانه تبخیر از تشت استفاده شد. جهت سنجش خطای این مدل‌ها از دو شاخص ضریب تعیین (R^2) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده شد. نتایج کلی حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که با بکارگیری مدل‌های واسنجی‌شده یادگیری ماشین، این پتانسیل وجود دارد که مقادیر روزانه تبخیر را با دقتی مناسب و قابل قبول (با خطای مطلق حدود ۱/۲ میلی‌متر در روز) برآورد کرد. نتایج کلی نشان داد که از بین سه مدل مورد مطالعه، مدل جنگل تصادفی در مجموع عملکرد مناسب‌تری نسبت به دو مدل دیگر در برآورد تبخیر از تشت دارد. در نهایت، با تکمیل خلأهای آماری داده‌های تبخیر از تشت به‌کمک مدل جنگل تصادفی، یک سری زمانی درازمدت و بدون خلأ آماری از مقادیر روزانه تبخیر از تشت در ایستگاه مریوان تهیه شد که جهت اهدافی نظیر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی و نرخ تبخیر در دریاچه زریبار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، تبخیر از تشت، درخت تصمیم، جنگل تصادفی، بردار پشتیبان

Estimation of daily pan evaporation using several machine learning models at Marivan synoptic station

Younes Khoshkhoo, Hadis Almasi

Abstract

Evaporation is a key parameter in water resource management and agricultural planning and is an important climatic variable in dry and water-scarce regions such as Iran. In this study, the performance of three machine learning models, including Random Forest, M5 tree model, and Support Vector Machine, was evaluated for estimating daily evaporation at the Marivan synoptic station. Daily data of several meteorological variables, including maximum temperature, minimum temperature, relative humidity, sunshine duration, vapor pressure, vapor pressure deficit, wind speed, and net radiation, from 1992 to 2023 were collected for the Marivan synoptic station. These data were used as inputs for the machine learning models to estimate daily evaporation values from the pan evaporation. To assess the error of these models, two indicators were used: the coefficient of determination (R^2) and the Mean Absolute Error (MAE). The overall results of this study indicate that by using the calibrated machine learning models, it is possible to estimate daily evaporation values with a reasonable and acceptable accuracy (with an absolute error of about 1.2mm per day). The results showed that, among the three models studied, the Random Forest model overall performed better than the other two models in estimating evaporation from the pan. Finally, by filling the gaps in the pan evaporation data with the Random Forest model, a long-term, gap-free time series of daily evaporation values from the pan at the Marivan station was prepared. This data can be used for purposes such as studying the effects of climate change on water balance and evaporation rates in Zrebar Lake.

Keywords: Zrebar Lake, Pan evaporation, Decision tree, Random forest, Support vector machine

مقدمه

تبخیر یکی از اجزای اصلی در چرخه آب و از متغیرهای اقلیمی مؤثر در مناطق خشک و کم‌آبی مثل ایران است. برآورد تبخیر در زمینه‌های مختلفی از جمله کشاورزی، هیدرولوژیکی، هواشناسی، بهره‌برداری از مخازن سدها، طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی، زمان‌بندی آبیاری و مدیریت منابع آب اهمیت فراوانی دارد. بر این اساس، آگاهی از مقدار تبخیر و مدل‌سازی آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای هیدرولوژیکی در تحقیقات کشاورزی و عوامل مربوط به آب و خاک از اهمیت زیادی برخوردار است (Afkhami *et al.*, 2018). تبخیر فرآیندی، غیرخطی و پیچیده است و ارتباط تنگاتنگی با متغیرهای مختلف هواشناسی نظیر شدت تابش خورشید، دمای هوا، سرعت باد و رطوبت نسبی دارد که خود این متغیرها در ارتباط با توپوگرافی و اقلیم منطقه دارای تغییرپذیری می‌باشند (Xianghui *et al.*, 2018). اهمیت مدل‌سازی تبخیر و برآورد داده‌های روزانه آن در ایران ناشی از وجود خلأهای آماری گسترده برای این متغیر مهم است. این در حالی‌است که جهت انجام بسیاری از مطالعات از جمله بررسی روند تغییرات درازمدت تبخیر و یا بررسی اثرات تغییر اقلیم بر آن، داشتن یک سری زمانی بهم پیوسته از این متغیر لازم و ضروری است. در این راستا، این پتانسیل وجود دارد که از مدل‌های یادگیری ماشین مبتنی بر برخی متغیرهای هواشناسی که دارای خلأهای آماری بسیار کمتری از تبخیر هستند و ارتباط تنگاتنگی با تبخیر دارند جهت مدل‌سازی و برآورد خلأهای آماری تبخیر استفاده کرد. در دهه‌های اخیر، مدل‌های یادگیری ماشین به‌دلیل توانایی بالای آنها در مدل‌سازی روابط غیرخطی به‌عنوان ابزاری قدرتمند جهت مدل‌سازی پدیده‌های محیطی مطرح شده‌اند (Breiman, 2001). الگوریتم‌های حاکم بر ساختار مدل‌های یادگیری ماشین، شناسایی الگوها و روابط درون مجموعه‌های داده را تسهیل می‌کنند و به ماشین‌ها این امکان را می‌دهند تا نتایج را برای داده‌های جدید پیش‌بینی کرده و در فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک کنند. از بین مهم‌ترین و پرکاربردترین این مدل‌ها می‌توان از مدل جنگل تصادفی (RF[1]) با قابلیت تجمیع تصمیم‌گیری چندین درخت، روش مدل درخت تصمیم M5 با روابط قابل فهم و کاربردی و ماشین بردار پشتیبان (SVM[2]) با قدرت تعمیم‌دهی بالا نام برد (Hall *et al.*, 2009).

دریاچه زریبار در شهرستان مریوان، یک اکوسیستم آبی حساس و مهم در غرب ایران است. پژوهش حاضر با هدف برآورد مقادیر روزانه تبخیر در ایستگاه سینوپتیک مریوان، که در فاصله کمی از این دریاچه قرار دارد، بنا نهاده شده است. به این منظور کارایی سه الگوریتم یادگیری ماشین شامل مدل جنگل تصادفی، مدل درختی M5 و ماشین بردار پشتیبان، که در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی کانون توجه محققان مختلف بوده است، در برآورد تبخیر روزانه براساس برخی متغیرهای هواشناسی مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت حصول دقت مناسب با بکارگیری چنین الگوریتم‌هایی، این امکان وجود خواهد داشت تا در جهت تکمیل و بازسازی خلأهای آماری تبخیر از تشت روزانه و تهیه یک سری زمانی بلندمدت و پیوسته از آن اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

دریاچه زریبار در ۳ کیلومتری شمال غرب شهر مریوان در استان کردستان و در عرض جغرافیایی ′۳۱ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ′۷ °۴۶ شرقی در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. مساحت این دریاچه ثابت نبوده و دارای نوسانات فصلی و سالانه است و مابین حدود ۸ تا ۱۲ کیلومتر مربع در نوسان است. زریبار یک تالاب آب شیرین است که از چشمه‌های کف دریاچه و رواناب‌های سطحی حوضه آبخیز خود تغذیه می‌شود. حوضه آبخیز این دریاچه حدود ۳۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد و در دامنه‌های کوهستانی زاگرس واقع شده است. این منطقه دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی با میانگین بارش سالانه حدود ۸۰۰ میلی‌متر است که بیشتر در فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد (Tabari *et al.*, 2011). پوشش گیاهی اطراف

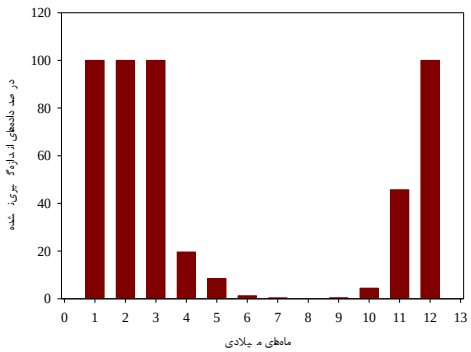
[1] Random Forest
[2] Support Vector Machine

دریاچه شامل جنگل‌های بلوط، نیزارها، مراتع و زمین‌های کشاورزی است که عمدتاً به کشت گندم و باغداری اختصاص دارد. مجموعه این ویژگی‌ها، دریاچه زریبار را به یک اکوسیستم حساس و منطقه‌ای مهم از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی تبدیل کرده است (Kisi, 2015). ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مریوان که در فاصله ۵ کیلومتری این دریاچه واقع شده است دارای قدمتی بیش از ۳۰ سال بوده و از سال ۱۹۹۲ میلادی تاکنون به‌طور مستمر فعال بوده است. جهت انجام این مطالعه، یک دوره آماری ۳۲ ساله (۲۰۲۳-۱۹۹۲) در نظر گرفته شد و طی این دوره، داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری‌شده در مقیاس روزانه برای این ایستگاه شامل دمای حداکثر، دمای حداقل، درصد رطوبت نسبی، فشار بخار آب، کمبود فشار بخار آب، سرعت باد و طول ساعات آفتابی از سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. در کنار متغیرهای فوق، تابش خالص نیز که متغیری کلیدی در میزان تبخیر است برای این ایستگاه محاسبه و استخراج شد. همچنین طی دوره مذکور، داده‌های روزانه تبخیر از تشت برای ایستگاه هواشناسی مریوان گردآوری شد و مشاهده گردید که خلأهای آماری متعددی در این داده‌ها وجود دارند. فرایند مدل‌سازی تبخیر از تشت در مقیاس روزانه با بکارگیری سه الگوریتم یادگیری ماشین شامل ماشین بردار پشتیبان (SVM)، مدل درختی M5 و جنگل تصادفی (RF) به انجام رسید. این الگوریتم‌ها به‌عنوان روش‌های داده‌کاوی و مبتنی بر یادگیری ماشین با بهره‌گیری از داده‌های ثبت‌شده موجود به کشف روابط و الگوهای پنهان در داخل داده‌ها می‌پردازند. ماشین بردار پشتیبان که توسط Boserو همکاران (۱۹۹۲) پایه‌گذاری شده است و ابتدا برای طبقه‌بندی دوکلاسی و سپس برای طبقه‌بندی چندکلاسی توسعه یافت بر حداکثر کردن حاشیه بین نزدیک‌ترین نقاط هر کلاس، که به‌عنوان بردارهای پشتیبان شناخته می‌شوند، تأکید دارد. این بردارها در تعیین مرز تصمیم‌گیری نقش حیاتی دارند. بردار پشتیبان می‌تواند هم از طریق روش‌های خطی و هم روش‌های غیرخطی پیاده‌سازی شود. مدل جنگل تصادفی (RF) نیز یک الگوریتم یادگیری ماشین است که به‌طور فزاینده‌ای در مطالعات زیست‌محیطی استفاده می‌شود. جنگل تصادفی چندین درخت تصمیم را ترکیب می‌کند تا استحکام و دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش دهد. در مرحله آموزش، این الگوریتم تعداد زیادی درخت تصمیم می‌سازد که هر کدام از یک نمونه‌ها به‌صورت تصادفی از مجموعه داده‌های اصلی استخراج شده‌اند. این روش به هر درخت اجازه می‌دهد تا از زیرمجموعه‌ای منحصربه‌فرد از داده‌ها آموزش بگیرد و به‌طور مؤثری خطای تعمیم مدل را کاهش داده و به‌طور ویژه‌ای این قابلیت را داراست که در حضور متغیرهای همبسته، مانع از بیش‌برازش کردن شود. در نتیجه، جنگل تصادفی حتی در مجموعه داده‌های پیچیده با تعداد متغیر بالا، استحکام و دقت بالایی می‌تواند داشته باشد (Prasad *et al.*, 2006). مدل درختی M5 نیز به‌عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین تکنیک‌های داده‌کاوی، ویژگی هدف را به‌عنوان خروجی به‌صورت یک مدل با سازه درختی با استفاده از داده‌های ورودی تخمین یا طبقه‌بندی می‌نماید. این مدل با ارائه روابط خطی ساده و قابل فهم، توانایی پیش‌بینی متغیر هدف را با استفاده از داده‌های ورودی به مدل داراست.

جهت مدل‌سازی تبخیر در ایستگاه سینوپتیک مریوان، ابتدا داده‌ها با حذف مقادیر گمشده پیش‌پردازش شدند و سه مدل مختلف یادگیری ماشین شامل ماشین بردار پشتیبان (SVM)، مدل درختی M5 و جنگل تصادفی (RF) مورد واسنجی قرار گرفتند. سپس با بکارگیری روش اعتبارسنجی متقابل K-Fold (با در نظر گرفتن K=۱۰)، میزان دقت حاصل از مدل‌های واسنجی‌شده فوق به هنگام پیش‌بینی تبخیر از تشت مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. جهت انجام این روش اعتبارسنجی، داده‌های آموزشی به ۱۰ زیرمجموعه مساوی تقسیم شده و در هر مرحله، ۹ زیر مجموعه (۹۰٪) برای آموزش و ۱ زیرمجموعه (۱۰٪) برای اعتبارسنجی استفاده شدند. فرآیند فوق به تعداد ۱۰ مرتبه تکرار گردید تا میانگین خطای حاصل از بکارگیری هر کدام از این مدل‌ها و درجه دقت آنها جهت پیش‌بینی تبخیر محاسبه شود. سنجش عملکرد مدل‌ها با بکارگیری دو شاخص آماری ضریب تعیین (R^2) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) به انجام رسید.

نتایج و بحث

شکل ۱ درصد داده‌های اندازه‌گیری‌نشده تبخیر از تشت در ایستگاه مریوان را طی دوره ۲۰۲۳-۱۹۹۲ برای ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این شکل پیداست طی ماه‌های سرد سال (دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس) هیچ داده اندازه‌گیری‌شده‌ای از تبخیر وجود ندارد. طی ماه نوامبر حدود ۴۵ درصد و طی ماه‌های آوریل و می‌نیز به ترتیب حدود ۲۰ درصد و ۹ درصد از داده‌های تبخیر در ایستگاه مریوان اندازه‌گیری نشده‌اند. برای سایر ماه‌ها (ژوئن تا اکتبر)، درصد خلأهای آماری حدود ۱ درصد یا کمتر از آن بوده است. بر این اساس، مدل‌سازی تبخیر از تشت می‌تواند گامی مؤثر و کاربردی در جهت بازسازی و تکمیل خلأهای آماری مذکور باشد. به جهت کسب یک دیدگاه اولیه در خصوص ارتباط بین متغیرهای هواشناسی با تبخیر از تشت در ایستگاه مریوان، در جدول ۱ ضریب همبستگی بین تک‌تک متغیرهای هواشناسی مورد مطالعه با تبخیر از تشت در مقیاس روزانه طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اکثر متغیرهای مورد مطالعه، همبستگی مناسبی با تبخیر از تشت از خود نشان داده‌اند. دمای حداکثر و کمبود اشباع بیشترین ضریب همبستگی را با تبخیر داشته‌اند. به استثنای رطوبت نسبی که همبستگی معکوسی با تبخیر داشته است سایر متغیرها دارای همبستگی مستقیمی با تبخیر از تشت بوده‌اند.



شکل ۱: درصد خلأهای آماری داده‌های تبخیر از تشت در ایستگاه مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲

جدول ۱: ضریب همبستگی بین مقادیر روزانه متغیرهای هواشناسی مختلف با تبخیر از تشت طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ در ایستگاه سینوپتیک مریوان

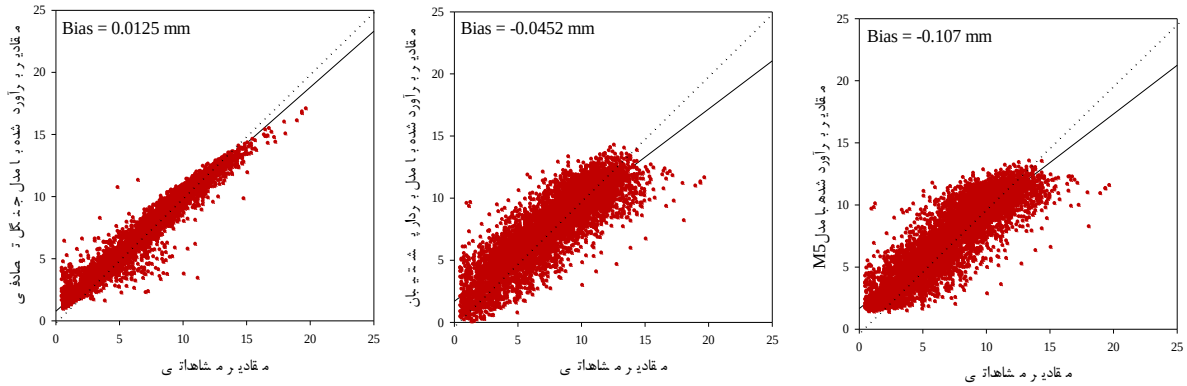
	دمای حداکثر	دمای حداقل	رطوبت نسبی	طول ساعات آفتابی	فشار بخار آب	کمبود اشباع	سرعت باد در ارتفاع ۲ متری	تابش خالص
ضریب همبستگی	۰/۸۱۷	۰/۷۳۷	-۰/۶۸۵	۰/۵۳۸	۰/۳	۰/۸۱۷	۰/۱۴	۰/۶۳۶

جدول ۲ مقادیر شاخص‌های R^2 و MAE را برای سه الگوریتم یادگیری ماشین مورد بررسی طی دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که طی هر دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی، هر سه مدل ضریب تعیین بالاتر از ۰/۷۵ داشته‌اند. بیشترین ضریب تعیین مربوط به مدل جنگل تصادفی (۰/۹۵) طی دوره واسنجی به‌دست آمد. به لحاظ شاخص MAE، که بیانگر میانگین قدرمطلق مقادیر خطا می‌باشد، به استثنای دوره واسنجی در مدل جنگل تصادفی، که مقدار این شاخص برابر با ۰/۵۲۷ بوده است، در سایر موارد مقدار این شاخص حول و حوش ۱/۲ بدست آمد. این عدد بیانگر میزان خطای قابل انتظار از مدل‌های یادگیری ماشین مبتنی بر متغیرهای هواشناسی به هنگام برآورد تبخیر از تشت در مقیاس روزانه در ایستگاه مریوان می‌باشد که مقداری کم و قابل قبول به نظر می‌رسد. به جهت کسب یک ایده کلی از میزان تمایل سه الگوریتم یادگیری ماشین مورد بررسی به سمت بیش یا کم‌برآوردی مقادیر تبخیر از تشت، در شکل ۲ دیاگرام پراکنش بین مقادیر

اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده توسط هر سه مدل طی دوره واسنجی نشان داده شده است. مقادیر Bias (میانگین اریبی خطا) نیز با میانگین‌گیری کردن از کلیه مقادیر خطا به‌دست آمده است. مقدار مثبت این شاخص بیانگر بیش‌برآوردی و مقدار منفی آن بیانگر کم‌برآوردی مدل است. مشاهده می‌شود که مقدار این شاخص در الگوریتم جنگل تصادفی بسیار به صفر نزدیک بوده است که بیانگر عدم تمایل این مدل به سمت بیش یا کم‌برآورد کردن مقادیر تبخیر از تشت بوده است. مدل درختی M5 بیشترین اریبی را از خود نشان داده است و جهت این اریبی، به سمت مقادیر منفی (کم‌برآورد کردن تبخیر) بوده است.

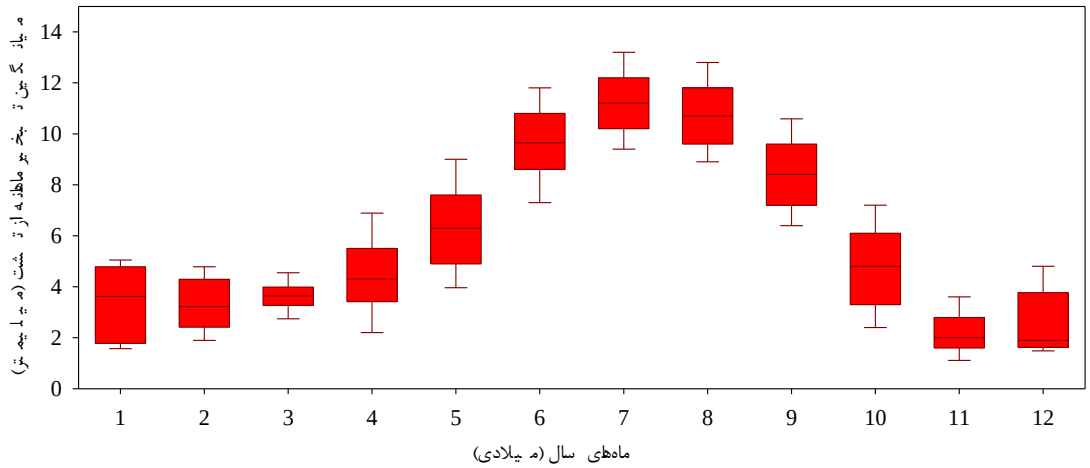
جدول ۲: مقادیر شاخص‌های سنجش عملکرد خطای حاصل از بکارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین در برآورد تبخیر از تشت طی دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی در ایستگاه سینوپتیک مریوان

شاخص آماری	مدل بردار پشتیبان		مدل جنگل تصادفی		مدل درختی M5	
	واسنجی	اعتبارسنجی	واسنجی	اعتبارسنجی	واسنجی	اعتبارسنجی
R^2	۰/۷۶۵	۰/۷۵۶	۰/۹۵	۰/۷۶۵	۰/۷۷۸	۰/۷۶۹
MAE	۱/۲۵	۱/۲۳	۰/۵۲۷	۱/۲	۱/۲۱	۱/۱۹



شکل ۲: دیاگرام پراکنش بین مقادیر روزانه اندازه‌گیری‌شده تبخیر از تشت و مقادیر برآوردشده آن توسط مدل‌های یادگیری ماشین مختلف طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ در ایستگاه سینوپتیک مریوان

با در نظر گرفتن مدل جنگل تصادفی به‌عنوان مدل برتر، کلیه خلأهای آماری روزانه تبخیر از تشت در ایستگاه سینوپتیک مریوان برآورد شدند و با تلفیق با مقادیر اندازه‌گیری‌شده تبخیر، یک سری زمانی بهم‌پیوسته و کامل از مقادیر روزانه تبخیر از تشت طی دوره آماری ۲۰۲۳- ۱۹۹۲ استخراج گردید. شکل ۳ نمودار جعبه‌ای مربوط به مقادیر تبخیر از تشت را به تفکیک برای هر کدام از ماه‌های سال در ایستگاه مریوان نشان می‌دهد. همان‌گونه که پیداست بیشترین مقادیر تبخیر طی ماه‌های گرم تابستان (با میانگین بیش از ۱۰ میلی‌متر در روز) و کمترین مقدار آن طی ماه‌های سرد سال (با میانگین کمتر از ۴ میلی‌متر در روز) رخ داده است.



شکل ۳: نمودار جعبه‌ای مقادیر تبخیر از تشت طی ماه‌های مختلف سال در ایستگاه مریوان

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق حاکی از عملکرد مناسب و قابل قبول الگوریتم‌های یادگیری ماشین (به‌ویژه مدل جنگل تصادفی) در برآورد تبخیر از تشت در ایستگاه مریوان بود. با توجه به اینکه این امکان وجود دارد که از متغیرهای هواشناسی بیشتری جهت مدل‌سازی تبخیر استفاده شوند انتظار می‌رود که با دخالت دادن متغیرهای هواشناسی بیشتر، حصول به نتایج بهتر محقق گردد. نتایج کلی این تحقیق می‌تواند جهت مدیریت بهتر منابع آب در منطقه مورد مطالعه مفید و مؤثر واقع گردد. تکمیل خلأهای آماری با بکارگیری مدل جنگل تصادفی در این پژوهش و تهیه یک سری زمانی درازمدت و بهم‌پیوسته و بدون خلأ آماری از داده‌های روزانه تبخیر از تشت که در این تحقیق برای ایستگاه مریوان به انجام رسید جهت اهدافی نظیر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه زریبار و برآورد نرخ تبخیر و تحلیل روند درازمدت آن طی فصول و سال‌های مختلف بسیار مفید خواهد بود.

منابع

Afkhami, H., Ekhtesasi, M.R. Habibipour, A. 2018. **Evaluate the efficiency of several data mining methods to predict evaporation (Case study: Yazd Synoptic Station)**. Journal of Range and Watershed Management, 71(3): 579- 594.

Boser, B.E., Guyon, I.M., Vapnik, V.N. 1992. **A training algorithm for optimal margin classifiers**. Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory, Pittsburgh, July 1992. 144-152.

Breiman, L. 2001. **Random forests** .Machine Learnin,. 45(1): 5-32

Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., Witten, I.H. 2009. **The WEKA data mining software: An update,** ACM SIGKDD Explorations Newsletter, 11(1): 10-18.

Kisi, O. 2015. **Modeling reference evapotranspiration using machine learning techniques: A comparative study** .Hydrological Sciences Journal, 60(5): 893-909.

Liaw, A., Wiener, M. 2002. **Classification and regression by Random Forest**. R News 2(3): 18-22.

Prasad, A., Iverson, M., Louris, R., Liaw, A. 2006. **Newer classification and regression tree techniques: Bagging and random forests for ecological prediction**. Ecosystems, 9(2): 181-199.

Tabari, H., Marofi, S., Sabziparvar, A. A. 2011. **Estimation of daily evapotranspiration using artificial neural networks and support vector machines in a semi-arid region.** Theoretical and Applied Climatology, 106: 428-439.

Vapnik, V. N. 1995. **The Nature of Statistical Learning Theory**. Springer-Verlag.

Wu, W., Wang, X., Xie, D., Liu, H. 2007. **Soil water content forecasting by support vector machine in purple hilly region**. In International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture 223-230.

Xianghui L, Yan J, Lifeng W, Junliang F, Fucang Zh and Zhijun L. 2018. **Daily pan evaporation modeling from local data using three tree-based machine learning models.** Journal of Hydrology, 566: 668–684.

ارزیابی دقت چند روش تجربی در برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه در ایستگاه سینوپتیک مریوان

یونس خوشخو [۱]، مهتا قاسمی [۲]

۱-استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
y.khoshkho@uok.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروانفورماتیک، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
mahtaghasemi2020@gmail.com

چکیده

در پژوهش حاضر، مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع با بکارگیری چند دسته مدل تجربی مختلف شامل روش‌های مبتنی بر دمای هوا (هارگریوز-سامانی و بلانی-کریدل)، روش‌های مبتنی بر تابش خورشید (پریستلی-تیلور و مک-کینگ) و روش‌های مبتنی بر انتقال جرم (پنمن و WMO) در ایستگاه سینوپتیک مریوان برآورد شد و با مدل فائو-پنمن-مانتیث مورد مقایسه قرار گرفت. جهت سنجش عملکرد این مدل‌ها از ضریب تعیین (R^2)، ضریب کارایی نش-ساتکلیف، میانگین اریبی خطا (MBE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین قدرمطلق نسبی خطا (MAPE) استفاده شد. نتایج کلی حاصل از این پژوهش حاکی از عملکرد مناسب‌تر مدل‌های مبتنی بر تابش در برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه می‌باشد. در بین مدل‌های مبتنی بر دما، روش هارگریوز-سامانی و در بین مدل‌های مبتنی بر انتقال جرم نیز مدل پنمن عملکرد مناسب‌تری داشتند. در مجموع می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در صورت در اختیار داشتن داده‌های تابش، مدل پریستلی-تیلور عملکرد بسیار مناسبی در برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه دارد. در صورت در دسترس بودن داده‌های دمای هوا، مدل هارگریوز–سامانی و در صورت در دسترس بودن داده‌های انتقال جرم (فشار بخار آب و سرعت باد)، مدل پنمن کارایی مناسب‌تری نسبت به مدل‌های دیگر دارد. برای مناطقی که هیچ‌یک از داده‌های فوق در اختیار نباشد نیز پیشنهاد می‌شود با استخراج دمای هوا با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای که به راحتی قابل استحصال است، و استفاده از آن در مدل‌هایی مثل هارگریوز–سامانی، تبخیر تعرق مرجع روزانه را با دقت مناسب برآورد کرد.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، تبخیر تعرق مرجع، فائو-پنمن-مانتیث، پریستلی تیلور، هارگریوز سامانی

Evaluation of the accuracy of several empirical methods in estimating daily reference evapotranspiration at Marivan synoptic station

Younes Khoshkhoo, Mahta Ghasemi

Abstract

In the present study, the daily reference evapotranspiration values were estimated using various empirical models, including temperature-based methods (Hargreaves-Samani and Blaney-Criddle), radiation-based methods (Priestly-Taylor and McKing), and mass transfer-based methods (Penman and WMO) at the synoptic station of Marivan. These estimates were then compared and evaluated against the FAO-Penman-Monteith model. To assess the performance of these models, several statistical criteria were used, including the coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe efficiency coefficient, mean bias error (MBE), mean absolute error (MAE), and mean absolute percentage error (MAPE). The overall results from this research indicate that the radiation-based models perform more effectively. Among the temperature-based models, the Hargreaves-Samani method showed better performance, while among the mass transfer-based models, the Penman model demonstrated superior accuracy. In conclusion, if radiation data is available, the Priestly-Taylor model provides very reliable estimates of daily reference evapotranspiration. When air temperature data is accessible, the Hargreaves-Samani model performs well, and in the presence of mass transfer data (such as vapor pressure and wind speed), the Penman model is more effective. For areas where none of the above data are available, it is recommended to derive air temperature using satellite imagery, which can be easily obtained, and utilize it in models like Hargreaves-Samani to estimate daily reference evapotranspiration with reasonable accuracy for such areas.

Keywords: Zrebar Lake, reference evapotranspiration, FAO-Penman-Monteith, Priestly-Taylor, Hargreaves-Samani

مقدمه

تبخیر و تعرق، که ترکیبی از دو فرآیند مجزا یعنی تبخیر رطوبت موجود در خاک و تعرق از گیاه است، از دیدگاه‌های مختلف کشاورزی، هیدرولوژی و محیطی دارای اهمیت است. تبخیر و تعرق یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و از مهم‌ترین عوامل کلیدی برای برنامه‌ریزی درست و مناسب آبیاری است و محاسبه آن در طراحی، بهره برداری و مدیریت سیستم‌های آبیاری و زهکشی، طراحی مخازن و برنامه‌ریزی آبیاری دارای نقش اساسی است (Yahyavi Dizaj *et al.*, 2023). در تقسیم‌بندی‌های رایجی که از مفاهیم مختلف تبخیر و تعرق استفاده شده است تبخیر و تعرق پتانسیل به مقدار آب تلف‌شده از یک پوشش کامل گیاهی در حالت عدم وجود هیچ‌گونه عامل محدودکننده‌ای به‌لحاظ مقدار رطوبت موجود در خاک، مواد مغذی، آفات و امراض است. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_r[1]) نیز مفهوم آن مشابه با مفهوم تبخیر و تعرق پتانسیل است با این تفاوت که برای یک نوع گیاه مشخص (به‌طورمعمول چمن) بکار می‌رود و میزان تبخیر و تعرق صورت گرفته از سطحی پوشیده از چمن به ارتفاع ۰/۱۲ متر و مقاومت سطحی ۷۰ سانتی‌متر بر ثانیه و آلبیدوی ۰/۲۳ است که سطح وسیعی را به‌طور کامل و یکنواخت و بدون کمبود آب پوشش داده باشد به گونه‌ای که تبخیر و تعرق بدون هیچ‌گونه محدودیتی در آن صورت گیرد (Allen *et al.*, 1998). دقیق‌ترین روش تعیین ET_r روش لایسیمتری است اما هزینه‌بر بودن این روش و نیاز به ابزارهای پیچیده استفاده از این روش را با محدودیت مواجه کرده است (Sharafi & Mohammadi Ghaleni, 2021). در بین روش‌های مختلف برآورد تبخیر تعرق مرجع، روش فائو- پنمن- مانتیث روشی استاندارد و مناسب برای شرایط اقلیمی مختلف با نتایج نزدیک به روش لایسیمتری ذکر شده است (Pereira *et al.*, 2015). این روش علی‌رغم دقت بالای آن، به داده‌های تفصیلی (از جمله دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد و شدت تابش خورشید) نیاز دارد. تحت شرایط کمبود داده، روش‌های تجربی مختلفی که مبتنی بر داده‌های محدودتری هستند ارائه شده‌اند. این روش‌ها دارای مزایایی از جمله سهولت در استفاده، مبتنی بودن بر متغیرهای محدود، تنوع زیاد به‌لحاظ پارامترهای مورد نیاز هستند. با این وجود، قبل از بکارگیری هر کدام این روش‌های تجربی، میزان دقت آنها در مقایسه با روش لایسیمتری یا روش استاندارد فائو- پنمن- مانتیث لازم است سنجیده شود. با هدف جستجو و پیشنهاد مناسب‌ترین مدل‌های تجربی جهت بکارگیری در شهرستان مریوان، در تحقیق حاضر کارایی چند روش تجربی برآورد تبخیر تعرق مرجع که مبتنی بر سطوح مختلفی به لحاظ پارامترهای مورد نیاز هستند شامل مدل‌های مبتنی بر دمای هوا، مدل‌های مبتنی بر تابش و مدل‌های مبتنی بر انتقال جرم در ایستگاه سینوپتیک مریوان مورد ارزیابی قرار گرفت و مناسب‌ترین مدل‌ها معرفی شدند.

مواد و روش‌ها

دریاچه زریبار مریوان، که در عرض جغرافیایی ′۳۱ °۳۵ شمالی، طول جغرافیایی ′۷ °۴۶ شرقی و در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا در استان کردستان واقع شده است، به‌عنوان یک اکوسیستم آبی حساس و مهم در غرب ایران مطرح است. این منطقه دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی با میانگین بارش سالانه حدود ۸۰۰ میلی‌متر است که بخش عمده آن در فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد (Tabari *et al.*, 2011). ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مریوان که در فاصله ۵ کیلومتری این دریاچه واقع شده است در سال ۱۹۹۲ میلادی تأسیس شده است و از آن زمان تاکنون به‌طور مستمر داده‌های هواشناسی در آن به‌صورت اندازه‌گیری‌شده موجود است. جهت انجام این مطالعه، یک دوره آماری ۳۲ ساله (۲۰۲۳-۱۹۹۲) در نظر گرفته شد و طی این دوره، داده‌های هواشناسی روزانه برای این ایستگاه شامل دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای میانگین، درصد رطوبت نسبی، سرعت باد، طول ساعات آفتابی و شدت تابش از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. در کنار متغیرهای فوق، تابش خالص نیز که متغیری کلیدی در میزان تبخیر است برای این ایستگاه محاسبه و استخراج شد. جهت برآورد مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه سینوپتیک مریوان، کارایی سه دسته مدل تجربی شامل مدل‌های مبتنی بر دمای هوا، تابش و

[1] Reference Evapotranspiration

انتقال جرم در برآورد تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه مریوان مورد بررسی قرار گرفت و خروجی حاصل از این مدل‌ها با روش فائو- پنمن- مانتیث (مدل مبنا) مورد مقایسه و سنجش قرار گرفت. در جدول ۱، فرمول محاسباتی مدل‌های مورد بررسی آورده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود از هر کدام از دسته مدل‌های مبتنی بر دما، تابش و انتقال جرم تعداد ۲ مدل انتخاب شده است. جهت سنجش عملکرد مدل‌های مورد مطالعه نیز از شاخص‌های آماری ضریب تعیین (R^2)، ضریب کارایی نش- ساتکلیف، میانگین اریبی خطا (MBE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین قدرمطلق نسبی خطا (MAPE) استفاده شد.

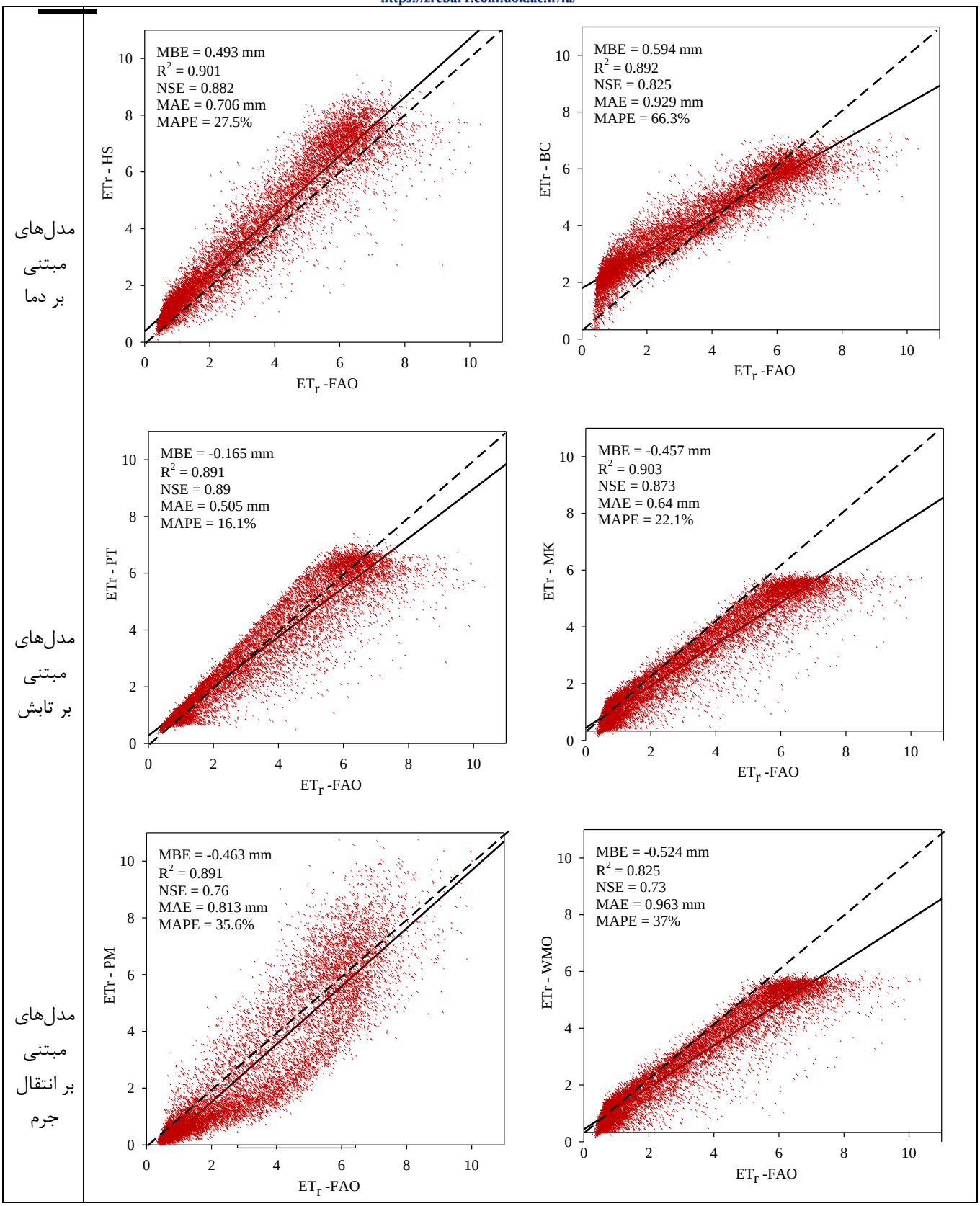
جدول ۱: فرمول محاسباتی روش‌های برآورد تبخیر تعرق مرجع مورد بررسی

نوع روش	اسم روش	فرمول محاسباتی
روش مبنا	فائو- پنمن- مانتیث (FAO)	$ET_r = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \frac{900}{T_{mean}+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$
مبتنی بر دمای هوا	بلانی - کریدل (BC)	$ET_r = P * (0.46 * T_{mean} + 8.13)$
	هارگریوز – سامانی (HS)	$ET_r = [0.0023 * R_a * (T_{mean} + 17.8) * (T_{max} - T_{\min})^{0.5}]/\lambda$
مبتنی بر تابش	پریستلی – تیلور (PT)	$ET_r = 1.26 * \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} * \frac{R_n - G}{\lambda}$
	مک - کینگ (MK)	$ET_r = 0.61 * \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} * \frac{R_s}{2.45} - 0.12$
مبتنی بر انتقال جرم	پنمن (PM)	$ET_r = (2.625 + 0.000479 * U_2) * (e_s - e_a)$
	WMO	$ET_r = (1.298 + 0.934 * U_2) * (e_s - e_a)$

که در روابط فوق: ET_r تبخیر تعرق مرجع بر حسب mm/day، R_n، R_a و R_s به‌ترتیب تابش خالص، تابش فرازمینی و تابش واقعی بر حسب $MJ.m^{-2}.day^{-1}$، G چگالی شار گرمای خاک بر حسب T_{max}، T_{min} و T_{mean} به‌ترتیب دماهای حداکثر، حداقل و میانگین بر حسب °C، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برحسب m/s، e_a و e_s به‌ترتیب فشار بخار واقعی و اشباع بر حسب kpa، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع در مقابل دمای هوا بر حسب $kPa.C^{-1}$، γ ثابت سایکرومتری بر حسب $kpa.C^{-1}$، λ گرمای نهان تبخیر بر حسب $MJ.kg^{-1}$ و P یک ضریب تجربی وابسته به عرض جغرافیایی و فصل است.

نتایج و بحث

شکل ۱ دیاگرام پراکنش بین مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع محاسبه‌شده توسط مدل فائو- پنمن- مانتیث با مقادیر برآوردشده آن توسط مدل‌های تجربی را در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ نشان می‌دهد. مقادیر شاخص‌های مختلف سنجش خطا نیز در این شکل آورده شده‌اند. دیاگرام‌های پراکنش حاصل از مدل‌های تجربی مختلف نشان می‌دهند که اکثر مدل‌ها (به استثنای مدل پنمن)، در برآورد مقادیر بالای تبخیر تعرق مرجع روزانه (مقادیر بالاتر از ۸ میلی‌متر در روز که بیشتر طی فصل تابستان رخ می‌دهد) دچار کم برآوردی شده‌اند. شاخص میانگین اریبی خطا (MBE)، که شاخصی از تمایل مدل به سمت بیش یا کم برآورد کردن است، حاکی از آن است که در مجموع، مدل‌های مبتنی بر دما تمایل به بیش برآورد کردن و مدل‌های مبتنی بر تابش و انتقال جرم تمایل به کم برآورد کردن مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع دارند. به لحاظ این شاخص، کمترین میزان اریبی (بهترین مدل) برای مدل پریستلی - تیلور و بیشترین میزان اریبی (ضعیف‌ترین مدل) برای مدل بلانی-کریدل حاصل آمده است. به‌لحاظ شاخص ضریب تعیین (R^2) نیز کمترین مقدار این شاخص برای مدل بلانی- کریدل (۰/۸۲۵) به‌دست آمده است و برای ۵ مدل دیگر، مقدار این شاخص بسیار به هم نزدیک و حول و حوش ۰/۹ بوده است. مقادیر شاخص ضریب نش-ساتکلیف، که منعکس‌کننده وضعیت مقادیر واریانس خطای حاصل از هر مدل در مقایسه با واریانس مقادیر تبخیر تعرق مرجع مبنا (مدل فائو- پنمن- مانتیث) است، بهترین عملکرد مربوط به مدل‌های مبتنی بر تابش و ضعیف‌ترین عملکرد مربوط به مدل‌های مبتنی بر انتقال جرم بوده است. مدل‌های مبتنی بر دما نیز عملکرد مناسبی داشته‌اند.



شکل ۱: مقادیر شاخص‌های سنجش خطا و دیاگرام پراکنش بین مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع محاسبه‌شده توسط مدل فائو -پنمن -مانتیث و مقادیر برآورشده توسط مدل‌های تجربی مختلف در ایستگاه سینوپتیک مریوان

شاخص‌های میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و میانگین قدرمطلق نسبی خطا (MAPE) نیز نشان می‌دهند که بهترین عملکرد مربوط به مدل‌های مبتنی بر تابش (پریستلی – تیلور و مک - کینگ) بوده است و در پی آنها، مدل هارگریوز-سامانی نیز عملکرد مناسبی داشته است. در جدول ۱ رتبه‌بندی کلی مدل‌های تجربی مورد مطالعه از دیدگاه شاخص‌های مختلف سنجش خطا آورده شده است. براساس اکثر شاخص‌ها، مدل‌های مبتنی بر تابش (در وهله اول مدل پریستلی - تیلور و در وهله دوم مدل مک - کینگ) دارای بهترین عملکرد بوده‌اند. مدل هارگریوز-سامانی که مبتنی بر دما است نیز پس از مدل‌های مبتنی بر تابش، عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر مدل‌ها از خود نشان داده است. عملکرد مدل‌های پنمن و بلانی کریدل را نیز می‌توان در مجموع به یک اندازه ارزیابی کرد و مدل WMO ضعیف‌ترین عملکرد را در مجموع داشته است.

جدول ۱: رتبه‌بندی مدل‌های تجربی برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه بر اساس شاخص‌های مختلف سنجش خطا در ایستگاه مریوان

شاخص سنجش خطا	مدل‌های مبتنی بر دما		مدل‌های مبتنی بر تابش		مدل‌های مبتنی بر انتقال جرم	
	هارگریوز سامانی	بلانی کریدل	پریستلی تیلور	مک کینگ	پنمن	WMO
MBE	۴	۶	۱	۲	۳	۵
MAE	۳	۴	۱	۲	۵	۶
MAPE	۳	۶	۱	۲	۴	۵
R^2	۲	۴	۳	۱	۵	۶
NSE	۲	۴	۱	۳	۵	۶

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق، که معطوف به مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف تجربی مبتنی بر دما، تابش و انتقال جرم در برآورد مقادیر روزانه تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه سینوپتیک مریوان طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۹۲ بود، حاکی از عملکرد مناسب‌تر مدل‌های مبتنی بر تابش می‌باشد. در بین مدل‌های مبتنی بر دما، روش هارگریوز-سامانی و در بین مدل‌های مبتنی بر انتقال جرم نیز مدل پنمن عملکرد مناسب‌تری داشتند. در مجموع می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در صورت در اختیار داشتن داده‌های تابش (و یا طول ساعات آفتابی و یا ابرناکی که بر اساس آنها نیز می‌توان شدت تابش را استخراج کرد)، مدل پریستلی–تیلور عملکرد بسیار مناسبی در برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه در شهرستان مریوان خواهد داشت. در صورت در دسترس بودن داده‌های دمای هوا، از مدل هارگریوز–سامانی عملکرد نسبتاً مناسبی قابل انتظار است و در صورت در دسترس بودن داده‌های انتقال جرم (فشار بخار آب و سرعت باد)، مدل پنمن کارایی مناسب‌تری نسبت به مدل WMO دارد. در نهایت به‌عنوان یک پیشنهاد، با توجه به اینکه با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای، امکان استخراج برخی از متغیرهای فوق (مثل دمای هوا) به آسانی وجود دارد پیشنهاد می‌گردد از پتانسیل استخراج چنین متغیرهایی با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از آنها در مدل‌هایی مثل هارگریوز-سامانی بهره گرفته شود تا برای مناطقی که هیچ‌گونه داده‌ای در اختیار نیست نیز بتوان تبخیر تعرق مرجع را با دقت قابل قبولی براورد کرد.

منابع

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Irrigation and Drainage Paper FAO56, 300 P.

Pereira, L.S., Allen, R.G., Smith, M., Raes, D. 2015. **Crop evapotranspiration estimation with FAO 56: Past and future**. Agricultural Water Management, 147: 4-20.

Sharafi, S., Mohammadi Ghaleni, M. 2021. **Calibration of empirical equations for estimating reference evapotranspiration in different climates of Iran**. Theoretical and Applied Climatology, 145(3): 925-939

Yahyavi Dizaj, A., Akbari Azirani, T., Khaledi, S., Javan, K. 2023. **Seasonal Analysis of Reference Evapotranspiration and Its Sensitivity to Meteorological Elements in Iran**. Water and Soil, 37(4): 643-657.

پایش خشکسالی و روند آن در دریاچه زریبار

شیوا احمدی: کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دبیر جغرافیا، سنندج، ایران.
بختیار محمدی: عضو هیات علمی گروه آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.b.mohammadi@uok.ac.ir

چکیده

خشکسالی یکی از مخاطرات طبیعی است که در چند دهه اخیر منجر به خسارت‌های فراوانی در بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع آب، اقتصادی، مهاجرت‌های گسترده انسانی و... شده است. میزان تأثیرگذاری خشکسالی بر بخش‌های مختلف دنیا به یک اندازه و برابر نبوده است. در این پژوهش وضعیت خشکسالی‌های دریاچه زریبار طی دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ بررسی گردید. برای شناخت خشکسالی‌های دریاچه زریبار از داده‌های ماهانه میانگین دمای هوا، بارش و تبخیر و تعرق بالقوه ایستگاه همدید مریوان و شاخص‌های بارش استاندارد شده[1] و شاخص شناسایی خشکسالی[2] استفاده شد. همچنین با استفاده از روش‌های آماری آزمون ناپارامتری من‌کندال و آزمون شیب سن روند و مقدار تغییرات آن در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد مطالعه شد. نتایج پژوهش نشان داد که شرایط غالب اقلیمی در طول دوره مورد مطالعه، شرایط طبیعی(عدم رخداد ترسالی و خشکسالی) بوده است. همچنین خشکسالی‌های مریوان اغلب دوره ۴ ساله دارند. نتایج دیگر پژوهش نشان داد که سال‌های آغازین دوره مورد مطالعه، مرطوب‌تر از سال‌های پایانی بوده است. براساس شاخص‌های مورد استفاده، سال ۲۰۰۸ شدیدترین خشکسالی و سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ شدیدترین ترسالی در مریوان تجربه شده است. همچنین نتایج دیگر پژوهش نشان داد که شاخص خشکسالی سالانه دریاچه زریبار برابر ۰/۰۵۳- واحد SPI در سال بوده که براساس آزمون من‌کندال این میزان (در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد) معنی‌دار بوده است. به‌عبارت دیگر خشکسالی روند افزایشی را نشان داده است که البته شدت آن زیاد نیست.

کلید واژه‌ها: خشکسالی، تحلیل روند، شاخص SPI، شاخص RDI. مریوان

[1] SPI (Standardized Precipitation Index)
[2] RDI (Reconnaissance Drought Index)

Drought monitoring and its trend in Zaribar Lake

Shiva Ahmadi, Bakhtiyar Mohammadi
Department of Climatology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. b.mohammadi@uok.ac.ir

Abstract
Drought is one of the most important natural hazards that has led to extensive damage in various sectors of agriculture, water resources, economy, widespread human migrations, etc. in recent decades. The impact of drought on different parts of the world has not been the same. In this study, the status of droughts in Lake Zaribar was examined during the period from 1992 to 2019. To identify droughts in Lake Zaribar, monthly average air temperature, precipitation, and potential evapotranspiration data from the Marivan synoptic station, standardized precipitation indices, and the drought identification index were used. Also, using the statistical methods of the nonparametric Mann-Kendall test and the slope-sen trend test, the amount of its changes was studied at the 99th and 95th percentile confidence levels. The results of the study showed that the prevailing climatic conditions during the study period were natural conditions (no wet and drought events). Also, droughts in Marivan often have a 4-year period. Other research results showed that the early years of the study period were wetter than the later years. Based on the indicators used, 2008 was the most severe drought and 1992 to 1994 was the most severe wet in Marivan. Other research results also showed that the annual drought index of Lake Zaribar was -0.053 SPI units per year, which was significant (at the 95% and 99% confidence levels) according to the Mann-Kendall test. In other words, the drought has shown an increasing trend, although its intensity is not high.

Keywords: Drought, Trend analysis, SPI index, RDI index. Marivan

مقدمه

رخداد گرمایش جهانی و افزایش دمای بسیاری از مناطق کره زمین در نتیجه فعالیت‌های اخیر جوامع صنعتی بوجود آمده است. این مباحث در کانون توجه محققان علوم جوی و محیطی قرار دارد. هیات بین الدولی تغییر اقلیم در گزارش پنجم خود افزایش دمای جهانی را اعلام کرده است و در گزارش خود افزایش ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد را پیش‌بینی کرده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۳). پدیده‌های اقلیمی می‌توانند با افزایش دمای هوا، تحت تأثیر قرار گیرند. یکی از نتایج گرمایش جهانی در نواحی مختلف دنیا را می‌توان تغییر در توزیع زمانی و مکانی رخدادهای فرین اقلیمی است. سازمان هواشناسی جهانی پیش افتادن پدیده‌های اقلیمی یا هواشناسی از یک آستانه مشخص را به‌عنوان فرین‌های اقلیمی تعریف می‌نماید. اغلب این شاخص‌ها می‌توانند بر روی محیط‌زیست و کیفیت زندگی انسان و فعالیت‌های انسانی تأثیرگذار باشد.

برنامه‌ریزی و عملکرد زیرساخت‌های جوامع انسانی در ارتباط با غذا، انرژی، آب و... به مقادیر فرین متغیرهای هواشناسی بستگی دارد (WMO, 2009). اثرات اقتصادی تغییرات و ورداییِ فرین‌های آب و هوایی و حوادث اقلیمی شدید، به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم جوامع بشری در مواجهه با تغییرات آب و هوایی است (CCSP, 2008). هدف اصلی از تجزیه و تحلیل فرین‌ها جوی اغلب توصیف وضعیت ترازمندی و تغییرات سامانه آب و هوا، برای توازن مطلوب در برنامه‌های کلان، جهت اتخاذ استانداردهای ایمنی بالا و جلوگیری از خسارت عمده به جوامع و بوم سامانه‌ها در اثر حوادث شدید است (WMO, 2009). با توجه به تأثیرگذاری پدیده‌های فرین جوی (فراوانی، تداوم و شدت پدیده‌های فرین جوی) بر محیط طبیعی و انسانی، مطالعه آنها از جنبه‌های مختلف می‌تواند در کاهش اثرات منفی آنها مؤثر باشد. در سال‌های اخیر رویدادهای فرین جوی به‌عنوان مهمترین چالش در میان محققان مطرح شده است. در واقع رخداد این پدیده‌ها و ویژگی‌های آنها به‌عنوان یکی از چالش‌های جدید جوامع مختلف تبدیل شده است (CCSO, 2008). به‌هرحال رشد سریع جمعیت منجر به افزایش آسیب‌پذیری جوامع در برابر این رویدادهای فرین جوی شده است. بنابراین ارزیابی رویدادهای فرین جوی و استفاده از نتایج چنین پژوهش‌هایی می‌تواند در مدیریت و کاهش اثرات منفی آنها و در نهایت افزایش استانداردهای زندگی کمک نماید. رویدادهای فرین جوی به‌عنوان مخاطرات طبیعی به‌ویژه مخاطرات جوی هستند و شناسایی پهنه‌های خطر در ارتباط با هر کدام از آنها، به‌عنوان یکی از اهداف اصلی تحقیقات جوی است. در واقع با شناخت رفتار چنین پدیده‌هایی، امکان تصمیم‌گیری مناسب و مدیریت آنها فراهم خواهد شد(عساکره، ۱۳۹۱). اگرچه خشکسالی‌ها زیان‌های اقتصادی، خسارات محیطی و اجتماعی زیادی را باعث می‌شوند؛ ولی نسبت به سایر پدیده‌های هواشناسی کم‌تر مورد توجه قرارگرفته‌اند، زیرا تعریف، تعیین و پایش آنها تا حدودی مشکل است (فتاحی و صداقت‌کردار، ۱۳۸۶). هر کدام از تحقیقات بسیاری که در این زمینه خشکسالی انجام شده‌اند، جنبه یا جنبه‌هایی از خشکسالی (خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیک، کشاورزی) را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

بای و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی ویژگی‌های خشکسالی، مانند شدت و روند، براساس شاخص SPEI و استفاده از آزمون من کندال، برای ۸ ایستگاه در کره جنوبی از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰، به این نتیجه رسیدند که در پنج ایستگاه منطقه، احتمال تابع تجمعی SPI pm کمتر از ۱/۵ بوده که از سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰، به‌میزان قابل توجهی افزایش یافته است. همچنین روند صعودی SPEI یک ماهه در فصل پاییز و SPEI سه ماهه در فصل زمستان مشاهده شده است. بایکاتوندا و همکاران (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های شدت و روند خشکسالی در بوتسوانا با استفاده از دو شاخص SPI و SPEI برای مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ماهه، طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۶۰، پرداختند. همچنین تغییرات در شدت خشکسالی با استفاده از آزمون من کندال آماره z انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که، SPI برای ۵۰٪ تغییرات در SPEI و بیشترین ارتباط (۹۶٪) در زمان ۱۲ ماهه است. همچنین با گرم شدن کره زمین، شاخص SPEI در توصیف خشکسالی در مناطق نیمه خشک قوی‌تر است.

عسکری نژاد (۱۳۹۵) به تحلیل و بررسی خشکسالی اقلیمی با استفاده از دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI در ۲۵ ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران طی دوره آماری ۲۰۱۲ـ۱۹۶۶ در مقیاس زمانی ۳ تا ۴۸ ماهه از سازمان هواشناسی، پرداخته است. نتایج حاصل از بررسی مشخصه‌های خشکسالی نشان داد، بین ۹ اقلیم تعیین شده در مناطق خشک

و نیمه‌خشک، تنها در اقلیم فراخشک، فراگرم و گرم و خشک بالاترین تشابه بین نتایج دو شاخص وجود دارد و در سایر اقالیم میزان همبستگی در نتایج شدت، مدت و فراوانی بسیار پایین و اغلب بی‌معنی است. مقایسه نتایج دو شاخص در تحلیل خشکسالی و درصد فراوانی خشکسالی در کلاس‌های مختلف در مقیاس‌های زمانی ۳ تا ۴۸ ماهه نشان داد، روند تغییرات دو شاخص مشابه اما شاخص SPEI نسبت به SPI فرکانس بالاتری از خشکسالی و پاسخ سریعتری به تغییرات رطوبتی نشان می‌دهد.

شاهویی و پرهمت (۱۳۹۵) به مقایسه و ارزیابی سه شاخص ZSI، CZI و MCZI با شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی ماهانه و با استفاده از تحلیل رگرسیونی به این نتیجه دست یافتند که در بین شاخص‌های مورد بررسی همواره دو شاخص خشکسالی SPI و CZI در تمامی ایستگاه‌های منتخب در این مطالعه از همبستگی و ارتباط بالایی برخوردار می‌باشند. بنابراین در مقیاس ماهانه این دو شاخص می‌توانند به جای هم استفاده شوند. مافی غلامی و همکاران (۲۰۱۷) در تجزیه و تحلیل رابطه بین وقایع خشکسالی و تغییرات در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از شاخص بارش استانداردشده، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های بارندگی سالانه طی یک دوره ۳۰ ساله از ۲۰۱۶ـ۱۹۸۶ به این نتیجه رسیدند که سال ۱۹۹۸ به‌عنوان مهمترین نقطه تغییر در میانگین بارندگی سالانه بارش در مناطق مانگرو بود، پس از آن میانگین مقادیر SPI به‌طور مداوم در سطوح پایین باقی مانده است. در دوره سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶، میانگین بارش سالانه کاهش یافته و افزایش شدید خشکسالی‌ها به‌صورت فضایی متفاوت بوده و در ساحل دریای عمان و مانگروها بیشتر از سواحل خلیج فارس بوده است.

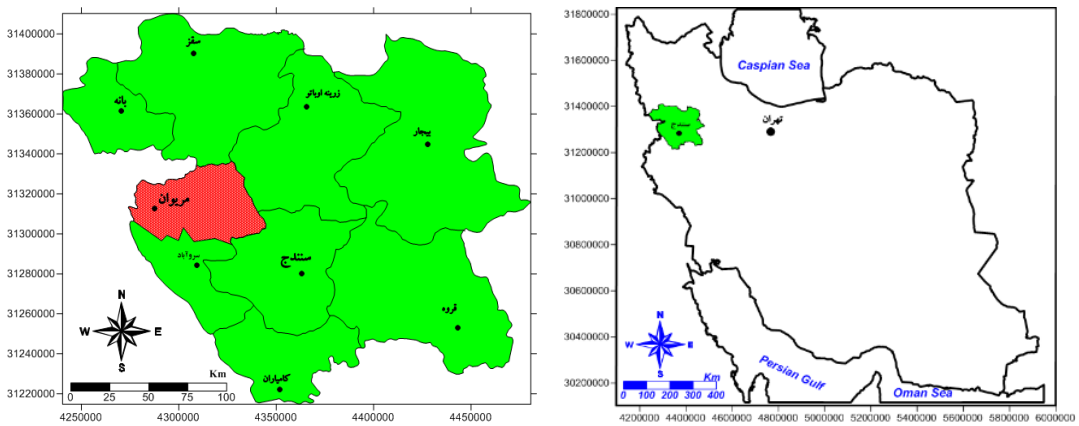
جوانمرد و همکاران (۲۰۱۷) به تجزیه و تحلیل فضایی‌ـزمانی خشکسالی طولانی‌مدت در ایران با استفاده از شاخص بارش استانداردشده و داده‌های ۵۰ ایستگاه سینوپتیک برای یک دوره ۴۰ ساله (۲۰۰۵ـ۱۹۶۳) در مقیاس‌های زمانی ۳، ۹ و ۱۲ ماهه پرداختند. در نهایت، توزیع فضایی هر یک از گروه‌های شدت خشکسالی برای مقیاس‌های زمانی مختلف مقایسه شد. نقشه‌های خشکسالی سالیانه و فصلی نشانگر وقوع این پدیده در اکثر نقاط ایران به ویژه در سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۰، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ است، که خشکسالی‌های خفیف به‌طور مداوم در حدود ۸۵ تا ۹۵ درصد از ایستگاه‌ها در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ با استفاده از SPI ۹ و ۱۲ ماهه رخ داده اما این رقم در نتایج SPI ۳ ماهه حدود ۹۹ درصد گزارش شده است.

موسی‌زاده اصل، شریفان (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر اقلیم بر شدت و فراوانی وقوع خشکسالی کوتاه‌مدت در شهر شیراز با استفاده از مقادیر بارندگی روزانه ایستگاه سینوپتیک شیراز، طی دوره پایه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ پرداختند. در این پژوهش از شاخص بارش استانداردشده (SPI) استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در شهر شیراز در دوره آتی (۲۰۶۵ـ۲۰۴۶)، شاهد کاهش بارندگی و افزایش شدت خشکسالی نسبت به دوره پایه خواهد بود. همچنین این تغییرات با افزایش دوره بازگشت بیشتر می‌شود.

مواد و روش‌ها

دریاچه زریبار بزرگترین دریاچه آب شیرین در غرب ایران واقع شده است. این دریاچه در ۳ کیلومتری غرب مریوان واقع شده است. تقریباً رودخانه دایمی به این دریاچه نمی‌ریزد و آب آن اغلب از چشمه‌هایی که در کف آن قرار دارند تأمین می‌شود. در فصل زمستان‌ها که شدت سرما زیاد است گاهی سطح دریاچه یخ می‌زند و البته در محل چشمه‌ها به‌ندرت یخ می‌بندد. دریاچه زریبار به‌عنوان یکی از جاذبه‌های طبیعی مطرح است و زیستگاه بسیاری از گونه‌های جانوری، پرندگان و ماهی‌ها به‌شمار می‌آید در اطراف دریاچه زریبار چندین ایستگاه تبخیرسنجی وجود دارند. تنها یک ایستگاه سینوپتیک در نزدیکی دریاچه زریبار قرار دارد. برای انجام این پژوهش از داده‌های متغیرهای میانگین ماهانه دما(درجه سلسیوس)، مجموع ماهانه بارش(میلیمتر) و تبخیر تعرق(میلیمتر) ایستگاه همدید مریوان استفاده شد(شکل ۱). داده‌های دمای هوا و بارش از سازمان هواشناسی کشور، طی دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ دریافت شد. داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق پتانسیل نیز براساس میزان دمای ایستگاه همدید و عرض جغرافیایی مریوان در برنامه DrinC برآورد گردید. در نهایت پژوهش حاضر بر مبنای داده‌های ۲۸ ساله متغیرهای اقلیمی یاد شده انجام شد (شکل ۱).

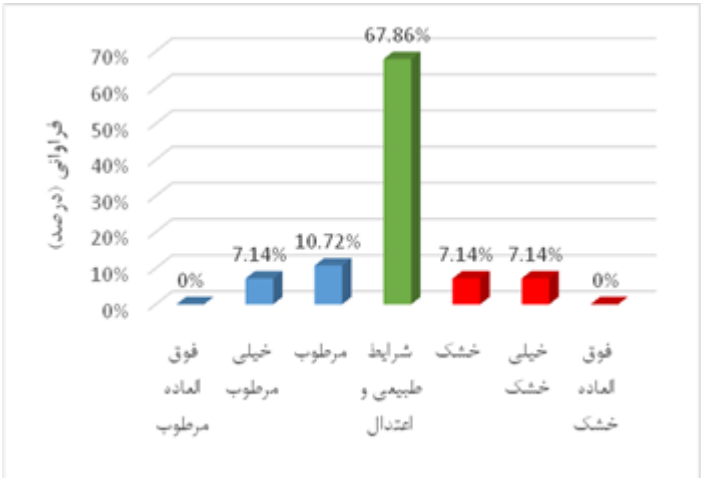
برای هر کدام از متغیرهای یاد شده، پایگاه داده‌ای در نرم‌افزار Excel به ابعاد ۱۲*۲۸ ایجاد شد. در این پایگاه داده ۲۸، تعداد سال‌های مورد مطالعه و ۱۲ نیز مقادیر هر کدام از متغیرها در ۱۲ ماه سال است. با استفاده از پایگاه داده متغیرها شاخص‌های بارش استاندارد شده و همچنین شاخص شناسایی خشکسالی به صورت جداگانه برای ایستگاه همدید مریوان محاسبه شد. شاخص بارش استاندارد شده اولین بار توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شد. این شاخص برای برآورد شرایط خشک یا مرطوب از ویژگی‌های متغیر بارش هر مکان استفاده می‌کند. امکان محاسبه شرایط خشک و مرطوب در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه توسط این شاخص وجود دارد. این شاخص براساس انحراف استاندارد بارش مشاهده نسبت به بارش بلند مدت در برابر توزیع احتمال برازش شده از مقادیر واقعی ثبت شده بارش بدست می‌آید (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳). سادگی مراحل محاسبه این روش، از جمله مهمترین ویژگی آن است. همچنین با استفاده از شاخص شناسایی خشکسالی، شرایط اقلیمی حاکم بر دریاچه زریبار نیز ارزیابی شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان مریوان دریاچه زریبار

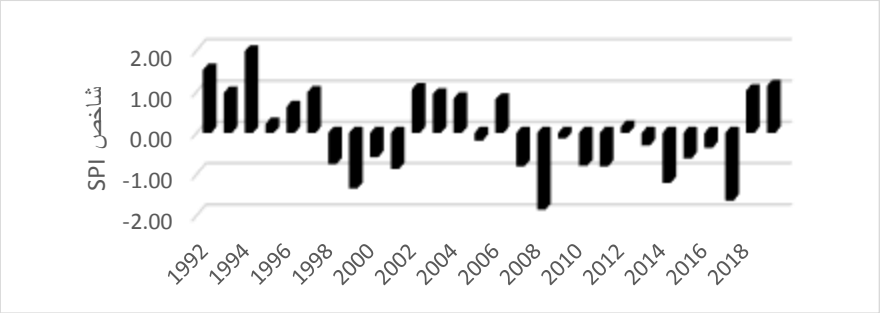
نتایج

بررسی وضعیت اقلیمی مریوان براساس شاخص SPI نشان داد که شرایط طبیعی (عدم خشکسالی و ترسالی) در ۶۷/۸۶ درصد از دوره مورد مطالعه حاکم بوده است. در ۱۴/۲۸ درصد از طول دوره آماری مورد مطالعه خشکسالی‌هایی با شدت‌های مختلف در مریوان شناسایی شده است. همچنین در ۱۷/۸۶ درصد از سال‌های مورد مطالعه نیز ترسالی با شدت‌های مختلف تجربه شده است (شکل ۲).



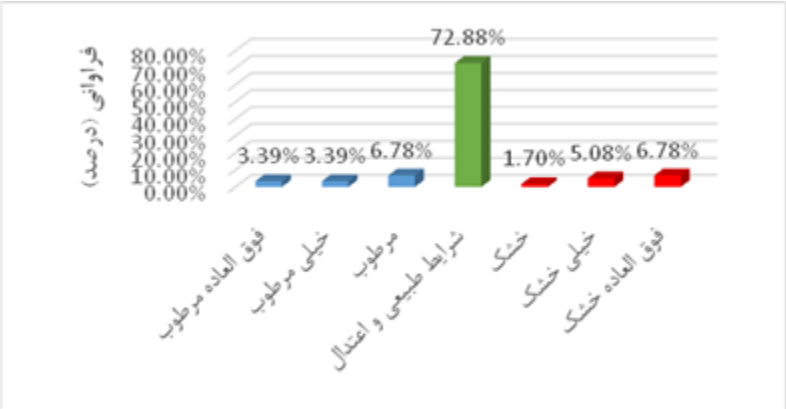
شکل ۲: درصد فراوانی شرایط اقلیمی مریوان براساس شاخص بارش استاندارد شده (۲۰۱۹-۱۹۹۲)

به‌طور کلی براساس شاخص SPI شرایط نسبتاً مطلوبی طی دوره مورد مطالعه مشاهده شده است. جزئیات بیشتری از وضعیت شرایط اقلیمی مریوان را می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد. براساس شاخص SPI می‌توان وضعیت اقلیمی مریوان را طی دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ به دو بخش تقسیم کرد. از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۷ را می‌توان دوره‌ای دانست که تنها در سال ۱۹۹۹ شرایط خشکسالی در مریوان وجود داشته است. در این دوره در اغلب سال‌ها شرایط طبیعی و یا ترسالی با شدت‌های مختلف را می‌توان دید. دوره دوم از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ را شامل می‌شود. در این دوره شدیدترین خشکسالی مریوان در سال ۲۰۰۸ رخ داده است. به‌طور کلی در این دوره نیز خشکسالی تنها در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ تجربه شده است. در دوره دوم تنها در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ ترسالی در مریوان رخ داده است و علاوه بر خشکسالی شدید یاد شده، در سایر سال‌ها نیز وضعیت طبیعی و متمایل به خشکسالی بوده است. در نهایت می‌توان گفت که براساس شاخص SPI مریوان در دوره نسبتاً خشکسالی قرار دارد (شکل ۳).



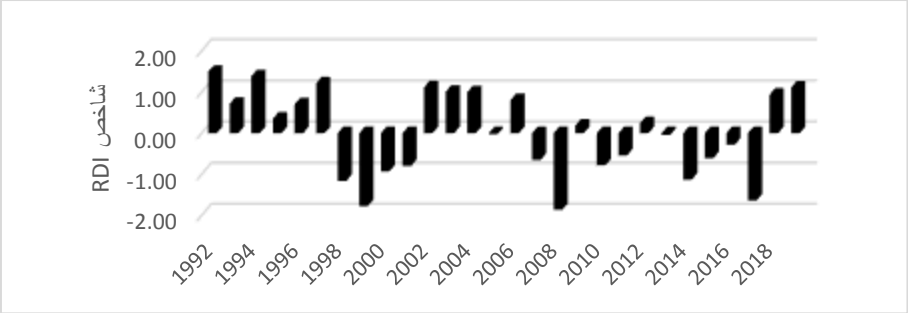
شکل ۳: وضعیت اقلیمی مریوان براساس شاخص بارش استاندارد شده (۲۰۱۹-۱۹۹۲)

نتایج پایش خشکسالی مریوان براساس شاخص شناسایی خشکسالی با سایر شاخص‌ها نسبتاً متفاوت بوده است. براساس این شاخص، مشخص شد که شرایط اقلیمی طبیعی (عدم ترسالی و خشکسالی) در ۶۰/۷۲ درصد از دوره مورد مطالعه حاکم بوده است. مجموع شرایط خشکسالی و ترسالی با شدت‌های مختلف به‌ترتیب ۱۷/۸۶ و ۲۱/۴۲ درصد از کل دوره مورد مطالعه را شامل شده است. در مریوان هیچ گاه در طول دوره مورد مطالعه شرایط فوق العاده خشک گزارش نشده است و همچنین شرایط فوق العاده مرطوب و خیلی مرطوب گزارش نشده است و اغلب ترسالی‌های مریوان از نوع ترسالی با شدت کم (شرایط مرطوب) بوده است (شکل ۴).



شکل ۴: درصد فراوانی شرایط اقلیمی مریوان براساس شاخص شناسایی خشکسالی (۲۰۱۹-۱۹۹۲)

توزیع سالانه وضعیت اقلیمی مریوان نشان داد که مریوان دارای دو دوره خشکسالی و ترسالی بوده است. از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷ شرایط ترسالی در مریوان حاکم بوده است. شدیدترین ترسالی در سال ۱۹۹۲ و سپس در سال ۱۹۹۴ گزارش شده است. خشکسالی تقریباً دو ساله پس از آن طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ رخداده است. با این حال سال‌های ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۰۲ بارش کمتر از نرمال بوده است و تنها در سال‌های میانی (سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) خشکسالی حاکم بوده است. پس از این دوره نسبتاً خشکسالی مریوان شرایط ترسالی را در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ تجربه کرده است. لازم به ذکر است سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ و ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ نیز بارش در مریوان بیش از حد نرمال بوده است، اما در حد ترسالی نبوده است. شدیدترین خشکسالی در سال ۲۰۰۸ گزارش شده است. اگرچه در دوره یاد شده تنها سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ نیز به‌عنوان خشکسالی واقعی شناسایی شده است اما در سایر سال‌ها نیز بارش کمتر از حد نرمال و متمایل به خشکسالی بوده است (شکل ۵).



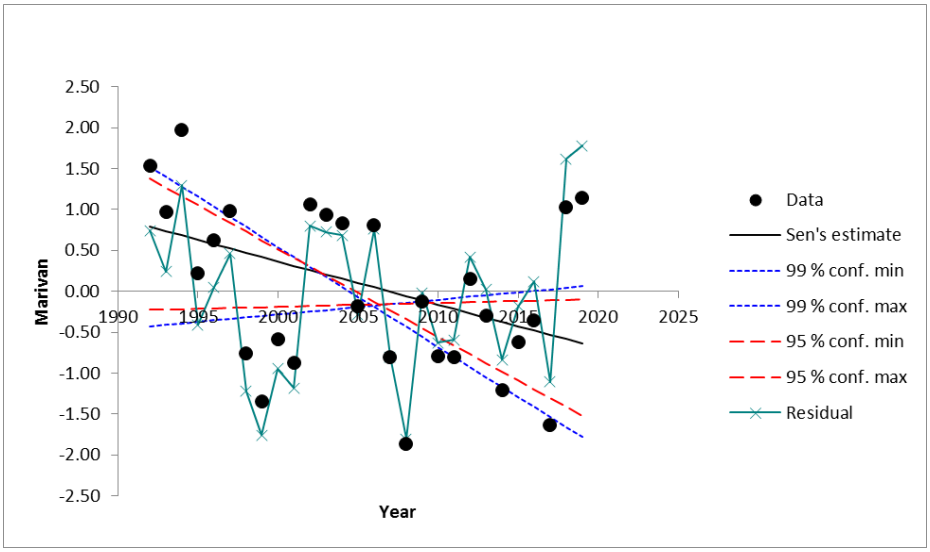
شکل ۵: وضعیت اقلیمی مریوان براساس شاخص شناسایی خشکسالی (۲۰۱۹-۱۹۹۲)

در جدول ۱ خروجی عددی آزمون ناپارامتریک تحلیل روند ناپارامتریک تخمین‌گر شیب سن و من‌کندال (در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد)، جهت بررسی روند شاخص خشکسالی سالانه طی دوره آماری ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ (۲۸ سال) ارائه شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود شیب سالانه تغییر در شاخص خشکسالی سالانه ایستگاه همدید مریوان برابر ۰/۰۵۳- واحد SPI در سال بوده که براساس آزمون من‌کندال این میزان (در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد)معنی‌دار بوده است.

جدول ۱: نتایج آزمون تخمین‌گر شیب سن و من کندال، روند شاخص خشکسالی دریاچه زریبار

طول دوره آماری	۲۰۱۹-۱۹۹۲ (۲۸ سال)
پارامتر شیب Q	-۰/۰۵۳
T بحرانی من کندال (سطح ۹۵ و ۹۹ درصد)	۱±/۹۶
Z آزمون من‌کندال	-۱/۸۰
Signific.	+
Qmin95	-۰/۱۰۷
Qmax95	۰/۰۰۵
Qmin99	-۰/۱۲۲
Qmax99	۰/۰۱۸

روند سری زمانی شاخص سالانه خشکسالی طی دوره آماری ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ (۲۸ سال) برای ایستگاه سینوپتیک مریوان در شکل ۶ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود خط برازش داده شده تخمین‌گر شیب سن روند کاهشی معنی‌داری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد)نشان می‌دهد و برآورد کننده شیب سن نیز مقدار کاهش ۰/۰۵۳- واحد SPI را گزارش می‌کند. به‌عبارت دیگر شرایط به‌سمت خشکسالی پیش خواهد رفت.



شکل۶: نمودار تخمین‌گر شیب سن روند شاخص خشکسالی دریاچه زریبار

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج برآورد شده توسط شاخص‌های مورد مطالعه نشان داد که شرایط طبیعی و نرمال (عدم ترسالی و خشک سالی) ۶۷/۸۶ درصد وضعیت اقلیمی غالب در مریوان بوده است. به‌عبارت دیگر در دوره مورد مطالعه بیشتر سال‌ها، شرایط طبیعی حاکم بوده است. اما غالب بودن شرایط طبیعی در مریوان دلیل بر کمبود منابع حاصل از بارش‌های نبوده است. توزیع زمانی خشکسالی و ترسالی‌های مریوان طی دوره مورد مطالعه منظم نبوده است. به‌طوری که در سال‌های آغازین دوره، مریوان سال‌های مرطوب (ترسالی) را تجربه کرده است همچنین در همین سال‌های آغازین خشکسالی نسبتاً منظم بوده و دارای دوره چهار ساله بوده است. در نیمه دوم دوره مورد مطالعه اگرچه تعداد خشکسالی‌ها با شدت‌های مختلف زیاد نبوده است، اما در سال‌های یاد شده، مقدار بارش در حد نرمال و متمایل به خشکسالی (منظور از سال‌های متمایل به خشکسالی سال‌هایی است که بارش کمتر از میانگین بلند مدت بوده است اما طبق شاخص‌ها به‌عنوان خشکسالی معرفی نشده‌اند) بوده است. بنابراین با وجود فراوانی کم خشکسالی‌های مریوان، می‌توان گفت که در نیمه دوم سال‌های مورد مطالعه (سال‌های بین ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹) بارش مریوان اغلب کمتر از میانگین بلند مدت بوده است و حتی شدید خشکسالی براساس شاخص‌های مورد مطالعه در این نیمه قرار داشته است. براساس هر دو شاخص، مریوان شدیدترین خشکسالی را در سال ۲۰۰۸ تجربه کرده است. در حالی‌که ترسالی شدید مریوان در آغاز دوره مورد مطالعه (سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷) برآورد شده است و البته در دوره دوم تنها در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ ترسالی در مریوان رخ داده است. شیب سالانه تغییر در شاخص خشکسالی سالانه ایستگاه همدید مریوان برابر ۰/۰۵۳- واحد SPI در سال بوده که براساس آزمون من‌کندال این میزان (در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد) معنی‌دار بوده است. به‌عبارت دیگر خشکسالی با روند افزایشی نشان داده است که البته شدت آن زیاد نیست.

منابع

سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۹۳. **خلاصه گزارش ارزیابی پنجم هیات بین الدولی تغییر اقلیم و برنامه‌های آتی IPCC**، نشست دبیرخانه، دی ماه سال ۱۳۹۳.

عساکره، ح. ۱۳۹۱. **تغییر توزیع فراوانی بارش‌های فرین شهر زنجان**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۳۳، شماره ۱، صفحات ۶۶-۵۱.

فتاحی، ا.، صداقت کردار، ع. ۱۳۸۶. **تحلیل منحنی‌های شدت- مدت و فراوانی خشکسالی (مطالعه موردی؛ ایستگاه‌های جنوب غرب ایران)**. فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۵، شماره ۹، صفحات ۹۰-۷۷.

موسی‌زاده اصل، م.، افشین شریفان، ر. ۱۳۹۶. **تأثیر تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی وقوع خشکسالی کوتاه مدت در شهر شیراز**، چهارمین کنفرانس ملی دستاوردهای اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران، مهر ماه ۱۳۹۶.

Bae, S., Lee, S.H., Yoo, S.H., Kim, T., 2018. **Analysis of Drought Intensity and Trends Using the Modified SPEI in South Korea from 1981 to 2010**. Water, 10(3): 327.

CCSP., 2008. **Weather and Climate Extremes in a Changin Climat, Regions of Focus: North Amerrica, Hawaii, Caribbean, and U.S. pacific Islands**, A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. [Thomas R. Karl, Gerald A. Meehl, Christopher D. Miller, Susan J. Hassol, Anne M. Waple and William L. Murray (Eds.)]. Department of Commerce, NOAA,s National Climatic Data Center, Wsshington, D.C., USA, 164 P.

Ensafi Moghaddam, T., Khoshakhlagh, F., Shamsipour, A., Akhavan, R., Safarrad, T., Amiraslani, F. (2019). **Analysis of Simultaneous dustfall and rainfall events frequency in southwest of Iran**. Iranian Journal of Range and Desert Research, 25(4): 770-788.

Javanmard, S., Emamhadi, M., BodaghJamali, J., Didehvarasl, A., 2017. **Spatial–temporal analysis of drought in Iran using SPI during a long-term period**. Earth Sciecnces 6: 15-29.

Mafi-Gholami, D., Mahmoudi, B., Zenner, E.K., 2017. **An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Persian Gulf and Oman Sea**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 199: 141-151.

McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. 1993. **The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales.** In: Proc. 8 Conference. on applied Climatology, 17-22 January. American Meteorological Society, Massachusetts. pp. 179-184.

World Meteorological Organization. 2009. **Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation**. Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72.

واکاوی نقش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رفتار مقادیر حدی بارش و دما در ایستگاه همدید مریوان

محمد دارند[۱]، سوما زندکریمی[۲]

۱-استاد، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.m.darand@uok.ac.ir

۲-دکتری تغییر اقلیم، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.somazand69@gmail.com

چکیده

تغییرات اقلیمی، به‌ویژه افزایش فراوانی و شدت رخدادهای حدی اقلیمی (نظیر امواج گرما و بارش‌های سیل‌آسا)، به‌عنوان یک چالش محوری در حوزه محیط‌زیست، گریبان‌گیر قرن حاضر شده است. از این‌رو واکاوی این دگرگونی‌ها و پیامدهای مرتبط با آن‌ها به‌ویژه در کانون‌های حساس و آسیب‌پذیر، از اهمیتی مضاعف برخوردار است. در این پژوهش، به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوهای حدی بارش و دما در ایستگاه مریوان، از داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه ایستگاه سینوپتیک مریوان در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۴ استفاده شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها و استخراج الگوهای حدی، از نمایه‌های ETCCDI استفاده گردید. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر روند معنی‌دار نمایه‌های بزرگترین دمای بیشینه (TXx)، کوچک ترین دمای بیشینه (TXn) و امواج گرمایی (WSDI) در ایستگاه همدید مریوان است. همچنین، افزایش قابل توجه و معنی‌داری در دامنه دمای شبانه‌روزی (DTR)، شب‌های گرم (TX90p) و روزهای تابستانی (SU25) مشاهده شد که این موضوع می‌تواند بیانگر ناپایداری سامانه‌های جوی و تشدید رویدادهای حدی گرمایی در ایستگاه مریوان باشد. نتایج بررسی نمایه‌های مورد مطالعه مرتبط با بارش نیز نشان‌دهنده روند افزایشی معنی‌دار در تعداد روزهای متوالی خشک (CDD) است که این موضوع نیز احتمالاً بیانگر تشدید دوره‌های خشکسالی در مریوان باشد. با وجود افزایش تعداد روزهای خشک در مریوان، تغییرات در سایر نمایه‌های بارش با توجه به معنی‌دار نبودن روندهای مشاهده شده قطعی نیست.

کلید واژه‌ها: مریوان، دمای حدی، بارش حدی، نمایه‌های (ETCCDI)

Analyzing the impact of global warming and climate change on extreme precipitation and temperature events at the Marivan synoptic station

Abstract

Climate change, particularly the increasing frequency and intensity of extreme climatic events (such as heatwaves and extreme precipitation events), has become a pivotal environmental challenge of the present century. Consequently, analyzing these transformations and their associated consequences, especially in sensitive and vulnerable regions, holds heightened importance. In this study, to investigate the effects of climate change on extreme precipitation and temperature patterns at Marivan Station, daily precipitation, minimum temperature, and maximum temperature data from the Marivan Synoptic Station for the period 1993–2024 were utilized. To analyze the data and extract extreme patterns, the ETCCDI indices were employed. The results of this study revealed statistically significant trends in the indices of annual maximum temperature (TXx), annual minimum maximum temperature (TXn), and warm spell duration (WSDI). Furthermore, a statistically significant increase was observed in the diurnal temperature range (DTR), warm nights (TX90p), and summer days (SU25), indicating potential instability in atmospheric circulation patterns and the intensification of extreme heat events at the Marivan station. Regarding precipitation indices, the results indicated a significant increasing trend in the number of consecutive dry days (CDD), which likely signals the intensification of drought periods in Marivan. Despite the rise in dry days, changes in other precipitation aspects remain inconclusive due to the statistically non-significant trends observed.

Keywords: Marivan, Temperature extremes, Precipitation extremes, (ETCCDI) indices

مقدمه

تغییرات اقلیمی، به‌ویژه افزایش فراوانی و شدت رخدادهای حدی اقلیمی (نظیر امواج گرما و بارش‌های سیل‌آسا)، به‌عنوان یک چالش محوری در حوزه محیط‌زیست، گریبان‌گیر قرن حاضر شده است. گزارش‌های مستند هیئت بین‌الدولی تغییرات اقلیمی (IPCC, 2021) از افزایش چشمگیر میانگین دمای جهانی نسبت به دوران پیشاصنعتی حکایت دارند؛ پدیده‌ای که به تشدید رخدادهای گرمایی و تضعیف رخدادهای سرمایی انجامیده است. رخدادهای حدی آب‌وهوایی، غالباً تأثیراتی به مراتب عمیق‌تر و گسترده‌تر از دگرگونی‌های میانگین‌های اقلیمی بر اکوسیستم‌ها، زیرساخت‌ها و حیات جوامع بشری برجای می‌گذارند (Walsh *et al.*, 2020). ناپایداری‌های مکانی و زمانی، از ویژگی‌های بارز اقلیم ایران محسوب می‌شوند و پیامدهای ناگوار اقتصادی-اجتماعی ناشی از بلایای اقلیمی (همچون سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها) در سال‌های اخیر در کشور شدت یافته است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱).

از این‌رو، واکاوی این دگرگونی‌ها و پیامدهای مرتبط با آن‌ها، به‌ویژه در کانون‌های حساس و آسیب‌پذیر، از اهمیتی مضاعف برخوردار است. شهرستان مریوان واقع در استان کردستان، به‌دلیل موقعیت جغرافیایی منحصر به‌فرد و ویژگی‌های توپوگرافی خاص، از جمله مناطقی است که به‌شدت تحت تأثیر امواج تغییرات اقلیمی قرار گرفته است (رحیمی و همکاران، ۱۴۰۲). وجود نگین فیروزه‌ای دریاچه زریبار، به‌عنوان یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های آبی کشور و یک تالاب بین‌المللی ثبت شده، بر اهمیت این منطقه می‌افزاید. تغییرات اقلیمی، به‌ویژه تغییر در الگوهای بارش و دما، می‌تواند اثرات قابل توجهی بر دریاچه زریبار و اکوسیستم‌های وابسته به آن داشته باشد.

پژوهش‌های نوین حاکی از آن است که شدت رخدادهای حدی آب‌وهوایی نسبت به گذشته، افزایش قابل توجهی یافته است (Martinez-Villalobos and Neelin, 2023; IPCC, 2021). در ایران، مطالعات متعددی در ارتباط با تغییرات رخدادهای حدی دما و بارش انجام شده که از جمله آن‌ها می‌توان به پژوهش محمدی و تقوی (۱۳۸۴)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۱)، جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۳)، دارند (۱۳۹۳)، برنا و ایگین (۱۳۹۴) و حجازی‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) اشاره کرد. علاوه بر این، پژوهش‌های بسیاری در دیگر نقاط جهان به انجام رسیده که از جملهی آنها پژوهش‌های Mudelsee و همکاران (۲۰۰۳)، Zhang و همکاران (۲۰۰۵)، Murata و همکاران (۲۰۱۴)، King و همکاران (۲۰۱۷)، Donat و همکاران (۲۰۱۶)، Sillmann و همکاران (۲۰۲۱)، Hong و همکاران (۲۰۱۸)، Tabari و همکاران (۲۰۲۰)، Owoicho و همکاران (۲۰۲۲)، Audu و همکاران (۲۰۲۲)، Donat و همکاران (۲۰۲۰) و Tung و همکاران (۲۰۲۲) است که در اغلب آن‌ها به تغییرات آماری معنی‌دار در الگوهای دما و بارش‌های شدید اشاره شده است که مستقیماً به تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی مرتبط است. با توجه به مطالعات جهانی و اهمیت ایستگاه مریوان در این پژوهش سعی شده تأثیر تغییرات اقلیمی بر نمایه‌های حدی در ایستگاه مریوان مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

بارش و دما به‌عنوان دو عنصر کلیدی آب و هوایی، نقش به‌سزایی در شناسایی و ارزیابی تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند. مراکز پژوهشی و محققان متعددی از این عناصر به منظور بررسی و تحلیل روند تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف استفاده کرده‌اند (Jones *et al.*, 1999; New *et al.*, 2000). در این پژوهش، به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوهای حدی بارش و دما در منطقه مریوان، از داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه (شبانه) و دمای بیشینه (روزانه) ایستگاه سینوپتیک مریوان در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۴ استفاده شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها و استخراج الگوهای حدی، از نمایه‌های استاندارد شده ETCCDI[1] استفاده گردید. نمایه‌های ETCCDI، که توسط تیمی از متخصصین تغییرات اقلیمی توسعه یافته‌اند، امکان مقایسه سیستماتیک و استاندارد روندهای اقلیمی را در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای فراهم می‌کنند (Zhang *et al.*, 2011).

[1] Expert Team on Climate Change Detection and Indices

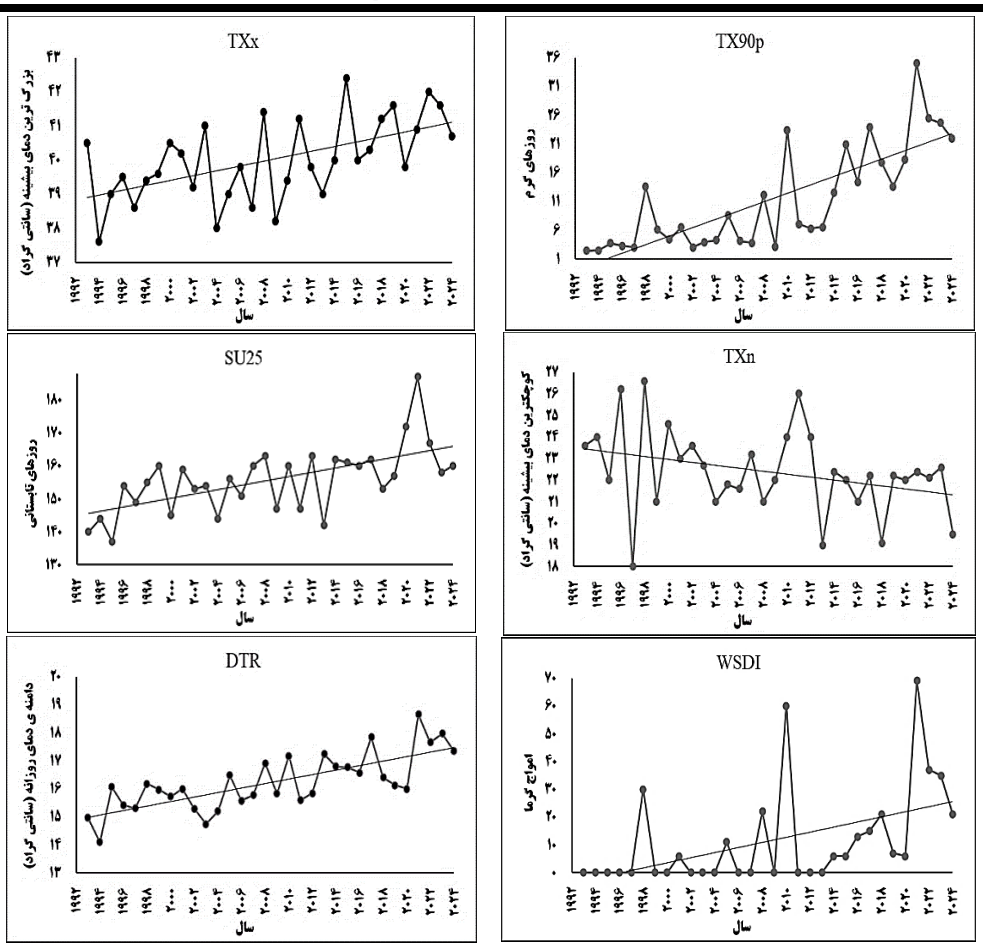
این نمایه‌ها به طور گسترده در مطالعات اقلیمی به‌منظور شناسایی و کمی‌سازی تغییرات در رویدادهای حدی آب و هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Easterling *et al.*, 2000). با در نظر گرفتن ویژگی‌های اقلیمی منطقه مریوان (سرد و کوهستانی با زمستان‌های سرد و پربارش و تابستان‌های معتدل) و نیز با توجه به پیش‌بینی‌های مربوط به اثرات تغییر اقلیم (از جمله افزایش دما، کاهش روزهای یخبندان، تشدید بارش‌های سنگین و افزایش دوره‌های خشکسالی)، مجموعه نمایه‌های زیر از ETCCDI برای تحلیل انتخاب شدند. تحلیل این نمایه‌ها با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک مریوان، امکان ارزیابی دقیق اثرات تغییر اقلیم بر الگوهای حدی دما و بارش در این منطقه را فراهم می‌سازد. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مدیریت منابع آب، کشاورزی و سازگاری با تغییرات اقلیمی در اختیار مسئولان و ذینفعان قرار دهد. در این پژوهش از رگرسیون خطی برای بررسی روند تغییرات نمایه‌های اقلیمی در طول زمان استفاده می‌شود. برای بررسی معنی‌داری روند نیز از آماره p-value اسفاده شده است.

جدول ۱: نمایه‌های بکار گرفته شده در این پژوهش (برگرفته شده از تیم شناخت تغییر اقلیم و نمایه‌ها ETCCDI)

نام نمایه	ویژگی‌ها
TXx	بزرگ‌ترین دمای بیشینه: میزان حداکثر دمای بیشینه روزانه در ماه (سانتی گراد).
DTR	دامنه دمای شبانه روزی: تفاوت میانگین ماهانه دمای روزانه و شبانه (سانتی‌گراد)،
TX90p	روزهای گرم: درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگ تر از صدک ۹۰ ام (روز)،
SU25	روزهای تابستانی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه بزرگ‌تر از ۲۵ درجه سانتی گراد باشد (روز).
WSDI	موج گرما: تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیش تر از صدک ۹۰ ام (روز)
TXn	کوچک ترین دمای بیشینه: میزان حداقل دمای کمینه روزانه در ماه (سانتی‌گراد)
RX1day	بیش ترین مقدار بارش یک روزه: بیش ترین بارش یک روزه در ماه (میلی متر).
PRCPTOT	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه (میلی متر).
CDD	روزهای متوالی خشک: بیش ترین تعداد روزهای متوالی که بارش کم تر از ۱ میلی متر باشد (روز).
R95p	روزهای خیلی مرطوب: مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ ام
SDII	نمایه ساده شدت بارش روزانه (میلی‌متر/روز)
R10	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۱۰ میلی متر باشد (روز).

یافته‌های پژوهش

مطالعه‌ی آماری داده‌های دمایی ایستگاه مریوان، روندهای قابل توجهی را در برخی نمایه‌های مورد مطالعه آشکار کرد. این روندهای افزایشی قابل توجه در بزرگترین دمای بیشینه (TXx) و حداقل دمای بیشینه (TXn) با مقادیر p-value به ترتیب ۰/۰۴۳ و ۰/۰۰۲، نمایانگر دگرگونی‌های آشکار در الگوی حرارتی منطقه است این یافته‌ها، به ویژه در هم‌جواری با افزایش معنی‌دار نمایه موج گرما (WSDI) با مقدار p-value حدود ۰/۰۰۵، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً نشان دهنده گرمایش محسوس و تشدید وقایع گرمایی در مریوان باشد. در این میان، افزایش معنی‌دار دامنه‌ی تغییرات روزانه‌ی دما (DTR) با p-value برابر با صفر، حاکی از نوسانات فزاینده حرارتی در طول شبانه‌روز است. این پدیده، در کنار افزایش معنی‌دار تعداد روزهای گرم (TX90p) و روزهای تابستانی (SU25) با مقدار p-value برابر با صفر، مؤید گرمایش فراگیر و تشدید وقایع دمایی در منطقه است. به‌بیان دیگر، نه تنها دماهای حداکثری افزایش یافته‌اند، بلکه نوسانات روزانه و بسامد روزهای گرم و تابستانی نیز به شکل چشمگیری فزونی یافته است. این امر می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در الگوی کلی اقلیمی منطقه و افزایش ناپایداری‌های حرارتی باشد (شکل ۱ و جدول ۲).

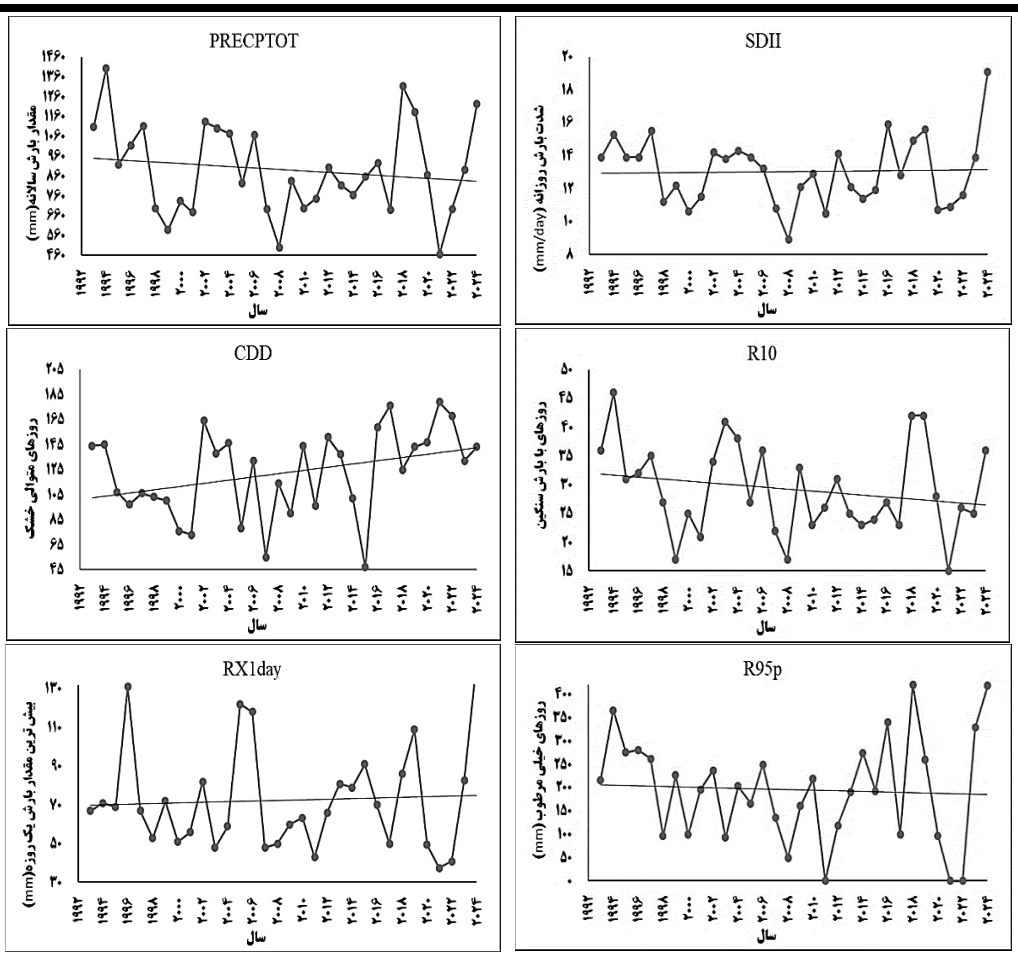


شکل ۱: نتایج بررسی روند نمایه‌های دمایی برای ایستگاه مریوان

جدول ۲: نتایج بررسی روند رگرسیون خطی و معنی‌داری آن برای نمایه‌های دمایی مورد بررسی در ایستگاه مریوان

نمایه	نرخ روند	سطح معناداری
TXx	۰/۸۸۸	۰/۰۴۳
DTR	۰/۰۸۵	۰/۰۰۰
TX90p	۰/۷۴۱	۰/۰۰۰
SU25	۰/۶۵۸	۰/۰۰۰
WSDI	۰/۹۲۲	۰/۰۰۵
TXn	۰/۱۵۸	۰/۰۰۲

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل روند رگرسیون خطی و معنی‌داری نمایه‌های بارشی در ایستگاه مریوان طی دوره زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۴، می‌توان به این نتیجه رسید که تنها روند معنی‌دار آماری، افزایش تعداد روزهای متوالی خشک (CDD) است. این یافته احتمالا نشان‌دهنده تشدید دوره‌های خشکسالی در منطقه مریوان است. سایر نمایه‌های بارشی، از جمله مقدار بارش سالانه (PRCPTOT)، شدت بارش روزانه (SDII)، روزهای با بارش سنگین (R10) و همچنین روزهای خیلی مرطوب (R95p)، نوسانات قابل توجهی را نشان می‌دهند، اما روندهای آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نیست. این بدان معناست که تغییرات مشاهده‌شده در این نمایه‌ها ممکن است ناشی از نوسانات طبیعی آب و هوایی و نه تغییرات اقلیمی سیستماتیک باشد شکل ۲ و جدول ۳



شکل ۲: نتایج بررسی روند نمایه‌های بارشی برای ایستگاه مریوان

جدول ۲: نتایج بررسی روند رگرسیون خطی و معنی‌داری آن برای نمایه‌های بارشی مورد بررسی در ایستگاه مریوان

نمایه	نرخ روند	سطح معناداری
RX1day	۰/۱۵۵	۰/۷۷۱
PRCPTOT	-۳/۷۰۴	۰/۴۱۲
CDD	۱/۳۰۴	۰/۰۴۸
R95p	-۰/۶۷۶	۰/۷۶۱
SDII	۰/۰۰۸	۰/۸۵۱
R10	-۰/۱۷۱	۰/۲۶۱

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که بیان شد تغییرات اقلیمی، به‌ویژه افزایش فراوانی و شدت رخدادهای حدی اقلیمی می‌تواند اثرات قابل توجهی بر جوامع بشری داشته باشد. با توجه به تحلیل نمایه‌های حدی دما و بارش در ایستگاه مریوان، نتایج حاصل نشان از روند معنی‌دار آماری در برخی از نمایه‌های دما و بارش در این ایستگاه است که احتمالاً این تغییرات متأثر از تغییر اقلم در محدوده مورد مطالعه است. نتیجه این پژوهش با مطالعات جهانی و منطقه‌ای پیرامون تغییرات اقلیمی همخوانی دارد. افزایش معنی‌دار

نمایه‌های بزرگترین دمای بیشینه (TXx) و حداقل دمای بیشینه (TXn)، مطابق با الگوهای گرمایش جهانی، تأییدکننده روند صعودی دما در این منطقه است (Zhang *et al.*, 2011; Donat *et al.* 2016؛ رحیمی و همکاران، ۱۴۰۲). به‌طور خاص، افزایش معنی‌دار نمایه امواج گرمایی (WSDI) در مریوان، هم‌راستا با افزایش ۵۰ درصدی امواج گرمایی در سطح جهانی از دهه ۱۹۸۰ (Perkins-Kirkpatrick and Lewis, 2020) و همچنین تشدید رویدادهای حدی گرمایی در خاورمیانه (Donat *et al.*, 2017) است. همچنین، روند افزایشی قابل توجه دامنه‌ی تغییرات روزانه‌ی دما (DTR)، روزهای گرم (TX90p) و روزهای تابستانی (SU25) هم احتمالاً نشانه ناپایداری سامانه‌های جوی و تشدید رویدادهای حدی گرمایی در منطقه باشد. علاوه بر تغییرات دمایی، افزایش معنی‌دار تعداد روزهای متوالی خشک (CDD) در مریوان، منطبق با مطالعات جهانی و منطقه‌ای، از جمله مطالعات انجام‌شده در مدیترانه و خاورمیانه (Zittis *et al.*, 2022) و گزارش‌هایIPCC، که نشان‌دهنده تشدید دوره‌های خشکسالی در این منطقه است. این امر احتمالاً ناشی از تغییر الگوهای چرخندی و کاهش بارش‌های زمستانه است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند. با وجود اینکه مریوان به‌طور فزاینده‌ای با افزایش تعداد روزهای متوالی خشک (CDD) مواجه است، تغییرات در سایر جنبه‌های بارش هنوز قطعی نیستند. این امر بر اهمیت پایش مستمر و دقیق نمایه‌های اقلیمی در این منطقه تأکید می‌کند.

منابع

برنا، ر.، جهان، آ. ۱۳۹۴. **مطالعه روند تغییرات نمایه‌های حدی اقلیمی دما و بارش در جنوب غرب ایران (مطالعه موردی: استان بوشهر)**. جغرافیای طبیعی، ۸(۲۸). صفحات ۶۳-۴۳.

جهانبخش اصل، س.، خورشیددوست، م.، دین پژوه، ی.ع.، سرافروزه، ف. ۱۳۹۳. **تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز**. جغرافیا و برنامه‌ریزی، (۵۰) ۱۸. صفحات ۱۳۳-۱۰۷.

حجازی زاده، ز.، زارعی، ش.، صیاد، و. ۱۴۰۲. **بررسی چشم انداز تغییرات نمایه‌های حدی دما و بارش در استان کردستان بر اساس سناریوهای واداشت تابشی (RCP)**. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۳ (۶۹). صفحات ۱۴-۱.

دارند، م. ۱۳۹۳. **واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم**. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. (۲)۲۱. صفحات ۲۹-۱.

رحیمی، و.، فاتحی، ا.، عزیزی، ق.، محمدی، ب. ۱۴۰۲. **بررسی چشم انداز تغییرات نمایه‌های حدی دما و بارش در استان کردستان بر اساس مدل HadGEM2**. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۳(۶۹). صفحات ۱۴-۱.

علیجانی، ب.، روشنی، ا.، پرک، ف.، حیدری, ر. ۱۳۹۱. **روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از نمایه‌های تغییر اقلیم در ایران**. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱(۲). صفحات ۱۷-۲۸.

محمدی، ح.، تقوی، ف. ۱۳۸۴. **روند نمایه‌های حدی دما و بارش در تهران**، پژوهش‌های جغرافیایی. ۵۳. صفحات ۱۵۱-۱۷۲.

Audu, M. O., Okeke, F.N., Igbawua, T. 2022. **Analyses of spatial distribution and temporal trends of temperature and its extremes over Nigeria using climate indices**. Trends in Sciences, 19(13): 4635-4635.

Donat, M.G., Alexander, L.V., Herold, N., Dittus, A.J. 2016. **Temperature and precipitation extremes in century- long gridded observations, reanalyses, and atmospheric model simulations**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 121(19): 11-174.

Donat, M. G., Sillmann, J., Fischer, E.M. 2020. **Changes in climate extremes in observations and climate model simulations. From the past to the future**. Climate Extremes and their implications for impact and Risk Assessment, pp. 31-57.

Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Folland, C.K. 2000. **Climate extremes: Observations, modeling, and impacts**. Science, 289(5487): 2068-2074.

Hong, Y.I.N., Ying, S.U.N. 2018. **Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices**. Advances in Climate Change Research, 9(4): 218-226

IPCC. 2021. Climate Change 2021: **The Physical Science Basis**. Cambridge University Press

Jones, P.D., New, M., Parker, D.E., Martin, S., Rigor, I.G. 1999. **Surface air temperature and its changes over the past 150 years.** Reviews of Geophysics, 37(2): 173-199.

King, A.D., Karoly, D.J. 2017. **Climate extremes in Europe at 1.5 and 2 degrees of global warming**. Environmental Research Letters, 12(11): 114031.

Martinez-Villalobos, C., Neelin, J.D. 2023. **Regionally high risk increase for precipitation extreme events under global warming**. Scientific Reports, 13(1): 5579.

Meehl, G.A., and Coauthors, 2000. **An introduction to trends inextreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections.Bull**. American Meteor Society 81: 413–416.

Mudelsee, M., Börngen, M., Tetzlaff, G., Grünewald, U. 2003. **No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe.** Nature, 425(6954): 166-169.

Murata, A., Sasaki, H., Hanafusa, M., Kurihara, K. 2014. M**echanism of early-summer low-temperature extremes in Japan projected by a nonhydrostatic regional climate model**. Weather and Climate Extremes, 4: 62-74.

New, M., Hulme, M., & Jones, P. 2000. **Representing twentieth-century space–time climate variability**. Part II: Development of 1901–96 monthly grids of terrestrial surface climate. Journal of Climate, 13(13): 2217-2238.

Owoicho, A. M., Emmanuel, E., & Godwin, O. 2022. **Investigation of trends in climate extreme over Makurdi**. Nigeria using climate indices. Acta Scientific Applied Physics, 2(1).

Perkins-Kirkpatrick, S.E., Lewis, S.C. 2020. **Increasing trends in regional heatwaves**. Nature Communications, 11(1): 3357.

Sillmann, J., Daloz, A.S., Schaller, N., Schwingshackl, C. 2021. **Extreme weather and climate change**. In Climate change (pp. 359-372). Elsevier.

Tabari, H., Madani, K., Willems, P. 2020. **The contribution of anthropogenic influence to more anomalous extreme precipitation in Europe**. Environmental Research Letters, 15(10): 104077.

Tung, Y. S., Wang, C.Y., Weng, S.P., Yang, C.D. 2022. **Extreme index trends of daily gridded rainfall dataset (1960–2017) in Taiwan**. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 33(1): 8.

Walsh, J. E., Ballinger, T.J., Euskirchen, E. S., Hanna, E., Mård, J., Overland, J.E., Vihma, T. 2020. **Extreme weather and climate events in northern areas: A review**. Earth-Science Reviews, 209: 103324.

Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Wallis, T. 2005. **Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 110(D22).

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T.C., Zwiers, F.W. 2011. **Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data**. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(6)" 851-870.

Zittis, G., et al. 2022. **Rapid warming and drought intensification in the Eastern Mediterranean**.Climate Dynamics, 58(9-10): 2445-2462.

بررسی رابطهٔ بین عوامل جامعه‌شناختی و فرهنگی بر رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان، مطالعه موردی: مریوان

سید شعیب خداکرمی

کارشناسی ارشد مطالعات برنامه درسی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

مدرس مدعو دانشگاه پیام نور و آزاد واحد مریوان

چکیده

یکی از عوامل مهم و قابل توجه در هر جامعه، رفتار محیط‌زیستی آن جامعه است که علاوه بر تأثیرگذاری بر مسائل و مشکلات محیط‌زیست، خود تأثیرپذیر از عوامل دیگری می‌باشد. لذا، این موضوع حائز اهمیت می‌باشد که رفتار محیط‌زیستی و عوامل تأثیرگذار بر آن، در هر جامعه‌ای مطالعه شود. هدف از این تحقیق، بررسی عوامل موثر بر رفتارهای محیط‌زیستی شهروندان است. جامعه آماری این پژوهش، شهروندان شهر مریوان بوده که طبق فرمول کوکران، تعداد ۳۸۰ خانوار به روش سیستماتیک تصادفی به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. این پژوهش با رویکرد کمی و با روش پیمایشی انجام شد. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه بود. آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی متغیرها که شامل رفتار محیط‌زیستی (۰/۶۳۲)، باور محیط‌زیستی (۰/۷۸۲)، ارزش محیط‌زیستی (۰/۸۲۳)، آگاهی محیط‌زیستی (۰/۷۶۰) و دانش محیط‌زیستی (۰/۸۱۹) می‌باشند، با مقادیر ذکر شده تایید شدند. همچنین، روایی تحقیق، از نوع روایی محتوایی و صوری بوده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد باور محیط زیستی افراد بر رفتار ایشان مؤثر است. رفتار نیز تحت تأثیر جنسیت، سن و تحصیلات افراد می‌باشد و عملکردهای متفاوتی از خود نشان می‌دهد. در یک نتیجه کلی، می‌توان بیان کرد که مولفه‌های فرهنگی-اجتماعی می‌توانند پیش‌بینی کننده رفتارهای محیط‌زیستی مسئولانه باشند. باور محیط‌زیستی افراد بر رفتار ایشان مؤثر است. رفتار نیز تحت تأثیر جنسیت، سن و تحصیلات افراد می‌باشد و عملکردهای متفاوتی از خود نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: باور زیست‌محیطی، ارزش، رفتار، آگاهی، دانش، مؤلفه‌های فرهنگی و اجتماعی

مقدمه

جوامع امروز با مسائل محیط‌زیستی مختلفی همچون تخریب طبیعت، نابودی زیستگاه‌ها، انقراض یا کاهش شدید تنوع‌زیستی، خشکسالی، تغییر اقلیم و کم آبی روبه‌رو است (سبزه‌ای و همکاران، ۱۳۹۵). به‌همین دلیل امروزه محققان تأیید کرده‌اند که رفتارهای انسان و سبک زندگی وی، یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل موثر بر محیط‌زیست است (عقیلی و همکاران، ۱۳۸۸). رفتارهای محیط‌زیستی انسان می‌تواند بازخوردهای مثبت و مسئولانه و یا منفی و ضد محیط‌زیست داشته باشد (فاضلی و صالحی، ۱۳۹۲). از این‌رو مطالعه رفتارها، برخوردها و عملکرد انسان بر طبیعت، مقدمه بسیاری از مطالعات می‌باشد (سلیمان‌پور، ۱۳۹۳).

افزایش جمعیت، رشد فزاینده جمعیت شهری، تغییر سبک زندگی، مصرف‌گرایی و مدرنیزاسیون از جمله عوامل مهمی هستند که بر رفتارهای محیط‌زیست انسان تأثیر شگرفی دارند که باعث ایجاد عدم توازن و تعادل شده و تعارضات زیادی را به‌وجود آورده‌اند (فیروزبخت و همکاران، ۱۳۹۱). مثلاً چیرگی شهر بر طبیعت زمینه‌ساز تخریب اراضی و آلودگی‌های گسترده آب، خاک و هوا شده است (ملکی و سعیدی، ۱۳۹۵). در نتیجه بررسی رفتار شهرنشینان بر طبیعت می‌تواند یکی از موضوعات اساسی برای شناخت درک و پیشبرد توسعه پایدار شهری باشد (محمدی و بهاری، ۱۳۹۲).

هر چند حدود ۸۳ درصد مساحت کشور را عرصه‌های طبیعی پوشانده است اما کشور ایران با بحرآن‌های محیط‌زیستی فراوانی مواجه شده است که انسان نقش عمده‌ای در ایجاد این مشکلات ایفا می‌کند (صالحی، ۱۳۸۹). در این میان، بیش از ۵۲ درصد سطح کشور را مراتع تشکیل می‌دهند که در حال حاضر با دامی برابر با بیش از ۲/۲ ظرفیت مجاز، مورد بهره‌برداری شدید قرار گرفته‌اند (فیروزی و همکاران ۱۳۹۶). به‌همین دلیل، یکی از نتایج واضح هدر رفت خاک کشور، بیابانی‌شدن مناطق مستعد ذکر شده است (احمدیان و حقیقتیان، ۱۳۹۵).

همچنین، قطع درختان و از بین بردن جنگل‌ها یکی از مسائلی است که انسان بیش‌ترین دخالت و نقش را در آن دارد (سبزه‌ای و همکاران، ۱۳۹۵). ناآگاهی مردم و به‌دنبال آن نبودن سیاست‌های درست در مورد حفظ محیط‌زیست و گاه اجرا نکردن قوانین مربوط به محیط‌زیست توسط دولت، خسارت‌های وارد شده به این منابع را دو چندان نموده، به گونه‌ای که این تخریب‌های جبران‌ناپذیر را امروزه به‌صورت آشکاری می‌توان دید. از این‌رو، اجرای سیاست‌های دولت برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر محیط‌زیست باید به صورت جدی‌تری مورد بازنگری قرار گیرد (احمدیان و حقیقتیان، ۱۳۹۵).

ارتباط با جهان و دید درست داشتن نسبت به طبیعت از مهم‌ترین ارزش‌های ارتباطی انسان با محیط‌زیست است. این دید درست باعث بروز رفتارهای مناسب محیط‌زیستی می‌شود (شبیری و همکاران، ۱۳۹۲). با افزایش آگاهی افراد نسبت به محیط‌زیست و آموزش الگوی صحیح استفاده از این منابع، درصد بروز رفتارهای نامناسب محیط‌زیستی کاهش می‌یابد و خسارت وارده را به حداقل می‌رساند (صالحی و پازوکی‌نژاد، ۱۳۹۲). طبق مدل دانش-نگرش-رفتار، هرچه دانش افراد نسبت به محیط‌زیست بیش‌تر باشد، نگرش افراد نسبت به طبیعت تغییر می‌کند که این تغییر منجر به حفظ محیط‌زیست و رفتار محیط زیستی مسئولانه می‌شود (Marcinkowski, 1998). براساس نظریات ساختاربندی گیدنز و سایر نظریات جامعه شناختی نیز می‌توان به رابطه بین عوامل فرهنگی بر رفتار محیط‌زیستی پی برد. همچنین، باید در نظر داشت که ارزش‌های هر فرد از کودکی به وی آموزانده می‌شود و تأثیر بسزایی در رفتارهای او با محیط‌زیست دارد (صالحی و کریم زاده، ۱۳۹۳). از این‌رو، با توجه به اهمیت این موضوع باید توجه داشت که آموزش محیط‌زیست، جایگاه مهمی در مسیر زندگی هر فرد از کودکی و به صورت متوالی در خانواده و سپس اجتماع دارد (ولی الهی و مقصودی مهربانی، ۱۳۸۹). آموزش مناسب باعث به وجود آمدن ارزش‌هایی به مراتب بالاتر در هر فرد شده که این ارزش‌ها به مرور زمان به صورت الگوهای رفتاری در وی ظهور می‌کنند (حیدری مکرر و محبی، ۱۳۹۲). در همین زمینه، فرهنگ تأثیر به‌سزایی در الگوی رفتار شخص با محیط‌زیست و باور او در نحوه استفاده و حفاظت از محیط‌زیست دارد. این الگوهای رفتار محیط‌زیستی به‌تدریج خود را به صورت کاهش اثر تخریب محیط‌زیست در طول زمان به صورت گسترده نشان خواهد داد.

طبق آنچه بیان گردید عوامل باور، دانش، نگرش، آگاهی و رفتار کنش‌های زیستی انسان‌ها بر روی محیط‌زیست تأثیر دارند. هدف این مقاله مطالعه عوامل مؤثر در محیط‌زیست شهری می‌باشد. با این فرض که عواملی چون جنسیت، سطح درآمد، تحصیلات، سن، تعداد خانوار، شغل بر روی باور، دانش، ارزش، آگاهی و رفتار محیط‌زیستی تأثیر دارند. همچنین، بین ارزش، باور، دانش و آگاهی محیط‌زیستی افراد با رفتار محیط‌زیستی آنها رابطه وجود دارد. یافته‌های این پژوهش رهیافتی برای سیاست‌گذاری و توسعه پایدار شهری است.

مبانی نظری و پیشنه پژوهش

امروزه با گسترش شهرنشینی، روز به روز شهرها گسترش یافته در حالی‌که محیط‌زیست و منابع طبیعی آنها از بین می‌روند. به‌عبارتی، انسان با ناآگاهی خود، تعادل طبیعی اکوسیستم را برهم زده‌است. این درحالی‌که از انسان به‌عنوان تنها موجود دارای اختیار و برخوردار از شعور بر روی کره زمین انتظار می‌رود از آن محافظت کند. همان‌گونه که این میراث طی نسل‌های گذشته حفظ شده و به ایشان رسیده است، این امر جزء حفظ یکسری ارزش‌ها که جوامع خود را ملزم به رعایت آن می‌دانستند، مقدور نبوده‌است. به هر حال، با گذشت زمان و پیشرفت فناوری، به‌علت مدرنیته، تعادل محیط‌زیست به دست بشر برهم خورده است. به‌عبارتی می‌توان چنین بیان کرد با توجه به آنکه اکثر رفتارهای مسئولانه محیط‌زیستی تحت تأثیر ارزش‌ها و باورهایی است که نشأت گرفته از فرهنگ اجتماع و جامعه می‌باشد. واقعیت این است که بسیاری از مسائل محیط‌زیستی امروزه ناشی از رفتارهای غیرمسئولانه بشر در قبال محیط‌زیست می‌باشد. (صالحی و حمایت‌خواه جهرمی، ۱۳۹۳).

ضیاپور و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی با عنوان "تحلیل جامعه‌شناختی محیط‌زیست و رفتار افراد نسبت به آن در مناطق روستایی و شهری استان کرمانشاه" به مطالعه رفتار جامعه‌شناختی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که رفتار شهروندان نسبت به محیط‌زیست مسئولانه بوده است و همچنین بین رفتارها، تحصیلات، سن و وضعیت تأهل آن‌ها رابطه مستقیم وجود دارد ولیکن جنسیت جزء مواردی بوده است که رابطه معنی‌داری با رفتار محیط‌زیستی ندارد. همچنین، اگرچه آگاهی محیط‌زیستی در همه حال تأثیر مستقیم و مثبتی بر رفتار محیط‌زیستی ندارد اما باعث تقویت متغیرهای محیط‌زیستی دیگری می‌شود و تغییر رویکرد و رفتار افراد را نیز تسهیل می‌نماید.

صالحی و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیقی با عنوان "بررسی دانش، نگرش و مهارت‌های زیست‌محیطی معلمان دوره ابتدایی استان مازندران" به این نتیجه دست یافتند که تعداد زیادی از معلمان دوره ابتدایی دارای نگرش مثبت نسبت به رفتارهای محیط‌زیستی می‌باشند و طبق همین پژوهش، اگرچه دانش محیط‌زیستی معلمان متوسط بوده است ولیکن آنها مهارت‌های محیط‌زیستی مربوطه را دارا بودند. هم‌چنین، این محققان دریافتند که معلمان زن نگرش محیط‌زیستی بیش‌تری نسبت به معلمان مرد دارند هر چند دانش محیط‌زیستی آن‌ها نسبت به مردان کم‌تر بوده است.

نتایج مطالعه مختاری‌ملک‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)، با عنوان "تحلیل و بازشناسی رفتارهای زیست محیطی شهری، مطالعه موردی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۱" نشان‌دهنده آن بوده است که زنان نسبت به مردان رفتارهای محیط‌زیستی مسئولانه‌تری داشتند و همچنین نگرش محیط‌زیستی و آگاهی محیط‌زیستی رابطه مستقیمی با رفتارهای محیط‌زیستی دارند.

حقیقتیان (۱۳۹۳)، در تحقیق با عنوان"تحلیلی بر رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان اصفهان و عوامل مؤثر بر آن" به این نتیجه رسیده است که رفتار محیط‌زیستی دانشجویان در حد متوسط می‌باشد و متغیر رفتار محیط‌زیستی با نگرش، دانش محیط‌زیستی، درآمد و تحصیلات رابطه معناداری دارد.

نتایج مطالعه حاجی‌زاده میمندی و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی با عنوان "بررسی عوامل فرهنگی مرتبط با رفتارهای زیست‌محیطی، مطالعه موردی: شهر یزد" نیز حاکی از آن است که بین جنسیت و رفتارهای محیط‌زیستی رابطه معناداری وجود داشته است، اما بین متغیرهای سن، تأهل و تحصیلات رابطه معناداری وجود ندارد.

خاکسار مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، در تحقیق خود با عنوان "نگرش نسبت به آب در بین زنان روستایی، مطالعه موردی: شهرستان مریوان استان خراسان شمالی" به این نتیجه رسیدند که نگرش زنان نسبت به آب در حد متوسط بوده و افراد دارای درآمد بالاتر، نگرش مساعدی نسبت به آب ندارند.

همچنین، ریاحی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی با عنوان "تحلیل دیدگاه روستاییان نسبت به آموزش‌های حفاظت از محیط‌زیست نواحی روستایی (مورد مطالعه شهرستان رضوان شهر)" بیان کردند که بین علاقمندی نسبت به محیط‌زیست، آموزش محیط‌زیستی، رسانه‌های گروهی و نقش افراد در حفاظت محیط‌زیست، رابطه وجود دارد.

در تحقیق دیگری که محبوبی و احمدی گرجی (۱۳۹۶) با عنوان"نگرش محیط زیستی و استفاده از سموم شیمیایی در بین برنج کاران (مطالعه موردی دهستان اسفیورد، شورآب شهرستان ساری)" به این نتیجه دست یافتند که میان تجربه کار کشاورزان، سن و مشارکت در کلاس‌های ترویجی، همبستگی مثبت وجود دارد.

گیلگ و بار (۲۰۰۶)، در مقاله‌ای با عنوان"نگرش رفتاری نسبت به صرفه جویی در آب؟ شواهدی از مطالعه اقدامات زیست محیطی، اقتصاد اکولوژیک" نشان دادند که بین متغیرهای زمینه‌ای (مانند سن، جنسیت) با رفتار محیط زیستی افراد (صرفه‌جویی در میزان مصرف آب)، رابطه معناداری وجود دارد (Gilg and Barr, 2006).

کاراتکین (۲۰۱۲)، در مقاله‌ای با عنوان"سواد اداری در مدارس ابتدایی ترکیه، کتاب‌های درسی اجتماعی، علوم اجتماعی و رفتاری"بر روی کتب درسی در مدارس ترکیه مطالعه نموده است. نتایج پژوهش وی حاکی از آن است که کتب اجتماعی بیش‌تر در سطح آموزش محیط زیست قرار دارند و این آموزش به درک عملی تبدیل نمی‌شود (Karatekin, 2012).

همچنین، نتایج تحقیق اسحاق-مارکز(۲۰۱۱) با عنوان" فرهنگ محیطی در دانش آموزان دبیرستان، مطالعه موردی آموزش محیط‌زیست در سطح دبیرستان در کمپه" نشان می‌دهد که سطح دانش محیط زیستی دانش‌آموزان پایین بوده است و علی‌رغم علاقه آن‌ها، به علت سطح پایین علمی کتاب‌ها و اطلاعات معلم‌ها، دانش‌آموزها بی‌رغبت شدند (Isaac-Márquez *et* al., 2011).

تحقیق ایلام و تروپ (۲۰۱۲)، با عنوان "نگرش‌های محیطی و رفتار محیط‌زیست-کدام اسب است و کدام سبد خرید؟" مشخص شد که نگرش و دانش محیط زیستی جزو عوامل موثر بر رفتار محیط زیستی هستند (Eilam and Trop, 2012).

براساس مطالعات معرفی شده در فوق، ابتدا متغیرهای مورد نیاز استخراج شده است که این متغیرها در جدول ۱، مطرح شده است. سپس با استفاده از سایر مؤلفه‌ها، این تحقیق برای اولین بار در شهر مریوان صورت گرفت.

جدول ۱: متغیرهای برگرفته از تحقیقات

ردیف	تحقیق	متغیر
۱	ضیاپور و همکاران، ۱۳۹۲	آگاهی محیط‌زیستی و متغیرهای زمینه‌ای
۲	صالحی و همکاران، ۱۳۸۶	نگرش محیط‌زیستی
۳	مختارملک‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳	نگرش محیط‌زیستی و آگاهی محیط‌زیستی
۴	حقیقتیان، ۱۳۹۳	نگرش، دانش محیط‌زیستی و متغیرهای زمینه‌ای
۵	حاجی‌زاده میمندی و همکاران، ۱۳۹۳	متغیرهای زمینه‌ای
۶	خاکسار مقدم و همکاران، ۱۳۹۵	نگرش محیط‌زیستی
۷	ریاحی و همکاران، ۱۳۹۵	دانش محیط‌زیستی
۸	محبوبی و احمدی گرجی، ۱۳۹۶	نگرش محیط زیستی
۹	Karatekin, 2012	دانش محیط‌زیستی
۱۰	Isaac-Márquez *et al.*, 2011	دانش محیط زیستی
۱۱	Eilam Trop, 2012	نگرش محیط‌زیستی

جامعه و نمونه پژوهش

دریاچه زریوار در ۳ کیلومتری باختر شهر مریوان قرار دارد. قرار گرفتن در کنار دریاچه زریوار، اورامان و طبیعت زیبای منطقه و همچنین ترانزیت کالا در مرز ایران و عراق (که فاصله آن از شهر کمتر از ۲۰ کیلومتر است)، باعث رونق اقتصادی و گسترش مریوان شده‌است.

سطح تحلیل این تحقیق خرد و واحد تحلیل فرد (به‌عنوان سرپرستان خانوار) در نظر گرفته شده است. برای پراکنش مناسب خانوارهای مورد آماربرداری، به کمک نرم‌افزار ArcGIS، بر روی نقشه مریوان، شبکه‌ای از خطوط (۳۰ در ۳۰ متر) طراحی گردید. در مرحله بعد، به روش سیستماتیک تصادفی، تعداد نمونه‌های مورد نیاز، انتخاب، و سپس با مراجعه به همان منازل مشخص شده روی نقشه، کلیه نمونه‌ها مورد آماربرداری قرار گرفتند.

روش انجام پژوهش

این پژوهش براساس نوع داده‌های جمع‌آوری و تحلیل شده، تحقیقی کمی و از لحاظ نوع برخورد با مسئله، مطالعه میدانی است. نوع تحقیق پیمایشی است و ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه محقق ساخته بوده است و در سال ۱۳۹۶ انجام شده است. مفاهیم مهم و اصلی تحقیق عبارت است از رفتارهای محیط‌زیستی (رابطه متقابل انسان و محیط‌زیست)، باورهای محیط‌زیستی (نگرش خاص و دید کلی هر فرد نسبت به محیط‌زیست)، دانش محیط‌زیستی (مفاهیم محیط‌زیستی پایه و موضوعات محیط‌زیستی)، آگاهی محیط‌زیستی (میزان اطلاعات هر فرد نسبت به مسائل محیط‌زیست و عوامل تهدید کننده آن) و ارزش محیط‌زیستی (ارزش‌های جهان‌بینی اساسی شخص) که برای هر کدام از این مفاهیم، شش گویه (کلاً ۳۰ گویه، به‌جز سؤالات مربوط به ویژگی‌های فردی) در نظر گرفته شده است. پرسشنامه‌های تکمیل شده، پس از بازبینی و بررسی دقت و صحت اطلاعات، با نرم‌افزارهای SPSS و AMOS مورد پردازش، تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در بخش آمار توصیفی متغیرها، از آماره‌هایی همچون میانگین، میانه، مُد، انحراف معیار، بیشینه، و کمینه، و برای مقایسه میانگین‌های پارامترها از آزمون‌های همبستگی پیرسون، لوین، تی‌تست، رگرسیون، F، دوربین-واتسون و ضریب تلرانس استفاده شده است.

به‌منظور سنجش پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید که میزان آن برای پارامترهای حاضر در مدل یعنی رفتار محیط‌زیستی (۰/۶۳۲)، باور محیط‌زیستی (۰/۷۸۲)، ارزش محیط‌زیستی (۰/۸۲۳)، آگاهی محیط‌زیستی (۰/۷۶۰) و دانش محیط‌زیستی (۰/۸۱۹) مورد تایید قرار گرفته شد. همچنین، برای سنجش روایی ابزار از نوع روایی محتوایی استفاده شده‌است. هدف اصلی پژوهش همان مطالعه مؤلفه‌های فرهنگی-اجتماعی (ارزش، باور، آگاهی و دانش محیط‌زیستی) بر رفتار محیط‌زیستی می‌باشد که

اهداف جزیی

۱. شناخت رابطه بین ارزش محیط‌زیستی بر رفتار محیط‌زیستی؛
۲. شناخت رابطه بین باور محیط‌زیستی بر رفتار محیط‌زیستی؛
۳. شناخت رابطه بین آگاهی محیط‌زیستی بر رفتار محیط‌زیستی؛
۴. شناخت رابطه بین دانش محیط‌زیستی بر رفتار محیط‌زیستی؛
۵. شناخت رابطه بین متغیرهای زمینه‌ای بر رفتار محیط‌زیستی.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش جاری هم‌راستا با پژوهش‌های فردوسی و همکاران (۱۳۸۹) و منتظریان (۱۳۹۵)، نشان داد که بین متغیر دانش و رفتار محیط‌زیستی، رابطه معناداری وجود دارد (جدول ۴). بر اساس یافته‌های پژوهش، شهروندان مریوانی دارای دانش محیط‌زیستی و رفتار مسئولانه تری در قبال محیط‌زیست از خود نشان دادند، زیرا برای کاهش اثرات تخریبی رفتار انسان بر محیط زیست، کسب سواد و دانش محیط زیستی امری لازم و ضروری تلقی می‌شود (صالحی و کریم زاده، ۱۳۹۰).

از سوی دیگر، هر چند نواح و فروتن‌کیا (۱۳۹۰)، دریافتند که باور محیط‌زیستی تأثیرات قابل توجهی بر رفتار محیط‌زیستی افراد برجای می‌گذارند و یکی از مهم‌ترین راه‌های اصلاح رفتارهای معطوف به محیط‌زیست، اصلاح باورهاست، ولی در این پژوهش مشخص شد که بین متغیر باور و رفتار محیط‌زیستی رابطه وجود ندارد. در حقیقت باور محیط‌زیستی شهروندان مریوانی هنوز به مرحله‌ای نرسیده است که بتوان از آن انتظار رفتار مسئولانه را داشت. در حقیقت باید هنوز به مرحله آگاهی و بالاتر ارتقاء پیدا کند.

همچنین، طبق نتایج، بین متغیر آگاهی و رفتار محیط‌زیستی رابطه معنی‌داری وجود ندارد. این یافته با نتایج برخی پژوهشگران مغایرت دارد که دریافته بودند آگاهی با رفتار محیط‌زیستی رابطه دارد، و بیان نموده بودند که آگاهی و شناخت نسبت به هر مساله، بستر رفتار مناسبی با آن مسأله را فراهم می‌کند (فرهمند و همکاران، ۱۳۹۲؛ مختاری ملک آبادی و همکاران ۱۳۹۳). در پژوهش جاری نیز بین متغیر ارزش با رفتار محیط‌زیستی رابطه‌ای وجود ندارد و هنوز محیط‌زیست برای شهروندان مریوانی به یک ارزش تبدیل نشده است. در این زمینه، احمدیان و حقیقتیان (۱۳۹۵)، بیان کردند که در حوزه رفتارهای محیط‌زیستی، افراد قبل از داشتن انگیزه خریداری محصولات محیط‌زیستی سالم برای حفاظت محیط‌زیست ارزش قائل شوند. تحقیق حاضر بیانگر آن است که تنها دانش و داشتن اطلاعات کافی نیست بلکه مردم مریوان باید به آن مرحله از رشد و باور برسند و محیط‌زیست نیز در زندگی آن‌ها حضور داشته باشد.

نتایج آزمون نیز نشان می‌دهد که بین تحصیل و رفتار محیط‌زیستی رابطه معنی‌داری وجود دارد. به‌عبارت دیگر، افزایش تحصیلات پاسخ‌گویان بر رفتارهای محیط‌زیستی آنان تأثیرگذار است. این نتیجه با یافته‌های ضیاپور و همکاران (۱۳۹۲) و گیدرت (۲۰۱۴) هم‌سویی ندارد ولی با پژوهش و نتایج تحقیق گیل و بار (۲۰۰۶) هم‌سو است. چنین تصور می‌شود که آموزش‌های محیط‌زیستی که در طی سال‌های تحصیل آموخته شدند، بر رفتارها مؤثر می‌باشند. به‌عبارتی، هر چه آموزش محیط‌زیستی بیش‌تر شود رفتار محیط‌زیستی مناسب‌تر خواهد بود.

بین شغل افراد با رفتارهای محیط‌زیستی نیز رابطه معنی‌داری وجود دارد. بدین‌معنی که میانگین‌ها حاکی از آن است که میانگین رفتار محیط‌زیستی به‌ترتیب در بین مشاغل بازنشسته، خصوصی، دامدار، آزاد، خانه‌دار، محصل، بیکار، دولتی، کشاورز و سایر بیش‌تر می‌باشد. اگر چه انتظار می‌رفت که کشاورزان بیش از دیگران رفتارهای محیط‌زیستی داشته باشند اما به نظر می‌رسد منافع، دیدگاه انسان‌محوری و اینکه انسان برتر از طبیعت است و بقیه باید در خدمت ایشان باشند، باعث شده که این رفتار پایین باشد.

میانگین رفتارهای محیط‌زیستی برای مردان و زنان متغیر است، و میانگین رفتار محیط‌زیستی زنان، بیش‌تر از مردان است (جدول ۸)، که در بررسی پژوهش‌های نواح و همکاران (۱۳۹۰)، فرهمند و همکاران (۱۳۹۲)، مختاری‌ملک آبادی و همکاران (۱۳۹۳) و صالحی (۱۳۸۹) این نتایج تأیید شدند که می‌توان دلیل آن را در ملایمت روان‌شناختی زنان، خانه‌دار بودن، مدیریت منزل، نقش برجسته در تربیت فرزندان، و احساس احترام و تعلق خاطر به نسل آینده دانست.

نتایج پژوهش نیز نشان داد بین دانش و آگاهی محیط‌زیستی رابطه معنی‌دار زیادی وجود دارد. اگر آگاهی محیط‌زیستی را به بخشی از ساختار اجتماعی و فرهنگی خود تبدیل کنیم، می‌توانیم دانش بیش‌تری نسبت به رابطه پیچیده موجودات زنده و محیط‌زیست داشته باشیم. به‌علاوه، طبق نتایج، بین اندازه خانواده و آگاهی محیط‌زیستی رابطه معنادار زیادی وجود دارد. تکثیر آگاهی‌های محیط‌زیستی از نهادهای کوچک سرچشمه می‌گیرد. یکی از این نهادهای کوچک می‌تواند خانواده باشد به گونه‌ای که اطلاعات هر فرد با دیگری متفاوت است و هر شخص به نوبه خود می‌تواند اطلاعات جدید و متفاوتی را از دیگر افراد خانواده کسب کند. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند که درآمد افراد باعث افزایش آگاهی آن‌ها نمی‌شود بلکه درآمد تنها وسیله‌ای است که نیازهای فرد از طریق آن بر طرف می‌شود و در ذهنیت و نگرش فرد درباره محیط‌زیست کم‌تر مؤثر است. قابل ذکر است که باید این آگاهی به مرحله شکوفایی در فرد و تبدیل آن به ارزش و باور شود.

از زمانی‌که نگرانی در حال رشد در مورد محیط‌زیست به یک مسأله اجتماعی تبدیل شده است یکی از حوزه‌های پژوهشی که در جامعه‌شناسی محیط‌زیست مطالعات زیادی را به‌خود اختصاص داده، مطالعه ارزش، آگاهی، باور، دانش و رفتار محیط‌زیستی

است. از دیدگاه جامعه‌شناسان محیط‌زیست، طبیعت و جامعه در کنار هم قابل درک هستند و نباید آنها را جدا از هم در نظر گرفت. از این‌رو، سعی می‌شود تا عوامل مؤثر بر رفتار انسان در حفظ محیط‌زیست را شناسایی کنند زیرا با شناخت این عوامل می‌توان به ارائه راه‌حل‌هایی برای تغییر رفتار مخرب و تشویق رفتار مثبت محیط‌زیستی پرداخت.

مطالعات صورت گرفته شده نیز نشان می‌دهند آموزش‌های محیط‌زیستی نیاز به گسترش دارند. طبق مدل دانش- نگرش - رفتار، اگر دانش شهروندان نسبت به محیط‌زیست افزایش یابد، رفتار محیط‌زیستی بهتر می‌شود. در عصر حاضر کسب دانش و آگاهی محیط‌زیستی علاوه بر کاهش اثر تخریبی بر رفتارهای نادرست انسان در محیط‌زیست، مانع افزایش روند خسارات انسانی می‌شود (Kolahi *et al.*, 2014a؛ صالحی و کریم‌زاده، ۱۳۹۰).

تحصیلات به‌خودی خود تأثیر چندانی بر رفتار محیط‌زیستی انسان‌ها ندارد، بلکه دانش و آگاهی حاصل از آن عامل مؤثر است ولی آنچه که باعث ایجاد دغدغه‌های محیط‌زیستی برای انسان می‌شود میزان آگاهی وی در این باره است (صالحی، ۱۳۹۰). همچنین، نتایج تحقیق کاراتکین (۲۰۱۲) و مارکز (۲۰۱۱) نشان داد که به علت سطح پایین مواد آموزشی در مدارس علی‌رغم علاقه افراد به مسائل محیط زیستی، سبب بی‌انگیزه شدن ایشان خواهد شد. بنابر اعتقاد پالمر (۱۳۹۰)، آموزش محیط‌زیستی باید بر مبنای حفظ آن و ایجاد اطلاعات درباره آن باشد. کسب آگاهی و اطلاعات درباره محیط‌زیست، برای افراد خواهان آن علاوه بر شناخت واقعیت‌ها به آن‌ها توانایی تجزیه و تحلیل و انتقاد درباره چرایی مسائل محیط‌زیستی را می‌دهد. تحقیقات محققان بر روی تغییرات محیط‌زیست و تأثیر انسان بر روی آن‌ها بیانگر این موضوع است که یکی از عناصر اصلی در فرایند توسعه پایدار در جوامع مدرن و رو به رشد، رفتار درست و مسئولانه در برابر آن است که هر دولت برای کاهش اثرات مخرب محیط‌زیستی باید طرح‌های مشارکتی حفاظت محیط‌زیست را اجرایی نماید و مردم را برای حفظ محیط‌زیست با این برنامه‌های تدوین شده همراه کند (Kolahi *et al.*, 2014b; Kolahi, 2014; Kolahi, 2013: ؛ محرم‌نژاد و حیدری، ۱۳۸۵).

ایجاد فرهنگ محیط‌زیستی از طریق ایجاد روحیه گروهی و همبستگی برای زیستن در یک جامعه پایدار قابل اجرا است. می‌توان بیان کرد که با وجود درک درست از آن، افراد می‌توانند به کمک هم برای داشتن یک محیط‌زیست پایدار و سالم تلاش کنند (یزدخواستی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، هیچ‌کس نمی‌تواند مدعی شود که آسیب‌های ایجاد شده در طبیعت به دست واکنش‌های موجود در خود طبیعت است و انسان در آن نقشی ندارد. اتفاقاتی که در نتیجه نگرش و افکار و به‌دنبال آن رفتار نادرست انسان‌ها در روی زمین صورت گرفته است یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین علل آسیب‌هایی است که امروزه محیط‌زیست به آن دچار شده است (صالحی و امام‌قلی، ۱۳۹۱).

آموزش فرهنگ محیط‌زیستی که هدف آن یافتن مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین نظام و شرح مطالب و اجرای ساختاری است، اساسی‌ترین روش در حفاظت محیط‌زیست است. این آموزش ارتقا دهنده دانش محیط‌زیستی در یک جامعه می‌باشد. بدین سان، حس مسئولیت‌پذیری و محترم شمردن محیط‌زیست در هر فرد بیدار شده و خود را موظف به حفظ و صیانت از آن می‌داند (Kolahi, 2012; Kolahi, 2013؛ محرم‌نژاد و حیدری، ۱۳۸۵). در نتیجه، اگر بتوان مانند رفتارهای روزمره، فرهنگ رفتار با محیط‌زیست را برای هر فرد به صورت یک رفتار روزانه در آورد و آن را اجتماعی کنیم می‌توان انتظار داشت در هر شرایطی بهترین عکس‌العمل را نسبت به محیط‌زیست داشته باشد (Heidari *et al.*, 2018؛ صالحی و پازوکی‌نژاد، ۱۳۹۲).

در حقیقت، از طریق اجتماعی‌سازی مسایل محیط‌زیستی، الگوی رفتاری و زندگی انسان درباره طبیعت متحول خواهد شد.از آنجا که طبیعت و محیط زیست، زبانی برای شکایت ندارند، نمی‌توانیم کلیه امور و پروژه‌های کشور را براساس اصول بی‌طرفانه به پیش ببریم زیرا در این صورت، راه را برای آثار منفی و ناخواسته هموارتر کرده‌ایم. در صورت به کارگیری اصول و محاسبات بی‌طرفانه برای طبیعت، و به‌علت دانش کم ما نسبت به فرآیندهای حقیقی در زیست‌سپهر، عدم عقلانیت اکولوژیک خود را نشان داده‌ایم. جهت تلفیق جامعه با محیط زیست، حتی دیدگاه انسانی کردن طبیعت و محوریت انسان هم نتوانست به جامعه کمک کند تا به درک و همدلی جدیدی با طبیعت دست یابد. زیرا انسانی کردن طبیعت را بیش‌تر در راستای حذف گونه‌ها و موجوداتی دانستیم که سلامت انسان را تهدید می‌کنند و باعث شکاف بین طبیعت و محیط‌زیست شده‌ایم.

علاوه بر آن، به جای صحبت از بوم‌شناسی زیستی از بوم‌شناسی انسانی دم زدیم و با این رویکرد، به جای تأکید بر اشتراکات انسان با دیگر موجودات، به ایجاد رابطه عمودی بین جامعه-طبیعت پرداخته، بر ویژگی‌های منحصر به فرد انسان (مانند نوآوری و قابلیت‌های ذهنی) تأکید کرده و توانایی‌های مهارگری انسان را در مقابل محدودیت‌های جبری طبیعت بزرگ جلوه دادیم. این دخالت انسان است که به شکل توسعه شهری و آلودگی صنعتی، تعادل زیستی را برهم زده و نظم شبکه حیات و زنجیره زیستی را مختل کرده است. لازم به ذکر است که آن دسته از تحلیل‌های محیط‌زیستی که از بصیرت جامعه‌شناسی تهی باشند نمی‌توانند به حل بحران‌های کنونی کشور کمک کنند. لذا، جهت حرکت به سمت مقررات اجتماعی ایمن‌تر و سازگارتر با طبیعت، بجای توقف در یافتن عامل یا عوامل اصلی تخریب محیط‌زیست، باید به کشف موثرترین سازوکارهای اصلاح و بهبود محیط‌زیست روی آورد. در نتیجه، قدم اول آن است که بدانیم پارادایم محوریت طبیعت (بوم‌محور) که رویکردی با تفکر سبز که انسان را یک موجود و گونه‌ای مانند دیگر گونه‌های ساکن در کشور به‌حساب می‌آورد و قدرت و ظرفیت گونه‌های غیرانسانی را ارتقا می‌بخشد، یکی ازرویکردهای ضروری است. به‌عبارتی دیگر، کوچی از محوریت انسان به محوریت طبیعت. در پایان، امید است سرمایه‌گذاری در حفاظت از مناطق حفاظت شده، جنگل‌ها، مراتع، و آبخیزها، یک نوع سرمایه‌گذاری در جامعه و مردم صورت گرفته شود.

راهکارها

بهینه‌سازی بستر رفتارهای محیط‌زیستی با استفاده از پتانسیل مردم در جهت شهر سبز و شهروند محیط زیستی بهره برد؛

تمرکز بر برنامه‌های مشارکتی منطقه‌ای و محله‌ای در شهرها تمرکز نمود؛

توسعه فعالیت رسانه‌های اجتماعی با برنامه‌های آموزشی در مورد محیط‌زیست برای فرهنگ‌سازی و ایجاد روحیه مسئولیت‌پذیری نسبت به محیط‌زیست در افراد نمایند؛

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های مناسب برای بهتر شدن محتوای کتاب‌های درسی در سطح آموزش و پرورش و آموزش عالی با استفاده از آموزه‌های دینی مرتبط به محیط‌زیست نیز استفاده گردد؛

انجام تحقیقات گسترده در جهت کاربردی نمودن مطالعات رفتار زیست محیطی؛

آشنا کردن بیش‌تر کودکان و نوجوانان با طبیعت توسط مدارس و آموزشگاه‌ها.

منابع

اباذری، ی.، چاوشیان، ح. ۱۳۸۱. **از طبقه اجتماعی تا سبک زندگی، رویکردهای نوین در تحلیل جامعه‌شناختی هویت اجتماعی**، نامه علوم اجتماعی، سال پنجم، شماره ۲۰، صفحات ۲۷-۱۳.

ادهمی، ع.، اکبرزاده، ا. ۱۳۹۳. **بررسی عوامل فرهنگی مؤثر بر حفظ محیط زیست شهر تهران (مطالعه موردی مناطق ۵ و ۱۸ تهران)**، مجله مطالعات جامعه‌شناختی جوانان، سال دوم، شماره ۱.

اژدری، ا. ۱۳۸۲. **توسعه فرهنگی و محیط زیست**، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط‌زیست، شماره ۳۹.

احمدیان، د.، حقیقتیان، م. ۱۳۹۵. **تحلیل جامعه شناختی نقش عوامل فرهنگی بر رفتارهای زیست محیطی شهری مورد مطالعه (شهروندان شهر کرمانشاه)**، مجله مطالعات جامعه‌شناسی شهری، سال ۶، شماره ۱۸، صفحات ۵۱-۷۶.

بهرام‌پور، م. ۱۳۹۰. **دین، طبیعت و بحران محیط‌زیست**، تهران: نقش مانا.

پورجعفر، م.ر.، محمود نژاد، ه. ۱۳۸۸. **طراحی شهری و سرمایه اجتماعی در فضاهای شهری**، تهران، انتشارات هله/طحان

حقیقتیان، م.، پور افکاری، ن.، جعفری نیا، غ. ۱۳۹۱. **تأثیر رفتارهای اجتماعی زیست‌محیطی بر توسعه اجتماعی مورد مطالعه کارکنان پارس جنوبی**، مجله مطالعات اجتماعی ایران، سال ۵، شماره ۱، زمستان.

روحانی، ح. ۱۳۸۸. **اندیشه‌های سیاسی اسلام (جلد سوم: مسائل فرهنگی و اجتماعی)، تهران**: کمیل، چاپ سوم.

سیف، ع.ا. ۱۳۸۰. **روانشناسی پرورشی**، تهران، نشر آگاه.

شریعتمداری، د.، بنیانی، م. ۱۳۹۳. **اهداف توسعه پایدار در ساخت و ساز**، ششمین کنفرانس مقررات ملی ساختمان، اسفند ۱۳۹۳، شیراز.

صالحی، صادق و پازوکی، زهرا (۱۳۹۳). «تحلیل اجتماعی نقش شهروندی محیط زیستی در مقابله با پیامدهای تغییر آب و هوا»، دوره ۴، شماره ۱۱.

صالحی، ص.، امام قلی، ل. ۱۳۹۱. **بررسی تأثیر سرمایه اجتماعی بر رفتارهای زیست محیطی(مطالعه موردی: استان کردستان)**، مجله جامعه‌شناسی ایران، دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۱۱۵-۹۰.

عقیلی، س.م.، ؛ خوش‌فر، غ.، صالحی، ص. ۱۳۸۸. **سرمایه اجتماعی و رفتارهای زیست محیطی مسئولانه در شمال ایران (مطالعه موردی: استان‌های گیلان، مازندران و گلستان)**، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۶، ویژه نامه ۱.

فتحی، س. ۱۳۹۱. **تحلیلی بر روابط اجتماعی در فضای شهری پایدار**، مجله مطالعات توسعه اجتماعی ایران، سال ۴، شماره ۴، صفحات ۶۴-۴۷.

فرهمند، م و همکاران ۱۳۹۳. **بررسی عوامل اجتماعی مؤثر بر رفتارهای زیست‌محیطی (مورد مطالعه: شهروندان شهر یزد)**، مطالعات جامعه‌شناختی شهری (مطالعات شهری)، بهار، دوره ۴، شماره ۱۰.

قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۵۸.

گیدنز، آ. ۱۳۸۵. ت**جدد و تشخص، جامعه و هویت شخصی در عصر جدید**، مترجم: ناصر موفقیان، تهران: نشر نی.

Anantharaman .2014. **Networked ecological citizenship ،the new middle classes and the provisioning of sustainable waste management in Bangalore, India**. Journal of Cleaner Production, 63: 173-183.

Bs Ba, D.W. 2007. **Earth tones: How environmental journalism and environmental ethics influence environmental citizenship**. Thesis prepared for the degree of Master of Arts ، University of North Texas.

Corraliza, J.A., Bereguer, J. 2002. **Environment value, belief and actions: Asituational.** Journal of Environmental Education, 23: 65-73.

Dono, J., Webb, J., Richardson, B. 2010. The relationship between environmental activism, pro-environmental behaviour and social identity. Journal of Environmental Psychology, 30(2): 178-186.

Jacob, M., Hellström, T. 2010. Public-space planning in four Nordic cities: Symbolic values in tension. Geoforum, 41(4): 657-665.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

تراژدی مشاعات: مطالعه موردی دریاچه زریبار و جنگل‌های زاگرس

دیاکو بهرامی*

* دانشجوی کارشناسی ارشد جامعه‌شناسی سیاسی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

هدف نویسنده از این پژوهش بررسی و سنجش امکان اطلاق نظریه تراژدی مشاعات جهت توصیف و تفسیرِ بهره‌برداری بی‌رویه از منابع مشترک موجود بدون لحاظ داشتن مؤلفه آینده‌نگری در خصوص دریاچه زریبار و محیط‌های زیستی پیرامون آن است. پرسش‌محوری به این مهم توجه دارد که امکان وقوع تراژدی منابع مشاع در رابطه با منابع مشترک مد نظر ما، به چه میزانی جای تأمل دارد و آسیب‌های وارده از این طریق چگونه نسل‌های پسین ما و نیز خود ما را متوجه بحران‌هایی مهارنشدنی خواهد نمود. دیگر اینکه نظریه تراژدی مشاعات می‌تواند امکان‌هایی برای برون‌رفت از این وضعیت در قرابت با بحران به‌دست دهد؟ فرضیه‌ای که در پاسخ مطرح شده اذعان می‌دارد که با الهام از مباحث نظریه تراژدی منابع مشترک، در پناه رعایت ملزومات آن، امکان‌مندی نیرومندی برای مسائل زیست‌بنیادی کشور فراهم آمده که از نمونه‌های آن می‌توان به بحران کم‌آبی اشاره داشت لذا در صورتی که مستندات قریب بودن تراژدی مشاعات در خصوص منابع موجود جدی در نظر گرفته شود و از راهکار - های به‌دست آمده در نتیجه این مطالعات تمسک جست، می‌توان دسترسی به منابع مشترک را در بلندمدت حفظ نمود و سوددهی آن را در طی زمان مفید دانست. جلوگیری و راه‌حل عبور از تراژدی مشاعات، در گرو توجه به علل وقوع‌دهنده آن است که راه‌حل را نیز در خود دارد.

واژگان کلیدی: تراژدی مشاعات، دریاچه زریبار، منابع مشترک، بهره‌برداری بی‌رویه

Abstract

The author's goal in this study is to examine and assess the possibility of applying the theory of the tragedy of the commons to describe and interpret the excessive exploitation of existing common resources without considering the future-oriented component regarding Lake Zrebar and the surrounding ecosystems. The central question is to what extent is the possibility of a tragedy of the commons in relation to the common resources we are considering worth considering, and how will the damage caused in this way expose our future generations and ourselves to uncontrollable crises? Furthermore, can the theory of the tragedy of the commons provide possibilities for overcoming this situation in the face of crisis? The hypothesis put forward in the answer acknowledges that, inspired by the discussions of the theory of the tragedy of the commons, in compliance with its requirements, a strong possibility has been provided for the country's fundamental ecological problems, examples of which include the water shortage crisis. Therefore, if the evidence of the imminent tragedy of the commons regarding existing resources is taken seriously and the solutions obtained as a result of these studies are applied, access to common resources can be maintained in the long term and its profitability can be considered useful over time. Prevention and solution to overcome the tragedy of the commons depend on paying attention to the causes that cause it, which also contain the solution.

Keywords: Tragedy of the Commons, Zrebar Lake, Shared Resources, Overexploitation

مقدمه

تراژدی مشاعات یا تراژدی منابعِ مشترک از جمله مفاهیم کلیدی در اقتصاد و نیز علومِ اجتماعی است که به‌عنوان مشکل، ناشی از استفاده و بهره‌برداری بی‌رویه، غیرقاعده‌مند از منابع طبیعی و حیاتی بوده که امکان به مالکیت درآوردن آنها وجود ندارد لذا تراژدی مشاعات به وضعیتی قابل اطلاق است که در آن به هنگام استفاده از یک منبع مشترک و البته محدود، بدون امکان مالک شدن آن و نبود انگیزه برای حفظ و نگهداری زیستی از آن، جهت مدیریت منابع موجود بهره‌برداری بی‌رویه و خارج از عرف صورت گیرد که در نتیجه آن، علاوه بر اینکه منبع تخریب شده همه جمعیت اسکان یافته در آن محیط جغرافیایی با امتیاز بهره‌گیری از آن منبع، متضرر خواهند شد بنابراین استفاده نادرست و خودخواهانه از منابعِ مشاع که همانا از ویژگی‌های آسیب‌زای انسان پست مدرن است احتمال نابودی این منابع را جدی‌تر می‌کند. در واقع، اگر چه مصرف‌کنندگانِ بی‌رویه منابع مشترک واقف به این مهم هستند که چنین وضعیتی در تعارض با منافع بلندمدت و آینده‌نگرانه است لیکن عقلانیت ابزاری تنها چهارچوبی است که رفتارهای خویش را بر اساس آن سازماندهی می‌کنند. این تهدید اکنون بیش از هر زمان دیگری می‌تواند جدی تلقی شود چراکه «در گذشته مشاعات محدود به منابع طبیعی شامل جنگل‌ها، شیلات یا آب‌های زیرزمینی تلقی می‌شد. با این حال با گذشت زمان دایره شمول این واژه گسترده‌تر شد و امروزه علاوه بر منابع طبیعی حوزه‌های گسترده‌ای چون دانش، فرهنگ، رسانه‌های دیجیتال، فضاهای شهری و... در ذیل منابع مشاع تعریف می‌شوند (کاظمی ونوربخش، ۱۴۰۱).

دولت نیز در این وضعیت سهم به‌سزایی دارد چرا که در ایرانِ کنونی آنچه عمومی است، دولتی قلمداد می‌شود یعنی تحت مقررات و تنظیم‌شدگی دولت و نهادهای حاکمیتی آن قرار دارد. نکته شایان توجه اینکه، عموماً مدیریت دولتی با ایجاد گسست مابین مدیریت و مشارکت مردمی و بهره‌بردان آن منابع، خود زمینه‌های رخدادی تراژیک را ایجاد نموده به گونه‌ای که با پیروی از دیدگاه بدبینانه میلتون فریدمن، باید معتقد بود اگر مدیریت یک بیابان را به بخش دولتی واگذار کنید، بعد از پنج سال با کمبود شن مواجه می‌شوید. از دوران پهلوی و پاگرفتن نهادهای مدرن و دولتی‌شدن اداره تقریباً همه مناطق و امور کشور و تدوین بخش‌نامه‌ها و نظام‌نامه‌ها، زمین‌ها، مراتع، عرصه‌های طبیعی و منابع زیرزمینی تحت قوانین موضوعه قرار گرفته، دولتی شده و از سوی دولت با تنظیم شیوه‌نامه‌ها در اختیار عموم قرار گرفته است لکن نتیجه چیزی جز فزونی امکان تراژدی منابع مشترک نبوده است. مثال‌هایی از الگوی تراژدی منابع مشترک ذیلا به‌دست داده می‌شود:

- از بین رفتن ماهی‌ها در خلیج‌های ماهیگیری
- برداشت بیش از حد چوب از جنگل‌ها
- چرای بیش از حد دام و از بین رفتن مراتع
- رها کردن پساب صنعتی در محیط و آلودگی آب
- فیلتر نکردن گازهای خروجی کارخانجات و ایجاد آلودگی هوا
- سوزاندن گاز فلر در چاه‌های نفت و آلوده کردن هوا
- استفاده از سوخت‌های فسیلی و ایجاد آلودگی هوا
- رها کردن زباله در محیط‌زیست
- برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی
- برداشت بی‌ملاحظه از مخازن مشترک نفت و گاز و آسیب به این مخزن‌ها
- استفاده بیش از حد از خدمات واحدهای پشتیبانی در سازمان‌ها

بدین واسطه تراژدی مشاعات، شرایطی در یک سیستم منابع مشترک است که در آن کاربران فردی به‌صورت مستقل در پی تأمین منافع شخصی خود، از طریق هدر دادن یا استفاده بیش از حد از یک منبع مشترک و به‌صورت یک اقدام جمعی، رفتاری متضاد با منافع جمعی انجام می‌دهند. این همان اصلی است که تراژدی مشاعات در آن آبشخور دارد.

پیشینه پژوهش

پرداختن به تراژدی مشاعات در ایران و کاربست آن برای مدیریت پایدارتر منابع مشاع عموماً نو است و غالب آثار موجود به شرح و بسط نظریه موجود پرداخته‌اند لیکن استفاده موردی از آن به عمل نیامده است؛ خصوصاً در ارتباط با زریبار یعنی موقعیت جغرافیایی مد نظر ما هیچ ردی دیده نمی‌شود اما همان‌گونه که اشاره شد، افرادی سعی در معرفی و شرح نظریه تراژدی مشاعات نموده‌اند از قبیل بهزاد عطارزاده (۱۴۰۱) در«شرحی از نظریه تراژدی منابع مشترک در اندیشه گرت هاردین و درس‌های آن برای ما» که ایشان ضمن تأکید بر قابلیت‌های نظری و عملی نظریه مذبور، آن را دارای امکان نیرومندی برای شناخت برخی از مسائل بنیادی ایران کنونی تشخیص داده‌اند و همچنین اشاره می‌کنند که تاکنون در تبیین مسائل عمومی استفاده‌ای از آن به عمل نیامده است. در مرتبه بعد، حجت کاظمی و سوسن نوربخش (۱۴۰۱) در «مدیریت منابع مشاع؛ دیدگاه‌های نظری و تجربه‌های عملی» گزارشی از دیدگاه‌های مطرح شده پیرامون مدیریت منابع مشاع در دو قرن گذشته ارائه نموده و نیز تجربه‌های عملی را ذیل سه‌گانه‌ی راهبرد دولت‌گرا، بازارگرا و جلب مشارکت اجتماع محلی دسته‌بندی می‌کنند تا نقدی بر ناکارآمدی راهبرد یکسویه‌نگر در مدیریت مشاعات باشد. بنابراین در حوزه سرزمینی ایران در خصوص نظریه تراژدی مشاعات تلاشی جدی صورت نپذیرفته و عموم پژوهشگران و مدیران اجرایی با آن بیگانه‌اند چرا که رویکردی انتقادی به مدیریت یکسویه دولتی داشته و جایگزین‌هایی که به‌دست داده به سختی می‌تواند مورد حمایت دستگاه‌های اجرایی قرار گیرد که ریشه این مشکل عدم شناخت نشانه‌های تراژدی مشاعات و فقدان آگاهی لازم مابین مدیران و شهروندان به سبب کمبود و فقر منابع، کتاب و تحقیق در خصوص نظریه تراژدی مشاعات و رویکرد آن است یعنی عاملی که خود اساسی‌ترین محدودیت و مشکل برای نویسنده این گفتار بود.

روش‌شناسی

روش‌شناسی‌ها و روش‌ها به‌صورت‌های متفاوتی دسته‌بندی شده‌اند و منظور از روش، «فنون یا رویه‌های واقعی برای گردآوری و تحلیل داده‌ها» (بلیکی، ۱۳۸۴) است. بنابر غایت و مدعای این گفتارکه ابتدا توصیفی و متعاقباً تحلیلی است، روش تحقیق مورد استفاده، کتاب‌خانه‌ای بوده که در پناه آن داده‌های مرتبط دیگری نیز از منابع مجازی گرفته شده لذا برای عینیت و حتمیت بخشیدن به نظریه مطرح شده از آرشیوهای تصویری تنظیم گشته توسط انجمن‌های محیط‌زیستی، که در اینجا منظور انجمن سبز چیا است بهره‌برداری به‌عمل آمده است که با لحاظ این مهم می‌توان آن را ذیل تحقیق اسنادی نیز دسته‌بندی نمود چرا که از منابع بیرونی و داده‌های دست دوم استفاده می‌نماید.بنابراین «روش‌شناسی پژوهش، رویکرد کلی از تفکر و مطالعه درباره واقعیت اجتماعی یا پدیده مورد مطالعه را مشخص می‌کند» (قاسمی، ۱۴۰۲) که به‌صورت ترکیبی روش کتاب-خانه‌ای و نیز اسنادی مورد توجه است.

چهارچوب نظری

بنابه بدایت، نظریه تراژدی منابع مشترک ابتدا با نام گِرت هاردین و متعاقباً الینور آستروم گِره خورده است؛ آغاز بحث با انتشار مقاله‌ای توسط هاردین در مجله‌ی ساینس (۱۹۶۸) بود یعنی دوره‌ای که بحران‌هایی در عرصه نظریه و عملِ جوامع صنعتی در حال آشکار شدن به‌نظر می‌رسید. هاردین با به‌دست دادن نظریه منابع مشترک، نقد خویش را متوجه تحولات در حالِ شدن کرد که کوششی برای بازنگری نظری و درک مسائل موجود از نگاهی نو بود لذا « هاردین به‌عنوان یک بوم‌شناس که دغدغه مسائل زیستی داشت، سخت متوجه مسائل عمومی و اقتصادی نیز بود. موضوع پرآوازه‌ترین اثر او هم در واقع توضیحی از منطق کنش جمعی بود؛ توضیحی انتقادی از سرشت رفتار عقلایی بشر و پیامدهای ویرانگری که می‌تواند بر منافع و منابع مشترک داشته باشد» (عطارزاده، ۱۴۰۱).وی به بررسی رابطه رفتار عقلایی بشر در بهره‌برداری از یک منبع مشترکِ پایان‌پذیر و منطق کنش جمعی پرداخت که مصادیق آن فراوان و به نوعی جریان‌یافته در بطن زندگی انسان‌های موجود است یعنی بهره‌برداری جنگل‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای، صید ماهی، استفاده از منابع آب، فضای سکونت شهری، ترافیک، غیره و ذالِک. به‌واسطه

اهمیت دقت درخصوص منابع مشاع، امکان صورت‌بندی این منابع ذیل دوگانه، منابع مشاع طبیعی و منابع مشاع انسانی وجود دارد.«منابع مشاع طبیعی شامل هوا، آب‌های زیرزمینی، چشمه‌ها و رودخانه‌ها، آب‌های آزاد، جنگل‌ها، مراتع، تنوع زیستی و منابع مشاع انسانی شامل کامپیوترهای بزرگ، خزانه‌های دولتی و شرکت‌ها و اینترنت است» (آستروم، ۲۰۰۲).

هاردین و پیش از او، ویلیام فورستر لوید در سال ۱۸۳۳ برای تشریح نظریه تراژدی مشاعات از استعاره گله‌داری چندین چوپان در مراتع مشترک بهره برده‌اند. شرح آن چنین است که چندین گله‌دار، دام‌های خویش را به مرتعی مشترک می‌برند و به بنابه غایتی عقلانی، هر کدام از آنها سعی در این دارند که بیشترین استفاده از مرتع محدودی که وجود دارد را از آنِ خود کنند لذا تعداد احشامش را در آن مرتع افزایش می‌دهد.این رفتاری است که توسط طرف‌های مقابل نیز صورت می‌گیرد که رقابتی بر سر کسب منفعت شخصی قلمداد می‌شود لیکن در نهایت موجب پایان یافتن مرتع شده و موجبات زیان جمعی را به ارمغان می‌آورد که علت‌العلل آن، مصرف بیش از اندازه و بیرون از قاعده‌مندی است؛ بدین واسطه هر گله‌داری که به تعداد احشام حاضر در گله خویش می‌افزاید، درصد زیان‌دیدگی دیگران را بالا برده یعنی تلازمی بین میزان بهره‌برداری شخصی و اتمام منابع (زیانِ جمعی) تشخیص داده نمی‌شود لذا منطق کنش عقلانی در بهره‌برداری از منابع مشترک فاسد ارزیابی خواهد شد، سپس «در استعاره مرتع، هر گله‌داری نفع خود را در بهره‌برداری بیشتر از مرتع در رقابت با دیگران می‌بینند» (عطارزاده، ۱۴۰۱).اگرچه «شاید چنین ترتیبی برای قرن‌ها رضایت‌بخش می‌بود، قرن‌هایی که در اثر جنگ قبیله‌ای، شمار و بیماری‌ها، جمعیت انسان‌ها و احشام به سطح پایین‌تری از ظرفیت زمین کاهش می‌یافت اما وقتی دوره‌ای طولانی از ثبات اجتماعی ثمرات خود را نشان دهد یعنی سطح مرگ و میر انسان‌ها و احشام پایین بیاید، زمان پدیداری تراژدی فرا می‌رسد. در این سطح، منطق ذاتی منابع مشترک به‌نحوی بی‌رحمانه خلق تراژدی می‌کند» (هاردین، ۱۹۶۸).زمینه تراژدی مشاعات را منسر اُلسُن تشریح می‌نمایند که هر فردی بنابه اصل بیشینه کردن سود خود دست به کنش می‌زند و این یک انتخاب عقلانی است؛ اما همین کنش عقلانی،ای بسا در تعارض با منافع جمعی قرار گیرد؛ پس منعفت جمعی که عموما بلندمدت نیز نمود پیدا می‌کند به‌واسطه تحدی در استفاده از منابع مشترک و غیرشخصی به محاق رفتنی است یعنی هر گله‌دار تصمیم می‌گیرد برای افزایش مطلوبیت خویش به تعداد دام‌ها بیافزاید که این فزونی می‌تواند دو جنبه ایجابی و سلبی داشته باشد. وجه مثبت آن این است که با افزایش هر یک دام به گله توسط مالک، منافعی بیشتر برای وی حاصل می‌شود که برآمده از فروش دام اضافی است و وجه منفی آن، چرای بیش از اندازه دام در آن مرتعِ مشخص بوده لکن نکته شایان توجه بدین شرح رفت که چرا بایستی چرای بیش از اندازه یک گله‌دار، زیانی را بیافریند که متوجه کل گله‌داران شود.به تعبیری رساتر، هنگامی که یک گله‌دار یک دام را به مرتع اضافه می‌کند، مطلوبیت منفی وی یک واحد است که به نسبت سهم خود در آن مرتع ناچیز می‌رسد اما تنها شیوه ممکن برای مطلوبیت بیشتر همین بوده و به تبع عقلانیت ابزاری، سایر گله‌داران نیز چنین رویکرد را اتخاذ خواهند نمود و اینجاست که تراژدی منابع مشترک رقم می‌خورد لذا به اعتقادِ هاردین «هر فردی گرفتار نظامی است که او را به رشد نامحدود گله‌اش، در جهانی که محدود است، وا می‌دارد» (هاردین، ۱۹۶۸) نتیجت منطق، کنش فردی در درون یک زمین مشترک، تعیین‌کننده سرنوشت آن خواهد بود؛ بدین طریق «در جامعه‌ای که باور به آزادی در بهره‌برداری از منابع مشترک وجود داشته باشد، هر فردی در پی بیشترین منفعت خود از این منابع خواهد بود.در اینجا، ویرانی سرنوشت محتوم است. آزادی در بهره‌برداری از منابع مشترک به چیزی جز تباهی برای همه نمی‌انجامد» (همان). آستروم در ادامه و فراتر از هاردین می‌افزاید: «منابع با مالکیت مشترک انواعی از کالاها هستند که نمی‌توان به آسانی استفاده افراد از آن را محدود کرد و از طرفی تولید مجدد آن بسیار هزینه‌بر است و همچنین با مصرف افراد مقدار آنها کاهش می‌یابد، البته این کالاها می‌تواند ساخته دست انسان یا طبیعی باشد مثل آب، معادن یا جنگل‌ها» لیکن هنگامی که وضعیت به سمت بحران حرکت کند، بایستی توجه داشت که «این کالاها معمولاً دارای یک هسته هستند که باید از آنها محافظت شود تا در اثر استفاده حداکثری از این دارایی‌ها، هنوز امیدی برای تولید مجدد آنها وجود داشته باشد» (بشیری، ۱۳۸۸).مسیری که ما در پیش گرفته‌ایم چنین چشم‌اندازی را به تصور نمی‌رساند که جایی برای هسته یا حداقل درکی از وجود داشته باشد؛ به این دلیل که طبیعت انسان و خُلق وی، نیرویی تغییرناپذیر بوده که منفعت جمعی را در آخرین ردیف اولویت‌ها قرار می‌دهد لذا امکان کنش جمعی «هنگامی‌ست که گروهی از مردم با

یکدیگر همکاری کنند تا به هدفی جمعی برسند» (عطارزاده، ۱۳۹۹)، پس رانده شده و به توالی آن، قابلیتی برای تولید یا مهم‌تر از آن، بازتولید کالای جمعی وجود نخواهد داشت. وقتی نقصِ بهره‌برداریِ اشتراکی از مشاعات آشکار می‌شود، اصلاحات حوزه‌ها دشوار است. هیچ‌کس مالکِ اتمسفرِ زمین نیست؛ بنابراین همچون زباله‌دانی مشترک با آن رفتار می‌شود که هرکس می‌تواند زباله‌هایش را در آن بریزد. باران‌های اسیدی، اثراتِ گلخانه‌ای و فرسایش لایه‌ی محافظ زمین، اُزون، چندتایی از عواقبِ ناخواسته این رفتار هستند. صنایع و کشورها تصفیه زباله‌های صنعتی را به‌نحو بازدارنده‌ای گران می‌دانند. با اقیانوس‌ها هم همچو زباله‌دانی‌های عمومی رفتار می‌شود. پس ادامه‌یِ دفاع از آزادیِ آلایش، درنهایت به نابودیِ همگان می‌انجامد.

مختصرِ زریبار

دریاچه زریبار به‌عنوان یک اکوسیستم آبی درون‌جوش در فاصله ۳ کیلومتری غرب و شمال‌غرب شهر مریوان قراردارد. طول محیط دریاچه ۲۵ کیلومتر و حداکثر عمق آن به ۶ متر نمی‌رسد. متناسب با شرایط آبدهی چشمه‌های داخلی و تخلیه رودخانه‌های منتهی به آن، مساحتی مابین ۸/۷ تا ۲۰ کیلومتر مربع را به‌خود اختصاص می‌دهد. دیگر اینکه ارتفاع دریاچه از سطح دریاهای آزاد قریب به ۱۲۸۵ متر است. این دریاچه در تاریخ ۲۱ ژانویه ۲۰۱۰ (۱۳۸۸) در فهرست میراث طبیعی ایران به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه آب شیرین جای یافت. متعاقباً، زریبار به‌عنوان یک واحد اکولوژیکی و یک سیستم آبی منحصر به‌فرد شمرده می‌شود که گونه‌های آبزی متعددی را خود جای داده و متعددی از پرندگان بومی و مهاجر زیست خویش را وابسته به آن‌اند.اضلاع دریاچه متشکل از زمین‌هایی است که مورد استفاده ساکنان و افراد محلی قرار می‌گیرد که رده‌های شغلی متعددی از کشاورز گرفته تا چای‌فروش را شامل می‌رساند؛ این زمین‌ها منتهی به جنگلِ بلوطی می‌شود که درختان آن، ایستاده به تماشای زریباراند.

به‌لحاظ اقلیمی بایستی اظهار داشت که بنابر داده‌های موجود، متوسط بارش سالیانه مریوان بر اساس آماری ۱۵ ساله حدود ۸۸۵ میلی‌متر محاسبه شده است که باتوجه به ۱۴۷۴ کیلومتر مربع حوزه آبخیز دریاچه حجم باران سالیانه کمی بیش از ۱۳۰ میلیون متر معکب می‌باشد و بر اساس همین آمار، تبخیر سالیانه ۵۳۰ میلی‌لیتر است لذا حجم کل تبخیر در حدود ۷۸ میلیون متر معکب تخمین زده شده است؛ بنابراین حجم تغذیه سالیانه آب دریاچه کمی بیش از ۵۲ میلیون متر مکعب خواهد بود.چنانچه حجم حداقل آب دریاچه ۳۲ میلیون متر معکب باشد، سالیانه حدود ۲۰ میلیون متر مکعب آب از طریق رود زریبار از دریاچه خارج می‌شود. در نهایت، اگر افزایش حجم آب سالیانه کمتر از ۲۰ میلیون متر مکعب باشد، مفهوم این خواهد بود که چشمه‌های کف دریاچه تحت تأثیر افزایش ارتفاع قرار گرفته و بدین‌واسطه قادر به تخلیه حجم آب معمولی خود نیستند و چه بسا که مسیر تخلیه آب تغییر کند و موجودیت دریاچه نیز متوجه خطر گردد.

تراژدیِ زریبار

استفاده بی‌رویه و غیر مسئولانه از منابع مشاع در حدود دریاچه زریبار و جنگل‌های منطقه، از مشهودترین پدیده‌هایی است که معذل‌وار آینده آنها را دستخوش ناامنی قرار داده و به‌وجود آمدن زیان جمعی، نه تنها جایگاه نسل‌های آینده را متزلزل خواهد ساخت بلکه به مثابه یک ویروس با سرعت بالایی در بین ساکنین منطقه و دیگر بهره‌برداران پخش می‌شود که در نتیجه آن، اصل رقابت گله‌دار بر سر حداکثر استفاده در استعاره مرتع شکل می‌گیرد بنابراین تراژی در منابعی که مشترک‌اند قریب‌الوقوع خواهند بود. این مهم در صورتی که عام‌گرایانه ارزیابی شود، به مرور بخش‌های بیش‌تری از زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد لذا حرکت به سمت و سوی کنترل جمعیت خواهد بود لیکن این راه‌حلی موقت است؛ پس بایستی مواجهات ما با طبیعت به همراه بهره‌برداری از منابع مشترک به گونه‌ای کانالیزه شود که مرگ منابع مشاع به‌واسطه سودجویی شخصی رقم نخورد. در زیر شواهدِ حرکت در مسیر تراژدی مشاعات خواهد آمد:

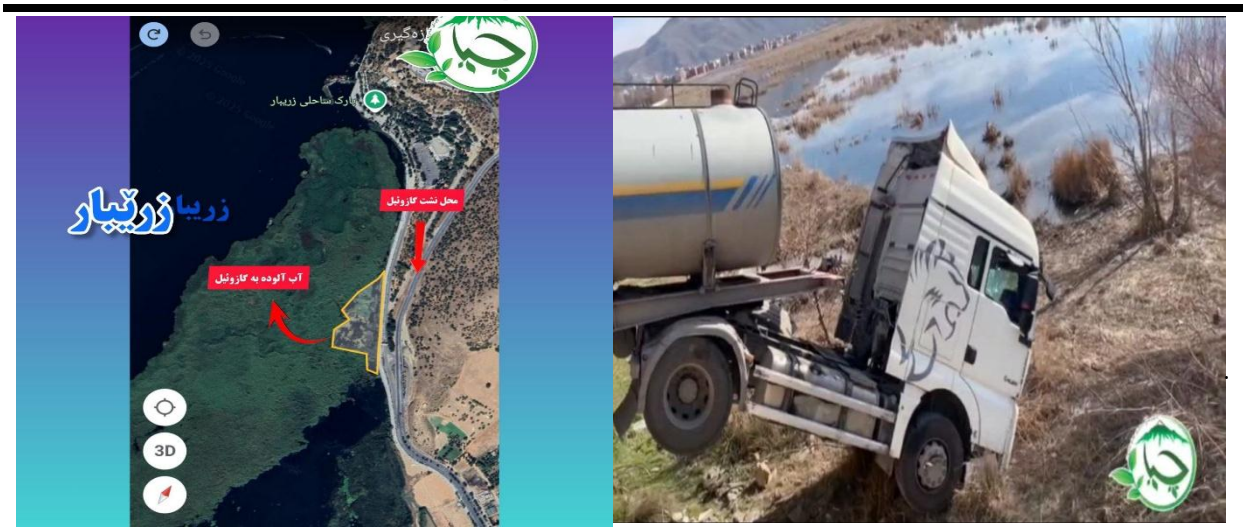
الف) ورود پساب‌های فضولی و هدایت آب‌های تصفیه شده به دشت‌ها و کناره‌های زریبار که نهایتاً وارد آن می‌شود.

منبع: **Chya_ngo**

ب) آتش‌سوزی‌های گسترده و پی در پی زریبار که به‌طوری هر ساله به گونه‌ای متواتر برای چندین بار، آتش‌سوزی در ابعاد و وسعت‌های مختلف رخ می‌دهد لذا علاوه بر اینکه منجر به بحران در این اکوسیستم می‌شود، عموماً تلف‌شدن گونه‌های جانوری و گیاهی نیز در پی دارد. هوای شهر را به‌شدت آلوده می کند و دیگر تبعاتی که فعالان محیط‌زیستی و بوم‌شناسان به آن آگاهی دارند.

منبع: **Chya_ngo**

پ) آلودگی آب دریاچه در قسمت ورودی شهر به‌دلیل واژگونی ماشین حامل گازوئیل در تاریخ ۲۹ بهمن که در نتیجه آن بیش از پانصد لیتر گازوئیل پس از سرازیر شدن جاده به دریاچه نفوذ کرده و وارد آب شد.



ت) شخم‌زدن زمین‌های اطراف دریاچه توسط شهرداری مریوان با اهدافِ نامعلوم و شخصی

منبع: Chya ngo

خطرات دیگری نیز متوجه دریاچه زریبار و منابع آبی وابسته به آن است از جمله کشتِ برنج در زمین‌های ساحلی دریاچه یا حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق جهت بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی جهت کشت محصولتی مانند تنباکو یا هندوانه که مقدار آب لازم جهت پرورش آن چندین برابر محصولات بومی بوده و ضربه‌ای مهلک به منابع آبی وارد می‌سازد. این در حالی‌است که به سبب تغییرات اقلیمی و خارج شدن شریانات آب‌وهوایی از الگوهای متعارف، سیاره ما نیز به‌عنوان محیط زندگانی انسانِ کنونی به سمت‌وسویی درخشان در حرکت نیست.

تراژدیِ زاگرسِ مریوان

ناامنیِ زیستی و خطرات موجود فقط متوجه دریاچه زریبار نیست بلکه کلیه پوشش‌های جنگلی حاضر در شهرستان مریوان نیز مورد تعرض قرار گرفته و در دوره بیماری به سر می‌برند؛چراکه تهدیداتی فزاینده علیه آنان در جریان است و هر روز بیشتر از

روز قبل صدمه می‌بینند، گونه‌های جانوری و گیاهی رو به نیستی می‌گذارند و از ارزش بهره‌برداری جمعی آنان کاسته می‌شود لذا زیان‌دیدگی عمومی سیر صعودی پیدا نموده که لازمه کند شدن یا توقف آن، پیگیری اقداماتی جدی و فراگیر ارزیابی می‌شود. اکنون به شرح خطرات موجود پرداخته خواهد شد:

الف) تخریب جنگل با اهداف متنوع

درختانی که در زاگرس عمدتاً بلوط بوده و تنه آنان به سبب بافت سخت و مستحکم، مورد استفاده برای ذغال و آتش البته به شیوه‌ای گسترده است؛ در بیشتر روستاهایی که بدور از محیط شهری‌اند، درختان بلوط برای تهیه ذغال قطع می‌شوند که نمونه‌های بسیار جدی آن را می‌توان در روستاهایی نظیر «گیلی کران»، به شخصه شاهد آن بوده‌ام، دید که در مقابل سود ناچیزی چنان خسارتی به جنگل‌ها وارد می‌آورند که جبران آن زحمتی برای چندین نسل خواهد داشت اما به‌همین جا ختم نمی‌شود. در برخی دیگر از مناطق، درختان بلوط را ریشه‌کَن می‌کنند تا از زمین‌های به‌دست آمده باغات انگور به‌عمل آورند که در عمده روستاها شایع است برای نمونه روستاهای «شرکه، برده‌رشه، سردوش، کال و...» شاهدی بر این مهم‌اند.

منبع: Chya ngo

نکته شایان توجه این است که میانگین سالانه رشد درخت بلوط که بخش حداکثری جنگل‌های زاگرس را تشکیل می‌دهد، ۱/۸ میلی‌متر است یعنی درخت بلوطی که ۱۰۰ سانتی‌متر قطر دارد؛ سن آن نزدیک به۱۷۷ سال است؛ بنابراین اگر اصل بیشینه‌سازی سود شخصی همچنان و با قوت پیگیری شود، بلاشک زاگرس خود را در آستانه تراژدی خواهد دید.

ب) آتش‌سوزی‌های مکرر با تنوع مکانی بسیار بالا:

بیشترین میزان خسارت وارد آمده و غیر قابل جبران به جنگل‌های زاگرس ناشی از آتش‌سوزی‌هایی است که صورت می‌گیرد. به علاوه اینکه صدها گونه جانوری و گیاهی در پناه آن از بین می‌روند. گستردگی این ضرر به‌حدی است که نمی‌توان از آن ارزیابی درستی به‌عمل آورد و آنچه که امروزه نابود می‌شود و در آتش می‌سوزد، بارِ گران آنها سال‌های بر دوش‌هایمان سنگینی خواهد کرد. بر اساس آمار به‌دست آمده از انجمن سبز چیا، از تاریخ ۱۳۹۹/۳/۸ الی ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ در جنگل‌های مریوان و سروآباد ۱۸۸ آتش‌سوزی رخ داده است اما در شش ماه نخست سالی کنونی یعنی از ۱۴۰۳/۱/۱۴ الی ۱۴۰۳/۶/۳۰ دقیقاً ۲۰۰

مورد آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع این شهرستان وقوع یافته است که نشان از دو برابر شدن آتش‌سوزی‌ها در طی حدودا سه سال دارد. دیگر اینکه گویی، اجماعی بین‌الاذهانی شکل یافته مبنی بر اینکه غالب آین آتش‌سوزی‌ها عامدانه و توسط عامل انسانی صورت می‌گیرد؛ اعم از شخصی و دولتی و هویدا است که افراد برای تبدیل مرتع به زمین‌های دیمی یا تهیه ذعال مانعی بر سر راه خود نمی‌بینند تا به جان جنگل‌ها نیافتند.

علل تراژدی زریبار و زاگرس:

در اینجا منظور از علل تراژدی مشاعات زریبار و زاگرس اشاره داشتن به عواملی است که باعث می‌شوند که افراد، گروه‌ها یا حتی سازمان‌ها از منابع مشترک موجود به‌طور غیرپایدار و بی‌رویه، به زیان کلیت جامعه استفاده نمایند لذا چهار عامل اصلی تشریح می‌گردد.

الف) نبود مالکیت خصوصی یا قوانین مشترک:

زمانی که منابع مشترک مانند مراتع، آب‌های عمومی یا منابع طبیعی دیگر بدون مالکیت خصوصی یا قوانین مشخص در اختیار گروه‌های مختلف قرار می‌گیرند، خطر بروز تراژدی مشاعات افزایش می‌یابد. این وضعیت به این دلیل است که وقتی منابع در مالکیت مشترک قرار دارند و هیچ‌کس به‌طور مشخص مسئول حفظ و مدیریت آن‌ها نیست، افراد احساس می‌کنند که هیچ‌گونه مسئولیتی نسبت به کاهش یا تخریب منابع ندارند. در واقع، هر فرد تنها به امکان بهره‌برداری خود از طبیعت مستقل از دیگری می‌اندیشد و استفاده بیش از حدی خود را اثرگذار بر وضعیت کلی و موجودت منابع مشاع نمی‌پندارد لذا این باور تسری یافته و به جای حفظ بلندمدت آن جهت امکان برخورداری نسل‌های آینده نیز از آن، فقط به منافع موقتی و کوتاه‌مدت خویش توجه دارند تا حداکثر بهره‌برداری صورت گیرد. این نوع رفتار فردی و عدم وجود مسئولیت مشترک در قبال حفظ منابع باعث می‌شود که به‌جای مدیریت مسئولانه و پایدار، منابع به‌طور بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی برای آینده مصرف شوند. برای جلوگیری از این وضعیت، نیاز به راهکارهایی مانند ایجاد مالکیت خصوصی (که افراد یا گروه‌ها را مسئول حفظ منابع می‌کند) یا تعیین قوانین و مقررات دقیق برای مدیریت منابع مشترک وجود دارد تا افراد با درک مسئولیت‌های خویش در قبال منابع مشترک، کوشش خود را متمرکز بر جلوگیری از تخریب کنند و اطمینان حاصل شود که از منابع بهربرداری پایدار صورت می‌گیرد.

ب) عقلانی بودن بهره‌برداری بی‌رویه بر اساس منطق فردی:

از نکات مهم نظریه تراژدی مشاعات، داشتن منشأ عقلانی برای چنین پدیده‌هایی است؛یعنی هر فرد به‌طور طبیعی و البته منطقه در پیِ حداکثر سازی منافع خود بوده حتی اگر به بهای ان ضرر جمعی و وارد آمدن صدمات غیر قابل جبران به منابع مشاع باشد لذا در یک وضعیت مشاعتی، مانند یک زمین مشترک یا منابع آب عمومی، هر فرد به‌طور عقلانی می‌بیند که مصرف بیشتر منابع یا استفاده بیشتر از آن‌ها (مثل آوردن دام‌های بیشتر به زمین) تأثیری قابل توجه بر کل منبع نخواهد داشت. این باور به دلیل این است که هر فرد فکر می‌کند که در مقیاس بزرگ‌تر، تأثیر اقدامات او آنقدر کوچک است که به‌تنهایی تفاوتی نمی‌کند. به‌عبارت دیگر، هر فرد ممکن است فکر کند که اگر خودش یک دام بیشتر وارد کند، فشار زیادی به منبع وارد نمی‌شود و دیگران همین کار را خواهند کرد. در نتیجه، هر فرد سعی می‌کند که منافع شخصی خود را حداکثر کند و از هر فرصتی برای بهره‌برداری بیشتر از منابع استفاده می‌کند. اما مشکلی که پیش می‌آید این است که وقتی همه افراد همین استراتژی را دنبال می‌کنند، نتیجه جمعی این رفتار به تخریب منابع می‌انجامد. وقتی تعداد زیادی از افراد به‌طور همزمان در حال بهره‌برداری بی‌رویه از یک منبع باشند، منابع به‌سرعت به پایان می‌رسند یا کیفیت آن‌ها کاهش می‌یابد.

پ) نبود اطلاعات و عدم اگاهی:

از عواملی که زمینه تراژدی مشاعات را به‌خوبی فراهم آورده، نبود اطلاعات لازم و فقدان آگاهی کافی است و تا هنگامی که افرا و گروه‌ها از تأثیرات منفی رفتار خود بر منابع مشاع مطلع نباشند، غالباً به بهره‌برداری بی‌رویه و غیر پایدار ادامه خواهند داد. این مهم ناشی از عللی چون عدم دسترسی به اطلاعات، درک نادرست از نتایج بلندمدت، فرض رفتار مشابه دیگران و عدم آموزش و فرهنگ‌سازی بوده که برای مقابله با این مسئله، بایستی هدف را افزایش آگاهی عمومی قرار داد و اطلاعات صحیح را

از طُرق صحیح‌تر و البته تأثیرگذار همانند تلویزیون در اختیار مردم گذاشت تا تصمیماتی آگاهانه‌تر و مسئولانه‌تر در قبال منابع مشترک موجود صورت پذیرد.

ت) فقدان قوانین و ضعف در اجرای آنها در صورت وجود:

ضعف در اجرای قوانین یکی از دلایل اصلی بروز تراژدی مشاعات است. حتی اگر قوانین یا مقرراتی برای حفاظت از منابع مشترک وجود داشته باشد، اگر نظارت و اجرای این قوانین به‌طور مؤثر انجام نشود، افراد می‌توانند به بهره‌برداری بی‌رویه ادامه دهند. از دلایل

این ضعف مهم، می‌توان به کمبود منابع نظارتی، مشکلات در هماهنگی نهادها و بی تفاوتی سازمان‌های مربوطه اشاره داشت.

نتیجه‌گیری

گرِت هاردین و الینور آستروم با وضع نظریه تراژدی مشاعات در پیِ این مهم بودند که برخودرد کنونی جوامع انسانی با منابعی که بقای ما وابسته بدان بوده، خالی از آگاهی و نگاه بلندنظرانه به آن است؛ این مسئله چند بعدی و پیچیده فقط متوجه ما نیست بلکه متوجه کلیت زمین به مثابه مأمن انسان است. اگرچه، مفهوم تراژدی مشاعات یک مشکل اقتصادی است که در آن فرد با مصرف یک منبع، به جامعه آسیب می‌رساند اما در نهایت تمامی افراد جامعه از کاهش دسترسی به این منابع زجه خواهند کشید و ممکن است به‌طور مستقیم بر زندگی آنها کارگر افتد اما آنچه چرخه پایدار بهره‌برداری را به انسداد می‌کشاند، کاهش اعتماد اجتماعی در نتیجه نابرابری در دسترسی و کاهش این دسترسی به منابع مشاع است یعنی وقتی افراد مشاهده می‌کنند که دیگران از منابع به‌طور بی‌رویه استفاده می‌کنند و این باعث تخریب منابع می‌شود، احساس ناامیدی و بی‌اعتمادی در میان افراد افزایش می‌یابد. این وضعیت می‌تواند همکاری‌های اجتماعی را تضعیف کرده و باعث شود که افراد دیگر تمایلی به همکاری برای حل مشکلات جمعی نداشته باشند. به‌علاوه، افراد ممکن است به این نتیجه برسند که تلاش برای حفظ منابع مشترک بی‌فایده است، زیرا دیگران همیشه آن‌ها را مورد بهره‌برداری بی‌رویه قرار خواهند داد. در کل بایستی تلاش‌های ما به راه‌حلی منتهی گردد که نه تنها منافع فردی تأمین گردد بلکه در اثنای آن به حفظ منابع برای به‌دست دادن قابلیت‌هایی زیستی جهت تأمین منافع نسل‌های متعاقب ما نیز یاری رساند و به تعبیری رساتر، به‌نظر می‌رسد که ایجاد تعادل مابین نیاز-های کنونی ما و تامین منابع برای آیندگان راه‌حلی این معضل خواهد بود.

منابع

بشیری، ن. ۱۳۸۸. **الینور استروم برنده جایزه نوبل ۲۰۰۹**، نشریه اقتصادی، شماره ۸۷، صفحات ۶۹-۶۴.

بلیکی، ن. ۱۳۸۴. **طراحی پژوهش‌های اجتماعی، ترجمه حسن چاوشیان**، تهران: نشر نی.

عطارزاده، ب. ۱۳۹۹. **منطق کنش جمعی و پیامدهای آن بر سیاست‌گذاری و توسعه اقتصادی**، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۳۷۱-۳۵۰.

عطارزاده، ب. ۱۴۰۱. **شرحی از نظریه تراژدی منابع مشاع در اندیشه گرِت هاردین و درس‌های آن برای ما**، فصلنامه سیاست‌گذاری عمومی، دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۱۶۸-۱۴۷.

قاسمی، ح. ۱۴۰۲. **مرجع پژوهش، چاپ اول، ویراست بیستم**؛ انتشارات اندیشه‌آرا

کاضمی، ح.، نوربخش، س. ۱۴۰۱. **مدیریت منابع مشاع؛دیدگاه‌های نظری و تجربه‌های عملی**، فصلنامه سیاست‌گذاری عمومی، دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۱۴۵-۱۲۹.

Ostrom, E. 2002. Reformulating the commons. Ambiente & sociedade, 5-25

Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. Science, 162(3859): 1243-1248

chya_ngo

chya.ir

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

بازگشت به دوران سبز تالاب زریبار و رهایی از هژمونی اصلاحات ارضی با اجرای آیین‌نامه تالاب‌ها

جلال جهانی

کارمند شبکه بهداشت و درمان مریوان، مریولن، ایران.jalaljahani40@gmail.com

چکیده

حوزه هیدروکلیماتولوژی تالاب زریبار و ارائه راه‌حل مشکلات این زیباترین جاذبه طبیعی غرب ایران، قطب گردشگری، پناهگاه حیات وحش و دارای آب شیرین در حوزه نام‌برده، موضوع این مقاله است. بازدیدهای میدانی از دریاچه و محیط تالاب، سازه‌ها، پوشش گیاهی، ترک‌های زمینِ تالاب و تصویربرداری از قله کوه مشرف بر تالاب از مراحل اولیه تحقیق بود. سرانجام ضمن مطالعه و جمع‌آوری تحقیقات مرتبط و مراجعه به ارگان‌های ذی‌ربط و جمع‌آوری داده‌های خام، آمار و اطلاعات لازم، اقدام به تحلیل، تنظیم و تشریح روابط بین پارامترها گردید. یافته‌ها حول محورهای آلاینده‌های آب و خاک، رسوبات ورودی به دریاچه، برداشت آب و سد زریبار این‌گونه بود: آب و خاک تالاب توسط انواع آلاینده‌های شیمیایی آلوده شده‌است. بر اثر فرسایش خاک و ورود رواناب‌ها و آب رودخانه‌های گاران و قزلچه‌سو رسوب زیادی وارد دریاچه شده‌است. همچنین بر اثر برداشت آب، حجم ذخایر آبخوان زریبار کاهش یافته و سد زریبار عامل مخربی در خود پالایی دریاچه زریبار و تبدیل کردن آن به یک اکوسیستم بسته بوده است. از راه‌حل‌های ارائه‌شده، ترسیم نقشه جدید تالاب و توسعه و افزایش مساحت آن و تبدیل دشت مریوان به دشت ممنوعه است.

کلید واژه‌ها: دریاچه زریبار، مریوان، انجمن سبز چیا، گردشگری، تالاب زریبار

Abstract

This article discusses the hydroclimatological features of Zrebar Wetland and offers solutions for the problems of this valuable natural attraction in west Iran, which is an important tourism center, wildlife habitat, and a freshwater lake. The research began with field trips to the lake and the wetland around it, photographing structures, vegetation, soil cracks in the wetland, and taking pictures from the overlooking mountain. Then, pertinent research was examined, and data was gathered from relevant organizations to obtain the required raw data, statistics, and information. A study of relations between different environmental parameters was then undertaken. The findings identify significant problems like water and soil pollution, sedimentation in the lake, water withdrawal, and the effect of Zrebar Dam, which are as follows: The water and soil of the wetland have been contaminated with many chemical pollutants. Sedimentation in the lake has been induced primarily by soil erosion and Qazalchehsu River runoff. Moreover, the process of water extraction has led to a decrease in the Zrebar aquifer's volume, whereas the Zrebar Dam has acted as a detrimental factor in Zrebar Lake's self-purification mechanisms, thus converting it into a closed ecological system. It is advisable to develop a new map of wetlands, expand its spatial coverage, and announce the Marivan Plain as a conservation area.

Keywords: Zrebar Lake, Marivan, Chya Green Association, tourism, Zrebar Wetland

مقدمه

هر جا دریاچه زریبار به‌صورت کوتاهی معرفی شود مخاطب با این عبارت ساده آشنا می‌شود: «نه‌تنها هیچ رودخانه‌ای به زریبار نمی‌ریزد بلکه رودخانه زریبار هم از آن سرچشمه می‌گیرد و آب دریاچه از چشمه‌های داخل آن تأمین می‌شود». این عبارت اگرچه به ظاهر ساده است ولی همین عبارت بیانگر اتفاقی طبیعی است که بر اثر تغییرات گسلی پیش‌آمده، و ویژگی‌های ساختاری ازجمله قرار گرفتن دریاچه در یک دشت و محصور شدن دشت توسط کوه‌ها و کوهپایه‌های اطراف، این فرضیه را تأیید می‌نماید که منبع تأمین آب چشمه‌های دریاچه یک آبخوان محدود و بسته است. بارش‌های جوی، حاصلخیزی حوضه آبخیز، اکوسیستم خاص زریبار همراه با ویژگی‌های نام‌برده یکی از منحصر به‌فردترین تالاب‌های جهان را بوجود آورده‌است. شیوه‌های نادرست کشاورزی، تصرفات در حریم تالاب، انواع آلاینده‌های آب و خاک، انتقال آب‌های مهاجم و ورود رسوب به دریاچه، برداشت آب از آبخوان زریبار و احداث غیر کارشناسی سد زریبار هر کدام به‌تنهایی تبعات منفی و مشکلات بسیاری در حوزه تغییرات اقلیمی و منابع آب و خاک بر تالاب برجای گذاشته‌اند. برای دستیابی به راه‌حل این مشکلات، پژوهشگران نیازمند انجام تحقیق یا تحلیل نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه‌ها هستند. عناوین پژوهش‌ها و مطالعات صورت‌گرفته در این زمینه‌ها در بخش منابع ذکر گردیده‌است.

به‌طورکلی، عمده نتایج حاصل از پژوهش‌ها و مطالعات پیشین موارد زیر بودند: رواناب‌های زراعی و فصلی و رودخانه‌های گاران و قزلچه‌سو با خود آلودگی و رسوب وارد دریاچه نموده‌اند. برداشت آب باعث افت سطح آب و کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی شده‌است و در نهایت سد زریبار باعث بالا بردن سطح تراز دریاچه و تغذیه‌گرایی آن شده‌است.

با توجه به‌ضرورت موضوع در این مقاله نگارنده بر آن شد تا با ارائه مقاله‌ای جامع یافته‌هایی حاصل از چند پارامتر در دسترس منابع تصمیم‌گیری در مدیریت منابع آب حوضه آبخیز زریبار قرار دهد. در این اثر که مقاله‌ای ترکیبی از نوع مقاله مروری و مقاله تجربی است، یافته‌های پژوهش‌های پیشین، تهیه شده و ضمن لحاظ نمودن فعالیت‌های تجربی و مطالعات نگارنده که به‌صورت کوتاه در بخش مواد و روش‌ها آمده است، تحلیل‌های علمی و آماری نیز صورت گرفته و نتایج جدید در قالب ۴ متغیر وابسته آمده است.

همان‌گونه که گفته شد تالاب زریبار در حوزه تغییرات اقلیمی و منابع آب و خاک مشکلات بسیاری دارد، آنچه این مقاله را با پژوهش‌ها و مطالعات دیگران متمایز می‌سازد این‌است‌که پژوهشگران قبلی گرچه نتایج کارشان علمی، معتبر و شایسته تقدیر است، اما بیشتر آن‌ها با یک متغیر، کار کرده و نتایج کارشان تشخیص یک مشکل بوده که یافته‌های آن‌ها برای تصمیم‌گیران در مدیریت منابع آب حوضه آبخیز زریبار شرط لازم برای مدیریتی کارآمد است اما شرط کافی نیست. به‌عنوان مقایسه‌ای جالب بین نتایج پیشین با فقط یک مورد از نتایج متعدد زنجیروار این مقاله، اشاره می‌شود که کم شدن قدرت جوشش چشمه‌های کف دریاچه همزمان بر اثر انتقال آب رودخانه قزلچه‌سو و سد گاران، ورود رسوب به دریاچه، احداث سد زریبار و برداشت آب، بر اثر حفر چاه‌های آب است. همچنین در پیشنهادها و راهکارهای تحقیقات سایرین روش‌های آن‌ها در راستای کم کردن اثر مشکل بوده است، مانند استفاده از روش‌های آبخیزداری نوین که مناسب حوضه‌های آبخیز و آبخوان‌های معمولی است. اما در این مقاله با توجه به اهمیت تالاب و این‌که حیات تالاب وابسته به حوضه آبخیز و آبخوان خود است، پیشنهادها و راهکارها در راستای به‌کلی حذف نمودن علت مشکل ارائه شده‌است که هم نتایج و هم پیشنهادهای این تحقیق نشان از برتری آن نسبت به تحقیقات سایرین دارد.

دریاچه زریبار در ۳ کیلومتری غرب مریوان یک بوم‌سازگان یا اکوسیستم[1] آبی و یکی از منحصر به فردترین دریاچه‌های آب شیرین در جهان و زیباترین جاذبه طبیعی غرب ایران به‌شمار می‌رود که به‌عنوان تالاب در کنوانسیون بین‌المللی رامسر ثبت شده‌است. تالاب زریبار با توجه به کارکردهای بوم شناسی یا اکولوژیک[2] به‌عنوان «پناهگاه حیات وحش زریبار» تحت نظارت

[1] Ecosystem
[2] Ecology

سازمان محیط زیست قرار دارد. و در فهرست میراث طبیعی ایران به ثبت رسیده است. دریاچه زریبار در جهت شمالی جنوبی به طول حدود ۴/۵ کیلومتر و عرض حدود ۲ کیلومتر است. در دشت زریبار مجموعه دریاچه زریبار با انواع پوشش گیاهی سر سبز از جمله نیزار و مرتع تالاب زریبار را تشکیل می‌دهند، این تالاب با مساحت حدود ۲۳ کیلومتر مربع در مرکز و کمی نزدیک‌تر به شمال دشت مریوان واقع شده که از سه طرف شرق و شمال و غرب با کوه‌های پوشیده از جنگل‌های بلوط محصور شده‌است. عمق متوسط دریاچه ۵ متر است. هیچ رودخانه دائمی‌ای به دریاچه نمی‌ریزد و منابع (طبیعی) تأمین آب آن موارد زیر است: ۱- ریزش مستقیم برف و باران بر روی دریاچه سالانه حدود ۱۸ میلیون متر مکعب. ۲- چشمه‌های کف جوش بستر تالاب که با سفره‌های زیر زمینی مرتبط است سالانه حدود ۱۲ میلیون متر مکعب. ۳- آب‌های سطحی ورودی پس از بارش باران یا برف از طریق آبراهه‌های جاری بر دامنه‌های غربی، شرقی و حوضه آبخیز سالانه حدود ۲۸ میلیون متر مکعب.

چشم‌اندازها و مناظر رؤیایی و بی‌نظیر تالاب در بالای کوه‌های فیله‌قوس، قوچه‌لوس و میرحاجی (میراجی) در اطراف آن، جلوه‌هایی واقعی همچون: ارتفاع، کوه، جنگل، دشت سرسبز، چمنزار، نیزار، مرتع، دریاچه، آسمان و پرواز با پاراگلایدر را نشان می‌دهد. در این تالاب ۲۸۰ گونه پرنده بومی و مهاجر یعنی از نظر تعداد گونه برابر با نصف کل گونه‌های پرندگان ایران زندگی می‌کنند. غاز پیشانی‌سفید کوچک، پرستوی دریایی گونه سفید، انواع اردک و لک‌لک ازجمله پرندگان این تالاب هستند. گونه‌هایی از ماهی‌های بومی و غیربومی در این تالاب زندگی می‌کنند. گیاهان شناوری چون سراتوفیلیوم، سریوفیلیوم و گونه‌های نی، هزار نی، نیلوفر آبی، پیچک‌ها، لویی و نعنا مواردی از گونه‌های گیاهی این تالاب هستند. از جانوران پستاندار تالاب می‌توان به سگ آبی، روباه، خرگوش و گراز اشاره کرد. همچنین خزندگانی چون انواع مارها و سوسمارها در تالاب دیده می‌شوند. وجود جزیره‌های سرسبز در دریاچه، تفریحاتی همچون قایق سواری و عکاسی را فراهم می‌کند. از دیگر تفریحات، ماهیگیری، پرنده نگری و پرواز با پاراگلایدر هستند. دریاچه همچنین دارای امکانات متنوع است.

با این اوصاف مشخص می‌شود که دریاچه زریبار کارکرد بوم‌گردشگری یا اکوتوریسم[1] داشته و دارای پتانسیل بسیار بالای جذب گردشگر ایرانی و خارجی است، به‌طوری‌که در سال ۱۴۰۲ یک میلیون و دویست‌هزار گردشگر به مریوان مسافرت داشته‌اند که این رقم بیش از پنج برابر جمعیت شهرستان مریوان است. پس بی‌دلیل نیست که دریاچه زریبار این قطب مهم گردشگری غرب کشور به نگین فیروزه‌ای کردستان مشهور شده‌است.

باید اذعان کنیم که این موهبت نایاب بر اثر دخالت‌های مخرب و مدیریت ضعیف تالاب در حال نابودی است. پس با این رویکرد، ابتدا به شناسایی مشکلات مدیریتی تالاب زریبار و تأثیر تغییرات اقلیمی منابع آب و خاک بر همدیگر یا همان هیدروکلیماتولوژی[2] در موضوع این پژوهش می‌پردازیم. بدین‌منظور چهار سؤال زیر را مطرح می‌نماییم: ۱- آلاینده‌های آب و خاک چه تأثیری بر حیات تالاب می‌گذارد؟ ۲ - رسوبات ورودی به دریاچه چه تأثیری بر حیات تالاب می‌گذارد؟ ۳ - برداشت آب از آبخوان زریبار چه تأثیری بر حیات تالاب می‌گذارد؟ ۴- سد زریبار چه تأثیری بر حیات تالاب می‌گذارد؟ که در آن پارامترهای آلاینده‌ها، رسوبات، برداشت آب و سد زریبار به‌عنوان متغیرهای مستقل ما هستند. و آلودگی، ارتفاع رسوب کف دریاچه، عمق سطح آبخوان و تغییر تراز دریاچه را به‌ترتیب به‌عنوان متغیرهای وابسته آن‌ها تعیین می‌کنیم که مقادیر کمی و کیفی متغیرهای وابسته در پاسخ به سؤالات را در لابه‌لای مقاله توصیف می‌نماییم.

[1] Ecotourism
[2] Hydroclimatology

شکل ۱. کوه میراجی

زمان: آبان ۱۳۸۸ عکاس: جلال جهانی

در این عکس نمایی از کل دریاچه زریبار و اطراف آن دیده می‌شود، این عکس با قدمت ۱۵ سال و نیم (تا این زمان در اردیبهشت ۱۴۰۴) از بالای کوه میراجی در فاصله حدود ۶ کیلومتری جنوب غربی دریاچه گرفته شده و با توجه به اینکه در سال‌های اخیر دریاچه و اطراف آن دچار تغییرات و آسیب‌های جدی شده است، اهمیت قدیمی بودن آن در این است که در آن آثار تخریب و تصرفات جنگل‌ها و مراتع، تغییر کاربری‌های اراضی تالاب به زمین‌های کشاورزی، باغ، باغ‌تالار و چاه‌های آب بسیار کمتر از زمان حال است

مهم‌ترین منابع آلاینده تالاب زریبار:

پساب‌ها، پسماندها، زباله‌ها و فضولات حیوانی شهر برده‌رشه و ۸ روستای حاشیه تالاب و مراکز تفریحی، نظامی، اقامتگاه‌ها و کمپینگ‌های بین راهی در مسیل‌ها، آب‌گذرها و رودخانه‌های فصلی به‌شکل بسیار نامطلوبی سرگردان بوده و دریاچه را آلوده می‌کنند. سالانه بقایای هزاران تن از آلاینده‌ها و هزاران لیتر سموم شیمیایی شامل فضولات حیوانی، انواع کود، علف‌کش، آفت کش و از جمله اوره، آمونیاک، فسفات، نیترات و سولفات پس از استفاده در زمان آبیاری در پساب اراضی کشاورزی حاشیه تالاب حل شده که از طریق بند انحرافی رودخانه قزلچه‌سو، رواناب‌های جاری در بارش‌های فصلی و در مسیر آبراهه‌ها با ورود به دریاچه باعث آلودگی آب آن می‌گردند. انتقال آب از مسیر انحرافی رودخانه قزلچه‌سو به دریاچه همچنین خود باعث ورود مقادیر زیادی رسوبات شن و ماسه، فاضلاب‌های انسانی و حیوانی روستاهای مجاور رودخانه به داخل دریاچه زریبار می‌گردد. در

پژوهشی، آقایان ویسی و میرزایی به این نتیجه رسیده‌اند که رواناب‌های زراعی به‌دلیل وجود انواع آلاینده‌ها، رودخانه قزلچه‌سو و دریاچه زریبار را آلوده نموده‌اند.

مخاطرات شهرک صنعتی دشت بیلو به‌عنوان یک آلاینده بالفعل:

شهرک صنعتی دشت بیلو در شمال حوضه آبخیز زریبار و در مجاورت تالاب زریبار قرار گرفته است. انجمن سبز چیا به‌دنبال انتخاب مکان فعلی شهرک، به‌دلیل اثرات مخرب شهرک بر طبیعت و تالاب زریبار و قرار گرفتن در دل اکوسیستم، ایجاد این شهرک را در آن محل پروژه‌ای ضد محیط‌زیستی اعلام و خواستار عدم اجرای آن شده و در برابر آن موضع‌گیری نموده‌بود. با توجه به اینکه شیب حوضه آبخیز زریبار در جهت شمال به جنوب است حتی پس از استفاده از تصفیه‌خانه وجود و فعالیت آن شهرک به‌خودی‌خود برای حیات تالاب مخاطره‌آمیز بوده و ضمن ایجاد آلودگی‌های صوتی و نوری، با پساب‌ها و پسماندهای خود آب و خاک محیط تالاب را آلوده می‌نماید.

تبعات منفی آلاینده‌ها بر حیات تالاب:

اثرات وارده آلاینده‌ها در تالاب به‌طور مستقیم بر حیات انسان، موجودات زنده، اجتماعات بیولوژیک و زنجیره غذایی تأثیر می گذارند و دریاچه را دچار تغذیه‌گرایی می‌نمایدکه منجر به تهدید تنوع زیستی تالاب می‌شود. فضولات دامی اسید کربنیک آب را کم کرده و سطح pH (غلظت یون هیدروژن) آب را بالا برده که منجر به قلیایی شدن آب دریاچه و تهدید حیات آبزیان می گردد. گونه‌های گیاهی آبزی به‌عنوان اولین حلقه زنجیره غذایی از تغییرات اکولوژیک از جمله برداشت آب تغییر کاربری اراضی، تولید و ریختن پساب و پسماند تأثیر منفی می‌پذیرند. دو گونه گیاهی آبزی یکی ماکروفیت‌ها عمدتاً در حاشیه دریاچه و دیگری فیتوپلانکتون‌ها در پهنه آبی می‌رویند که با ورود آلاینده‌هایی همچون سولفات، فسفات و نیترات پهنه رویشی این گونه‌های گیاهی و جلبک‌ها را افزایش می‌دهند که پس از فصل رویشی بقایای آن‌ها ضمن تجزیه، اکسیژن مصرفی زیستمندان دریاچه را کم کرده و به‌دنبال آن باکتری‌های بی‌هوازی ترکیبات بدبو تولید می‌کنند. افزایش سطح پوشش ماکروفیت‌ها و فیتوپلانکتون‌ها با برگ‌های شناور و غوطه‌ور مانع رسیدن نور به لایه‌های زیرین آب شده و در حیات زیستمندان نیازمند نور، اختلال ایجاد می‌کنند. همچنین جلبک‌ها در حالت شکوفایی خود با تولید مواد سمی و توکسین‌ها بر سلامت جوامع جانوری و گروه‌های انسانی‌ای که از آن‌ها استفاده می‌کنند تأثیر منفی بر جای می‌گذارند. تغذیه‌گرایی دریاچه همچنین باعث شده که گونه‌هایی از پرندگان از جمله اردک اره‌ای، اردک بلوطی و قوی کوچک در معرض انقراض قرار گیرد که زیر چتر حفاظت بین‌المللی هستند. افزایش مواد مغذی در تالاب همچنین باعث شده که مطابق تصاویر ماهواره‌ای لند ست مساحت نیزارهای دریاچه از ۱۰۵۷ هکتار در سال ۱۹۹۱ به ۱۴۲۳ هکتار در سال ۲۰۱۳ افزایش یابد. فرآیند رشد نیزار باید در بستری طبیعی صورت بپذیرد: از بین رفتن آن در آتش‌سوزی یا رشد بی رویه در مغذی شدن تالاب موازنه اکولوژیک دریاچه را بر هم می‌زند، زیرا نیزارها علاوه بر داشتن سرسبزی و طراوت، محل مناسبی برای لانه‌سازی، تخم‌گذاری و جوجه‌آوری پرندگان و تخم‌ریزی ماهی‌ها در کناره‌های آبی دریاچه هستند.

ورود رسوب به تالاب

سد گاران و بند انحرافی رودخانه قزلچه‌سو باعث ورود آلاینده‌ها و رسوب زیادی به دریاچه و حاشیه‌های آن می‌شوند که این دو منبع آب با توجه به آلایندگی و رسوب‌گذاری آب مهاجم[1] و ناپایدار هستند. ناپایداری آب در شرایطی رخ می‌دهد که ویژگی های کیفی آب نظیر سختی، قلیایی بودن، دما، TDS (مجموع املاح جامد محلول در آب) و pH متعادل نباشد. منابع آب طبیعی تالاب شامل رواناب‌های فصلی، بارش‌های مستقیم و چشمه‌های کف‌جوش دریاچه می‌شوند. میزان رسوب ورودی به دریاچه (بدون احتساب حقابه سد گاران به دریاچه زریبار) بر پایه خروجی حوضه آبخیز زریبار (ایستگاه هیدرومتری قلاع) برابر با ۲۹۳۰۶ تن در سال محاسبه شده‌است. همچنین متوسط آورد رسوب سالیانه از طریق کانال انتقال آب از رودخانه قزلچه‌سو به میزان ۷۳۷ تن در سال برآورد شده‌است.

[1] aggressive water

عوامل ورود رسوب به تالاب زریبار با دخالت انسان:

آب انتقالی از سد گاران و از بند انحرافی رودخانه قزلچه‌سو، ۲- پساب‌های کشاورزی حاشیه تالاب، ۳- شخم زدن در جهت شیب (از بالا به پایین) به‌جای شخم زدن افقی، ۴-تغییر کاربری مراتع حاشیه تالاب و جنگل‌های شرق و غرب تالاب به اراضی کشاورزی و ۵- سد خاکی زریبار از نوع دایک[1] (دایک‌ها در واقع سازه‌ای هستند برای مهار کردن ارتفاع سیلاب در سواحل رودخانه‌ای).

برداشت آب

حوضه آبخیز دریاچه زریبار در دشت مریوان واقع شده و مساحت آن ۱۵۸۲۷ هکتار (۲۳۸ کیلومتر مربع) است که در دل آن آبخوان (سفره آب زیرزمینی) زریبار قرار دارد و با خود دریاچه دارای مساحتی برابر با ۸۸ کیلومتر مربع است. این آبخوان در جهت شمال به جنوب از روستای کانی میران تا روستای درزیان امتداد دارد، در وسط آبخوان زایده وسیعی به‌سمت شرق امتداد یافته که از زیر سطح شهر مریوان عبور کرده و به روستاهای لنج‌آباد و سلسی می‌رسد. برداشت آب تا سال ۱۳۸۷ در مدت ۱۳ سال، ۱۳ برابر شده‌است و در سال ۱۳۸۷ در مریوان به میزان ۲۳ میلیون متر مکعب آب (تقریباً ۲ برابر چشمه‌های کف جوش زریبار) از چاه‌های آب برداشت شده‌است. در تحقیقی آقایان گویلی و بهبهانی به این نتیجه رسیده‌اند که عمق آب زیرزمینی منطقه افزایش داشته است و این به‌معنای افت سطح آب و کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی می‌باشد. نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات دیگر نشان می‌دهند که بیلان آب[2] (بیانگر موجودی و تغییراتی است که در موجودی آب در یک محدوده زمانی و مکانی به‌خصوص رخ می‌دهد.) دشت مریوان منفی است. حفر چاه باعث خشک شدن و کم آب شدن چشمه‌های داخل جنگل‌های مابین دو روستای کانی‌سانان و سردوش شده‌است. همچنین باعث ضعیف و خشک شدن پوشش گیاهی چمنزارهای مابین دریاچه زریبار و سه‌راه برده‌رشه و ترک‌خوردگی آن زمین‌ها شده‌است.

تبعات منفی برداشت آب از حوضه آبخیز زریبار و آبخوان زریبار:

۱-افت سطح آب و کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی و کاهش حجم آب دریاچه زریبار، ۲-کم‌شدن رطوبت سطحی خاک و از دست‌دادن سرسبزی و طراوت تالاب. ۳- نابودی تنوع زیستی و چرخه غذایی گیاهان، آبزیان، جانوران، پرندگان، حیات وحش و از بین بردن کارکرد اکولوژیکی تالاب.

این در حالی‌است که خشک‌سالی نیز یک تهدید است و ما باید در مدیریت آب آمادگی مقابله با آن‌را داشته‌باشیم. خشک‌سالی های گسترده ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ در بخش‌های وسیعی از نواحی استپی و نیمه‌خشک تا اقلیم‌های خشک قاره آسیا نشان‌دهنده‌ی استعداد این قاره به خشک‌سالی است. در مریوان نیز یک دوره خشک‌سالی ۴ ساله از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ و یک دوره خشک‌سالی ۶ ساله از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۱ به وقوع پیوسته‌است. با این اوصاف حوضه آبخیز زریبار شرایط لازم برای ارتقا به دشت ممنوعه را دارد. دشت ممنوعه دشتی است که در آن اجازه حفر چاه جدید و تخلیه اضافه داده نمی‌شود و برداشت‌ها باید براساس قوانین خاص انجام شود. دشت‌های ممنوعه کشور در سال ۱۳۹۸، تعداد ۴۰۵ دشت بوده است.

تبعات منفی احداث سد زریبار بر تالاب:

تا پیش از احداث سد زریبار، این تالاب قدرت خود پالایی داشت، یعنی رسوب کمتری وارد می‌شد و همین رسوب در سرریز طبیعی تخلیه می‌شد و ورودی و خروجی رسوب یکسان بوده است. پیشتر سرریز طبیعی آن در تراز ۱۲۹۰ بوده که سالانه ۱۰ میلیون متر مکعب (برابر یک سوم حجم آب دریاچه) آب از آن تخلیه و وارد رودخانه سیروان می‌شده‌است. طبق مطالعات مهندسین مشاور مهساب شرق سالیانه در حدود ۸/۸ میلیون متر مکعب رسوب (حجم رسوب تقریباً برابر یک سوم حجم آب دریاچه) از بند انحرافی رودخانه قزلچه‌سو وارد دریاچه می‌شود، تا چه رسد به رسوب سایر عوامل نام‌برده! به‌طوری‌که با گذشت ۶ سال و در سال ۱۳۸۸ عمق دریاچه ۱ متر کاهش داشته که تغییر عمق بسیار قابل توجهی است. یعنی گستره‌ای از رسوب

[1] Dyke
[2] Water balance

(در مبنای سال ۱۳۸۸) با ضخامت ۱ متر بر کف دریاچه قرار گرفته است. چنانچه کاهش عمق را در حال حاضر (سال ۱۴۰۳) در نظر بگیریم با کاهشی به‌مراتب بیشتر از ۱ متر روبه‌رو خواهیم بود. از طرفی سد زریبار پس از روان شدن آب‌های مهاجم سد گاران و رودخانه قزلچه‌سو سطح دریاچه را حدود ۲ متر بالا می‌برد و تراز جدید ۱۲۹۲ متری و فشاری مضاعف ایجاد می‌نماید. فرمول فشار مطابق رابطه (۱) است:

رابطه (۱) $P=F/A$

که در آن P: فشار برحسب پاسکال، F: نیرو برحسب نیوتن و A: مساحت سطح بر حسب متر مربع است. چگالی آب تقریباً ۱ و چگالی رسوب تقریباً ۲/۶ است. در اینجا جاذبه زمین (g) را تقریباً برابر ۱۰ می‌گیریم. نیرو هم برابر حاصل ضرب جرم جسم در جاذبه زمین است. یعنی هر متر مکعب آب فشاری برابر با ۱۰۰۰۰ پاسکال و هر متر مکعب رسوب فشاری برابر با ۲۶۰۰۰ پاسکال دارد. و چون در کف دریاچه رسوب به‌جای آب قرار گرفته فشار واقعی هر متر مکعب رسوب برابر تفاضل فشار آب از فشار رسوب یعنی ۱۶۰۰۰=۱۰۰۰۰-۲۶۰۰۰ خواهد بود. اکنون چنانچه سطح جوشش هر چشمه در کف دریاچه را یک متر مربع فرض نماییم، رسوب‌ها و آب‌ها در تراز جدید جمعاً فشاری معادل ۳۶۰۰۰ = ۲۰۰۰۰ + ۱۶۰۰۰ پاسکال (علاوه بر فشار بقیه آب دریاچه در تراز طبیعی) بر سطح هر چشمه وارد می‌کنند که پیامد کمرشکن آن خشک شدن چشمه‌هاست. که برای جبران آن متوسل به آب‌های مهاجم سد گاران و رودخانه قزلچه‌سو می‌شویم و این چرخه باطل همچنان تکرار خواهد شد. حجم نرمال سد زریبار برابر ۶۴ میلیون متر مکعب (۲ برابر حجم طبیعی دریاچه) است که در حالت پر آب بودن سد تمامی گیاهان آبزی، نیزارها و پوشش گیاهی اطراف دریاچه به زیر آب مهاجم و آلاینده می‌رود و اینجاست که تالاب دوباره دچار تغذیه‌گرایی می‌گردد. اگر سد زریبار احداث نمی‌شد و دریاچه تخلیه طبیعی داشت اجساد ماهی‌ها با نخستین جریان از دریاچه خارج می‌شد. و سفر ماهی‌های آزاد و بومی که از زریبار به اروندرود رفت و آمد داشتند نیز مختل نمی‌شد. با مسدود شدن تالاب توسط سد زریبار و مغذی شدن آن، نیزارها، خزه‌ها و جلبک‌ها نیز به‌شکل انفجاری تکثیر می‌شوند. تسریع رشد گیاهان در شرایطی که دریاچه تخلیه طبیعی ندارد باعث انباشته شدن گیاهان پوسیده در دریاچه می‌شود. این سد همچنین مانع تخم ریزی برخی از گونه‌های بومی در آب‌های جاری شده‌است.

پس با این توضیحات در می‌یابیم که سد زریبار یکی از مخرب‌ترین عوامل ماندن و رسوب‌گذاری در تالاب است. همه عوامل ورود رسوب به تالاب و به‌ویژه عامل پنجم یعنی سد زریبار همچنین باعث تغییر مکان‌نگاری یا توپوگرافی و در نهایت باعث بر هم زدن موازنه بوم‌سازگان تالاب و تغییر کارکرد طبیعی اکولوژیکی آن شده‌است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه مشکلات تالاب زریبار ابعاد گوناگونی دارد، نگارنده بر آن شده تا مشکلات تالاب در زمینه اثرات متقابل تغییرات اقلیمی و منابع آب و خاک را بر همدیگر بررسی نماید. آلاینده‌های آب و خاک، رسوبات ورودی به دریاچه، برداشت آب و سد زریبار به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و متغیرهای وابسته آن‌ها به‌ترتیب آلودگی، ارتفاع رسوب کف دریاچه، عمق سطح آبخوان و تغییر تراز دریاچه تعیین گردیدند. بدین‌منظور بازدیدهای میدانی از دریاچه و محیط تالاب به‌عمل آمد. سازه‌ها، پوشش گیاهی و ترک‌های زمینِ تالاب مشاهده و بررسی گردید. از چشم‌انداز (منظره) کلی تالاب از فاصله دور و از بالای کوه نسبتاً بلند عکسِ از پیش گرفته شده تهیه گردید. همچنین به مطالعه و جمع‌آوری تحقیقات مرتبط پرداخته شد. سرانجام به ارگان‌های ذی‌ربط مراجعه و ضمن جمع‌آوری داده‌های خام، آمار و اطلاعات لازم، اقدام به تحلیل، تنظیم و تشریح روابط بین پارامترها از جمله اندازه‌گیری فشار آب و رسوب در رابطه شماره ۱ گردید. در نهایت تأثیر مخرب متغیرهای مستقل، شامل ویرانی‌ها (نتایج)ی گفته شده در متغیرهای وابسته در تالاب زریبار (محدوده تحقیق) توصیف شد.

راهکارها و پیشنهادها

تا حالا ما تالابی بحرانی داریم که با انواع آلاینده‌ها مسموم شده و تِلی از رسوب آن‌را خفه نموده و آب آبخوان آن‌را صدها و شاید هزاران حلقه چاه به فنا می‌برند. مطالعات زمین شناسی نشان‌می‌دهد که دریاچه حاصل جابه‌جایی دو گسل و فرو نشست در پهنه سیرجان-سنندج است و شکل‌گیری آن به ۲۰ هزار سال پیش برمی‌گردد. یعنی این تالاب از ۲۰ هزار سال پیش تا حدود ۶۵ سال پیش (تا تنظیم اولین قانون اصلاحات ارضی در سال ۱۳۳۸) یک اکوسیستم سرزنده و سالم بوده است. اگر می بینیم تالاب در حال مرگ است، اگر تالاب ارزش اقتصادی بسیاری دارد، اگر تالاب قطب گردشگری غرب کشور است، اگر تالاب نگین فیروزه‌ای کردستان است، اگر تالاب پناهگاه حیات وحش است، اگر تالاب در کنوانسیون بین‌المللی رامسر ثبت شده‌است و اگر تالاب توسط سازمان میراث فرهنگی به ثبت رسیده است، که همگی این‌ها درست است، پس ناگزیریم در جهت مدیریت استراتژیک تالاب زریبار، آیین‌نامه تالاب‌ها را که در راستای تأمین منافع ملی است، بر قانون اصلاحات ارضی که در راستای تأمین منافع افراد است مقدم بدانیم و از هژمونی[1] (به‌طور کلی به نفوذ و تسلط یک گروهِ اجتماعی بر گروهی دیگر اطلاق می شود اما در این‌جا منظور تسلط یک قانون بر قانونی دیگر است.) اصلاحات ارضی رهایی یابیم و با ضمانت دولت و مشارکت عمومی و حذف دخالت‌های انسانی اقدامات زیر را انجام دهیم؛

ترسیم نقشه جدید تالاب: تالاب زریبار از نظر زمین‌ریخت‌شناسی یا ژئومورفولوژی[2] و ویژگی‌های ساختاری کاملاً وابسته به بوم‌سازگان خشکی محیط خود از جمله کوه‌ها و کوهپایه‌های جنگلی واقع در شرق و غرب خود بوده و ژینایی[3] (ژینایی یک واژه کردی و به‌معنای زندگی‌بخشی است) خود را از محیط خود می‌گیرد. با توجه به اینکه تالاب پناهگاه حیات وحش است و لازمه آن رفت و آمد امن و آزادانه حیوانات وحشی و پرندگان بین جنگل و نیزار است، بدون پیوستن تالاب فعلی به جنگل و بدون حذف اجتماعات مسکونی و بدون حذف فعالیت‌های کشاورزی، تالاب مناسبی نخواهد بود، بنابراین پیشنهاد می‌شود که چهارچوب تالاب با توجه به مدل نقطه‌یابی شده زیر گسترش یافته و توسط دولت مصوب و اجرا شود: تقاطع کمربند غربی مریوان با جاده روستای نی را سه‌راه کمربندی می‌نامیم. نقطه آغاز محیط تالاب را در نقطه ۱ در سه‌راه کمربندی تعیین می نماییم، نقطه ۲ در قبر درویش، نقطه ۳ در نزدیک‌ترین نقطه در مرزهای اراضی منابع طبیعی به سه‌راه برده‌رشه، نقطه ۴ در سه راه برده‌رشه، نقطه ۵ در ابتدای شهر برده‌رشه، نقطه ۶ در نقطه پایانی روستای نی و بر سر جاده نی مریوان است. نقاط را از اول تا آخر سپس نقطه آخر را به نقطه اول وصل می‌نماییم. حال یک حلقه بسته متشکل از ۶ منحنی داریم، منحنی‌ها را از اول تا آخر به‌ترتیب از ۱ تا ۶ نام‌گذاری می‌نماییم. مشخصات مسیر حرکت منحنی‌ها این‌گونه است: منحنی ۱ شامل سه‌راه کمربندی، خود کمربندی، حاشیه شهر مریوان و جاده مرز باشماق تا نقطه ۲ است. منحنی ۲ شامل مرزهای اراضی منابع طبیعی است. منحنی ۳ باید یک خط راست باشد. منحنی ۴ روی جاده شهر برده‌رشه است. منحنی ۵ از حاشیه شهر برده‌رشه و مرزهای اراضی منابع طبیعی و حاشیه روستای نی می‌گذرد. منحنی ۶ بر روی جاده نی مریوان است. بدین‌ترتیب محیط تالاب جدید ما مشخص شده و مراتع و چمنزارهای قدیمی و جنگل‌ها در سرتاسر تالاب جدید به‌هم پیوسته و به دامان طبیعت بازگشته‌اند. که در داخل این تالاب جدید هیچ‌گونه اثری از زمین کشاورزی، باغ، خانه‌باغ، ویلا، باغ‌تالار، چاه آب، استخر و اقامتگاه بوم‌گردی وجود نخواهد داشت.

آبی که از سد گاران به دریاچه زریبار می‌ریزد قطع شود و به مصرف اراضی کشاورزی دشت مریوان برسد.

آبی که از رودخانه قزلچه‌سو به دریاچه زریبار می‌ریزد قطع شود و به مصرف اراضی کشاورزی دشت مریوان برسد.

فعالیت سد زریبار به‌دلایل پیش‌گفت متوقف و از مدار خارج گردد و دریچه‌های آن برای همیشه باز شوند تا تخلیه طبیعی آب تالاب به روال پیش از احداث سد برگردد.

---

[1] Hegemony
[2] Geomorphology
[3] Restoration

وجود روستاهای مجاور شرق و غرب تالاب شامل: کانی‌سانان، دره‌تفی، پیر صفا، کانی‌سپیکه، ینگیجه، سیف سفلی و کولان با کارکردهای منفی خود بسیار مخاطره‌آمیز بوده و موازنه اکولوژیکی دریاچه را بر هم می‌زنند، از جمله: الف- نفس آبادانی انسانی در تعارض با روح تنوع زیستی و امنیت حیات وحش تالاب است، ب- تولید پسماند و پساب، پ- شکار پرندگان، حیوانات وحشی و صید ماهی، بدون مجوز، ت- تغییر کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به باغ و زمین کشاورزی، ث- آلوده‌کردن تالاب با آلاینده‌های شیمیایی، ج- تهدید آبخوان تالاب با حفر چاه برای مصارف شرب و کشاورزی و باغداری، چ- دام‌هایشان با از بین بردن پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی و تولید فضولات باعث فرسایش خاک و آلوده نمودن تالاب زریبار می‌گردد و ح- آلودگی‌های نوری این مناطق مسکونی در شب باعث برهم زدن فعالیت‌های شبگردی پرندگان و حیوانات تالاب می‌شود. بنابراین لازم است که روستاهای نام‌برده کاملاً تخلیه گردند.

شهر برده‌رشه و روستای نی نیز مانند روستاهای نام‌برده همان کارکردهای منفی را دارند اما چون تخلیه آن‌ها بسیار دشوارتر است راهکار حداقلی آن‌دو منطقه مسکونی این است که کارکردهای منفی نام‌برده‌ی خودشان را حذف نموده و پرورش خانگی دام در آن‌ها ممنوع گردد.

به‌واسطه آسیب رسانی افراد به تفریحگاه‌های داخل تالاب لازم است که همه تفریحگاه‌ها به خارج تالاب منتقل و تمامی ورودی های آن‌ها بسته شوند.

استفاده از تمامی آلاینده‌ها شامل انواع کود و غیره در بخش شمالی حوضه آبخیز مریوان ممنوع گردد.

تمامی چاه‌های مجاز و غیر مجاز حفر شده در داخل آبخوان زریبار مسدود گردند.

صدور هرگونه مجوزی برای حفر چاه در محدوده آبخوان زریبار ممنوع گردد.

با توجه با اینکه سد گاران تأمین‌کننده آب در مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی است و حجم آن حدود ۹۰ میلیون متر مکعب (سه برابر آب دریاچه زریبار) است. لازم است استفاده آب شرب شهر برده‌رشه و روستای نی از آبخوان زریبار قطع و از سد گاران تأمین گردد.

لازم است که چاه عمیق تأمین‌کننده آب شرب شهر مریوان در دشت نی مسدود و معادل آن از سد گاران تأمین گردد.

باتوجه به اینکه موقعیت جغرافیایی شهر مریوان در داخل آبخوان زریبار قرار گرفته لازم است که کلیه چاه‌های آب خانگی سطح شهر و حاشیه‌های آن مسدود گردند.

به‌منظور جلوگیری از ورود رسوب به دریاچه در بارش‌های فصلی، در انتهای مسیل‌ها و رواناب‌ها رسوب‌گیر ایجاد گردد.

باتوجه به پیوستگی جنگل و تالاب و لزوم امنیت حیات وحش و محتمل بودن آسیب‌رسانی به تالاب توسط اقامتگاه‌های بوم گردی و بازدیدکنندگانشان، لازم است که اقامتگاه‌های واقع در فاصله قبر درویش تا سه‌راه برده‌رشه و روستای نی تا شهر برده رشه جمع‌آوری گردند و در مقابل از روستای نی تا سه‌راه نی و از سه‌راه کمربندی تا قبر درویش و از سه‌راه برده‌رشه تا شهر برده‌رشه و در سمت بیرون تالاب برای فعالیت آن‌ها در نظر گرفته شود.

شهرک صنعتی بیلو باتوجه به موارد پیش‌گفت تخلیه گردد و به دشت کال سفلی یا هر جای دیگری که کارشناسان و فعالان محیط زیستی صلاح بدانند منتقل شود.

به‌منظور جلوگیری از اقدامات خرابکارانه‌ی سوزاندن نیزارها و باتوجه به موارد پیش‌گفت درباره نقش مهم و مثبت نیزارها در حفظ اکوسیستم، لازم است اقدامات حفاظتی از جمله نصب دوربین انجام گیرد.

باتوجه به موارد پیش‌گفت لازم است دشت مریوان به دشت ممنوعه تبدیل و در این راه گام‌های عملی برداشته شود.

شهرداری مریوان به‌منظور تأمین آب فضای سبز شهری از آب دریاچه زریبار برداشت می‌نماید که لازم است مجوز برداشت آب دریاچه توسط شهرداری لغو شود و آب فضای سبز شهری از آب سد گاران تأمین گردد.

با توجه به مخاطرات جدی زیست محیطی تانکرهای حامل سوخت در جاده ترانزیتی مریوان- باشماق، لازم است کارکرد این جاده به‌عنوان یک جاده ترانزیتی از رده خارج شود و از مسیر کناره شرقی تالاب به کناره غربی آن، مطابق مسیر زیر انتقال

یابد: جاده ترانزیتی جدید در مسیر جاده برده‌رشه – نی – سه‌راه نی و با این تفاوت که به‌جای عبور از داخل شهر برده‌رشه و روستای نی از حاشیه این‌دو سکونتگاه عبور کند.
برای جبران خسارت‌ها می‌توان از درآمدهای مرز باشماق و گردشگری استفاده‌کرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این اثر حول محورهای آلاینده‌های آب و خاک، رسوبات ورودی به دریاچه، برداشت آب و سد زریبار این‌گونه است: نتایج در مقوله آلاینده‌ها این بود که آب و خاک تالاب توسط انواع آلاینده‌ها از جمله: سموم شیمیایی، فضولات حیوانی، انواع کود، علف‌کش و آفت‌کش شامل اوره، آمونیاک، فسفات، نیترات و سولفات آلوده می‌گردد. نتایج در مقوله رسوب این بود که بر اثر فرسایش خاک در نتیجه تصرفات در جنگل و مراتع تالاب و به‌دنبال ورود رواناب‌ها و ورود آب رودخانه‌های گاران و قزلچه سو به دریاچه زریبار رسوب زیادی وارد دریاچه می‌گردد. برای مثال میزان رسوب ورودی به دریاچه بر پایه خروجی حوضه آبخیز زریبار برابر با ۲۹۳۰۶ تن در سال محاسبه شده‌است. نتایج در مقوله برداشت آب این بود که: عمق آب زیرزمینی منطقه افزایش داشته است و افت سطح آب و کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی و خشک شدن چشمه‌های کف‌جوش دریاچه را به دنبال داشته است. همچنین نتایج در مقوله سد زریبار این بود که تراز آب دریاچه را به‌اندازه ۲ متر بالا برده، خود پالایی زریبار را از بین برده و ضمن مغذی نمودن دریاچه زریبار، آن‌را به یک اکوسیستم بسته تبدیل نموده‌است. این سد نیز همچون متغیر مستقل برداشت آب، خشک شدن چشمه‌های کف جوش دریاچه را به‌دنبال داشته است.

تشکر و قدردانی

از آقایان دلسوز میرزایی و ابراهیم همت‌بلند نهایت تشکر و سپاسگزاری دارم که بخشی از منابع این پژوهش را در اختیارم قرار داده و همکاری لازم را به‌عمل‌آوردند.

منابع

۱-مهندسین مشاور شرکت مهساب شرق. ۱۳۹۳. **مطالعات ارزیابی توان زیست محیطی و ظرفیت تالاب زریبار**
۲- تلوری، عبدالرسول و همکاران. ۱۳۸۶. **مدل‌سازی تغییرات زمانی رسوب. مطالعه موردی: حوضه آبخیز گاران در استان کردستان**
۳- **برنامه مدیریت جامع تالاب زریبار،** ۱۳۹۵. تهیه شده با همکاری: نمایندگان دستگاه‌های دولتی، جوامع محلی، سازمان‌های مردم‌نهاد و سایر ذی‌نفعان تالاب زریبار
۴- گویلی، س.، دکتر بهبهانی، م. ۱۳۹۵. **تحلیل روند تغییرات عمق آب زیرزمینی در آبخوان‌های شهر مریوان و حاشیه دریاچه زریبار**
۵-ویسی، ف.، میرزایی، د. ۱۳۹۴. **تأثیر رواناب‌های زراعی بر رودخانه و دریاچه زریبار در شهرستان مریوان**
۶- شلتن، مارلین. ترجمه ذوالفقاری، حسن. ۱۳۹۰ **هیدروکلیماتولوژی**. دانشگاه رازی، مرکز چاپ و نشر دانشگاه رازی، صفحات ۴۰۲-۴۰۳

مدیریت جامع دریاچه زریبار (تهدیدها،فرصت‌ها و راهبردها)

فرهنگ سعیدی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط. farhangsaeedi71@gmail.com

چکیده

رشد جمعیت و محدودیت منابع تولیدی، جوابگوی نیاز انسانی نبوده، لذا ثبات و توسعه جوامع بشری همیشه در معرض تهدید بوده است. بنابراین با مدیریت جامع درحوضه‌های آبخیز می‌توان معیشت و توسعه پایدار حوضه‌نشیان را تا حدی تضمین نمود. مدیریت یکی از مقوله‌های علمی و ابزار توسعه در جوامع مدرن است که بشر را به‌سوی توسعه پایدار سوق داده است. استفاده از منابع موجود در راستای اهداف مناسب،گذر از سیر قهقرائی و رسیدن به توسعه از نتایج مدیریت جامع می‌باشد. دریاچه رزیبار و طبیعت بکر و زیبای اطراف آن، وجود چشم‌اندازهای بسیار متنوع از جمله: جنگل‌های اطراف، تنوع ژئومورفولوژیکی، منابع آب دریاچه، ارزش‌های تحقیقات علمی صورت گرفته، حیات وحش آن و همچنین وجود جاذبه‌های فرهنگی، روستایی، ساحلی، شهری، علمی و.. به‌عنوان یک پتانسیل مهم گردشگری مطرح و مورد توجه است، محققین خارجی زیادی ده‌ها سال قبل به مطالعه آن پرداخته و ارزش علمی و تحقیقاتی آن را آشکار نموده‌اند. با اجرای مدیریت صحیح و ایجاد راهکار مناسب به همراه سنجش تمام عوامل پیرامونی و یک مطالعه جامع و مشارکت همگانی حوضه‌نشینان، می‌توان از این طبیعت کم‌نظیر، بکر و اکوسیستم زیبای آن بهره‌برداری نمود. اگرچه دریاچه، بستر ایجاد یک سایت ژئودایورسیتی را دارد، اما لزوم راهکاری کامل و جامع در این خصوص بسیار ضروری است. زیرا ممکن است با یک اقدام ناسنجیده خسارات جبران‌ناپذیری بر این سیستم وارد گردد. بنابراین نباید با غفلت از وضعیت منطقه و چالش‌های پیش‌رو موجبات یک خسران غیرقابل‌جبران را فراهم آورد. چراکه تهدیدات زیادی این اکوسیستم را تحت فشار قرارداده و تاب‌آوری آن را تضعیف نموده است.

کلید واژه‌ها: مدیریت، دریاچه زریبار، تغییرات اقلیمی، ژئوتوریسم.

مقدمه

اهمیت و ضرورت برنامه‌ریزی ومدیریت گردشگری آنقدر مهم است که گاهاً در حوزه ادبیات گردشگری از آن به‌عنوان پایه اصلی توسعه این صنعت یاد می‌شود (حیدری چیانه،۱۳۹۶). توسعه صنعت گردشگری برای هر کشوری می‌تواند منافع راهبردی و حیاتی از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی داشته باشد (قره‌بیگلو و شادی دیزجی، ۱۳۹۵).علاوه بر آن، ایران دارای جاذبه‌های گردشگری فراوانی در حوزه‌های مختلف فرهنگی و طبیعی بوده به گونه‌ای که برخی منابع، ایران را از نظر گردشگری و جاذبه‌های توریستی جزء ۱۰ کشور برتر جهان می‌دانند، به‌طوری‌که جاذبه‌های تاریخی، فرهنگی، مذهبی، شهری، روستایی، ساحلی، کوهستانی، همراه با تنوع اقلیمی و مهمان‌نوازی کشورمان، ایران را در وضعیت مناسبی برای جذب سهم عمده‌ای از گردشگران بین‌المللی قرار داده است(ویسی، ۱۳۹۶).اما در عمل، تا به حال نتوانسته این جایگاه را در دنیا در جذب گردشگر به‌دست آورد (اسدپور، ۱۳۹۶). بر طبق آخرین آمار اعلام شده توسط وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی، با افزایش ورود گردشگران و توریست روبه‌روست؛ براساس این آمار، شمار گردشگرانی که به ایران وارد شده‌اند، در سال ۱۳۹۰ حدود ۳/۳ میلیون نفر بوده است که این رقم در سال ۱۳۹۸ به ۸/۸ میلیون نفر افزایش پیدا کرده است. به این ترتیب، تعداد ورود گردشگر به کشور در طول ۱۰ سال به بیش از ۲/۵ برابر رشد پیدا کرده است؛ همچنین، براساس گزارش مجمع جهانی اقتصاد، رتبه ایران در شاخص رقابت پذیری سفر و گردشگری از سال ۲۰۱۱ هر ساله بهبود یافته است؛ به‌طوری که از رتبه ۱۱۴ام در این سال به رتبه ۹۸ام در سال ۲۰۱۳، رتبه ۹۷ام در سال ۲۰۱۵ و رتبه ۹۳ام در سال ۲۰۱۷ رسیده است. همچنین در سال ۲۰۱۹ با چهار پله صعود نسبت به سال ۲۰۱۷ در جایگاه ۸۹ امین کشور (از میان ۱۴۰ کشور) در شاخص رقابت‌پذیری سفر و گردشگری قرار گرفته است (کمپل و بوچان، ۲۰۱۴) و نیز بر گردشگری به‌عنوان یکی از محورهای اصلی توسعه در عصر حاضر تأکید کرده‌اند و معتقدند که همه دولت‌ها به‌دنبال کسب تقریباً حداکثر منافع از این صنعت هستند.

یکی از تدابیر اصولی در عرصه محیط‌زیست، استفاده و بهره‌برداری بهینه از منابع آب‌وخاک یک حوضه آبخیز یا مدیریت جامع (Management Integrated Programming) و برنامه‌ریزی صحیح و بلندمدت می‌باشد. تا ضمن به‌کارگیری امکانات محدود قابل‌دسترس، از منابع موجود حداکثر استفاده به‌عمل‌آمده و به‌طور اصولی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.استفاده از منابع و پتانسیل‌های بالقوه موجود در طبیعت توسط انسان هرچند یک عمل طبیعی و عادی به‌نظر می‌رسد اما در طول یک‌صد سال اخیر انسان با دست‌کاری طبیعت و به هم زدن اکوسیستم‌های طبیعی لطمه‌ای جبران‌ناپذیر را به طبیعت وارد نموده کما اینکه تغییر اقلیم و گرم شدن دمای کره زمین ازجمله ارمغان این دخالت نابجا بوده و می‌باشد. هرچند تغییرات اقلیمی یک پدیده طبیعی است و تکرارپذیر می‌باشد اما تسریع این پدیده از نتایج دخالت انسان در طبیعت است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

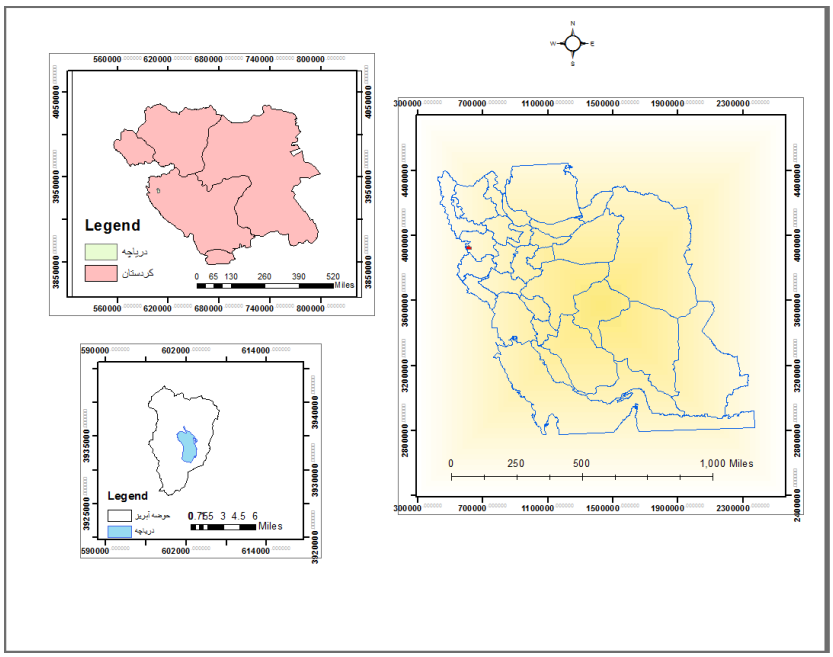
دریاچه زریبار یکی از دریاچه‌های آب شیرین ایران است که در طول جغرافیایی ۰۷ ´ ۴۶ ° شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۲ °۳۵ شمالی حد فاصل ایران مرکزی و زاگرس در غرب ایران و در استان کردستان، در بخش شمال غربی شهر مریوان با ارتفاع ۱۲۸۴متری از سطح دریا قرار دارد. این دریاچه ۲۳۱۴ هکتار مساحت و۴/۵ کیلومتر محیط آن است.حوضه آبریز آن بین ارتفاع ۱۲۷۰ تا ۲۸۱۸ متری گسترده است و مساحت حوضه آبریز آن ۱۰۷۲۹ هکتار است. حداکثر طول دریاچه با احتساب منطقه سیلابی و رویشگاه‌های ساحلی ۸/۸ کیلومتر و عرض آن ۴/۴کیلومتر است.

حوضه آبریز دریاچه زریبار ۵۲۰۰ هکتار آن معادل ۴۸/۴۵ درصد دارای پوشش جنگلی و۲۳۱۴ هکتار آن معادل۲۱/۵۶ درصد آن شامل عرصه آبی دریاچه و نیزارهای اطراف آن بوده و مابقی آن که معادل۳۲۱۵ هکتار (۳۰ درصد) حوضه است شامل مستثنیات اعم از سطح اراضی زراعی و ابنیه است. دریاچه به سه بخش عمده از داخل به خارج تقسیم‌بندی شده که عبارت است از سطح آبی دریاچه در مرکز با مساحت ۹۰۹ هکتار و ۱۴۰۵ هکتار آن شامل سطح نیزار و چمنزارها و اراضی مرطوب و

باتلاقی در بخش بیرونی می‌باشد، دریاچه زریبار با توجه به نحوه چین‌خوردگی ارتفاعات، فرسایش سازندها و ورود رسوبات مخروط افکنه دره‌تفی به داخل این دریاچه به شکل بیضی درآمده است.

مقدار بارندگی سالیانه در منطقه ۱۰۱۶/۳میلی‌متر است و میانگین دما سالانه آن ۱۲/۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد؛ (مهندسین مشاور ایده‌پردازان توسعه، ۱۳۸۸). براساس تحقیقات قبلی صورت گرفته، رسوبات دریاچه زریبار تغییرات آب و هوایی ۴۲۰۰۰ سال گذشته را در خود ثبت کرده است. این دریاچه در اثر عملکرد چند گسل با راستای شمال غربی-جنوب شرقی و فروافتادگی بخش میانی آنها به‌وجود آمده و درگذشته سطح آن وسیع‌تر بوده است. دریاچه از سه طرف شمال، غرب و شرق کوه‌های کم ارتفاعی آن را احاطه کرده است. بخش جنوبی دریاچه که ادامه دره اصلی است، مجرای خروجی می‌باشد.

راه ورودی به حوضه از قسمت جنوب شرق حوزه از شهر مریوان در امتداد یک جاده آسفالته در امتداد ساحل شرقی دریاچه بوده و دقیقاً پیرامون حوزه تمامی روستاها با جاده آسفالته به هم متصل شده و امکان دسترسی به تمام نقاط حوزه را میسر می‌نماید. علاوه بر راه‌های اصلی و آسفالته داخل حوضه که کاملاً قابل‌توجه است، راه‌های خاکی متعدد نیز در بین روستاها وجود داشته که ارتباط آنها با اراضی زراعی اطراف را ممکن می‌سازد. در ضمن تعدادی جاده‌های خاکی در تمامی ارتفاعات جنگلی منطقه دیده می‌شود که به سمت نقاط بیرونی حوضه دسترسی دارند. (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه و موقعیت دریاچه‌ی زریبار

نتایج و بحث

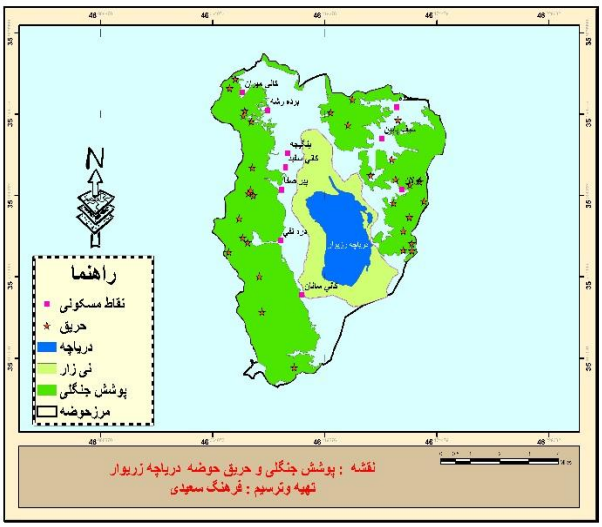
دریاچه زریبار علاوه بر تعدیل آب‌وهوای شهر مریوان، زیبایی خاصی به منطقه ازجمله شهر مریوان و روستاهای اطراف دریاچه داده است و باعث شده است که در صورت ایجاد بستر مناسب و اصولی در کنار منطقه هورامانات که به‌عنوان یک منطقه خاص فرهنگی نیز ثبت میراث فرهنگی گردیده به یک سایت ژئوداریوسیتی تبدیل و تحت عنوان قطب گردشگری منطقه غرب شناخته شود. استعدادهای بالقوه فراوانی در این حوضه جود دارد اما مهمتر از همه پتانسیل‌های گردشگری وجذب توریست اهمیت تحقیقات صورت گرفته علمی دراین نگین زیباست که موردمطالعه قرارگرفته است (VandZeist and WrightJr, 1963; Van Zeist and Bottema, 1977). وجود جاذبه‌های قابل توجه آن ازجمله:

۱- عرصه آبی ۹۰۰ هکتاری جهت قایق‌سواری و شنا
۲-نیزار اطراف درسطح ۱۴۰۰ هکتار
۳- پوشش جنگلی به میزان ۵۲۰۰ هکتار
۴-تپه‌ها و کوهستان با چشم‌انداز بسیار متنوع و زیبا
۵-دشت‌ها و مزارع وسیع اطراف دریاچه
۶- حیات‌وحش متنوع
۷- پرندگان مهاجر و بومی منطقه
۸-اقامت‌گاه‌های بوم‌گردی
۹-وجود بیش از ۱۰۰ چشمه طبیعی
۱۰- باغ‌ها و خانه باغ‌های بسیار زیبا
۱۱-وجود راه‌های دسترسی سریع و مناسب
۱۲- پراکنش بیش از ۱۰ روستا در اطراف دریاچه
۱۳- نزدیکی به شهر مریوان به‌عنوان مرکز خرید
۱۴-نزدیکی به مرز باشماق.
۱۵- میوه‌های جنگلی از قبیل زالزالک وحشی، پسته وحشی
۱۶- ورزش‌های تفرجی ، پاراگلایدر سواری و ماهیگیری
۱۷- شهربازی و پارک بازی برای کودکان
۱۸- دارای بیشترین رکورد گرده‌شناسی در غرب آسیا
۱۹ -رفرنسی برای بازسازی پوشش گیاهی .
۲۰-ارجاعات جهت بازسازی تغییرات اقلیمی.
۲۱- مراکز اقامتی مانند هتل نوروز و هتل زریبار
۲۲- غذاهای متنوع محلی و سنتی.
۲۳-سبدبافی و حصیربافی
۲۴-وجود بیش از ۱۰۰حلقه چشمه طبیعی.

هر کارشناس و مدیری را به فکر استفاده از آن به‌عنوان یک سایت گردشگری و ایجاد یک ژئوپارک سوق می‌دهد. اما باید بسیار محتاط بود. آنچه امروزه قابل‌تأمل است تغییر اقلیم و افزایش دمای کره زمین تحت عنوان پدید گرمایش جهانی است و بر اساس نظر محققان دمای کره زمین در چند ده سال گذشته چند درجه افزایش‌یافته و بارش‌های سالانه کاهش و اقلیم منطقه به‌سوی خشک‌تر شدن می‌رود. براساس مطالعات انجام‌شده توسط محققین وضعیت حوضه دریاچه نیز از این امر مستثنا نبوده و اکوسیستم گیاهی و جانوری آن را به تضعیف شدن نهاده است، استفاده بی‌رویه حوضه‌نشینان وضعیت آن را از حالت مطلوب خارج نموده و سیر قهقرائی آن را تشدید نموده است. جنگل‌های حوضه قابلت بهره‌برداری را ندارند اما استفاده بی‌رویه ساکنان آن برای سوخت در سال‌های گذشته و در حال حاضر ذغال‌گیری از آن، تبدیل جنگل به زراعت و باغ و چرای مفرط از مراتع موجود، این اکوسیستم بسیار حساس را شکننده‌تر نموده است. براساس مطالعات معاونت آبخیزداری منابع طبیعی (۱۳۸۶) منابع مالی و سال‌ها زمان نیاز است تا با اجرای عملیات آبخیزداری (عملیات مکانیکی و بیولوژیکی) حوضه به حالت تعادل برسد. این دریاچه علاوه بر ارزش زیبایی‌شناختی تنها رفرنس علمی جهان در خصوص تغییرات اقلیمی در منطقه غرب آسیا است بی‌دلیل نیست که محققین خارجی ازجمله Van Zist and Bottema در سال(۱۹۶۳) بر روی این دریاچه مطالعه نموده و اقدام به مغزه‌گیری آن نموده که پس از تجزیه‌وتحلیل آن و با سن‌سنجی به روش کربن ۱۴ دیرینه ۴۲۰۰۰ سال قبل آن‌را آشکار نموده‌اند آنها با تحلیل رسوبات و گرده‌های مدفون در این نمونه‌ها ثابت نمودند که در اواخر پلیئستوسن و آغاز هلوسن (۱۲۰۰۰) سال قبل جنگل‌های بلوط شروع به رشد و در حدود ۵۵۰۰ سال پیش توسعه و گسترش وتکامل یافته‌اند. این محققین با استفاده از نمودار گرده دریاچه، سابقه کشاورزی را ۱۴۰۰۰ سال پیش تعیین نموده‌اند. با اینکه اکوسیستم دریاچه زریبار اعم از پوشش گیاهی، جنگلی، رسوبات، حیات‌وحش، پرندگان و خاک وآب آن بسیار با ارزش است ولی متأسفانه عوامل زیادی آن را تهدید می‌کنند. به‌طور مثال قادری و همکاران (۱۳۹۷) در طرحی تحقیقی بیان داشته‌اند که دخالت‌های انسان در قالب تغییر کاربری‌های طبیعی به زراعت و شهر و تخریب پوشش‌های طبیعی باعث شده تا اکوسیستم‌های انسان‌ساز به مهم‌ترین منابع آلودگی غیر نقطه‌ای (پخشیده) تبدیل شوند. نمونه دیگر احمد آفتاب (۱۳۹۶) در طرحی به ارزیابی توان استعداد گردشگری دریاچه پرداخته و اشاره به آسیب‌پذیری زیاد ظرفیت اکولوژیک آن دارد.

مهم‌ترین تهدیدات دریاچه ومحیط اطراف آن شامل: تخریب جنگل‌ها و تبدیل به زراعت دیم–ذغال‌گیری–ورود سموم ناشی از پسماند زباله‌های انسانی و استفاده از کود و سم در مزارع-تخلیه سالیانه ده‌ها میلیون مترمکعب از منابع آب در سال که ۷۵ درصد از آن از طریق چاه‌ها بهره‌برداری و تخلیه می‌گردند- تغییر درتنوع زیستی موجودات آبزی (ماهیان)- تغییر در حیات‌وحش آن و از همه مهم‌تر آتش‌سوزی‌های گسترده درسطح جنگل‌های آن است.

آنچه که دراین نقشه به وضوح دیده می‌شود تهدید حوضه با توسعه مناطق کشاورزی وازدیاد تعداد حریق‌های رخ داد وکاهش سطح جنگلهاست. درسال‌های اخیر آتش سوزی از مهمترین عامل تهدید سطح جنگلهاست



با مقایسه سطح جنگلها دروضعیت کنونی با نقشه‌های ماده ۵۶ کاملا مشهود است که صدها هکتار از مناطق جنگلی تبدیل به باغ وکشت زراعت دیمی شده است.

شکل ۲: موقعیت پوشش جنگلی، پراکنش حریق و روستاهای اطراف دریاچه

محققان خارجی بیش از نیم‌قرن قبل اقدام به مطالعه دریاچه نموده وارزش این گنجینه علمی را آشکار و به جهانیان به عنوان یک مرجع مهم علمی آن‌را معرفی نمودند و فلور گرده‌شناسی آن را تکمیل و در هرباریوم وین آن را نگهداری می‌نمایند. (استیون[1] و همکاران ،۲۰۰۱). بررسی رسوبات دریاچه زریبار نشان داده است که در اوایل هولوسن پوشش گیاهی در اطراف دریاچه تغییر کرده و پوشش استپی و درمنه‌ای آن جای خود را به درختان پسته- بلوط داده است. مطالعات گرده‌شناسی جانوری و شواهد شیمیائی محققینی مانند: Hutt Jensonand -Vanzeist and Wright,(1966) (۱۹۶۳) and (1936)۲ H.E.Wright,(1968)and Vanzeist,(1963)[3] and Cagill, به‌وسیله بررسی‌های رادیو کربن نشانه تغییرات جوی را در دریاچه زریبار اثبات و نشان داده‌اند که در زمان آخرین عصر یخبندان در اروپا یعنی ۲۰/۰۰۰ سال پیش هم‌زمان با دوره وورم دریاچه زریبار همانند قسمت‌های مرتفع ایران دارای آب‌وهوای سرد و خشک بوده است.

تشکر و قدردانی

از زحمات و راهنمایی‌های بی‌شائبه جناب آقای دکتر هادی نیری دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان بی‌نهایت سپاسگزارم. از همکاری‌های جناب آقای مهندس توفیق کریمی کارشناس مسئول اداره مطالعات معاونت آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری کردستان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

معاونت آبخیزداری. منابع طبیعی استان کردستان. ۱۳۸۸. **مطالعات تفصیلی اجرائی حوضه دریاچه زریبار،**

نادری بنی، عبدالمجید .۱۴۰۲. **بازبینی رسوبات دریاچه زریبار: اثرات تغییرات اقلیمی بر گسترش انسان در زاگرس،** فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین سال اول، شماره ۱، پاییز ۱۴۰۲ صفحات. ۳۶-۹.

قادری، ن. ۱۳۹۷. **تهدید محیط زیست حوضه دریاچه زریبار تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی.**

[1] Stevens
[2] Hutt Jenson and Cagill
[3] Van zeist and Wright

آفتاب، ا. ۱۳۹۶. **تحلیل وارزیابی توان ژئوتوریسم دریاچه زریبار**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۸، پیاپی ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶.

حسین کارو. **طراحی و تبیین الگوی سیاستگذاری در صنعت گردشگری با محوریت توریسم**، کوهستان فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). سال ۱۳، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۹۱۴-۹۰۱.

سامانه پشتیبان تصمیم برای مدیریت جامع آبخیز تالاب زریبار

احسان الوندی[۱]، لیلا پیشداد[۲]، علی نجفی‌نژاد[۳]، امیر سعدالدین[۴]

۱-استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
ehsan.alvandi2018@gmail.com

۲-دانش‌آموخته، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، پست الکترونیکی: lpishdad@gmail.com

۳-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
najafinejad@gau.ac.ir

۴-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
amir.sadoddin@gau.ac.ir

چکیده

اکوسیستم‌های آبی واقع در مجاورت مناطق مسکونی منافع و مزایای متعددی را برای جوامع محلی تأمین می‌کنند. با وجود این، در دهه‌های اخیر تخریب این اکوسیستم‌ها به‌دلیل افزایش بهره‌برداری اقتصادی از آنها، چالش‌های مدیریتی-اجرایی، و ضعف یا فقدان ضوابط بهره‌برداری پایدار از آنها به طور چشمگیری افزایش یافته است. به همین دلیل، تنظیم و اجرای سازوکارهای مدیریت پایدار برای تالاب‌های آسیب‌پذیری همچون دریاچه زریبار امری اجتناب‌ناپذیر است. در این مطالعه سامانه پشتیبان تصمیم براساس مدل بیزی برای مدیریت مشارکتی و جامع تالاب زریبار طراحی شد. برای این منظور، از پایگاه‌های داده‌ها، مدل‌های مختلف، و واسط کاربر گرافیکی به‌عنوان اجزای سامانه استفاده شد. سامانه پشتیبان تصمیم طراحی‌شده از طریق افزایش ادراک ذینفعان از آبخیز بالادست تالاب مورد مطالعه و اجزای آن، معرفی سناریوهای مختلف مدیریتی و نمایش ترسیمی نتایج مختلف اجرای احتمالی آنها، موجب تسهیل مشارکت ذی‌نفعان در فرآیندهای تصمیم‌گیری و مدیریت جامع تالاب می‌شود. ذی‌نفعان مختلف با استفاده از این ابزار رایانه‌ای قادر خواهند بود با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی-اجتماعی، عوامل انسان‌ساخت، وضعیت اجتماعی و فرهنگی، و مؤلفه سیاست‌گذاری نگاهی جامع به وضعیت مدیریت تالاب داشته و براساس محدودیت‌های موجود و اولویت‌ها و نیازهای خود درباره انتخاب سناریوهای برتر تصمیم‌گیری کنند.

کلید واژه‌ها: سامانه مدل‌سازی اجزای تعاملی (ICMS)، مدیریت جامع، سیاست‌گذاری، دریاچه زریبار

A decision support system for integrated management of the Zrebar wetland

Abstract

Aquatic ecosystems in the vicinity of residential areas provide invaluable benefits, enhancing the well-being of local communities. However, recent decades have witnessed a significant increase in their degradation, driven by economic exploitation, management challenges, and an absence of robust sustainable practices. Addressing these issues necessitates an urgent focus on the regulation and implementation of effective management strategies for these sensitive and vulnerable wetlands. In this study a decision support system, based on Bayesian modeling, was designed to facilitate participatory and integrated management of Zrebar wetland. The system incorporates diverse databases, various modeling tools, and an intuitive graphical user interface. Our findings indicate that this support system enhances stakeholder engagement in decision-making processes by fostering a deeper understanding of wetland watershed dynamics, presenting multiple management scenarios, and visually communicating the potential outcomes of each scenario. By utilizing this computer tool, stakeholders can gain a comprehensive perspective on wetland management, considering socio-economic factors, human impacts, cultural contexts, and policy component. This informed approach empowers them to select the most appropriate management scenarios aligned with their unique needs and priorities.

Keywords: Interactive component modeling system (ICMS), Participatory management, Policy development, Zrebar lake

مقدمه

اکوسیستم‌های تالابی، به عنوان منابع مهم و ارزشمند طبیعی، منافع متعددی برای رفاه جوامع انسانی ارائه می‌دهند (MEA, 2005). که از آن جمله می‌توان به تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی، فراهم‌آوری آب برای کشاورزی و صنعت، ایجاد بسترهایی برای گردشگری و فعالیت‌های تفرجی، فراهم‌آوری زیستگاه برای گونه‌های ساکن و مهاجر حیات وحش، حفظ آب و خاک، و جلوگیری از تغییر در ساختار محیط‌های طبیعی اشاره کرد (Herath, 2004). علی‌رغم این مزایا و منافع ارزشمند، تالاب‌ها به‌لحاظ اکولوژیکی سیستم‌هایی حساس و شکننده‌اند؛ و به‌همین دلیل در سال‌های اخیر به تنظیم و اجرای سازوکارهای مدیریت پایدار در تالاب‌ها توجه زیادی می‌شود (Turner *et al.*, 2000). در دهه‌های اخیر روند صعودی بهره‌برداری از تالاب‌ها با هدف سود اقتصادی، افزایش خسارت و تخریب شدید تالاب‌ها را به‌دنبال داشته است؛ لذا در راستای حفاظت از این اکوسیستم‌های طبیعی، مدیریت تالاب‌ها به‌عنوان فرآیندی اجتناب‌ناپذیر از اهمیت بالایی برخوردار است (اسداللهی، ۱۳۸۸).

سامانه‌های پشتیبان تصمیم[1] محیطی، سامانه‌هایی تعاملی مبتنی بر کامپیوتر هستند که به تصمیم‌گیرندگان در استفاده از داده‌ها و مدل‌ها جهت یافتن راه‌حل‌های عملی به جای انتخاب‌های غیرمنطقی برای مدیریت تعدیل چالش‌های مدیریت منابع محیطی کمک می‌کنند (بهشتیان و ابوالحسنی، ۱۳۸۴؛ Alvarez, 2010). به‌طور کلی هدف از توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم می‌تواند گردآوری و بازخوانی به موقع اطلاعات، استفاده مناسب از ابزارهای شبیه‌سازی و فراهم‌آوری مجموعه ابزارهای تحلیلی باشد که در انتخاب گزینه‌های بهینه برای مدیریت منابع محیطی مؤثر است (مودت و همکاران، ۱۳۸۵). تصمیم‌گیری در مدیریت آبخیز و تالاب به‌طور ذاتی پیچیده بوده و نیازمند هماهنگی و مساعدت ذینفعان با در نظر گرفتن فرآیندهای بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی است (Miller *et al.*, 2014). این سامانه‌ها به‌عنوان ابزاری برای حمایت از فرایند تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل تعریف شده‌اند (Turban *et al.*, 2007). در این مدل تصمیم در وضعیت‌های جدید به‌راحتی بروز می‌شود و افزودن عوامل و پارامترها و توسعه مدل امکان‌پذیر بوده، و از این طریق عدم‌قطعیت سامانه‌ها را در فرآیند تصمیم‌گیری با نشان دادن احتمال شرطی بین متغیرها مشخص می‌کند، به‌طوری‌که تصمیم‌گیرنده می‌تواند نتیجه‌ای که در اثر مدیریت به‌دست آمده و منجر به شکست شده است را تغییر دهد (Sadoddin, 2006). از سامانه‌های پشتیبان تصمیم برای اهداف مختلفی از جمله مدیریت منابع طبیعی، مدیریت منابع آب، مکان‌یابی پخش سیلاب، مدیریت شهری و مدیریت زمین استفاده شده است. برای مثال، Sadoddin و همکاران (۲۰۱۱) سامانه پشتیبان تصمیم را به‌منظور کمک به مدیریت مشارکتی و جامع آبخیز چهل‌چای در استان گلستان تدوین کرده‌اند. همچنین به‌کارگیری سامانه‌های پشتیبان تصمیم به‌منظور تلفیق پارامترهای علوم کشاورزی و حفاظت خاک جهت مدیریت اراضی توسط De la Rosa و همکاران (۲۰۰۴) پیشنهاد شده است.

تالاب زریبار با مشکلات متعدد بیوفیزیکی (مانند فرسایش‌پذیری سازندهای حوضه)، و اجتماعی-اقتصادی (مانند توسعهٔ مناطق شهری، تغییر کاربری اراضی جنگلی و مسکونی به اراضی زراعی) متعددی مواجه است. برای رفع این مشکلات و در نظر گرفتن تمام عوامل اثرگذار در تالاب، می‌توان از طریق مدیریت جامع تالاب راهکارهای متعددی را مورد ارزیابی قرار داد. به‌منظور تسهیل در فرآیند تصمیم‌گیری توسط گروه‌های مختلف ذی‌نفع تالاب زریبار و افزایش مشارکت آنها در مدیریت جامع آن، توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم ضروری به‌نظر می‌رسد. این سامانه پشتیبان با ادغام تمام داده‌ها و اطلاعات، با کمک مدل‌ها و واسط کاربر ترسیمی، به‌عنوان یک جعبه ابزار مؤثر، به ذی‌نفعان تالاب برای سهولت در تجزیه و تحلیل اطلاعات و مدیریت تالاب کمک کرده و فرآیند تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند. بنابراین در این تحقیق با توجه به اهمیت و ضرورت مدیریت جامع تالاب زریبار، توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم در راستای تسهیل مدیریت مشارکتی و جامع تالاب زریبار مورد بررسی قرارگرفت. با توسعه این سامانه پشتیبانی، ذینفعان قادر خواهند بود در مدیریت جامع تالاب مشارکت کنند و علاوه بر این، از نظرات گروه‌های مختلف ذینفع برای اهداف توسعه پایدار تالاب استفاده کرد.

[1] Decision Support Systems (DSS)

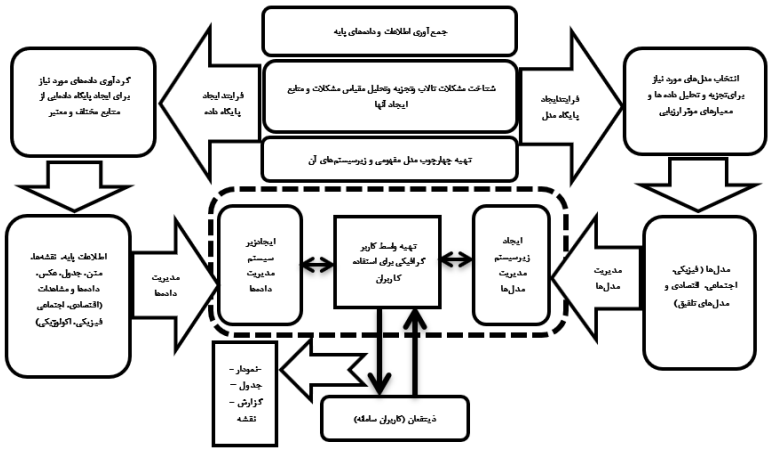
مواد و روش‌ها

تالاب مورد مطالعه

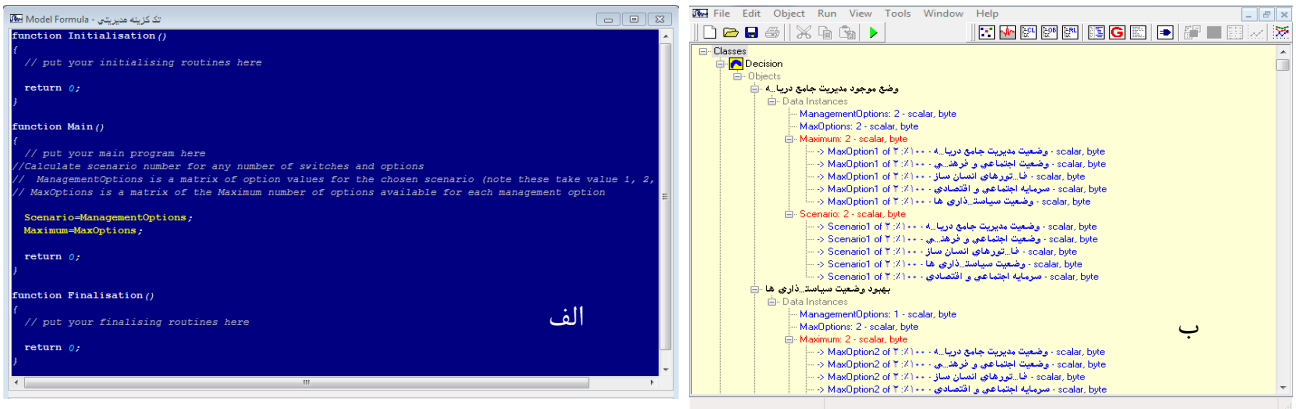
حوزه آبخیز دریاچه زریبار در دو کیلومتری غرب شهرستان مریوان واقع شده است. مساحت این حوزه تقریباً ۱۰۷۰۰ هکتار است که ۲۳۰۰ هکتار از آن به پهنه آبی تالاب، و ۸۴۰۰ هکتار باقی‌مانده به اراضی اطراف دریاچه اختصاص یافته است. ارتفاع متوسط حوزه از سطح آب‌های آزاد ۱۳۷۵ متر است. آب و هوای این حوزه با متوسط رطوبت نسبی حدود ۷۱ درصدی، نسبتاً سرد و نیمه مرطوب بوده و میزان بارندگی سالانه آن به‌طور متوسط به ۷۸۱ میلی‌متر می‌رسد. در محدوده مورد مطالعه ده روستا واقعند که شغل اصلی مردمان این روستاها، کشاورزی و دامداری است. تالاب زریبار، به‌عنوان تنها دریاچه طبیعی ارتفاعات زاگرسی استان کردستان، از نظر کنترل سیل و حفظ کیفیت آب نقش مهمی در منطقه ایفا می‌کند.

داده‌ها و تهیه سامانه سامانه تصمیم پشتیبان محیطی

در این مطالعه، از اطلاعات و داده‌های پایه گردآوری‌شده قبلی برای تالاب زریبار به‌عنوان پایگاه داده تهیه سامانه پشتیبان تصمیم استفاده شد (پیشداد، ۱۳۹۵). سپس از محیط نرم‌افزار ICMS (سامانه مدل‌سازی اجزای تعاملی) به‌منظور توسعه سامانه پشتیبان تصمیم برای تالاب زریبار استفاده شد. این نرم‌افزار یک پایگاه مدل‌سازی است که برای حمایت از ساخت سریع، یکپارچه‌سازی و استفاده از مدل‌ها توسعه یافته است و با ترکیب داده‌ها و مدل‌ها در مدیریت حوضه آبخیز کاربرد دارد (Letcher, 2005). اجزای ICMS از کلاس‌ها، شی‌ها و مدل‌ها تشکیل شده است. کلاس‌ها شامل داده‌ها و مدل‌ها است. در شکل ۱ مراحل تهیه سامانه پشتیبان تصمیم برای حوزه آبخیز تالاب زریبار نشان داده شده است. شکل ۲الف نمایی از فضای مدل‌سازی در محیط ICMS، و شکل ۲ب اطلاعات اولیه ورودی آن را نشان می‌دهد.



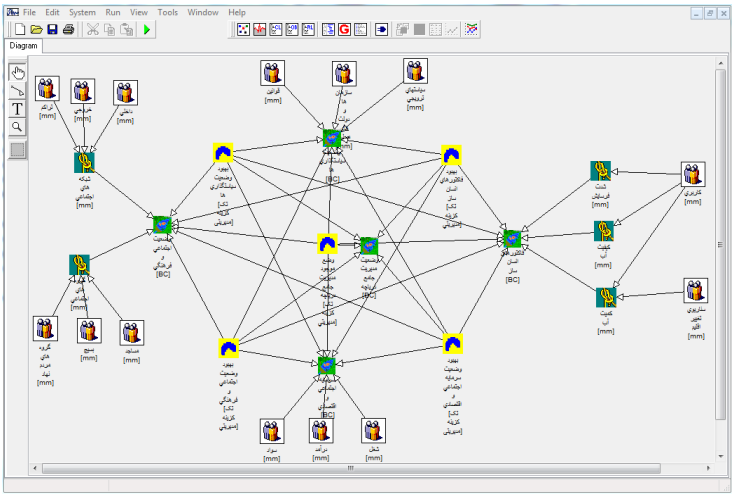
شکل ۱: مراحل تهیه سامانه پشتیبان تصمیم برای آبخیز تالاب زریبار



شکل ۲: نمایی از قالب مدل‌ها (الف) و داده‌ها (ب) برای تهیه سامانه پشتیبان تصمیم در محیط ICMS برای آبخیز

تالاب زریبار

داده‌ها و اطلاعات اولیه ورودی (شامل داده‌ها، متن، جدول، نقشه‌ها، عکس‌ها و نمودارها که نشان داده نشده‌اند) در محیط نرم‌افزار با استفاده از شی‌ها که مدل مرتبط با خود را دارد با روشی سیستماتیک و منظم مدیریت و طبقه‌بندی شدند. در شکل ۳ نمایی از شی‌ها و ارتباط بین آنها در محیط ICMS نشان داده شده است.



شکل ۳: سامانه اصلی و رابطه بین شی‌ها در محیط ICMS برای آبخیز تالاب زریبار

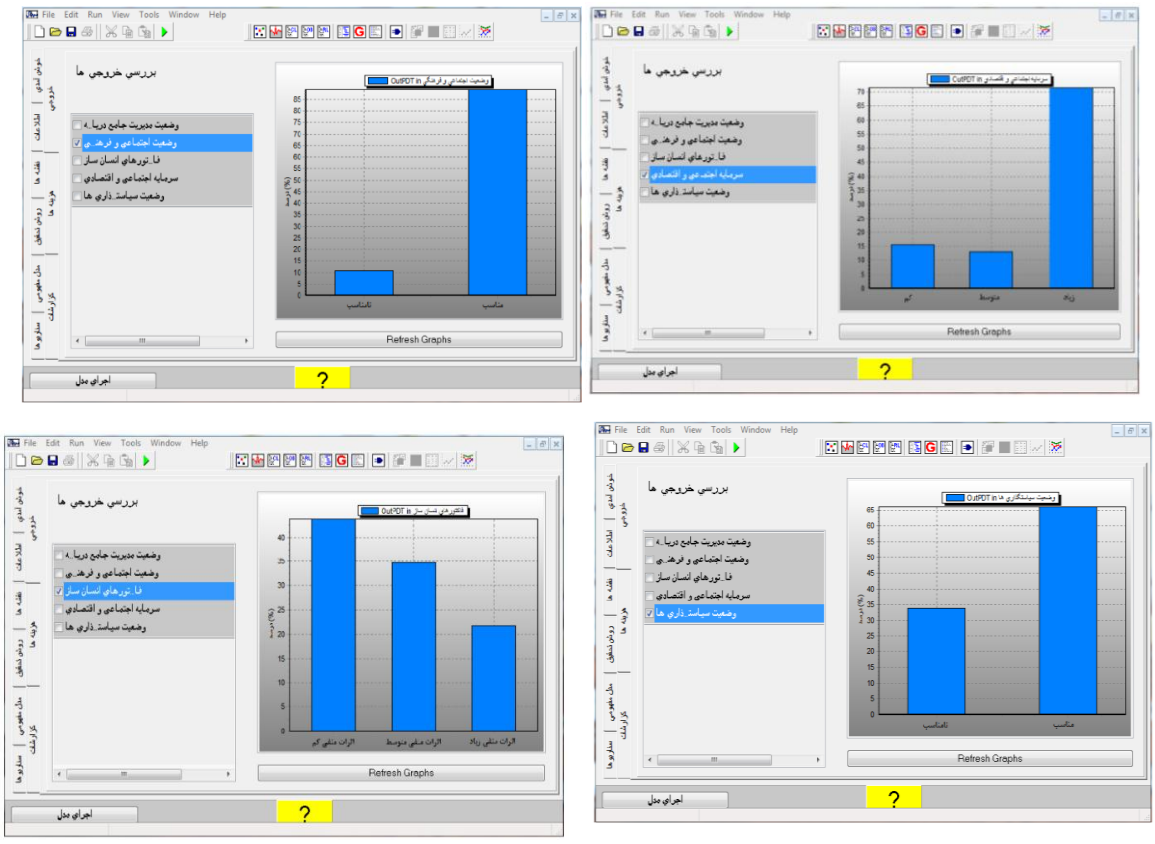
پس از مدیریت داده و مدل‌ها و تعیین ارتباط بین آنها با استفاده از رابطها، برای تصمیم‌گیری و دسترس آسان ذی‌نفعان به‌خصوص کاربران غیرفنی به داده‌ها و مدل‌ها، واسط کاربر گرافیکی، که خود از بخش‌های مختلف تشکیل شده و باعث ارتباط بین کاربر و محیط ICMS می‌شود (Sadoddin, 2011)، در محیط دلفی برلند ۵ به‌صورت یک فایل DLL تهیه شد. این واسط گرافیکی بخشی از اطلاعات را از این فایل دریافت و مدیریت می‌کند. در این تحقیق در واسط گرافیکی مورد اشاره با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و کارکرد سامانه تغییراتی اعمال شد. همچنین این واسط گرافیکی براساس گزینه‌های مدیریتی پیشنهادی و معیارهای موثر ارزیابی موردنظر برای حوزه آبخیز تالاب زریبار تنظیم شد، تا در نهایت بتواند با ویژگی‌های کار سامانه و حوزه مورد مطالعه سازگار باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از کارکرد سامانه‌های پشتیبان تصمیم دریاچه زریبار در واسط کاربر گرافیکی آن متشکل از بخش‌های مختلف اطلاعات، نقشه‌ها، مدل مفهومی، ورودی‌ها، سناریوها، خروجی‌ها و غیره، در شکل‌های ۴ و ۵ خلاصه شده است. این بخش از سامانه (واسط کاربر گرافیکی) به تصمیم‌گیری سریع و منطقی کمک کرده و نتایج را به‌صورت ترسیمی در اختیار ذینفعان تالاب قرار می‌دهد. محققین مختلف از ICMS به‌عنوان فضایی مناسب برای مدل‌سازی منابع محیطی و توسعه سامانه پشتیبان تصمیم استفاده کرده‌اند (Letcher, 2005؛ De la Rosa و همکاران، ۲۰۰۴؛ Sadoddin و همکاران، ۲۰۱۱). واسط کاربر گرافیکی مورد نظر به ذینفعان اجازه می‌دهد به‌صورت فعالانه در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت کنند و نظرات خود را در همه مراحل تصمیم‌گیری اعمال کنند. ذی‌نفعان تالاب بدون نیاز به هیچ مهارت خاصی از مدل‌سازی می‌توانند با انتخاب سناریوی مورد نظر خود نتایج را با توجه به هر یک از شاخص‌ها در صفحه خروجی به‌صورت نموداری مشاهده و بررسی کنند. سپس به ارزیابی و مقایسه نتایج پرداخته، با یک تصمیم منطقی و معقولانه بهترین سناریوی مورد نظر خود را با توجه به اولویت‌ها و محدودیت‌های خود انتخاب کنند، تا در نهایت بتوانند به مدیریت بهتر تالاب نائل شوند. در شکل ۴ب نمایی از صفحه سناریوها

در واسط کاربر گرافیکی تالاب زریبار به‌عنوان اصلی‌ترین بخش واسط کاربر گرافیکی نشان داده شده است. در این صفحه ذی‌نفعان می‌تواند به انتخاب سناریوی مورد نظر خود اقدام نمایند (شکل ۵). برای هر یک از سناریوهای موجود در این پژوهش دو گزینه مبنی بر وجود یا عدم وجود (بله/خیر) آن سناریو برای اجرای مدل در نظر گرفته شده است که ذی‌نفعان می‌توانند به انتخاب آنها اقدام نمایند. سیستم پشتیبان تصمیم ارائه‌شده در این تحقیق با ایجاد سناریوهای تصمیم‌گیری به فرآیند مدیریت منابع محیطی کمک می‌کند و با در نظر گرفتن عوامل مختلف، اقتصادی و سرمایه اجتماعی، عوامل انسان ساخت، وضعیت اجتماعی و فرهنگی و مفاهیم سیاستگذاری در اجرای آسان مفهوم مدیریت جامع تالاب موثر خواهد بود (Alvarez, 2010).

شکل ۴: نمایی از واسط کاربر گرافیکی (الف) و کاربرگ سناریوها (ب) در DSS تالاب زریبار



شکل ۵: کاربرگ خروجی سناریوهای مختلف مدیریتی در واسط کاربر گرافیکی DSS برای تالاب زریبار

نتیجه‌گیری

سامانه پشتیبان توسعه‌یافته در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برای پشتیبانی از فرایند تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل اطلاعات برای کمک به مدیریت مشارکتی و جامع تالاب زریبار به‌کار گرفته شود. این سامانه می‌تواند با مدیریت بسیاری از داده‌ها و اطلاعات و استفاده از مدل‌های مختلف به تصمیم‌گیری منطقی در شرایط پویا، پیچیده و دارای عدم قطعیت به ذی‌نفعان تالاب کمک کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله از نتایج زیرپروژه دریاچه زریبار از مجموعه پروژه‌های طرح کلان ملی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز کشور (قرارداد پژوهشی شماره ۴/۱۷۹؛ مصوب ۱۳۹۵/۰۱/۲۹) که توسط گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد، استخراج شده است.

منابع

اسداللهی، ز.، ۱۳۸۸. **طرح‌ریزی محیط زیستی دریاچه چغاخور برای حفاظت و گردشگری با ارزیابی چندمعیاره مکانی**. پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۴۱ ص.

بهشتیان، م.، ابوالحسنی، ح.، ۱۳۸۴. **سیستم‌های اطلاعات مدیریت**، انتشارات پردیس. ۱۱۹ ص.

پیشداد، ل.، ۱۳۹۵. **پیش‌بینی اثرات عوامل اقتصادی- اجتماعی و بیوفیزیکی بر وضعیت مدیریت جامع دریاچه زریبار با استفاده از مدل تصمیم بیزین**. رساله دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ص ۱۶۵.

مودت، م.، عراقی‌نژاد، ش.، مرتضی، و.، ۱۳۸۸. **ارائه چارچوب مفهومی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری ارزیابی کیفیت منابع آب حوزه آبریز**. دومین همایش ملی سدسازی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان. ۱۱ ص.

Alvarez, I. N., 2010. **A Bayesian model to construct a knowledge-based spatial decision support system for the Chaguana River Basin**. PhD Thesis in Engineering. 164p.

De la Rosa, D., Mayol F., Diaz-Pereira, E., Fernandez M., de la Rosa Jr, D., 2004. **A land evaluation Decision Support System (Micro LEIS DSS) for agricultural soil protection: With special reference to the Mediterranean resion**. Environmental Modeling and Software, 19, 929-942 pp.

Herath, G., 2004. **Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process**. J. Environ. Manag. 70: 263-273.

Letcher, R. A., 2005. **Implementation of a water allocation decision support system in the Namoi and Gwydir Valleys**. Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation MODSIM2005, Melbourne Australia, pp. 1546-1552.

Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005. **Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-Being**. Statement from the Board. Millennium Ecosystem Assessment. Full Report Available at: http://www.millenniumassessment.org/.

Miller, R. C., Guertin, P. D., Heilman, P., 2004. **Information technology in watershed**. Journal of the American Water Resources Association, 40(2): 347-357.

Sadoddin, A., 2006. **Bayesian network models for integrated-scale management of salinity**. Ph.D. Thesis, Center for Resource and Environmental Studies. Australian National University. Canberra.

Sadoddin, A., Letcher, R A., Jakeman, A.J., Croke, B.W., Newham L.T.H. 2011. **A Bayesian model decision support system for salinity management**. First International Conference, Sustainable Watershed Management (SuWaMa), Istanbul, Turkey.

Turban, E., Aronson, J.E., Liang, T.P., Sharda, R., 2007. **Decision support and business intelligence systems** (8th Edition). Prentice Hall, New Jersey.

Turner, R.K., Bergh, M.J.C., SoÈderqvist, T., Barendregt, A., Straaten, J., Ierland, E. C., 2000. **Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy**. Ecologic. Econom. 35, 7–23.

تحلیل ساختار و شبکه اجتماعی ذی‌نفعان محلی برای درک مدیریت مشارکتی تالاب دریاچه زریبار

لیلا پیشداد[۱]، علی نجفی‌نژاد[۲]، امیر سعدالدین[۳]، کامران چپی[۴]، حنانه محمدی‌کنگرانی[۵]

۱-دانش‌آموخته، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.lpishdad@gmail.com

۲-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. najafinejad@gau.ac.ir

۳-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. amir.sadoddin@gau.ac.ir

۴-دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.k.chapi@uok.ac.ir

۵-دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. h.kangarani@gau.ac.ir

چکیده

راه‌حل‌های مؤثر در حفاظت از منابع طبیعی، مستلزم درک و شناخت ذی‌نفعان و جوامع محلی، و ساختار شبکه‌های اجتماعی آنها به‌منظور شکل‌گیری توسعه پایدار مبتنی بر اعتماد و مدیریت مشارکتی است. در این مقاله از تحلیل شبکه اجتماعی برای شناسایی ذی‌نفعان اصلی، ارزیابی قدرت آنها، و نشان دادن روابط بین آنها بر اساس شاخص‌هایی همچون اندازه شبکه، مرکزیت، تراکم و دوسویگی به‌عنوان مؤلفه‌های مؤثر در تدوین برنامه‌های مدیریت مشارکتی در حوضه تالاب دریاچه زریبار استفاده شده است. نتایج نشان داد که میزان همبستگی ژاکارد بین دو پیوند اعتماد و مشارکت ۶۴٪ بود. سطح اعتماد و مشارکت متقابل براساس شاخص دوسویگی پیوندها در بین ذی‌نفعان زریبار به‌ترتیب ۲۸٪ و ۱۳٪ بود؛ بنابراین پایداری شبکه ذی‌نفعان تالاب زریبار را بایستی ضعیف دانست. افزون بر این، اندازه شاخص تراکم در سطح کل پیوندهای اعتماد و مشارکت به ترتیب ۴۶٪ و ۳۳٪ بود. همچنین نتایج نشان داد که گروه‌های اثرگذار محلی به‌عنوان کنش‌گران مرکزی، بیشترین پیوندها را با دیگر بهره‌برداران محلی دارند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به درک بهتر ساختار کنش‌گران مهم محلی، و بهره‌گیری از آنها برای تقویت انسجام و سرمایه اجتماعی ذی‌نفعان تالاب دریاچه زریبار، به‌عنوان یکی از الزامات برنامه عمل مدیریت مشارکتی تالاب به‌منظور دستیابی به حفاظت مؤثر و توسعه پایدار آن در آینده کمک کند.

کلید واژه‌ها: تحلیل ذی‌نفعان، کنش‌گران محلی، اندازه شبکه، مدیریت مشارکتی، آبخیز زریبار

Social network and stakeholder analysis for understanding participatory management of the Zrebar lake wetland

Abstract

Effective conservation of natural resources relies on understanding stakeholders and local communities, as well as the social networks that bind them. This study employs social network analysis to identify key stakeholders in the Zrebar lake wetland, assess their influence, and elucidate their interrelationships through indicators such as network size, centrality, density, and reciprocity, crucial elements for developing participatory management strategies. The results showed that the Jaccard correlation coefficient between trust and participation was found to be 64%. However, the levels of mutual trust and participation, as reflected in the reciprocity index, were only 28% and 13%, respectively, suggesting a low sustainability of the stakeholder network. Additionally, the overall density indices for trust and participation links stood at 46% and 33%, respectively. Our findings highlight that local influential groups serve as central actors with extensive connections to other stakeholders. By understanding the structure of these local networks, this study can inform strategies to enhance cohesion and social capital among stakeholders, thus supporting effective conservation efforts and sustainable development initiatives in the future.

Keywords: Stakeholder analysis, Local actors, Network size, Partcicipatory management, Zrebar watershed

مقدمه

علی‌رغم منافع و مزایای متعدد تالاب‌ها و دریاچه‌ها برای جوامع انسانی و طبیعت، تخریب گسترده این اکوسیستم‌های آبی به‌دلیل فشارهای انسانی و رخدادهای نامطلوب طبیعی، به‌ویژه تغییرات آب و هوایی، در دهه‌های اخیر افزایش یافته است (Gopal, 1991). به‌همین دلیل، مدیریت و حفاظت تالاب‌ها و دریاچه‌ها برای برخورداری جوامع از خدمات اکوسیستمی آنها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. تالاب دریاچهٔ زریبار، یکی از تالاب‌های داخلی ایران است که پایداری آن در معرض خطر بوده و به‌همین دلیل لزوم توجه کل‌نگر به آن ضروری است. دلایل عمدهٔ تخریب و آلودگی دریاچه زریبار را می‌توان در چهار محور عمده، شامل مسائل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، کمبود یا فقدان مقررات و ضوابط برای بهره‌برداری و نگهداری پایدار از دریاچه و آبخیز آن، مسائل مدیریتی و اجرایی، و رخدادهای طبیعی منطقه مانند تغییرات اقلیمی دسته‌بندی کرد. در این میان، بهره‌برداری خردمندانه از چنین اکوسیستمی مهم نیازمند شناسایی ارزش‌ها و کارکردهای آن، برنامه‌ریزی محیطی، و بکارگیری رویکردهای اقتصادی-اجتماعی مناسب برای کاهش خسارت‌های ناشی از فشارهای انسانی است (Maltby, 1991). در این راستا مدیر آبخیز تالاب برای حفظ و ایجاد تعادل در پایداری آن، راهکارهای متفاوتی از جمله مدیریت مبتنی بر مشارکت ذی‌نفعان به‌عنوان سازوکاری مهم و سازنده برای کاهش تخریب تالاب و ایجاد توازن بین کاربری‌های موجود در آن، در اختیار دارد (Turner, 2000).

در یک آبخیز، منابع و سرمایه‌های مختلفی از جمله سرمایه‌های انسانی وجود دارند که بدون بهره‌گیری از آنها، مدیریت جامع آبخیز با هدف پایداری منابع طبیعی امکان‌پذیر نیست (ابراهیمی‌آذرخوران، ۱۳۹۳). در مدیریت منابع آب، مولفه‌های انسانی همواره مورد تأکید قرار گرفته‌اند؛ به‌طوری‌که امروزه در مدیریت پایدار آبخیزها، به تصدی‌گری و به‌دنبال آن مدیریت مشارکتی منابع آب اهمیت زیادی داده می‌شود (Abelshausen *et al.*, 2014). یکی از مؤلفه‌های اصلی در این رویکرد، بهره‌بردارن محلی این منابع هستند که برای شکل‌گیری سازوکار مدیریت مشارکتی منابع آب، رابطه دوسویه و تعامل بین نهادهای دولتی و این بهره‌بردارن امری ضروری است (Kendrick, 2002). یکی از مولفه‌های کلیدی و اساسی برای شروع مدیریت مشارکتی در بین همه کنش‌گران دخیل در فرآیند مدیریت مشارکتی منابع آب، توسعه اعتماد و درک روابط متقابل بین آنها است (Carlsson and Sandström, 2008). اعتماد در کنار مؤلفه‌های مشارکت و انسجام اجتماعی از جنبه‌های مهم سرمایه اجتماعی به‌شمار می‌آیند. انسجام اجتماعی، به‌عنوان یکی از مهمترین مفهوم‌ها در جامعه‌شناسی، مؤلفه‌ای اثرگذار بر مدیریت مشارکتی است که در پایداری عرصه‌های طبیعی (مانند حوزه‌های آبخیز) نقشی تعیین‌کننده و اثرگذار ایفا می‌کند (Abelshausen *et al.*, 2014). بر این اساس می‌توان گفت که بین سه مؤلفه اعتماد، مشارکت و انسجام اجتماعی رابطه‌ای مستقیم وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش اعتماد در شبکه، مشارکت و انسجام اجتماعی نیز افزایش یافته و در این بستر مدیریت مشارکتی موفق‌تر خواهد بود (Kulig, 2010).

تحلیل شبکه اجتماعی به‌عنوان رویکردی جدید در تحلیل مسایل چندبعدی و درهم تنیده مدیریتی، از قابلیت‌های زیادی جهت سامان‌دهی مدیریت مشارکتی منابع آب در حوزه‌های آبخیز برخوردار است (ابراهیمی‌آذرخوران، ۱۳۹۳). آنچه در شبکه‌های اجتماعی برای مدیریت منابع آب در حوزه‌های آبخیز حائز اهمیت است، تحلیل ساختاری روابط میان کنش‌گران است (Parkes *et al.*, 2010). برای مثال، Bodin و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی شاخص‌های تراکم و مرکزیت در فرایند یادگیری، رهبری و اعتماد در مدیریت منابع طبیعی، اظهار داشتند که با اندازه‌گیری شاخص تراکم می‌توان به میزان انسجام در شبکه‌های اعتماد و مشارکت پی برد. قربانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی پیوندهای اعتماد و مشارکت بین نهادها و بهره‌بردارن مرتبط با مراتع در فرایند مدیریت مشارکتی مراتع با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی در منطقه طالقان، هبستگی ۷۰ درصدی بین دو شبکه اعتماد و مشارکت بین نهادها و بهره‌برداران مراتع را گزارش کرده‌اند. بدین‌ترتیب با توجه به این مهم، هدف از مطالعه حاضر، تحلیل ساختاری روابط اجتماعی ذی‌نفعان محلی با تأکید بر اعتماد و مشارکت برای کمک به تدوین برنامه عمل مدیریت مشارکتی تالاب دریاچه زریبار با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی است.

مواد و روش‌ها

آبخیز مورد مطالعه

این مطالعه بر روی تالاب دریاچه زریبار، واقع در دو کیلومتری غرب شهرستان مریوان، انجام گرفت. مساحت آبخیز مورد مطالعه ۱۰۷۴۱/۴۱ هکتار است که ۸۴۳۶/۵ هکتار آن به زمین‌های اطراف دریاچه، و ۲۲۹۴/۷۶ هکتار آن به پهنه آبی تالاب اختصاص دارد. ارتفاع متوسط حوزه از سطح آب‌های آزاد ۱۳۷۵ متر است. در محدوده بالادست و پایین‌دست تالاب مورد مطالعه ده روستا وجود دارد که شغل اصلی مردمان آن کشاورزی و دامداری است، و از منابع آب تالاب دریاچه برای باغداری، صیفی‌کاری، توتون‌کاری و زراعت محصولات غله‌ای استفاده می‌شود؛ و افزون بر آن تعداد زیادی از ساکنان روستایی و شهری نیز در تالاب به صیادی مشغول هستند.

جامعه آماری و ارزیابی شاخص‌های شبکه اجتماعی

روش تحلیل شبکه اجتماعی به‌عنوان رویکردی جدید در حل مسایل چندوجهی و پیچیده مدیریتی، از قابلیت‌های متعددی برای مدیریت منابع طبیعی برخوردار است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Fernandes *et al.*, 2025). در تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شبکه به‌صورت مجموعه‌ای از گره‌ها و روابط بین آنها تعریف می‌شود، که در آن یک گره ممکن است فرد، گروه، سازمان، و یا یک کشور با روابط جهت‌دار، بدون‌جهت، وزن‌دار، و یا دوتایی (صفر و یک) باشد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌منظور گردآوری داده‌های مربوط به روابط و نقاط (افراد، سازمان‌ها یا گروه‌ها) شبکه، ابتدا جمعیت نمونه تعیین می‌شود. از آنجا که در مدیریت منابع طبیعی سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی چارچوب مطالعاتی در تحلیل شبکه اجتماعی را شکل می‌دهند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱)، در این مرحله تعیین مرزها کار دشواری است چرا که اعضای شبکه‌ها همواره در حال کم و زیاد شدن هستند (Faust, 2010). لذا در این مطالعه، آبخیز تالاب زریبار به‌عنوان مرز اکولوژیک و ذی‌نفعان محلی آن به عنوان مرز اجتماعی آن در نظر گرفته شدند. چارچوب‌بندی مطالعه براساس روش پیمایشی و از طریق مشاهده مستقیم انجام، و با گروه‌های هدف ذی‌نفعان و بهره‌برداران محلی تالاب ساکن در محدوده مرز اکولوژیکی آن (شامل ۶۶ نفر از ذی‌نفعان دریاچه شامل ۳۷ نفرکشاورز، ۶ نفر کشاورز-مرتعدار، ۶ نفر کشاورز-دامدار، ۸ نفر معلم، و ۸ نفر با مشاغل خدماتی)، مصاحبه چهره-به-چهره صورت گرفت. گردآوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه تحلیل شبکه‌ای و نمونه‌برداری به روش گلوله برفی انجام گرفت (Brown *et al.*, 2005).

به‌منظور تحلیل ساختاری روابط و میزان پایداری و انسجام اجتماعی، شاخص‌های تحلیل شبکه‌ای همچون اندازه شبکه[1]، مرکزیت[2]، تراکم[3] و دوسویگی[4] برای سنجش معیارها و شاخص‌های کمی و ریاضی مرتبط با مولفه‌های موثر در مدیریت مشارکتی تالاب ارزیابی و برآورد شدند. همچنین درجه ورودی و خروجی گره‌ها در سطح کل شبکه محاسبه و افراد اثرگذار و قابل‌اعتماد در جامعه مورد مطالعه مورد نیاز برای تدوین و توسعه برنامه‌های مدیریت مشارکتی تعیین شدند. در پایان، به‌منظور بررسی میزان همبستگی بین رابطه اعتماد و مشارکت و برآورد رابطه رگرسیونی بین این دو پیوند، در بین ذی‌نفعان محلی از شاخص روش واگذاری درجه دوم[5] استفاده شد. از نرم‌افزار UCINET7 برای انجام محاسبات، و از نرم‌افزار Netdraw برای ترسیم شبکه‌ها استفاده شد.

[1] Size
[2] Centrality
[3] Density
[4] Reciprocity
[5] Quadratic Assignment Procedure (QAP)

نتایج و بحث

شاخص‌های تراکم و اندازه شبکه در شبکه ذی‌نفعان محلی تالاب دریاچه زریبار

بهره‌گیری از پتانسیل مشارکت مردمی به عنوان یک ضرورت در تصمیم‌گیری‌های مدیریت منابع طبیعی، آسان‌ترین و موثرترین راهکار برای حفاظت از این منابع است (Fernandes *et al.*, 2025). اگرچه رفتار مردمان محلی حاشیه تالاب دریاچه زریبار ممکن است تهدیدی برای استفاده خردمندانه از منابع آن باشد، اما استفاده از این سرمایه می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند در حفاظت از ارزش‌های تالاب‌ها در برابر تهدیدات خارجی مؤثر و کارآمد باشد. نتایج تجزیه و تحلیل "تراکم" در سطح کل شبکه اجتماعی این مطالعه نشان داد که سطح این شاخص در سطح کل پیوندهای اعتماد و مشارکت به‌ترتیب ٪۴۶ و ٪۳۳ است (جدول ۱). بر این اساس با توجه به رابطه مستقیم انسجام اجتماعی با میزان تراکم، می‌توان نتیجه گرفت که میزان انسجام اجتماعی بر اساس ماتریس اعتماد در حد متوسط و براساس ماتریس مشارکت در حد ضعیف است. بدین‌ترتیب، با توجه به رابطه مستقیم انسجام اجتماعی با سرمایه اجتماعی (Kroll, 2011)، می‌توان سرمایه اجتماعی را در شبکه مورد نظر ضعیف تا متوسط ارزیابی نمود. علاوه بر این، شاخص "اندازه شبکه" نشان داد که تقریباً یک‌پنجم پیوندهای مورد انتظار در شبکه ذی‌نفعان محلی براساس پیوند مشارکت و نزدیک به یک‌دوم این پیوندها نیز براساس پیوند اعتماد است (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج شاخص‌های تراکم و اندازه شبکه بر اساس پیوندهای اعتماد و مشارکت در شبکه ذینفعان محلی تالاب زریبار

مرز اکولوژیک	پیوند	تعداد ذی‌نفعان	کل پیوند مورد انتظار	تراکم (٪)	اندازه شبکه
روستاهای آبخیز تالاب زریبار	اعتماد	۶۶	۴۲۹۰	۴۶	۱۸۷۸
	مشارکت	۶۶	۴۲۹۰	۳۳	۸۳۸

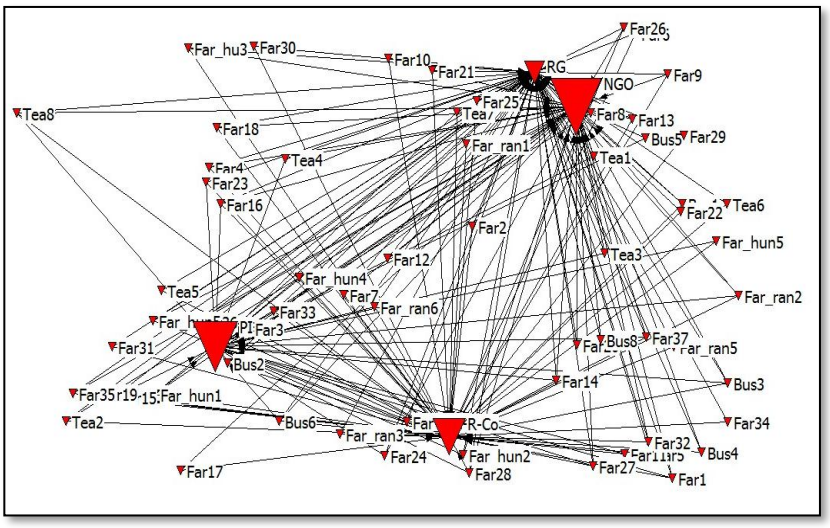
شاخص‌های تمرکز و مرکزیت بینابینی

در این تحقیق همبستگی بالا بین اعتماد و مشارکت، و وابستگی تغییرات پیوند مشارکت به پیوندهای اعتماد بین ذی‌نفعان دریاچه، نشان‌دهنده ارتباط نزدیک بین دو پیوند اعتماد و مشارکت در تدوین برنامه عمل برای مدیریت مشارکتی دریاچه است. به‌طور مشابه، در گزارش مطالعه سایر پژوهشگران نیز اهمیت این ارتباط تأیید شده است (برای مثال، Stein *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2025). در این مطالعه، درجه انسجام اجتماعی در بین ذی‌نفعان محلی دریاچه ضعیف بود و این ضعف می‌تواند یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های فرآروی مدیریت مشارکتی تالاب زریبار باشد. نتایج به‌دست آمده از محاسبه این شاخص‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که تمرکز شبکه براساس پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی، و به‌عبارتی بر اساس دریافت اعتماد، از ساختار ستاره‌ای شکل برخوردار است و به کنش‌گران محدود مرکزی در شبکه وابسته است (شکل‌های ۱ و ۲). همچنین بر این اساس تمرکز براساس پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی مشارکت بیشتر است، به‌طوری‌که بر اساس یافته‌های این مطالعه، دریافت اعتماد و مشارکت در اختیار کنش‌گران مرکزی است (شکل ۲). بدین‌ترتیب گروه‌های اثرگذار محلی در جایگاه پررنگی قرار داشته و مورد اعتماد مردم هستند؛ به‌عبارتی یافته‌ها این واقعیت را که این جامعه ماهیتاً دارای مرکزیت درجه ورودی بالایی است، تأیید می‌کنند.

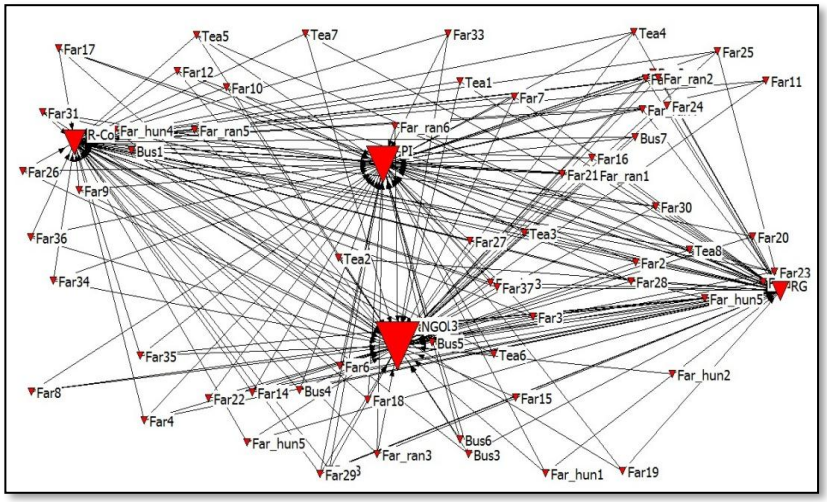
جدول ۲: نتایج شاخص تمرکز شبکه بر اساس پیوندهای درونی و بیرونی در اعتماد و مشارکت

مرز اکولوژیک	پیوند	مرکزیت شبکه براساس پیوندهای درونی (درصد)	مرکزیت شبکه براساس پیوندهای بیرونی (درصد)
روستاهای آبخیز تالاب زریبار	اعتماد	۸۹/۳۱	۲/۰۱
	مشارکت	۷۹/۶۰	۱/۲۷

افراد شبکه اجتماعی ساکنان آبخیز تالاب زریبار جهت حل مسائل و مشکلاتشان اغلب به سازمان‌ها و تعداد معدودی افراد مراجعه کرده و اعتماد دارند. به‌همین دلیل ساکنان تالاب کمتر به تبادل اطلاعات با هم می‌پردازند و در ساختار این جامعه ماهیتاً مرکزیت درجه خروجی پایین است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بخش از مطالعه، افرادی که از بیشترین مرکزیت درجه و مرکزیت بینابینی در میان ساکنان آبخیز تالاب زریبار برخوردارند، همگی عضو انجمن سبز چیا (سازمان مردم-نهاد) هستند. بعد از اعضای این انجمن مردمی، امام جمعه، شورای اسلامی روستاها، و دهیاری‌ها در رتبه‌های بعدی افراد برخوردار از بیشترین مرکزیت درجه قرار گرفته‌اند (شکل‌های ۱ و ۲). این افراد فعال‌ترین کنش‌گران بوده و بیشترین پیوندها را با دیگر کنش‌گران دارند. میزان بالای درجه خروجی نشان‌دهنده اقتدار است، بدین‌مفهوم که این نوع گره‌ها خیلی سریع می‌توانند اطلاعات را انتشار دهند. از طرف دیگر، میزان بالای درجه ورودی نیز نشان‌دهنده شهرت فرد است، که نمایانگر توجه و مراجعه زیاد افراد به این گره‌ها است (Klenk et al., 2009). بنابراین، با توجه به درجه مرکزیت ورودی بالای این کنش‌گران می‌توان آنها را مؤثرترین افراد در امر ترویج و حفاظت از دریاچه دانست. این کنش‌گران بیشترین نفوذ را در میان ذی‌نفعان محلی داشته و مردم بیش از سایرین، نظر این افراد را در زمینه امور و مسائل مختلف قبول دارند. این افراد از کوتاهترین مسیر میان جفت‌کنش‌گران دیگر برخوردارند، بنابراین دارای بیشترین مرکزیت بینابینی بوده و قابلیت کنترل دیگر افراد محلی را نیز دارند.



شکل ۱: مرکزیت درجه در شبکه همکاری و مشارکت ذی‌نفعان محلی. اندازه مثلث‌ها متناسب با مرکزیت درجه کنش‌گر است (مشارکت‌کنندگان: Tea: معلم؛ Bus: خدمات؛ Far: کشاورز؛ Ran: دامدار؛ Far-Hun: کشاورز - صیاد؛ Far-Ran: کشاورز - دامدار؛ R-Co: شورای روستا؛ NGO: انجمن سبز چیا؛ RG: دهیار؛ PI: امام جمعه).



شکل ۲: مرکزیت درجه در شبکه اعتماد ذی‌نفعان محلی، اندازه مثلث‌ها متناسب با مرکزیت درجه کنش‌گر است (مشارکت‌کنندگان: Tea: معلم؛ Bus: خدمات؛ Far: کشاورز؛ Ran: دامدار؛ Far-Hun: کشاورز – دامدار؛ Far-Ran: کشاورز – صیاد؛ R-Co: شورای روستا؛ NGO: انجمن سبز چیا؛ RG: دهیار؛ PI: امام جمعه).

شاخص دوسویگی

شاخص دوسویگی بیانگر متقابل بودن روابط در شبکه مورد نظر است، بدین‌ترتیب پایداری شبکه با میزان شاخص دوسویگی رابطه‌ای مستقیم دارد (ابراهیمی‌آذرخوران، ۱۳۹۳). نتایج نشان داد که سطح اعتماد و مشارکت متقابل بر اساس میزان دوسویگی پیوندها در بین ذی‌نفعان دریاچه به‌ترتیب با ۲۸٪ و ۱۳٪، در حد کم و خیلی کم است (جدول ۳). باتوجه به رابطه شاخص دوسویگی با پایداری شبکه، می‌توان پایداری شبکه ذی‌نفعان تالاب دریاچه زریبار را در حد پایین دانست (باستانی و رئیسی، ۱۳۹۰) و به‌دلیل کم‌بودن تعداد نقاط برشی در شبکه، سطح اتصال در شبکه اجتماعی یادشده کم بوده و با حذف تعداد کمی گره، شبکه اتصالات خود ار از دست می‌دهد. بنابراین، در برنامه مدیریت مشارکتی تالاب دریاچه زریبار، ضروری است پیوندهای دوطرفه اعتماد و مشارکت نیز در بین ذی‌نفعان محلی تقویت گردد تا ضمن افزایش سرمایه اجتماعی در شبکه، بتوان برنامه مشارکتی موفقی را اعمال نمود.

جدول ۳: نتایج شاخص دوسویگی بر اساس پیوندهای اعتماد و مشارکت در شبکه ذینفعان محلی تالاب زریبار.

مرز اکولوژیک	نوع پیوند	دوسویگی پیوند (درصد)
روستاهای آبخیز تالاب زریبار	اعتماد	۲۸
	مشارکت	۱۳

رابطه بین پیوندهای اعتماد و مشارکت در شبکه براساس شاخص واگذاری درجه دوم

بررسی همبستگی ژاکارد[1] بین پیوندهای اعتماد و میزان مشارکت موجود در شبکه ذی‌نفعان تالاب بر اساس شاخص واگذاری درجه دوم نشان داد که میزان همبستگی بین دو پیوند اعتماد و مشارکت ۶۴ درصد است (جدول ۴)، که همبستگی نسبتاً بالای دو پیوند را در سطح معنی‌داری ۱٪ نشان می‌دهد (باستانی و رئیسی، ۱۳۹۰). همچنین برآورد معادله خط رگرسیون بین

[1] Jacquard's correlation

پیوندهای اعتماد و مشارکت در شبکه مورد نظر نشان داد که ۷۷ درصد از تغییرات در مشارکت متأثر از تغییرات در اعتماد (متغیر مستقل) در شبکه خواهد بود (جدول ۴). بدین‌ترتیب، با افزایش اعتماد میان کنش‌گران می‌توان زمینه را برای افزایش مشارکت و همکاری بین افراد در شبکه را فراهم کرد.

جدول ۴: معادله رگرسیون بین دو پیوند اعتماد و مشارکت در شبکه ذی‌نفعان محلی تالاب زریبار.

ضرایب	میزان ضرایب	معادله رگرسیونی
عرض از مبدا	۰/۹۸	y = ۰/۹۸ + ۰/۷۷x
ضریب رگرسیون متغیر مسقل	۰/۷۷	

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این تحقیق، در برنامه عمل مدیریت مشارکتی تالاب، اعضای انجمن سبز چیا، امام جمعه، اعضای شورای اسلامی روستاها و دهیاری‌ها فعال‌ترین کنش‌گران شبکه اجتماعی بوده و از بیشترین پیوندها با دیگر کنش‌گران برخوردارند. بدین‌ترتیب، این افراد بایستی به‌عنوان بازوی اصلی مدیریت مشارکتی دریاچه بکار گرفته شوند. با توجه به پایین بودن میزان تراکم، انسجام و سرمایه اجتماعی در جامعه مورد مطالعه، تقویت انسجام اجتماعی و سرمایه اجتماعی بین ذی‌نفعان محلی یکی از الزامات برنامه عمل مدیریت مشارکتی تالاب برای دستیابی به امنیت و توسعه پایدار تالاب است. افزون بر این، با تقویت عامل اعتماد انتظار می‌رود که مشارکت و همکاری در بین ذی‌نفعان نیز تقویت شود.

تشکر و قدردانی

از سازمان‌ها و تشکل‌های محلی مانند اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان مریوان، اعضای انجمن سبز چیا، و همچنین بخش‌های باغبانی، زراعت، و ترویج اداره جهاد کشاورزی شهرستان که در ارائه و گردآوری داده‌های ضروری مورد نیاز برای انجام این مطالعه همکاری کردند، قدردانی می‌کنیم. همچنین از حمایت‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در پیشبرد این تحقیق صمیمانه قدردانی می‌شود. این مقاله از رساله نگارنده اول (ل. پیشداد) استخراج شده است.

مراجع

ابراهیمی‌آذرخوران، ف.، قربانی، م.، سلاجقه، م.، محسنی ساروی، م. ۱۳۹۳. **تحلیل شبکه اجتماعی ذی‌نفعان محلی در برنامه عمل مدیریت مشارکتی منابع آب (مطالعه موردی: رودخانه جاجرود در حوزه آبخیز لتیان-روستای دربندسر)**. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۸، شماره ۲۵. صفحات ۵۶-۴۷.

باستانی، س.، رئیسی، م. ۱۳۹۰. **روش تحلیل شبکه: استفاده از رویکرد شبکه‌های کل در مطالعه اجتماعات متن باز.** مطالعات اجتماعی ایران. دوره ۵. شماره ۲. صفحات ۳۱ تا ۵۷.

قربانی، م.، آذرنیوند، ح.، مهرابی، ع.ا.، باستانی، س.، جعفری، م.، نایبی، ه. ۱۳۹۱. **تحلیل شبکه اجتماعی: رویکردی نوین در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مدیریت مشارکتی منابع طبیعی**. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۵. شماره ۴. صفحات ۵۶۸-۵۵۳.

Abelshausen, B., Vanwing, T., Donder, L., Buffel, T., Backer, F. 2014. **Stakeholder participation and knowledge sharing in integrated. coastal zone management in Vietnam**. J. of Procedia – Social and Behavioral Sciences, 116: 1792-1796.

Bodin, Ö., Crona, B. Ernstson, H. 2006. **Social networks in natural resource management – What's there to learn from a structural perspective?** Ecology & Society 11(2), r2. URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/resp2/

Brown, A.E., Zhang, L., McMahon, T.A., Western, A.W., Vertessy, R.A. 2005. **A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation.** Journal of Hydrology, 310: 28-61.

Carlsson, L.G., Sandström, A.C. 2008. **Network governance of the commons.** International Journal of the Commons, 2(1): 33-54.

Faust, K. 2010. **A puzzle concerning triads in social networks: Graph constraints and the triad census**. Social Networks, 32: 221-233.

Fernandes, C.C., Valente, S., Figueiredo, E., Polido, A. 2025. **Stakeholder and social network analysis for understanding forest (fires) management – A contribution based on a systematic literature review.** Forest Policy and Economics, 170: 103396.

Gopal, B. 1991. **Wetland (mis) management by keeping people out: two examples from India.** Landscape and Urban Planning, 20: 53-59.

Kendrick, A. 2002. **Caribou co-management in northern Canada: fostering multiple ways of knowing.** Ecological Indicators, 17: 241-267.

Klenk, N.L., Hickey, G.M., MacLellan, J.I., Gonzales, R., Cardille, J. 2009. **Social network analysis: A useful tool for visualizing and evaluating forestry research.** International Forestry Review, 11: 134-140.

Kroll, C. 2011. **Different things make different people happy: examining social capital and subjective well-being by gender and parental status.** Social Indicators Research, 104: 157-177.

Kulig, A., Kolfoort, H., Hoekstra, R. 2010. **The case for the hybrid capital approach for the measurement of the welfare and sustainability.** Ecological Indicators, 10: 118-128.

Maltby, E. 1991. **Wetland management goals: wise use and conservation.** Landscape and Urban Planning, 20: 9-18.

Parkes, M.W., Morrison, K.E., Bunch M.J., Hallström L.K., Neudoerffer, R.C., Venema, H.D., Waltner-Toews, D. 2010. **Integrated governance for water, health and social–ecological systems: The watershed governance prism.** Global Environmental Change, 20(4): 693-704.

Stein, C., Ernstson, H., Barron, J., 2011. **A social network approach to analyzing water governance: The case of the Mkindo catchment, Tanzania.** Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36: 1085-1092.

Turner, R.K. 2000. **Integrating natural and socioeconomic science in coastal management.** Journal of Marine Sciences, 25: 447-460.

بررسی تمایل ذی‌نفعان برای مشارکت در مدیریت و حفاظت از تالاب شهری دریاچه زریبار با استفاده از رویکرد ارزش‌گذاری مشروط

لیلا پیشداد[۱]، حامد قادرزاده[۲]

۱- دانش‌آموخته، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. lpishdad@gmail.com

۲- دانشیار، اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان hamedar2002@uok.ac.ir

چکیده

موفقیت در مدیریت و حفاظت از تالاب‌ها به‌ویژه در مواردی که این اکوسیستم‌های مهم آبی در نزدیکی جوامع شهری و روستایی قرار دارند، به‌شدت بر حمایت و مشارکت فعال ذی‌نفعان متکی است. در این مطالعه که به بررسی پویایی تمایل ذی‌نفعان محلی در حفاظت از تالاب دریاچه زریبار می‌پردازد، در مجموع ۴۰۶ نفر به‌طور تصادفی انتخاب، و در مصاحبه‌های چهره‌به‌چهره مبتنی بر پرسشنامه شرکت داده شدند. پس از گردآوری اطلاعات حاصل از نرخ پاسخ ۹۴/۱ درصدی مصاحبه‌شوندگان، از روش ارزش‌گذاری مشروط برای تجزیه و تحلیل تمایل ذی‌نفعان شهری و روستایی تالاب برای مشارکت در مدیریت و حفاظت از آن از طریق ارزیابی شاخص میل به پذیرش استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشتر پاسخ‌دهندگان از محدوده جبران خسارت ۱۰۶ × ۵۰۰-۱۰۰ ریال در سال برای شرکت در فعالیت‌های مختلف مدیریتی و حفاظتی تالاب زریبار حمایت می‌کنند. تجزیه و تحلیل واریانس ذی‌نفعان، تفاوت‌های معنی‌داری را در مقادیر میل به پذیرش در بین گروه‌های مختلف ذی‌نفع، از جمله جوامع روستایی و شهری، سازمان‌های دولتی، فعالان بخش خصوصی، و سازمان‌های غیردولتی نشان داد. بر اساس نتایج تحلیل رگرسیون Tobit، پارامترهای «جنسیت»، «سن»، «سطح تحصیلات»، «درآمد خانوار»، «مدت اقامت» و «مساحت زمین کشاورزی» عوامل مهم مؤثر بر میزان میل به پذیرش توسط ذی‌نفعان تالاب زریبار هستند. یافته‌های این مطالعه اطلاعات ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران و مدیران محلی و منطقه‌ای با هدف ترویج شیوه‌های حفاظت پایدار در اکوسیستم تالاب دریاچه زریبار ارائه می‌دهد.

کلید واژه‌ها: مشارکت ذی‌نفعان، پرسشنامه، عوامل اقتصادی -اجتماعی، ارزش‌گذاری مشروط، تالاب شهری زریبار

Exploring stakeholders' willingness to engage in the management and conservation of the Zrebar urban lake wetland using a contingent valuation approach

Abstract

Wetland conservation efforts rely heavily on stakeholders' active engagement and support, particularly in cases where wetlands are situated near urban and rural communities. This study delves into the dynamics of stakeholder participation willingness in wetland conservation, focusing on the Zrebar urban wetland. A total of 406 individuals were randomly chosen to take part in a face-to-face questionnaire-based survey, achieving a response rate of 94.1%. A key aspect of the study involves the contingent valuation analysis, which explores stakeholders' willingness to accept (WTA) compensation for wetland conservation efforts. The results revealed that a majority of respondents favored a compensation range of 100-500 × 10^6 IRR/year for participating in different management activities. The analysis of variance highlighted significant differences in WTA values across different stakeholder groups, including rural and urban societies, government agencies, private sector actors, and non-governmental organizations. Tobit regression analysis identified "gender", "age", "education level", "household income", "duration of residency", and "agricultural land area" as significant factors influencing the amount of stakeholders' WTA. In conclusion, this study provides valuable insights for policymakers and conservation practitioners aiming to promote sustainable conservation practices in the Zrebar wetland ecosystem as well as in other urban wetlands across the country.

Keywords: Stakeholder engagement, Questionnaire, Socio-economic factors, Contingent valuation method, Zrebar urban wetland

مقدمه

تالاب‌ها از جمله تالاب‌های دریاچه‌ای شهری از نظر بیولوژیکی متنوع‌ترین و مولدترین اکوسیستم‌های روی کره زمین هستند (MEA, 2005). این اکوسیستم‌های مهم آبی خدمات مهمی مانند کنترل سیل، تعدیل تغییرات آب و هوایی، تأمین آب و غذا، ذخیره کربن، تأمین زیستگاه، و فرصت‌های تفرجی را ارائه می‌دهند (MEA, 2005; Mitsch *et al.*, 2013). بر اساس برآوردهای جهانی، وسعت مناطق تالابی جهان از ۵/۵ تا ۱۲/۵ میلیون کیلومتر مربع متفاوت است (Mitsch and Gosselink, 2015)، که متأسفانه علیرغم اهمیت آنها، طی یک سده اخیر تقریباً ۵۰ درصد از تالاب‌های جهان به‌دلیل صنعتی‌شدن، توسعه شهرنشینی و افزایش فعالیت‌های کشاورزی از بین رفته‌اند و یا در حال نابودی هستند (Janse *et al.*, 2019). بنابراین، تلاش‌های مؤثر برای حفاظت و مدیریت پایدار این اکوسیستم‌های مهم به‌منظور کمک به ارتقای کیفیت محیط‌زیست پیرامون جوامع انسانی حیاتی است (Athukorala et al., 2024).

مشارکت ذینفعان مختلف از جمله جوامع محلی، سیاستگذاران، دانشمندان و نمایندگان صنعت، تلاش‌های حفاظتی سازمان‌های دولتی برای رسیدگی به چالش‌های اکولوژیکی خاص هر اکوسیستم آبی را تقویت و ثمربخش می‌کند (Wardrop *et al.*, 2011). با وجود این، تضاد منافع میان ذی‌نفعان ممکن است تدوین و اجرای برنامه چنین تلاش‌هایی را دشوار و پیچیده می‌کند. برای نمونه، کشاورزان ممکن است تالاب‌ها را به‌عنوان فرصتی برای تقویت کشاورزی خود ببینند، در حالی‌که محیط‌بانان از آنها به‌عنوان زیستگاه‌های حیاتی حمایت می‌کنند. از طرف دیگر جوامع شهری واقع در مجاورت تالاب‌ها ممکن است برای ماهیگیری، منابع آبی و فعالیت‌های تفرجی به این اکوسیستم‌ها وابسته باشند، در مقابل، توسعه‌دهندگان شهری ممکن است آنها را به‌عنوان مکان‌های مطلوب برای تأسیس پروژه‌های ساختمانی و تجاری در نظر داشته باشند. لذا با به رسمیت‌شناختن و ارزش‌گذاری این دیدگاه‌های متفاوت، حافظان منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌توانند در جهت یافتن زمینه‌های مشترک و توسعه راه‌حل‌هایی که هم به نفع جامعه و هم به نفع محیط‌زیست باشد، تلاش کنند (Wei *et al.*, 2021).

تالاب‌های شهری برای مدیریت به‌طور ذاتی به‌عنوان پلت‌فرم‌هایی مشارکتی مبتنی بر تعامل و مباشرت عمل می‌کنند، و همین دلیل درک عواملی را که بر مشارکت ذی‌نفعان نقش‌آفرین در حفاظت و مدیریت آنها تأثیر می‌گذارند، را ضروری می‌سازد (Millar *et al.*, 2019). در واقع، مدیریت مشارکتی مؤثر مستلزم مشارکت ساکنان محلی در فرآیندهای توسعه است، امری که احساس مالکیت معنوی جامعه را بر نتایج زیست‌محیطی این مشارکت تقویت می‌کند (Eskandari-Damaneh *et al.*, 2020). در مطالعات مختلف با استفاده از مدل‌های تمایل به پذیرش[1] (WTA) عواملی مانند سن، تحصیلات و انگیزه‌های اقتصادی به‌عنوان محرک‌های مهم در مشارکت ذینفعان شناسایی شده‌اند (Chu *et al.*, 2020; Feng *et al.*, 2018). علاوه بر این، Eskandari-Damaneh و همکاران (۲۰۲۰) عواملی مانند کمبود آب را به‌عنوان چالش‌های سرراه مشارکت کشاورزان در حفاظت از تالاب جازموریان در استان سیستان و بلوچستان گزارش کرده‌اند. از روش ارزش‌گذاری مشروط[2] (CVM) به عنوان یک رویکرد مبتنی بر نظرسنجی، که برای تعیین ارزش کالاهای عمومی مانند خدمات منابع طبیعی که معمولاً در بازارها معامله نمی‌شوند، استفاده می‌شود (Feng *et al.*, 2018).

تالاب دریاچه‌ای شهری زریبار با ارائه خدمات متعددی از جمله حفظ تنوع زیستی، تنظیم جریان آب، تأمین آب و غذا، و حمایت از کشاورزی به‌عنوان یک اکوسیستم حیاتی و مهم برای معیشت جوامع روستایی و شهری واقع در اطراف آن در شهر مریوان شناخته شده است. با وجود این، این تالاب با تهدیدات ناشی از آلودگی و تخریب زیستگاه مواجه است (Pishdad *et al.*, 2024). براساس برآوردها و مشاهدات میدانی، ساکنان و جوامع محلی به شدت به منابع و کارکردهای تالاب متکی هستند. بنابراین، به نظر می‌رسد مشارکت فعال آنها در تدوین و اجرای اقدامات حفاظتی برای چنین تالابی می‌تواند مؤثر باشد

[1] Willing to pay (WTP)
[2] Contigent valuation method (CVM)

(Eskandari-Damaneh *et al.*, 2020). براساس دانش کنونی ما، تاکنون در مورد ارزیابی تمایل ذی‌نفعان برای مشارکت در حفاظت و مدیریت این تالاب هیچ گزارشی منتشر نشده است. هدف از این مطالعه پر کردن این شکاف از طریق ارزیابی دیدگاه‌های ذی‌نفعان، تعیین ارزش‌های WTA مرتبط، و بررسی عوامل مؤثر بر این ارزش‌ها در ابعاد محیطی و اجتماعی است. این یافته‌ها بینش‌هایی را در مورد پویایی ذی‌نفعان، تقویت استراتژی‌های تعامل، و رفع موانع مشارکت در حفاظت از تالاب شهری زریبار ارائه می‌کند، که می‌تواند به توسعه برنامه‌های حفاظتی مؤثر و فراگیر که نیازهای متنوع ذی‌نفعان را در نظر می‌گیرد، کمک کند.

مواد و روش‌ها

تالاب مورد مطالعه

تالاب شهری زریبار که به دریاچه زریبار نیز معروف است، یک اکوسیستم حیاتی و حساس آب شیرین در استان کردستان، غرب ایران با مساحت تقریبی ۲۰۰۰ هکتار وسعت در دو کیلومتری جنوب غربی شهر مریوان با ۱۱ روستا در بالادست و پایین‌دست آن واقع است. این دریاچه توسط رودخانه‌های فصلی و نهرهای کوچک تغذیه می‌شود و نقش مهمی در تأمین آب محلی ایفا می‌کند. آب و هوای این منطقه مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و مرطوب است، که سالانه عمدتاً در زمستان ۶۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر بارندگی دریافت می‌کند. خاک رسی-لومی حاصلخیز از کشت محصولات متنوع در منطقه پشتیبانی می‌کند. علاوه بر این، تالاب زریبار زیستگاه گونه‌های جانوری و گیاهی مختلف دارای کارکردهای اکولوژیکی مختلف است (تبد و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، این تالاب با تأمین مزایای اقتصادی و اجتماعی متعدد از معیشت جوامع محلی حمایت می‌کند.

شناسایی و انتخاب ذینفعان

برای انجام این مطالعه طی دو دوره متوالی (بهار و تابستان سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳) ابتدا ذی‌نفعان کلیدی تأثیرپذیر از برنامه مدیریت تالاب زریبار از طریق مشورت با مقامات و افراد سرشناس محلی، سازمان‌های غیردولتی، سازمان‌های دولتی و مؤسسات دانشگاهی شناسایی شدند، و بر این اساس یک گروه متنوع که نماینده جمعیت‌شناسی، تخصص و وابستگی‌های مختلف بودند برای ارزیابی تمایل به مشارکت انتخاب، و به‌منظور شناسایی همه افراد و سازمان‌های مرتبط با علاقه‌مندی‌های مختلف نسبت به تالاب زریبار، نقشه ذی‌نفعان تهیه شد. در ادامه، یک طرح تعامل با ذی‌نفعان که در آن اهداف و استراتژی‌هایی را برای مشارکت دادن ذی‌نفعان در طول فرآیند تحقیق مشخص می‌کرد، تدوین شد. به‌منظور شکل‌گیری شبکه مؤثر، کانال‌های ارتباطی مؤثر از جمله ایمیل، تلفن، و رسانه‌های اجتماعی برای اطمینان از مشارکت معنی‌دار ایجاد شد.

گردآوری داده‌ها

گردآوری داده‌ها از طریق مصاحبه چهره‌به‌چهره مبتنی بر پرسشنامه و غالباً در جمع خانوارها برای ارزیابی تمایل به پذیرش و مسائل مشارکت در مدیریت تالاب انجام شد. پرسش‌شوندگان به‌طور تصادفی از شهر مریوان و روستاهای اطراف تالاب زریبار انتخاب شدند و سعی شد تا نمونه‌ای معرف برای کل منطقه در نظر گرفته شود. در بخش روستایی، گفتگو با ذی‌نفعان و جلسات تکمیل پرسشنامه که معمولاً ۲۰ تا ۳۰ دقیقه طول می‌کشید، در منازل شرکت‌کنندگان یا نزدیک تالاب برای توضیح اهداف و روش تحقیق، بدون ارائه انگیزه‌های مالی برگزار شد. در طول این گفتگو صعی شد تا ذی‌نفعان دیدگاه‌شان در مورد سطوح مشارکت، انگیزه‌ها، نگرش خود نسبت به تالاب و مزایای حاصل از آن ارائه دهند. همچنین مصاحبه‌های عمیق نیمه‌سازمان‌یافته با ذی‌نفعان منتخب برای جمع‌آوری دیدگاه‌ها و چالش‌های مربوط به تلاش‌های حفاظت از تالاب انجام گرفت؛ و اغلب این مصاحبه‌ها با رضایت مصاحبه‌شونده ضبط می‌شد. ارزیابی اقتصادی بینش ذی‌نفعان در مورد مدیریت تالاب از روش

ارزش گذاری مشروط برای تجزیه و تحلیل میل به پذیرش انجام گرفت (Brander and Koetse, 2011). پرسشنامه تدوین‌شده شامل چهار بخش متشکل از جمع‌آوری پروفایل‌های اجتماعی-اقتصادی پاسخ‌دهندگان، دانش زیست‌محیطی، آمادگی برای مشارکت در مدیریت، و پارامترهای WTA با توضیحات قبلی در مورد حفاظت از تالاب بود (پرسشنامه نشان داده نشده است). با توجه به گروه‌های مختلف ذی‌نفع در تالاب زریبار، ذی‌نفعان براساس علاقه، قدرت و تأثیر بالقوه آنها با ارزیابی اولیه با استفاده از ۲۵ پاسخ پرسشنامه در هر گروه برای تعیین حجم نمونه طبقه‌بندی شدند (جدول گروه‌ها نشان داده نشده است). پاسخ‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از فرمول کوکران (Cochran, 1963) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، و از ۴۰۶ پرسشنامه پیش‌بینی‌شده، در مجموع ۳۸۲ پرسشنامه تکمیل شد (نرخ پاسخ‌دهی ۹۴/۱ درصد).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از نسخه IBM-SPSS ۲۶ برای استخراج آماره‌های جمعیت‌شناختی (حداکثر، حداقل، انحراف استاندارد، و فراوانی هر یک از مشخصه‌های توصیفی جامعه آماری) استفاده شد. برای تعیین تمایل به پذیرش ذی‌نفعان در مورد مدیریت تالاب زریبار از رویکرد پردازش گروهی استفاده شد. حداقل WTA ذینفعان با استفاده از فرمول‌های معرفی‌شده توسط Hanley و Barbier (۲۰۰۷) و Wooldridge (۲۰۱۴) برآورد شد. فرآیند تصمیم‌گیری شرکت‌کنندگان در ارتباط با مشارکت در طرح‌های مدیریت و حفاظت از تالاب زریبار در دو مرحله ارزیابی شد. ابتدا، پاسخ‌دهندگان باید تمایل به پرداخت خود را نشان دادند و تمایل خود را برای شرکت در تلاش‌ها و برنامه‌های مدیریت تالاب زریبار اعلام کردند. سپس آن دسته از پاسخ‌دهندگانی که مایل به پذیرش بودند، در مورد ارزش پولی WTA که در پرسشنامه دامنه آن مشخص شده بود، تصمیم گرفتند. در ادامه تأثیر ویژگی‌های فردی - اجتماعی، گرایش‌های زیست‌محیطی و مشخصه‌های اقتصادی بر مقدار WTA ارزیابی شد. با استفاده از مدل رگرسیون Tobit عوامل کلیدی موثر بر مقدار WTA تجزیه و تحلیل شدند (Feng *et al.*, 2018). علاوه بر این، با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون WTA پاسخ‌دهندگان نسبت به عوامل تأثیرگذار بر آن ارزیابی شد (Chu *et al.*, 2020).

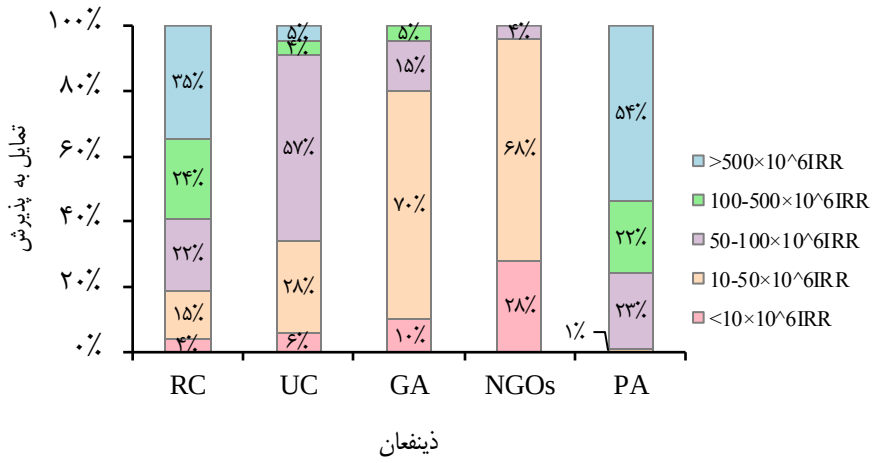
نتایج و بحث

ارزش‌گذاری مشروط پاسخ‌دهندگان

تجزیه و تحلیل ارزش‌گذاری مشروط در مورد دیدگاه اقتصادی ذی‌نفعان در ارتباط با مدیریت و حفاظت از تالاب زریبار نشان داد که بیشتر پاسخ‌دهندگان (۳۵ درصد) مشوق اقتصادی ۱۰۶ × ۱۰۰-۵۰۰ ریال، و پس از آن (۱۸ درصد) بیش از ۱۰۶ × ۵۰۰ ریال را برای مشارکت در برنامه‌های حفاظت و مدیریت برای یکسال مطلوب دانستند. افزون بر این، ۷۱ درصد از پاسخ‌دهندگان تالاب زریبار را دارای منافع اقتصادی می‌دانند. به باور پاسخ‌دهندگان، چالش‌های کلیدی سر راه مدیریت پایدار تالاب زریبار عبارتند از: ناکافی‌بودن بودجه (۲۵ درصد) و کمبود زیرساخت (۲۶ درصد). همچنین درصد قابل‌توجهی از پاسخ‌دهندگان (۸۴ درصد) از مشوق‌های اقتصادی برای مدیریت و حفاظت تالاب حمایت، و ۷۰ درصد آنها آمادگی خود را به کمک مالی به پیشبرد طرح‌های مدیریتی و حفاظتی تالاب اعلام کردند. این یافته‌ها تمایل قوی ذی‌نفعان برای مشارکت در حفاظت از تالاب زریبار را نشان می‌دهد، که خود وجود پتانسیل راهبردهای حفاظتی مؤثر با مشارکت جامعه را نشان می‌دهد (Yu and Belcher, 2011).

برآورد مقدار و تجزیه WTA

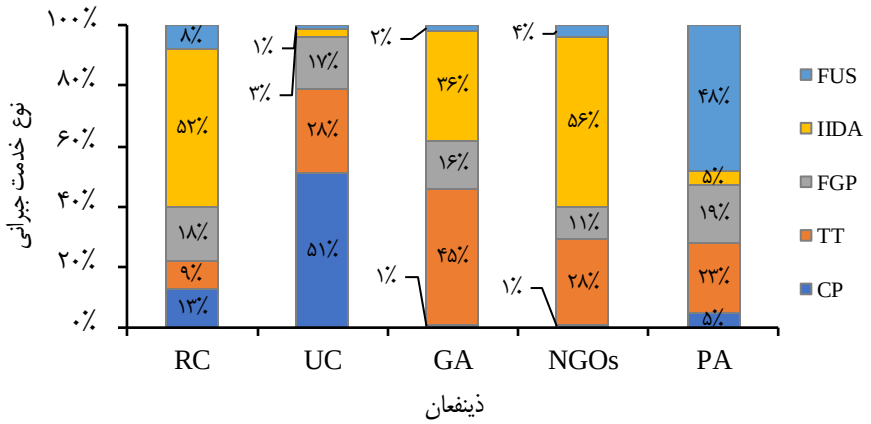
میانگین وزنی WTA کل جامعه آماری مورد مطالعه برای یکسال برابر با ۱۰^۶ × ۲۶۴/۶ ریال محاسبه شد. علاوه بر این، تجزیه واریانس تفاوت مقادیر WTA در بین پنج گروه ذی‌نفع مختلف (جوامع روستایی، جوامع شهری، سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیردولتی و نقش‌آفرینان بخش خصوصی) را معنی‌دار نشان داد (p = ۰/۰۰۱). بر این اساس، ترجیحات پولی WTA برای مشارکت در مدیریت و حفاظت تالاب بین گروه‌های ذینفع مختلف متفاوت بود؛ به‌طوری‌که ۲۸ درصد سازمان‌های غیردولتی مقدار ریالی کمتر از ۱۰^۶ × ۱۰ را کافی دانستند، در حالی‌که از دیدگاه ۷۰ درصد سازمان‌های دولتی محدوده ۱۰^۶ × ۱۰-۵۰ ریال مطلوب بود. در مقابل، ۵۷ درصد ذینفعال شهری و ۲۴ درصد جوامع روستایی به مشوق ریالی در محدوده ۱۰^۶ × ۵۰-۱۰۰ ریال تمایل نشان دادند. همچنین برای مشوق‌های بیشتر از ۱۰^۶ × ۵۰ ریال، بازیگران بخش خصوصی بالاترین فراوانی (۵۴ درصد) را داشتند (شکل ۱).



شکل ۱: سطح WTA در بین گروه‌های ذی‌نفع تالاب زریبار (RC: جوامع روستایی؛ UC: جوامع شهری؛ GA: سازمان‌های دولتی؛ NGO: سازمان‌های غیردولتی؛ PA: ذی‌نفعان بخش خصوصی)

فرمت‌های جایگزینی WTA

در شکل ۲ ترجیحات پاداش جایگزین WTA شامل پرداخت نقدی (CP)، آموزش فن‌آوری (TT) ، تأمین خواربار و مواد غذایی (FGP)، توسعه زیرساخت‌های نوآورانه رایگان در کشاورزی (IIDA)، و خدمات عمومی رایگان (FUS) در پنج گروه ذی‌نفع به‌ازای مشارکت در برنامه‌های مدیریت و حفاظت از تالاب نشان داده شده است. پرداخت نقدی بیشتر توسط جوامع شهری (۵۱ درصد) ترجیح داده شد. آموزش و توسعه فن‌آوری (TT) توسط سازمان‌های دولتی (۴۵ درصد) و ذی‌نفعان خصوصی (۲۸ درصد) مورد استقبال قرار گرفت. همچنین تأمین خواروبار و مواد غذایی (FGP) رایگان توزیع نسبتاً متعادلی داشت، به‌طوری‌که ۱۸ درصد جوامع روستایی و ۱۹ درصد بازیگران خصوصی از آن استقبال کردند. توسعه زیرساخت‌های نوآورانه در کشاورزی (IIDA) توسط سازمان‌های غیردولتی (۵۶ درصد) و جوامع روستایی (۵۲ درصد) ترجیح داده شد، در حالی‌که خدمات عمومی رایگان(FUS) با فراوانی ۴۸ درصدی بیشتر مورد علاقه بازیگران خصوصی بود (شکل ۲). این یافته‌ها بر اهمیت مناسب‌سازی استراتژی‌های جبران خسارت برای همسویی با ترجیحات ذینفعان مختلف تأکید می‌کنند (Feng *et al.*, 2018).



شکل ۳- پراکنش جایگزین‌های جبران WTA در بین گروه‌های ذی‌نفع تالاب زریبار (RC: جوامع روستایی؛ UC: جوامع شهری؛ GA: سازمان‌های دولتی؛ NGO: سازمان‌های غیردولتی؛ PA: ذینفعان بخش خصوصی). CP: پرداخت نقدی؛ TT: آموزش فناوری؛ FGP: تامین خواروبار و مواد غذایی؛ IIDA: توسعه زیرساخت‌های نوین در کشاورزی؛ و FUS: خدمات عمومی رایگان (مانند برق، گاز، تلفن و غیره)

تحلیل رگرسیونی عوامل موثر بر WTA

تجزیه و تحلیل رگرسیون عوامل مؤثر بر WTA ذی‌نفعان برای مشارکت در برنامه‌های مدیریت و حفاظت از تالاب شهری زریبار با استفاده از ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی پاسخ‌دهندگان بر اساس مدل Tobit نشان داد که جنسیت و سن به‌ترتیب با ضرایب ۳/۵۲۴- و ۲/۳۲۴- با WTA ارتباط منفی داشتند. در مقابل سطح تحصیلات پاسخ‌کنندگان و همچنین سطح درآمد خانوار، مدت اقامت و مساحت زمین کشاورزی به طور مثبت بر WTA تأثیرگذار بودند (جدول ۲). همچنین نتایج مدل Probit نیز تأثیر فاکتورهای جنسیت، سن، تحصیلات، وضعیت شغلی، درآمد خانوار، مکان، مدت اقامت و مساحت زمین کشاورزی را بر WTAنشان داد (جدول ۳). ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان در این مطالعه نمایه‌های متنوع افرادی را که در حفاظت از تالاب در زریبار مشغول هستند، نشان داد. به طور مشابه، در یافته‌های Eskandari-Demaneh (۲۰۲۰) و Ghanian و همکاران (۲۰۲۲) جنسیت، سن، تحصیلات، وضعیت اشتغال، اندازه خانوار، محل سکونت و مالکیت زمین، به‌عنوان پویایی‌های اجتماعی-اقتصادی مهمی گزارش شده‌اند که بر مشارکت ذی‌نفعان در مدیریت منابع طبیعی تأثیر می‌گذارند.

جدول ۲- نتایج تحلیل رگرسیون عوامل مؤثر بر تمایل به پذیرش (WTA) ذینفعان در مدیریت و حفاظت تالاب زریبار

متغیر	مدل Tobit			مدل Probit	
	ضرایب	مقدار t	مقدار p	ضرایب	مقدار p
جنسیت	-۳/۵۲۴	-۴/۳۲۲	۰/۰۰۷	-۰/۲۱۴	۰/۰۰۴
سن	-۲/۳۲۴	-۴/۲۴۱	۰/۰۰۹	-۰/۰۸۷	۰/۰۰۵
سطح سواد	۵/۳۲۱	۱/۳۲۳	۰/۰۰۲	۰/۱۴۲	۰/۰۰۱
وضعیت اشتغال	-۷/۳۲۳	-۲/۳۳۵	۰/۴۲۵	-۰/۳۲۵	۰/۰۰۲
درآمد خانوار	۴/۳۲۵	۲/۵۳۶	۰/۰۰۲	۰/۰۴۱	۰/۰۲۴
اندازه خانوار	۶/۵۳۷	۲/۵۴۴	۰/۴۴۷	۰/۲۷۷	۰/۳۲۴
نوع اقامت	۲/۵۲۴	۰/۳۲۵	۰/۰۰۷	۰/۳۰۹	۰/۰۰۴
مدت اقامت (سال)	۴/۵۸۹	۲/۴۴۵	۰/۰۰۲	۰/۲۸۴	۰/۰۰۴
سطح زمین کشاورزی (هکتار)	۵/۸۷۲	۳/۶۵۳	۰/۰۰۳	۰/۱۹۶	۰/۰۰۲

نتیجه‌گیری

این مطالعه سطوح مختلفی از آمادگی را در میان ذی‌نفعان برای مشارکت در مدیریت تالاب زریبار آشکار کرد و نیاز به رویکردهای مناسب که انگیزه‌ها و ظرفیت‌های متنوع را منعکس می‌کند، نشان داد. نتایج نشان داد که با پرداختن به چالش‌های اقتصادی و استفاده از مشوق‌های اقتصادی برای حمایت ذی‌نفعان، استراتژی‌های حفاظت می‌توانند به‌طور مؤثرتری از یکپارچگی اکولوژیک تالاب محافظت کنند.

تشکر و قدردانی

از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، اعضای انجمن سبز چیا، و همچنین سازمان‌های محلی و نمایندگان تشکل‌ها که در ارائه و گردآوری داده‌های مورد نیاز این مطالعه نقش به ما کمک کردند، قدردانی می‌کنیم. همچنین از حمایت مالی دریافتی از پژوهشکده کردستان‌شناسی دانشگاه کردستان (قرارداد پژوهشی شمارهٔ ۱۱۰۸۹-۲۱-۰۱) کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

تبد، م. ع.، جلیلیان، ن.، معروفی، ح. ۱۳۹۵. **بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه زریوار، مریوان، کردستان**. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، سال هفتم، ۲۹: ۱۰۲-۶۹.

Athukorala, D., Murayama, Y., Bandara, M. C. M., Lokupitiya, E., Hewawasam, T., Gunatilake, J., Karunaratne, S. 2024. **Effects of urban land change on ecosystem service values in the Bolgoda Wetland, Sri Lanka**. Sustainable Cities and Society, 101: 105050.

Brander, L.M., Koetse, M.J. 2011. **The value of urban open space: meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results**. J Env. Manag., 92: 2763-2773.

Chu, X., Zhan, J., Wang, C., Hameeda, S., Wang, X. 2020. **Households' willingness to accept improved ecosystem services and influencing factors: Application of contingent valuation method in Bashang Plateau, Hebei Province, China**. Journal of Environmental Management 255: 109925.

Cochran, W.G. 1963. **Sampling techniques**. John Wiley, New York, New York, USA.

Eskandari-Damaneh, H., Noroozi, H., Ghoochani, O. M., Taheri-Reykandeh, E., Cotton, M. 2020. **Evaluating rural participation in wetland management: A contingent valuation analysis of the set-aside policy in Iran**. Science of The Total Environment, 747: 141127.

Feng, D., Liang L., Wu, W., Li, C., Wang, L., Li, L., Zhao, G. 2018. **Factors influencing willingness to accept in the paddy land-to-dry land program based on contingent value method**. Journal of Cleaner Production, 183: 392-402.

Ghanian M., Ghoochani, O. M., Noroozi, H., Cotton, M. 2022. **Valuing wetland conservation: A contingent valuation analysis among Iranian beneficiaries**. Journal for Nature Conservation, 66: 126140.

Hanley, N., Barbier, E. B. 2009. **Pricing nature. Cost–benefit analysis and environmental policy**. Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, p 256.

Janse J.H., van Dam A. A., Hes E.M.A., de Klein J.J.M., Finlayson C.M., Janssen A.B.G., van Wijk D., Mooij W.M., Verhoeven J.T.A. 2019. **Towards a global model for wetlands ecosystem services**. Current Opinion in Environmental Sustainability, 36: 11-19.

Millar, J., Robinson, W., Baumgartner, L., Homsombath, K., Chittavong, M., Phommavong, T., Singhanouvong, D. 2019. **Local perceptions of changes in the use and management of floodplain fisheries commons: the case of Pak Peung wetland in Lao PDR**. Environment, Development and Sustainability, 21: 1835-1852.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis**. World Resources Institute.

Mitsch, W. J., Gosselink, J. G. 2015. **Wetlands**. John Wiley & Sons.

Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A.M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C. J., Jørgensen, S. E., Brix, H. 2013. **Wetlands, carbon, and climate change.** Landscape Ecology, 28(4): 583–597.

Pishdad, L., Sadoddin, A., Najafinejad, A. 2024. **Predicting the impacts of anthropogenic drivers on management scenarios using Bayesian belief network in the Zeribar freshwater wetland, Iran.** Journal for Nature Conservation, 78: 126570.

Wardrop, D. H., Glasmeier, A. K., Peterson-Smith, J., Eckles, D., Ingram, H., Brooks, R. P. 2011. **Wetland ecosystem services and coupled socioeconomic benefits through conservation practices in the Appalachian Region**. Ecological Applications, 3: 93-115.

Wei, X., Khachatryan, H., Zhu, H. 2021. **Poyang lake wetlands restoration in China: An analysis of farmers' perceptions and willingness to participate**. Journal of Cleaner Production, 284: 125001.

Wooldridge, J.M. 2014. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. Fifth ed. South Western Cengage Learning, Mason, OH.

Yu, J., Belcher, K. 2011. **An economic analysis of landowners' willingness to adopt wetland and riparian conservation management**. Canadian Journal of Agricultural Economics, 59: 207–222.

پیش‌بینی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر وضعیت مدیریتی تالاب زریبار با استفاده از شبکه باور بیزی

لیلا پیشداد[۱]، امیر سعدالدین[۲]، علی نجفی‌نژاد[۳]، کامران چپی[۴]

۱-دانش‌آموخته، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.: lpishdad@gmail.com

۲-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران amir.sadoddin@gau.ac.ir

۳-استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران najafinejad@gau.ac.ir

۴-دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، گرگان، ایران k.chapi@uok.ac.ir

چکیده

تالاب زریبار زیرساخت سبز-آبی ارزشمندی برای حمایت از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی زندگی مردمان ساکن در بوم‌سازگان خود فراهم آورده است. این مطالعه با هدف درک بیشتر تأثیر عوامل انسانی شامل "تغییرات انسان‌ساخت"، "عوامل اقتصادی و سرمایه انسانی"، "سیاست‌گذاری‌ها" و "مسائل اجتماعی و فرهنگی" بر وضعیت مدیریت این بوم‌سازگان به‌منظور کمک به ارائه سازوکارهای مدیریت جامع آن با استفاده از شبکه بیزی انجام گرفت. با استفاده از منابع مختلف داده‌ها شامل مرور منابع علمی، مصاحبه حضوری، مشاهدات میدانی، شبیه‌سازی مدل‌ها و استخراج نظرات کارشناسی، مدل شبکه بیزین طراحی شد. نتایج نشان داد که دو زیرسیستم «سیاست‌گذاری‌ها» و «عوامل اقتصادی و سرمایه انسانی» مهم‌ترین عوامل کلیدی تأثیرگذار بر گره هدف (وضعیت مدیریت تالاب) هستند. در ادامه، با استفاده از بهبود احتمالات قبلی عوامل تأثیرگذار و مقایسه آماری آن با خروجی شرایط فعلی به عنوان سناریوی پایه (S1)، سناریوهای مدیریتی مختلف (S2-S15) طراحی و تدوین شد. در سناریوی S1، احتمال وقوع حالت "قوی"، که در آن تالاب به درستی از فعالیت‌های مخرب انسانی محافظت می‌شود، برای گره هدف شبکه ۲۵/۸ درصد است، در حالی‌که بیشترین بهبود در وضعیت مدیریت تالاب (۶۶/۴ درصد)، در سناریوی S15 و پس از پذیرش بهبود همه متغیرهای تأثیرگذار مشاهده شد، که نشان‌دهنده وجود پتانسیل معنی‌دار برای بهبود مدیریت تالاب مذکور است. بر اساس بازخورد ذینفعان، نتایج حاصل از مدل بیزی و اجزای گنجانده‌شده در سناریوهای مدیریتی آن، باتوجه به در نظر گرفتن پویایی‌های همه اجزای اجتماعی-اقتصادی و انسانی بوسازگان تالاب، می‌تواند به تصمیم‌گیران در مدیریت جامع آن کمک کند.

کلید واژه‌ها: مدیریت جامع، چارچوب مفهومی، احتمالات شرطی بیزی، سیاست‌گذاری، عوامل اقتصادی -اجتماعی

Predicting the impacts of anthropogenic drivers on the management status of the Zrebar wetland using Bayesian Belief Network

Abstract

The Zrebar wetland provides a valuable blue-green foundation for maintaining various aspects of social and cultural life for its human inhabitants. The goal of this study was to improve understanding of the potential impact of anthropogenic factors including "human-induced factors", "economic factors and human capital", "policy context" and "social and cultural issues" on management status of this vulnerable freshwater ecosystem, aiming to provide integrated management strategies using a Bayesian belief network (BBN) approach. The BBN model was parameterized using different data sources comprising literature review, face-to-face interviews, filed observation, model simulations, and experts' knowledge. Using enhanced prior probabilities of the influencing factors, we conducted a statistical comparison with the output of the current conditions as a baseline scenario (S1), and different management scenarios (s2-S15) were then defined.. Under the S1 scenario, the probability of occurrence of the "Strong" state, in which the wetland is properly protected from anthropogenic disturbances, for the target node of the network was 25.8 %, while the most significant improvement in the wetland management status (66.4%) was observed after an improvement in all influencing variables was adopted (S15), suggesting a significant potential for improvement in the wetland management. This finding underscores the substantial potential for improving wetland management. Additionally, feedback from stakeholders, along with the results from the Bayesian model and its management scenarios, highlights the importance of considering socio-economic and human dynamics in the Bosazgan wetland. These insights can provide valuable guidance for decision-makers in developing a comprehensive management strategy.

Keywords: Integrated management, Conceptual framework, Bayesian conditional probabilities, Policy development, Socio-economic factors

مقدمه

تالاب‌ها اکوسیستم‌هایی حیاتی هستند که خدمات ضروری از جمله تولید آب و غذا، حفظ تنوع زیستی، ذخیره کربن، کنترل سیل، و بهبود کیفیت آب را ارائه می‌دهند (An and Verhoeven, 2019). با این حال، این اکوسیستم‌ها با تهدیدات قابل‌توجه ناشی از رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی مواجه هستند (Huppert and Sparks, 2006). اگرچه همواره افزایش جمعیت به عنوان یک تهدید بالقوه پنداشته می‌شود، اما برخی ویژگی‌های کیفی فعالیت‌های انسانی، به ویژه مصرف‌گرایی، خطر بیشتری نسبت به خود جمعیت دارد (Moore, 2017). براساس آمارهای جهانی، فشارهای انسانی مانند توسعه شهرنشینی و شیوه‌های کشاورزی منجر به تخریب شدید تالاب‌ها شده است (Ficken *et al.*, 2019). در کشورهای در حال توسعه، عوامل مختلفی از جمله سیاست‌های حفاظتی ناکافی در تدوین برنامه‌های جامع مدیریتی این چالش‌ها را تشدید می‌کند (Adekola and Mitchell, 2011; Amini *et al.*, 2021).

تالاب زریبار از طریق تأمین غذا و آب، و ارائه فرصت‌های تفرجی به معیشت ساکنان بوم‌سازگان خود کمک می‌کند (Pishdad *et al.*, 2024). با این حال، بخش زیادی از این تالاب طی سالیان اخیر از فعالیت‌های بی‌رویه و غالباً غیرقانونی انسانی ناشی از توسعه کشاورزی و گسترش شهرنشینی آسیب دیده است، به‌طوری‌که، برای مثال با افزایش مهاجرت روستایی به شهر مریوان، بیکاری جامعه محلی و به‌دنبال آن اتکای بیش از حد به منابع تالاب زریبار برای کسب درآمد افزایش یافته است. در این چارچوب، مدیریت پایدار این منابع مستلزم درک تأثیرات محلی و عواملی است که از پایداری خدمات تالاب حمایت می‌کند. استراتژی‌های مدیریت کنونی تالاب‌ها اغلب بر روش‌های فرماندهی و کنترل متکی هستند که باید به رویکردهای انعطاف‌پذیرتر و مبتنی بر دانش تبدیل شوند (Chen *et al.*, 2014). شبکه‌های بیزین[1] (BBNs) به‌عنوان بستری کارآمد برای مدل‌سازی تعاملات پیچیده در سیستم‌های طبیعی، برای کمک به تصمیم‌گیری‌ها در زمینه‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب (Castelletti and Soncini-Sessa, 2007; Henriksen *et al.*, 2007)، اثرات اکولوژیکی مدیریت شوری (Sadoddin *et al.*,2005)، و مدیریت آبخیزها (Keshtkar *et al.*, 2013) به‌کار گرفته شده‌اند. این مطالعه با هدف استفاده ازBBNها برای شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر وضعیت مدیریت تالاب دریاچه‌ای زریبار، و ارزیابی اثرات سناریوهای مدیریت جایگزین به‌منظور کاهش خطرات تخریب توسط فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی انجام گرفت.

داده‌ها و روش‌ها

تالاب مورد مطالعه

این مطالعه بر روی حوضه زریبار واقع در جنوب غربی شهر مریوان انجام گرفت. این حوضه با آب و هوای معتدل و میانگین دمای سالانه ۲۳ درجه‌سانتی‌گراد، تقریباً ۲۰۰۰ هکتار بدنه آبی و ۱۰۰۰۰ هکتار حوزه آبخیز دارد؛ و سالانه ۸۵۰-۷۵۰ میلی‌متر بارندگی دریافت می‌کند. خاک حاصلخیز اراضی پیرامون تالاب از کارکردهای متنوع پشتیبانی می‌کند و معیشت و رفاه جمعیت محلی حدود ۱۵۲۰۰۰ نفری را عمدتاً از طریق کشاورزی، دامداری و گردشگری حمایت می‌کند. محصولات کلیدی بخش کشاورزی منطقه شامل گندم، تنباکو و سبزیجات است و علاوه بر این، ماهیگیری در تالاب نیز به اقتصاد محلی کمک می‌کند. کشاورزی دیم، جنگل‌ها و مناطق مسکونی سایر کاربری‌های زمین این منطقه را شکل داده‌اند. تاکنون، تقریباً ۲۷۰ گونه گیاهی و ۱۱ گونه ماهی آب شیرین به همراه گونه‌های متعددی از پرندگان که در طول مهاجرت و تولیدمثل به تالاب متکی هستند، برای بوم‌سازگان این تالاب شناسایی و معرفی شده‌اند.

ساخت چارچوب مدل مفهومی

به‌منظور ارزیابی تهدیدات تالاب زریبار، ابتدا بانک اطلاعاتی عوامل تأثیرگذار از طریق مرور منابع، استخراج نظر کارشناسان، و مشاهدات میدانی تهیه شد. براساس این داده‌ها یک مدل مفهومی متشکل از فاکتورهای مدیریتی و روابط بین متغیرها با چهار شبکه اصلی شامل عوامل انسان‌ساخت (شامل شدت فرسایش، کیفیت آب، کمیت آب، کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی)،

[1] Bayesian Belief Networks (BBNs)

عوامل اقتصادی و سرمایه انسانی (شامل شغل، درآمد و تحصیلات)، سیاست‌گذاری‌ها (شامل قوانین و مقررات مؤثر بر مدیریت تالاب از جمله قوانین مدیریتی، نقش مقامات، و سیاست‌های توسعه‌ای)، و مسائل اجتماعی و فرهنگی (شامل روابط اجتماعی، تبادل اطلاعات، سازمان‌های غیردولتی، گروه‌های مذهبی و سازمان‌های اجتماعی) ایجاد شد.

تهیه و پارامترسازی مدل شبکه باور بیزی (BBN)

در این مطالعه، مدل BBN بر اساس چارچوب مفهومی Marcot و همکاران (۲۰۰۶) و Rahman (۲۰۱۲) از طریق ادغام عوامل اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی مؤثر بر مدیریت تالاب زریبار با استفاده از نرم‌افزار Netica توسعه داده شد. این مدل شامل ۲۴ گره و ۲۵ پیوند، با گره هدف یا نهایی "وضعیت مدیریت تالاب" است. متغیرها از طریق گره‌ها، پیوندها یا جداول احتمال شرطی (CPT) نشان داده شدند. جداول احتمال پیشین (PPTs) با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای، مرور منابع، و دانش کارشناسان و متخصصان ایجاد شدند، در حالی‌که گره‌های بدون والد با جداول احتمال غیرشرطی توصیف شدند. از طریق تجزیه و تحلیل حساسیت یک‌طرفه، تأثیر هر گره بر وضعیت مدیریت تالاب (گره نهایی) برآورد شد. اجزای کلیدی این مدل در مطالعه حاضر عبارتند از: ۱- مدل پتانسیل فرسایش (EPM) که در آن شدت فرسایش با استفاده از پوشش گیاهی، نوع خاک، آب و هوا و عوامل توپوگرافی ارزیابی شد؛ ۲- اثرات هیدرولوژیکی بلندمدت (L-THIA) که براساس آن تأثیر تغییرات کاربری زمین در رواناب و آلودگی با ورودی‌هایی مانند نقشه‌های کاربری زمین و داده‌های بارندگی ارزیابی شد؛ ۳- عوامل اقتصادی شامل شغل، سطح درآمد و تحصیلات براساس داده‌های آخرین سرشماری احصاء شدند؛ ۴- سیاست‌گذاری‌ها شامل مقررات و مصاحبه‌های کارشناسان در مورد مدیریت تالاب؛ و ۵- مسائل اجتماعی و فرهنگی مبتنی بر تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شناسایی گروه‌های فعال و ارتباطات متقابل آنها.

ارزیابی مدل، تحلیل حساسیت، و توسعه سناریوها

ارزیابی مدل از طریق بازخورد کیفی از کارشناسان و ذینفعان، در کنار آنالیز حساسیت کمی با استفاده از معیارهای کاهش واریانس و واریانس باور انجام گرفت. بر این اساس سطح واکنش متغیرهای فرزند به تغییرات در گره‌های والد خود مشخص گردید. به‌منظور توسعه سناریوهای مدیریت جایگزین، متغیرهای تأثیرگذار از همه شبکه‌های فرعی با تمرکز بر بهبودهای بالقوه در عوامل منفی مؤثر بر مدیریت تالاب زریبار لحاظ شدند. شرایط فعلی بدون بهبود هیچ یک از عوامل تأثیرگذار بر مدیریت تالاب به عنوان سناریوی پایه (S1) تعریف، و در کنار آن، چهارده سناریوی جایگزین (S2-S15) که در آنها بهبود وضعیت اقتصادی و سرمایه انسانی، وضعیت سیاست‌گذاری‌ها، فعالیت‌های انسانی، و عوامل فرهنگی و اجتماعی پیش‌بینی شد، تهیه، و اثرات آنها بر گره نهایی با S1 مقایسه و بررسی شد. مقایسه آماری اثرات سناریوها با استفاده از آزمون ناپارامتریک کای دو در IBM SPSS Statistics 26 انجام، و تفاوت‌های معنی‌داری از طریق آزمون تفاوت معنی‌دار فیشر در سطح احتمال ۰/۰۵ ارزیابی شد.

اعتبارسنجی مدل

اعتبارسنجی مدل BBN نیازمند داده‌های مستقل است، اما این مطالعه فاقد چنین داده‌هایی بود. با این حال، این مهم از طریق دریافت بازخورد کارشناسان و ذینفعان از طریق برگزاری در دو کارگاه انجام شد. در کارگاه اول ۵۹ نفر از ساکنان محلی، نمایندگان جامعه، رهبران مذهبی، نمایندگان سازمان‌های غیردولتی، و مقامات دولتی حضور داشتند، و در مورد تهدیدات بالقوه و اطلاعات پایه برای طراحی چارچوب مفهومی بحث شد. هدف کارگاه دوم که در آن بسیاری از همان شرکت‌کنندگان در کارگاه اول شرکت داشتند، بر توسعه سناریوها و شناسایی استراتژی‌های مدیریت بهینه متمرکز بود. در این کارگاه‌ها، تیم تحقیقاتی مدل BBN را با هدف گردآوری بازخورد ذینفعان در مورد پارامترهای اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی و روابط آنها ارائه کرد و شرکت‌کنندگان بر اساس تخصص و دانش خود، کفایت و کاربرد مدل را از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه در مورد نتایج پیش‌بینی شده ارزیابی کردند.

نتایج و بحث

پارامترهای احتمال و تحلیل حساسیت

در این مطالعه احتمالات پیشین و احتمالات شرطی برای همه متغیرهای گنجانده‌شده در مدل BBN محاسبه شد (در اینجا نشان داده نشده‌اند). در جدول ۱ احتمالات کل برای متغیرهای فرزند و گره هدف یا نهایی نشان داده شده است. مقادیر بالاتر این احتمالات نشان‌دهنده وابستگی بیشتر بین متغیر مستقل مورد نظر و متغیر وابسته است (Sadoddin *et al.*, 2005; Rahman, 2012). آنالیز حساسیت پارامترهای کلیدی مؤثر بر سناریوهای مدیریت تالاب نشان داد که «قوانین مدیریتی» و «سیاست‌های ترویجی» به‌طور معنی‌داری بر وضعیت مدیریت تالاب زریبار تأثیر می‌گذارند، در حالی‌که عوامل انسانی و مسائل اجتماعی کمترین تأثیر را بر این وضعیت می‌توانند داشته باشند (جدول ۲).

جدول ۱: احتمالات کل (٪) متغیرهای والد و گره نهایی (وضعیت مدیریت تالاب) با استفاده از قانون بیز برای تالاب زریبار

گره‌ها	وضعیت سیاست‌گذاری‌ها		مسائل اجتماعی و فرهنگی		عوامل اقتصادی و سرمایه انسانی			عوامل انسان‌ساخت			گره نهایی (وضعیت مدیریت تالاب)		
وضعیت	نامناسب	مناسب	نامناسب	مناسب	ضعیف	متوسط	خوب	تخریب کم	تخریب متوسط	تخریب زیاد	نامناسب	متوسط	مناسب
احتمال رخداد (٪)	۵۸/۶	۴۱/۴	۶۲/۴	۳۶/۷	۶۱/۹	۱۵/۹	۲۲/۲	۲۹/۷	۳۵/۵	۳۴/۹	۵۷/۳	۱۱/۴	۳۱/۳

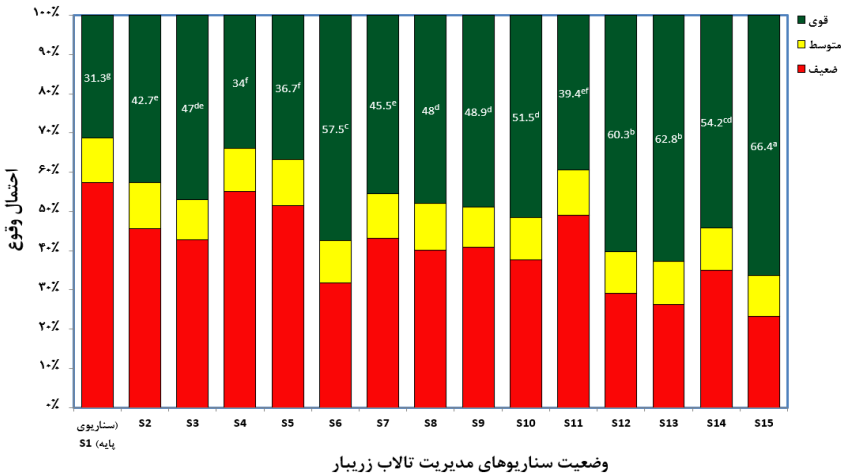
جدول ۲: آنالیز حساسیت احتمالات پسین برای وضعیت مدیریت تالاب گره در تالاب زریبار

	ترتیب	گره	حساسیت
گره‌های والد	۱	قوانین مدیریتی	۰/۲۸۴
	۲	سیاست‌های ترویجی	۰/۲۰۸
	۳	اختیارات مدیریتی و تصمیم‌گیری محلی/منطقه‌ای	۰/۱۲۰
	۴	آموزش و سواد	۰/۰۲۲
	۵	درآمد	۰/۰۱۲
	۶	شغل	۰/۰۱۵
	۷	شبکه‌های اجتماعی	۰/۰۱۳
	۸	تراکم	۰/۰۱۱
	۹	گروه‌های اجتماعی	۰/۰۱۰
	۱۰	مساجد	۰/۰۱۰

	ترتیب	گره	حساسیت
	۱۱	NGOها	۰/۰۰۹
	۱۲	دادن اطلاعات به دیگران	۰/۰۰۸
	۱۳	بسیج	۰/۰۰۸
	۱۴	کمیت آب	۰/۰۰۷
	۱۵	شدت فرسایش	۰/۰۰۶
	۱۶	کیفیت آب	۰/۰۰۵
	۱۷	اقلیم	۰/۰۰۲
	۱۸	کاربری زمین	۰/۰۰۱
زیرشبکه‌ها	۱	سیاست‌گذاری‌ها	۰/۲۰۷
	۲	فاکتورهای اقتصادی و سرمایه انسانی	۰/۱۰۳
	۳	مسائل اجتماعی و فرهنگی	۰/۰۵۹
	۴	فاکتورهای انسان‌ساخت	۰/۰۰۹

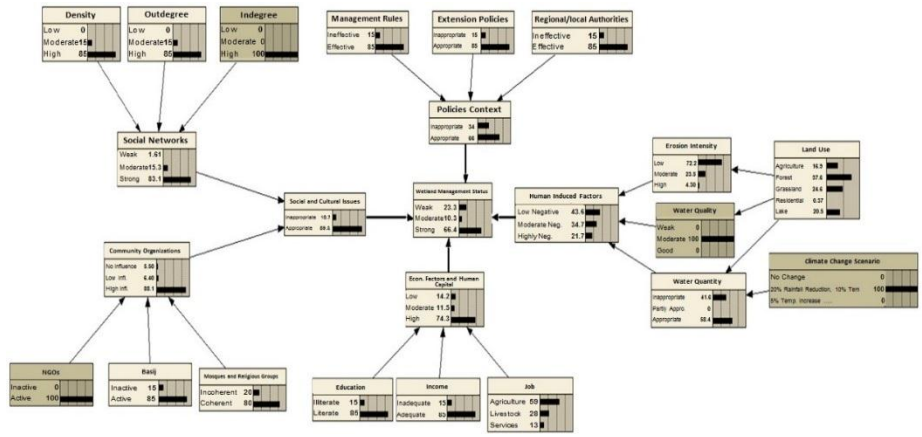
سناریوهای مدیریت تالاب

در این مطالعه، مدل پیشنهادی همه زیرشبکه‌های تعیین‌شده را به هم پیوند می‌دهد و یک چارچوب تحلیلی گسترده برای نشان دادن روابط بین مؤلفه‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و سیاسی به منظور شناسایی متغیرهای حیاتی مؤثر بر وضعیت مدیریت تالاب ارائه می‌کند. نتایج نشان داد که تغییر در سازوکارهای مدیریت فعلی (سناریوی ۱ یا S1) منجر به بهبود شرایط می‌شود (شکل ۱). بر این اساس، با بهبود وضعیت "عوامل اقتصادی و سرمایه انسانی" (سناریوی ۲ یا S2)، "سیاست‌گذاری‌ها" (سناریوی ۳ یا S3)، عوامل انسان‌ساخت" (سناریوی ۴ یا S4)، و "مسائل اجتماعی و فرهنگی" (سناریوی ۵ یا S5)، وضعیت مدیریت تالاب زریبار به‌ترتیب با احتمال ۴۷، ۴۲/۷، ۳۴ و ۳۶/۷ درصد در سطح قوی (بسیار خوب) تقویت خواهد شد. سناریوهای ترکیبی نسبت به همه سناریوهای انفرادی نتایج بهتری دارند، به طوریکه سناریوی ۱۵ (S15) که بهبود همه متغیرهای حساس و تأثیرگذار بر مدیریت تالاب را شامل می‌شود، احتمال حالت "قوی" را از ۲۸/۵ درصد در سناریوی پایه یا S1 (وضعیت فعلی) به ۶۶/۴ درصد افزایش می‌دهد (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱: احتمال وقوع حالت‌های قوی، متوسط و ضعیف متغیر وضعیت مدیریتی تالاب زریبار برای سناریوهای مختلف

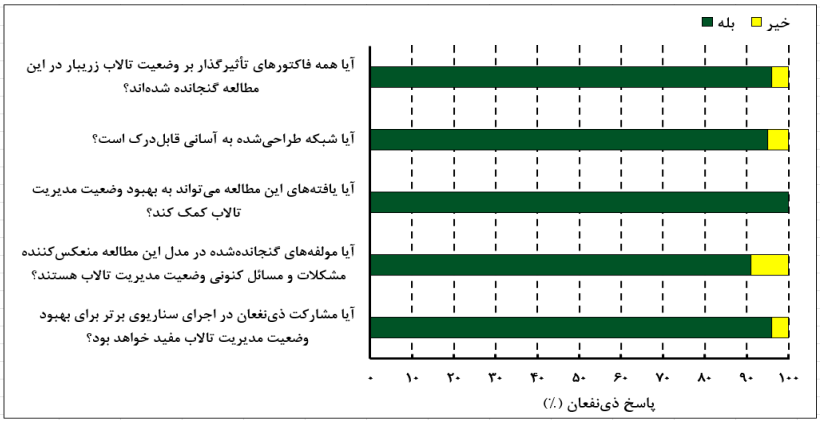
مقادیر دارای حروف معنی‌داری مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند. قوی: سناریوی مدیریتی که در آن تالاب و عملکردهای اکولوژیکی آن تحت تأثیر فعالیت‌های تخریبی انسان نیست؛ ضعیف: سناریوی مدیریتی که به موجب آن تالاب زریبار به‌تدریج توسط پیامدهای ناشی از فعالیت‌های توسعه‌ای انسان تخریب می‌شود.



شکل ۲: مدل شبکه بیزی برای سناریوی ۱۵ پس از بهبود در وضعیت همه متغیرهای تعیین‌کننده در مدیریت تالاب زریبار

ارزیابی مدل BBN

به‌منظور ارزیابی جامعیت و مقبولیت مدل بیزین و سناریوهای پیشنهادی برگرفته از آن، دو کارگاه آموزشی در شهر مریوان با بیش از ۵۰ ذینفع از حوزه آبخیز زریبار برگزار شد. شرکت‌کنندگان در این کارگاه‌ها جنبه‌های بیوفیزیکی، سیاست‌گذاری و اجتماعی-اقتصادی مدل را در گروه‌های کوچک، بررسی و در مورد روابط علت و معلولی آن بحث کردند. در کارگاه دوم، با استفاده از یک پرسشنامه بازخورد شرکت‌کنندگان در مورد جامعیت و کارایی مدل دریافت شد که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس، بیش از ۹۵ درصد از ذینفعان مدیریت جامع تالاب را امکان‌پذیر دانستند و همه آنها با این فرضیه که " این تحقیق و پژوهش‌های مشابه می‌تواند به تلاش‌های دولت و سازمان‌های غیردولتی در بهبود مدیریت تالاب زریبار کمک کند" موافق بودند. علاوه بر این، بیش از ۹۰ از آنها تأیید کردند که اهداف مدل با تلاش‌ها برای برطرف‌کردن نگرانی‌های حاکم بر وضعیت و شرایط فعلی تالاب همسو است. در نهایت، همه شرکت‌کنندگان معتقد بودند که مشارکت ذینفعان در اجرای سناریوی انتخاب شده، وضعیت مدیریت تالاب را می‌تواند بهبود ببخشد (شکل ۳).



شکل ۳: هیستوگرام پاسخ‌های بله/خیر ذی‌نفعان (شرکت‌کنندگان) به سوالات مربوط به مدل‌سازی مطالعه و سناریوهای مدیریتی پیشنهادی برای تالاب زریبار

نتیجه‌گیری

مدل شبکه بیزی ارائه‌شده در این مطالعه به‌طور مؤثر عوامل اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و بیوفیزیکی تأثیرگذار بر وضعیت مدیریت در تالاب زریبار را در یک محیط احتمالاتی تحلیل کرد. این مدل با ادغام داده‌های کمی و کیفی، به عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری ارزشمند برای ارزیابی چارچوب‌های مدیریتی مختلف عمل می‌کند. نتایج نشان داد که در راهبردهای تقویت و بهبود مدیریت تالاب زریبار، بایستی بهبود "سیاست‌گذاری‌ها" و "قوانین مدیریتی حاکم بر آن" در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی گنجانده شوند. در مقابل، عوامل ناشی از فعالیت‌های توسعه‌ای انسان مانند تغییرات آب و هوایی کمترین تأثیر را بر وضعیت مدیریت تالاب داشتند. بازخورد ذینفعان نشان داد که مدل BBN به پرکردن شکاف‌ها و مرتفع‌کردن ضعف‌های مهم در شیوه‌های مدیریت فعلی به‌خوبی پرداخته است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از استانداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و همچنین اداره کل محیط‌زیست استان کردستان به خاطر ارائه برخی داده‌ها و اطلاعات مهم برای انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند. از اعضای محلی انجمن سبز چیا و سایر سازمان‌های محلی و نمایندگان جامعه که در کارگاه‌های تبیین و اعتبارسنجی شرکت کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. همچنین از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خاطر حمایت‌های مؤثرش در پیشبرد این تحقیق صمیمانه قدردانی می‌شود. این مقاله از رساله نگارنده اول (ل. پیشداد) استخراج شده است.

مراجع

Adekola, O., Mitchell, G., 2011. **The Niger Delta wetlands: threats to ecosystem services, their importance to dependent communities and possible management measures**. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems 7: 50-68.

Amini, Z., Malekmohammadi, B., Jafari, H.R., 2021. **Role of participatory management in water health quality of the Anzali International Wetland, Iran**. Regional Studies in Marine Science, 42: 101615.

An, S., Verhoeven, J.T.A., 2019. **Wetland functions and ecosystem services: implications for wetland restoration and wise use**. Ecological Studies1-10.

Castelletti, A., Soncini-Sessa, R., 2007. **Bayesian networks and participatory modelling in water resource management**. Environmental Modelling & Software 22: 1075-1088.

Chen, H., Chang, Y.C., Chen, K.C., 2014. **Integrated wetland management: An analysis with group model building based on system dynamics model**. Journal of Environmental Management, 146: 309-319.

Dong, N., Liu, Z., Luo, M., Fang, C., Lin, H., 2019. **The effects of anthropogenic land use changes on climate in China driven by global socioeconomic and emission scenarios**. Earth's Future, 7: 784-804.

Ficken, C.D., Cobbaert, D., Rooney, R.C., 2019. **Low extent but high impact of human land use on wetland flora across the boreal oil sands region**. Science of the Total Environment, 693: 133647.

Fu, X., Goddard, H., Wang, X., Hopton, M.E., 2019. **Development of a scenario-based stormwater management planning support system for reducing combined sewer overflows (CSOs)**. J Journal of Environmental Management, 236: 571-580.

Henriksen, H.J., Rasmussen, P., Brandt, G., Bulow, D.V., Jensen, F.V., 2007. **Public participation modelling using Bayesian networks in management of groundwater contamination**. Environmental Modelling & Software, 22: 1101-1113.

Huppert, H.E., Sparks, R.S., 2006. **Extreme natural hazards: population growth, globalization and environmental change**. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 364: 1875-88.

Marcot, B.G., Steventon, J.D., Sutherland, G.D., McCann, R.K., 2006. **Guidelines for developing and updating Bayesian belief networks applied to ecological modeling and conservation.** Canadian Journal of Forest Research, 36: 3063-3074.

Moore, J.W., 2017. **The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis**. The Journal of Peasant Studies, 44(3): 594-630.

Pishdad, L., Sadoddin, A., Najafinejad, A. 2024. **Predicting the impacts of anthropogenic drivers on management scenarios using Bayesian belief network in the Zeribar freshwater wetland, Iran**. Journal for Nature Conservation, 78: 126570.

Rahman, M.Z., 2012. **Understanding people's perceptions of climate change impacts on rural water resources in Bangladesh: an integrated modelling approach**. PhD Thesis. http://hdl.handle.net/1885/156013

Sadoddin, A., Letcher, R.A., Jakeman, A.J., Newham, L.T.H. 2005. **A Bayesian decision network approach for assessing the ecological impacts of salinity management**. Mathematics and Computers in Simulation. 69(1-2): 162-176.

Safavi, H.R., Golmohammadi, M.H., Sandoval-Solis, S. 2016. **Scenario analysis for integrated water resources planning and management under uncertainty in the Zayandehrud river basin**. Journal of Hydrology, 539, 625-639.

Shirmohammadi, B., Malekian, A., Salajegheh, A., Taheri, B., Azarnivand, H., Malek, Z., Verburg, P.H., 2020. **Scenario analysis for integrated water resources management under future land use change in the urmia lake region, iran**. Land Use Policy, 90: 104299.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

نقش سازمان‌های مردم نهاد در حفاظت از دریاچه زریبار مریوان: امکان‌سنجی طرح دعوی و ظرفیت‌های حقوقی

جبار طهماسبی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حقوق جزا و جرم‌شناسی.
jabar.tahmasebi@gmail.com
NGO (Non-governmental organization)

چکیده

سازمان‌های مردم نهاد متشکل‌ترین نهادها برای حضور در عرصه عمومی هستند و از این جهت می‌توانند در شکل‌گیری توسعه محلی و تحقق حقوق شهروندی نقش ایفا کنند. سمن‌ها می‌توانند صدای مردم به منابع سیاست‌گذار و تصمیم‌ساز در رابطه با دغدغه‌های جامعه و خواست آنان باشند. امروزه در بسیاری از کشورها این نکته آشکار شده است که نهاد دولت نمی‌تواند نهاد موفقی برای پاسخ به آسیب‌های اجتماعی، تهدیدات محیط‌زیستی، بزه و کنترل آن در تمام ابعاد باشد و در حقیقت جامعه چاره‌ای جز توسل به ظرفیت‌های عمومی برای مدیریت مسائل خویش نخواهد داشت. سازمان‌های مردم نهاد در مقام بازیگران صحنه اجتماعی دارای دو کارکرد نظارتی و حمایتی می‌باشند. در این مقاله حق دادخواهی سمن‌ها در حفاظت از دریاچه زریبار در بستر نظام حقوقی ایران وفق آیین نامه تشکل‌های مردم نهاد (مصوب ۱۳۹۵/۶/۶)، ماده ۶۶ قانون آیین دادرسی کیفری (مصوب ۱۳۹۲/۱۲/۴ با اصلاحات ۱۳۹۴/۳/۴) و تبصره ۲ الحاقی ماده ۱۷ قانون دیوان عدالت اداری (مصوب ۱۴۰۲/۲/۱۰) با استفاده از روش تحقیق کتابخانه‌ای مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها: سازمان‌های مردم نهاد، محیط‌زیست، حق دادخواهی، امکان‌سنجی حقوقی، دریاچه زریبار

The role of non-governmental organizations in the protection of Lake Zrebar, Marivan: legal feasibility and litigation capacity

Jabar Tahmasebi

Abstract

Non-governmental organizations (NGOs) are among the most structured entities in the public sphere and, as such, can play a vital role in fostering local development and realizing civil rights. NGOs can act as the voice of the people by representing public concerns and demands to policymakers and decision-making bodies. In today's world, it has become increasingly evident that governments alone cannot adequately address social harms, environmental threats, and criminal phenomena in all their dimensions. As a result, societies are compelled to rely on public capacities to manage their own issues. NGOs, as active agents in the social sphere, serve two key functions: oversight and advocacy. This article examines the legal right of NGOs to initiate litigation for the protection of Lake Zrebar within the framework of Iran's legal system. It analyzes this capacity in light of the Bylaw on Non-Governmental Organizations (approved on August 27, 2016), Article 66 of the Criminal Procedure Code (approved on February 23, 2014, and amended on May 25, 2015), and the newly added Note 2 to Article 17 of the Administrative Justice Court Act (approved on April 29, 2023).

Keywords: Non-governmental organizations, Environment, Right to litigation, Legal feasibility, Lake Zrebar

مقدمه

در ایران تعاریف مختلفی از سازمان‌های مردم نهاد وجود دارد. عموماً وجود اشتراک نظر در ویژگی‌های این تشکل‌ها مهمترین بخش تفکیک این سازمان‌ها از سازمان‌های دولتی، تشکل‌های سیاسی و نهادهای عمومی غیردولتی دیگر است. به‌همین جهت در مواد ۱ و ۲ آیین‌نامه تشکل‌های مردم نهاد مصوب ۱۳۹۵/۶/۶ هیات وزیران نیز این ویژگی‌های اصلی قید گردیده است. وفق ماده ۱ آیین نامه نهاد مدنی نهادی غیردولتی است که به‌منظور فعالیت در راستای توسعه اجتماعی، فرهنگی و سیاسی ایجاد شده یا می‌شود. منظور از غیردولتی، عدم وابستگی به دولت و نهادهای حاکمیتی، عدم دخالت دولت و نهادهای حاکمیتی در تأسیس، اداره و استمرار و همچنین عدم فعالیت مقامات و مسئولان و کارکنان دولتی و نهادهای حاکمیتی با استفاده از جایگاه حقوقی خود به‌عنوان مؤسس یا عضو است.[۱] همچنین در ماده ۲، این تشکل را نهاد غیرسیاسی و غیرانتفاعی شناخته که با رویکردی اجتماعی توسط جمعی از اشخاص حقیقی به شکل داوطلبانه و با رعایت مفاد این آیین‌نامه در موضوع مشخص پروانه فعالیت دریافت کرده و به‌ثبت می‌رسد. در کنار ویژگی‌های اصلی که بدان اشاره شد می‌توان به قانونمندی، آزادی عضویت، شفافیت، اشتراک هدف که از دیگر ویژگی‌های این نهاد است اشاره کرد.

نقش سازمان‌های مردم نهاد در حفاظت از دریاچه زریبار می‌توانست موضوع تقسیم‌بندی‌های گوناگون قرار گیرد اما در این پژوهش ظرفیت‌های شناسایی شده‌ی سمن‌ها در دو بخش کلی کارکرد حمایتی و کارکرد نظارتی در ترویج و تحقق این موضوع تقسیم گردیده است.

کارکرد حمایتی سمن در حفاظت از دریاچه زریبار

مشارکت مبتنی بر اجتماع در اصول قانون اساسی آمده است که دو مورد آن، در این بحث از اهمیتی دوچندان برخوردار است: اول بند ۸ از اصل سوم مشارکت عامه مردمی در تعیین سرنوشت سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی خویش را مطرح می‌سازد. دوم بند ۱۵ از اصل سوم توسعه و تحکیم برادری اسلامی و تعاون عمومی بین همه مردم را مطرح می‌کند. همچنین اهمیت مشارکت اجتماعی با استناد به قرآن کریم در سوره شورا نیز آمده است "آنان که دعوت پروردگارشان را اجابت کردند و نماز را بپا داشتند و امورشان را به مشورت گذاشتند و از آنچه روزیشان کردیم انفاق می‌کنند".[۲] از اهداف مشارکت می‌توان به افزایش امنیت و کاهش پدیده‌های مجرمانه، تسهیل روند توسعه، امنیت اخلاقی و سلامت فرهنگی اجتماعی به‌ویژه در میان جوانان، جلوگیری از انفعال و افزایش نظارت همگانی بر نهادهای اجرایی اشاره کرد. این بخش شامل دو مبحث ۱) سازمان‌های مردم نهاد بازوی سیاست جنایی مشارکتی و ۲) حق دادخواهی سمن‌ها است.

سازمان‌های مردم نهاد بازوی سیاست جنایی مشارکتی

سیاست جنایی در بردارنده مطالعات اقدام‌ها و تدابیر متنوعی می‌باشد که دولت و جامعه مدنی به‌طور مستقل یا با مشارکت هم برای سرکوب پدیده‌ی مجرمانه جرم و انحراف پیشگیری از آن حمایت از بزه‌دیدگان مستقیم پیش‌بینی می‌کند و اعمال آن‌ها به‌عنوان پاسخ به وضعیت‌های پیش جنایی، انحرافات، جرایم و نیز ترمیم آثار زیان‌بار جرم از جمله پیشگیری از تکرار جرم در چارچوب منابع رسمی یا مشارکتی می‌باشد.[۳]

امروزه در بسیاری از کشورها به این نکته پی‌برده شده است که نهاد دولت در معنای عام نمی‌تواند نهاد موفقی برای پاسخ به جرم و کنترل آن در تمام ابعاد باشد. امروزه پیشگیری از جرم، رسیدگی به جرائم، اجرای عدالت کیفری، بازاجتماعی کردن بزهکاران و ایجاد زمینه مناسب برای تأمین حقوق بزه‌دیدگان ابعاد مختلف پاسخ به جرم را تشکیل می‌دهد. تقریباً در هیچ

---

[۱] رفیعی، فرشاد، اصول و مبانی مدیریت سازمان‌های غیردولتی، ص۱

[۲] والذین استجابوا الدبهم و اقاموا الصلوه و امرهم شوری بینهم و ممارزقناهم ینفقون (سوره شورا)

[۳] لازرژ، کریستین، درآمدی برسیاست جنایی، نجفی ابرندآبادی، علی حسین، ص ۳۷

کشوری نهاد حکومت یا دولت، نهاد موفقی برای پاسخ به جرم و تأمین این ابعاد و نیازها نبوده است. به‌همین دلیل حداقل در چهل سال پیش در دنیا ضمن یک تغییر پارادایمی در مفهوم عدالت کیفری و کیفیت اجرای آن بر سیاست جنایی مشارکتی تأکید می‌شود. در واقع سیاست جنایی مشارکتی جایگاهی است که به جامعه مدنی از طریق اهدای نقش به بزهکار، بزه‌دیده و جامعه به‌ویژه سازمان‌های مردم نهاد تعلق می‌گیرد. در نظام حقوقی ایران، سازمان‌های مردم نهاد به‌عنوان نماینده جامعه از طریق مجموعه از مقررات دارای جایگاه، برای نقش آفرینی در تحقق سیاست جنایی دمکراتیک و تحقق حقوق شهروندی شده‌اند که حفاظت از محیط‌زیست از بخش‌های این نوع مشارکت مردمی است.

حق دادخواهی سمن‌ها

در بند آخر ماده ۲۹ آیین‌نامه تشکل‌های مردم نهاد آمده "دادخواهی در منابع قضایی، مطابق قانون آیین دادرسی کیفری و سایر قوانین مربوط از جمله حقوق سمن‌ها می‌باشد". در واقع این مواد ولو در قالب آیین‌نامه زمینه بسیار مناسبی برای تعریف گسترده وسیعی از اقدامات سازمان‌های مردم نهاد علیه اشخاص حقیقی و حقوقی آن‌هم در منابع قضایی فراهم کرده و به‌عنوان سندی ارزشمند برای تعیین جایگاه حقوقی سازمان‌های مردم نهاد در نظام حقوقی ایران مورد توجه است.

همچنین در ماده ۶۶ قانون آیین دادرسی کیفری(مصوب ۹۲/۱۲/۴ با اصلاحات ۱۳۹۴/۳/۲۴) حمایت از محیط‌زیست به‌عنوان یکی از زمینه‌هایی است که سمن‌ها حق دارند نسبت به جرائم ارتکابی مربوطه اعلام جرم کنند و همچنین در تمام مراحل دادرسی شرکت نمایند. ماده ۶۶ مقرر نموده "سازمان‌های مردم نهادی که اساسنامه آنها در زمینه حمایت از اطفال و نوجوانان، زنان، اشخاص بیمار و دارای ناتوانی جسمی یا ذهنی، محیط‌زیست، منابع طبیعی، میراث فرهنگی، بهداشت عمومی و حمایت از حقوق شهروندی است، می‌توانند نسبت به جرائم ارتکابی در زمینه‌های فوق اعلام جرم کنند و در تمام مراحل دادرسی شرکت کنند.[۱]

با این بستر قانونی، زمینه مشارکت فعال سازمان‌های مردم نهاد در فرآیند اجرای عدالت در امور کیفری مورد توجه قرار گرفته و برای اولین بار در نظام حقوقی ایران سازمان‌های مردم نهاد می‌توانند در فرآیند دادرسی مداخله داشته باشند و در پاسداشت اهداف سازمانی خود نقشی تأثیرگذار ایفا نمایند. در واقع ماهیت مشارکت سازمان‌های مردم نهاد در این قسمت اصولاً حمایتی است و بنابراین حمایت از مجموعه حقوق محیط‌زیست و همچنین حمایت از بزه‌دیدگانی که حسب مورد دچار انواعی از آسیب‌دیدگی، آسیب‌پذیری و یا ناتوانی هستند، ماهیت حمایتی فعالیت سازمان‌های مردم نهاد می‌باشد که در فرآیند عدالت کیفری به‌عنوان سیاست جنایی مشارکتی حمایتی نامیده می‌شود. لذا شرکت در تمام مراحل دادرسی در طرح دعوی در صیانت از دریاچه زریبار حوزه گسترده‌ی از اظهار نظر، ارائه دلایل، حتی داشتن وکیل و امثال این‌ها را شامل می‌گردد و اطلاع‌رسانی به بزه‌دیدگان از جمله‌ی حقوقی است که سازمان‌های مردم نهاد در اینجا از آن برخوردارند[۲]. در واقع در ماده ۶۶ برای ضابطان دادگستری و مقامات قضایی این وظیفه مقرر شده که باید به بزه‌دیدگان اطلاع بدهند که در حوزه بزه‌دیدگی شما چنین سازمان یا نهادی در حال انجام وظیفه است. همچنین در تبصره ۲ الحاقی ماده ۱۷ قانون دیوان عدالت اداری (مصوب ۱۴۰۲/۲/۱۰) مقرر شده است که سازمان‌های مردم نهادی که موضوع فعالین آنها طبق اساسنامه محیط‌زیستی و حمایت از حقوق شهروندی و... است. می‌توانند در خصوص موضوعات تخصصی مرتبط با فعالیتشان نسبت به غیرقانونی بودن

---

[۱] تبصره ۳- اسامی سازمان‌های مردم نهاد که می‌توانند در اجرای این ماده اقدام کنند، در سه ماهه ابتدای هر سال توسط وزیر دادگستری با همکاری وزیر کشور تهیه می‌شود و به تصویب رئیس قوه قضائیه می‌رسد. (تبصره ۲ماده ۴۲ اصلاحی لایحه احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور. آبانماه ۹۵
تبصره ۲- سازمان‌های مردم نهاد در صورتی می‌توانند از حق مذکور در ماده ۶۶ قانون آیین‌نامه دادرسی کیفری مصوب ۴ اسفند ۹۲ استفاده کنند که از منابع ذیصلاح قانونی ذی‌ربط مجوز کسب کنند. اگر ۳ بار متوالی اعلام جرم یک سازمان مردم نهاد در محاکم صالحه به‌طور قطعی رد شود، برای یک سال استفاده از حق مذکور در ماده ۶۶ قانون ذکر شده، محروم می‌شود. این تبصره جایگزین تبصره ۳ ماده ۶۶ قانون اخیرالذکر می‌شود. (ماده ۴۲ اصلاحی لایحه احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور. آبانماه ۹۵)

[۲] غلامی، حسین، مداخله سازمان‌های مردم نهاد در نظام عدالت کیفری در پرتو ماده ۶۶

تصمیمات و اقدامات یا خودداری از انجام وظیفه مقامات و منابع موضوع ماده (۱۰) این قانون که متضمن تضییع حقوق عمومی است در دیوان طرح شکایت کنند و حق تجدیدنظر خواهی دارند.

کارکرد نظارتی سمن در حفاظت از دریاچه زریبار

این بخش شامل مباحث ۱) دیده‌بانی سمن و ۲) تعرض به حق اقامه شکایت و دادخواهی سمن‌ها، جرم علیه عدالت قضایی می‌باشد.

دیده‌بانی سمن

نظارت بر عملکرد، نظارت بر کیفیت اجرای حقوق و آزادی‌های شهروندان در واقع نقش دیده‌بانی در ماده ۲۹ آیین‌نامه تشکل‌های مردم نهاد نیز شناسایی شده است و شامل موارد ذیل می‌باشد.

الف) مشاوره، اظهارنظر و ارائه پیشنهاد راهکارها به دستگاه‌های اجرایی متناسب با تخصص و موضوع فعالیت تشکل

ب) دیده‌بانی و نظارت بر عملکرد سایر بخش‌های جامعه در زمینه فعالیت تخصصی خود

ج) برگزاری اجتماعات در راهپیمایی‌ها در جهت تحقق اهداف تشکل پس از کسب مجوز از منابع قانونی مربوط

در نتیجه در ماده ۶۶ قانون آیین دادرسی کیفری زمینه فراهم گردیده که سازمان‌های مردم نهاد بتوانند در قلمرو بسیار گسترده بر کیفیت اجرای حق بر محیط زیست سالم، احترام یا عدم احترام به آنها توسط نهادهای رسمی نظارت کنند.

تعرض به حق اقامه شکایت و دادخواهی سمن‌ها، جرم علیه عدالت قضایی

با استناد به مفاد ماده۶۶ به‌نظر می‌رسد ممانعت و عدم پذیرش اعلام جرم و جلوگیری از شرکت در تمامی مراحل دادرسی به‌عنوان جرم علیه عدالت قضایی (نظر به اهداف و ارزش‌های سمن‌ها) و جرم علیه رعایت و تحقق حقوق شهروندی قابل شناسایی باشد. مردم و نهادهای مدنی و سازمان‌ها و تشکل‌های مردمی و غیردولتی در بعضی از فرآیند دادرسی‌ها به موجب قوانین و یا برحسب منابع حقوقی پیش‌بینی شده نقش مهمی نیز ایفا می‌نمایند. هیأت منصفه که از دیرباز در نظام و سیستم حقوقی کامن لو[1] جایگاه ویژه‌ای را داشته و در دادرسی و محاکمه مشارکت فعال داشته و دارد جایگاه سازمان‌های مردم نهاد در ماده ۶۶ آیین دادرسی کیفری همانگونه که توضیح داده شد بخشی از این سیاستگذاری جنایی مشارکتی است. اما فرآیند دادرسی کیفری فقط در مرحله دادرسی و محاکمه و صدور حکم خلاصه نمی‌گردد و از اعلام جرم تا اتمام اجرای مجازات فرآیند دادرسی را تشکیل می‌دهدکه ضرورت حضور در تمامی مراحل روشن است. ارزش مورد حمایت این است که هر سازمان مردم نهاد وفق ماده ۶۶ حق دارد نسبت به مواردی که به زعم او عنوان شکایت یا تظلم داشته باشد به موجب قانون به مرجع قضایی مراجعه کرده و آنان مکلف‌اند که در مقابل این حق به موجب قانون اقدامات لازم را انجام دهند. لذا یکی از حلقه‌های استقرار عنصرقانونی که زیر بنای آن محسوب می‌شود مسئله پذیرفتن شکایات و تظلمات افرادی است که مورد ظلم قرارگرفته‌اند. لذا تعرض به این ارزش یعنی تعرض به حق اقامه شکایت و دادخواهی و در واقع عدم استماع تظلم، استنکاف از رسیدگی با عنوان یک عمل مخل در اجرای عدالت محسوب گردد.[2]

نتیجه‌گیری

جرم یک پدیده اجتماعی است که هنجار اجتماعی را نقض می‌کند از این‌رو جدای از پاسخ کیفری نیازمند پاسخ جامعوی به پدیده مجرمانه می‌باشیم. به همین جهت در کنار نظام کیفری و رسمی، نظام‌های جامعوی با مشارکت مردم و در شکل سازمان‌یافته آن سازمان‌های مردم نهاد، ظرفیت مقابله با بزه و پیشگیری از آنرا با کارکردهای حمایتی و نظارتی خود دارند. بسترسازی قانونی همچنان‌که مواردی از آن در قانون اساسی، قانون آیین دادرسی کیفری، قانون دیوان عدالت اداری و آیین‌نامه

[1] comman law

[2] کوشا، جعفر، جرائم علیه عدالت قضایی، ص ۱۱

و.. اشاره شد اهمیت و نقش سمن‌ها در حفاظت از محیط‌زیست دریاچه زریبار و حق دادخواهی را آشکار ساخت. از نگاه ماده ۶۶ قانون آیین دادرسی کیفری، دولت و نهادهای دولتی و عمومی را حسب مورد می‌توان حتی بزهکار نقض حقوق حفاظت دریاچه زریبار تلقی نمود و مقامات عمومی می‌توانند در این خصوص مسئولیت کیفری داشته باشند. تشویق به حمایت و جلب مشارکت تشکل‌ها و نهادهای مدنی در مقابله با هرگونه تعرض به دریاچه زریبار به‌عنوان بخشی از محیط‌زیست منطقه و حق سمن‌ها در دسترسی به اطلاعات و دادگاه صالح برای دادخواهی در مورد نقض این حقوق بیان دیگر از نقش و جایگاه سمن‌ها در تحقق حقوق شهروندی می‌باشد.

مراجع

- قرآن کریم.
- قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران.
-**قانون آیین دادرسی کیفری با اصلاحات ۱۳۹۴/۳/۲۴، تهران**، روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران.
-**آیین‌نامه تشکل‌های مردم نهاد (۱۳۹۵/۶/۶)، تهران**، روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۵.
۵-مک رای، آ.، زهر، ه. ۱۳۸۶. **نشستهای گروهی خانوادگی**. ترجمه حسین غلامی، انتشارات مجد، تهران.
۶-کوشا، ج. ۱۳۸۹. **جرایم علیه عدالت قضایی (چاپ سوم)**. تهران، نشر میزان.
۷-محمدنسل، غ.۱۳۸۷. **پلیس و سیاست پیشگیری از جرم (اولین همایش ملی پیشگیری از وقوع جرم)**، تهران، دفتر تحقیقات کاربردی پل.
۸-رفیعی، ف. ۱۳۸۷. **اصول و مبانی مدیریت سازمان‌های غیردولتی (چاپ دوم)**، کرمان، انتشارات ودیعت.
۹-جمشیدی، ع. ۱۳۹۰. **سیاست جنایی مشارکتی، تهران**، نشر میزان.
۱۰-نجفی ابرندآبادی، ع.ح. ۱۳۹۰. **تقریرات جرمشناسی (جزوه درسی)**.
۱۱-لازرژ، ک. ۱۳۸۲. **درآمدی بر سیاست جنایی، نجفی ابرندآبادی، علی حسین**، نشر میزان، تهران.
- رضا گلشن پژوه، م.۱۳۸۰. **راهنمای سازمان‌های غیردولتی، انتشارات موسسه فرهنگی مطالعات و تحقیقات بین‌المللی ابرار معاصر تهران**.
- غلامی، ح. ۱۳۹۴، **مداخله سازمان‌های مردم نهاد در نظام عدالت کیفری در پرتو ماده ۶۶، کارگاه آموزشی نقش سمن‌ها در تحقق عدالت کیفری**، سنندج آذرماه ۹۴.
- طهماسبی، ج. ۱۳۹۲. **عدالت ترمیمی از منظر حقوق کیفری شکلی ایران (با تأکید بر لایحه آیین دادرسی کیفری)**، کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات کردستان، سنندج.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

بحران دریاچه زریبار: مسأله‌ای هیدرولوژیک یا سوسیولوژیک (زمینه، پیامد، راهکار)

رشید احمدی‌فر

دانشیار جامعه‌شناسی و عضو گروه آموزش علوم اجتماعی دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

چکیده

در سراسر تاریخ بشر، دسترسی مطمئن به آب، یک شرط اولیه و اساسی برای توسعه اجتماعی، اقتصادی و پایداری فرهنگ و تمدن بوده است. به گفته آب‌شناسان، آب دیگر یک کالای فراوان و فاقد ارزش اقتصادی نیست، بلکه یک کالای بدون جایگزین و با ارزش اقتصادی زیاد می‌باشد.این مقاله با استفاده از روش‌های تحقیق ترکیبی شامل مطالعه آرشیوی و بکارگیری تکنیک دلفی به تحلیل ابعاد جامعه‌شناختی بحران آب دریاچه زریبار و تأثیرات آن بر زندگی ساکنان محلی پرداخته، پیامدهای مترتب بر بحران دریاچه زریبار را ذیل شش مقوله اصلی فرموله کرده با تأکید بر مطالعات میدانی و مصاحبه با نخبگان محلی و کارگزاران توسعه راهکارهای علمی و عملیاتی را پیشنهاد می‌کند. نتایج این پژوهش تأکید بر لزوم اتخاذ سیاست معقول آب به جای سیاسی‌کردن آب بوده، بر ضرورت گذار از نگرش صرفاً هیدرولوژیک به نگرش سوسیولوژیک در مطالعه و مواجه با مسأله آب به‌طورکلی و مسأله بحران دریاچه زریبار مریوان به‌طور خاص می‌باشد. بحران آب دریاچه زریبار نمونه‌ای از چالش‌های موجود در مدیریت منابع آبی است که نیاز به همکاری و مشارکت همه ذی‌نفعان دارد. با اجرای راهکارهای مناسب و توجه به هر دو بعد هیدرولوژیک و سوسیولوژیک، می‌توان به بهبود وضعیت آب دریاچه و برساخت توسعه پایدار در منطقه کمک کرد.

واژگان کلیدی: آب، جامعه‌شناسی آب، بحران دریاجه زریبار، توسعه ناپایدار، سیاست توسعه

Sociological Analysis of the Zrebar Lake Crisis in Kurdistan Province

Background, Consequences, Solutions

Rashid Ahmadifar

Associate Professor of Sociology and Faculty Member of Social Science Education at Farhangian University.

Abstract

Throughout human history, secure access to water has been a primary and fundamental condition for social and economic development and the sustainability of culture and civilization. According to hydrologists, water is no longer an abundant commodity with no monetary value, but rather an irreplaceable commodity with high monetary value. This article uses mixed research methods, including archival study and the Delphi technique, to analyze the sociological dimensions of the Zrebar Lake water crisis and its effects on the lives of residents. It formulates the consequences of the Zrebar Lake crisis under six main categories. It proposes scientific and operational solutions emphasizing field studies and interviews with local elites and development agents. The results of this study emphasize the need to adopt a reasonable water policy instead of politicizing water, and the need to shift from a purely hydrological to a sociological approach in studying and dealing with the water issue in general and the issue of the Zrebar Lake crisis in Marivan in particular. The Zrebar Lake water crisis is an example of the challenges in water resource management that require all stakeholders' cooperation and participation. By implementing appropriate solutions and paying attention to both hydrological and sociological dimensions, we can help improve the water situation of the lake and build sustainable development in the region.

Keywords: Water, Sociology of Water, Zrebar Lake Crisis, Unsustainable Development, Development Policy

مقدمه

«اگر قرن بیست قرن جنگ بر سر نفت بود، قرن بیست و یک قرن جنگ برای آب خواهد بود» (Shiva, 2016).

در بسیاری از کشورها، آب به‌عنوان یک منبع استراتژیک شناخته می‌شود که تأثیرات عمیقی بر توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دارد. در ایران، با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خاص، آب به‌عنوان یک منبع حیاتی برای کشاورزی، صنعت و تأمین آب شرب شناخته می‌شود. با این حال، مدیریت ناکارآمد و سوء استفاده از منابع آبی، بحران‌های جدی را به‌وجود آورده است. ایران به‌عنوان یک کشور با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، با چالش‌های جدی در زمینه مدیریت منابع آب مواجه است. بر اساس گزارش‌ها، ۹۳ درصد از منابع آبی ایران در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، در حالی‌که این بخش تنها ۱۰ درصد از تولید ناخالص ملی را تشکیل می‌دهد (https://www.isna.ir/news). این عدم تعادل در مصرف و تولید، فشار زیادی بر منابع آبی کشور وارد کرده و به بحران‌های جدی منجر شده است.آب برای کشاورزی، صنعت و تولید انرژی حیاتی است و کمبود آن می‌تواند به کاهش تولید و افزایش فقر منجر شود (Bashirzadeh *et al.*, 2009).

بحران آب در ایران و جهان نه تنها یک مسأله زیست‌محیطی بلکه یک چالش فرهنگی و اجتماعی نیز به‌شمار می‌آید. در سطح جهانی، کمبود آب و بحران‌های مرتبط با آن به افزایش تنش‌ها و درگیری‌ها بین کشورها و جوامع منجر شده است. براساس گزارش سازمان ملل، بیش از سه میلیارد نفر در سراسر جهان به آبی که از مرزها می‌گذرد، وابسته هستند و تنها ۲۴ کشور توافقنامه مشترک همکاری برای آب مشترک دارند (UNDP,2020). این وابستگی به آب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند به بروز تنش‌های اجتماعی و سیاسی منجر شود. در ایران، بحران آب به‌دلیل مدیریت ناکارآمد منابع و تغییرات اقلیمی، به یک معضل جدی تبدیل شده است. این بحران نه تنها بر روی منابع طبیعی تأثیر می‌گذارد، بلکه بر روی زندگی اجتماعی و اقتصادی مردم نیز تأثیرات عمیقی دارد.

از منظراقتصاد سیاسی آب، روابط قدرت و منافع اقتصادی در مدیریت منابع آب نقش مهمی دارد.این حوزه به بررسی چالش‌های مربوط به دسترسی به آب، حقوق آب و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی ناشی از بحران‌های آبی می‌پردازد (Adams, ۲۰۰۲). مدیریت منابع آب به‌دلیل تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آب با چالش‌های جدی مواجه است. به عنوان مثال، در بسیاری از کشورها، سیاست‌های نادرست و عدم توجه به نیازهای محلی منجر به بحران‌های آبی شده است (Smith & Bruce, ۲۰۱۸). بحران آب تأثیرات عمیقی بر زندگی اجتماعی و اقتصادی جوامع دارد. کاهش دسترسی به آب می‌تواند به افزایش فقر، بیکاری و تنش‌های اجتماعی منجر شود (Williams & Webb, ۱۹۹۴). همچنین، عدم دسترسی به آب سالم می‌تواند به مشکلات بهداشتی و افزایش هزینه‌های درمانی منجر شود (Habibi *et al*., ۲۰۱۴). سیاست‌های آب باید به گونه‌ای طراحی شوند که حقوق بشر را رعایت کنند. دسترسی به آب سالم و کافی یک حق اساسی است و باید در سیاست‌گذاری‌های آب لحاظ شود (Goodman, ۱۹۸۷). جامعه محلی در مدیریت منابع آب و حفاظت از آن نقش کلیدی دارد. مشارکت مردم در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آب می‌تواند به بهبود وضعیت منابع آبی کمک کند (Miller, ۲۰۱۹).

دریاچه‌ها به‌عنوان ذخایر آب شیرین، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. دریاچه زریبار در نزدیکی شهر مریوان در استان کردستان ایران یکی از حیاتی‌ترین اکوسیستم‌های آب شیرین منطقه است. دریاچه زریبار، یکی از این منابع با ارزش است که به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، نه تنها زیستگاه گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی است، بلکه به‌عنوان منبع آب شیرین نیز برای ساکنان محلی شناخته می‌شود (Gleick, ۲۰۰۳). این دریاچه از لحاظ تاریخی، از تنوع زیستی، کشاورزی و معیشت جوامع محلی حمایت کرده است. با این حال، در دهه‌های اخیر، این دریاچه به‌دلیل تغییرات آب و هوایی، مدیریت ناپایدار آب و فشارهای انسانی با تخریب شدید محیط‌زیست مواجه شده است. دریاچه زریبار به‌عنوان یک جاذبه طبیعی، جذب گردشگران داخلی و خارجی را افزایش می‌دهد. این امر به توسعه صنعت گردشگری و ایجاد فرصت‌های شغلی محلی کمک می‌کند (Zarifian *et al.*, 2018). کوچک شدن دریاچه زریبار بحرانی چند بعدی را ایجاد کرده است که بر دسترسی به آب، سلامت

عمومی، ثبات اقتصادی و انسجام اجتماعی در مریوان و مناطق اطراف آن تأثیر گذاشته است. کاهش سطح آب، آلودگی و تغییرات اقلیمی از جمله عواملی هستند که به بحران این دریاچه دامن زده‌اند (Luzi *et al*., ۲۰۰۸) این بحران نه تنها بر اکوسیستم دریاچه تأثیر گذاشته، بلکه زندگی ساکنان محلی را نیز تحت تأثیر قرار داده است (Mohammadi Kangarani, ۲۰۱۱) تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و افزایش دما به کاهش بارش و در نتیجه کاهش منابع آبی منجر شده است (Mastrorillo *et al*., ۲۰۱۶). این تغییرات به نوبه خود بر کشاورزی و معیشت ساکنان منطقه تأثیر گذاشته و باعث افزایش تنش‌های اجتماعی و اقتصادی شده است (Carpenter *et al*., ۲۰۰۳).

مرور ادبیات موجود در زمینه بحران آب در ایران نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله رشد جمعیت، تغییرات اقلیمی، سوء مدیریت و توزیع نابرابر منابع آب، به تشدید این بحران منجر شده‌اند. همچنین، مطالعات نشان می‌دهند که بحران آب در ایران نه تنها یک چالش زیست‌محیطی، بلکه یک مسأله اجتماعی و اقتصادی نیز به‌شمار می‌آید که نیاز به توجه و اقدام فوری دارد.

نظریات مختلفی در زمینه بحران آب وجود دارد که می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد. نظریات هیدرولوژیک؛ این نظریات بر تأثیرات تغییرات اقلیمی و هیدرولوژیک بر منابع آب تأکید دارند. به‌عنوان مثال، تغییرات بارش و دما می‌تواند به کاهش منابع آبی منجر شود (Borgatti, 2005). نظریات سوسیولوژیک؛ این نظریات به تأثیرات اجتماعی و انسانی بر بحران آب می‌پردازند.سوء مدیریت، سیاست‌های نادرست و عدم مشارکت جامعه محلی از جمله عواملی هستند که به تشدید بحران کمک می‌کنند (Schneider, 1992).

استان کردستان از سال ۲۰۰۰ کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی بارندگی سالانه را تجربه کرده است که این امر انقباض دریاچه زریبار را تشدید کرده است (منصوری دانشور و همکاران، ۲۰۱۹). افزایش دما نرخ تبخیر را افزایش داده و حجم دریاچه را تا ۴۰ درصد در طی دو دهه کاهش داده است (اداره محیط زیست ایران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، دریاچه زریبار با بحران‌های جدی مواجه شده است. عواملی نظیر تغییرات اقلیمی (Mastrorillo *et al*., ۲۰۱۶)، توسعه ناپایدار (Pahl-Wostl, ۲۰۰۷)، و مدیریت ناکارآمد منابع آب (Zhu *et al*., ۲۰۱۹) کیفیت و کمیت آب دریاچه را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بیش از ۸۰ درصد از آب دریاچه برای آبیاری، عمدتاً برای محصولات پرمصرف آب مانند گندم و برنج هدایت می‌شود (FAO, 2020) چاه‌های غیرمجاز و سیستم‌های آبیاری سیلابی منسوخ شده، ذخایر آب زیرزمینی را بیشتر تحلیل می‌برند (مدنی، ۱۳۹۳ این بحران‌ها نه تنها بر روی اکوسیستم دریاچه تأثیر می‌گذارند، بلکه پیامدهای اجتماعی و اقتصادی نیز برای ساکنان پیرامون خود به بار می‌آورند (Molle *et al*., ۲۰۰۹). این مقاله به بررسی و مطالعه پیامدهای بحران دریاچه زریبار برساکنان و نواحی پیرامونی دریاچه پرداخته درصدد ارائه راهکارهای معقول مبتنی بر نظریات ساکنان محلی، نخبگان و کارگزاران توسعه است.

مواد و روش‌ها

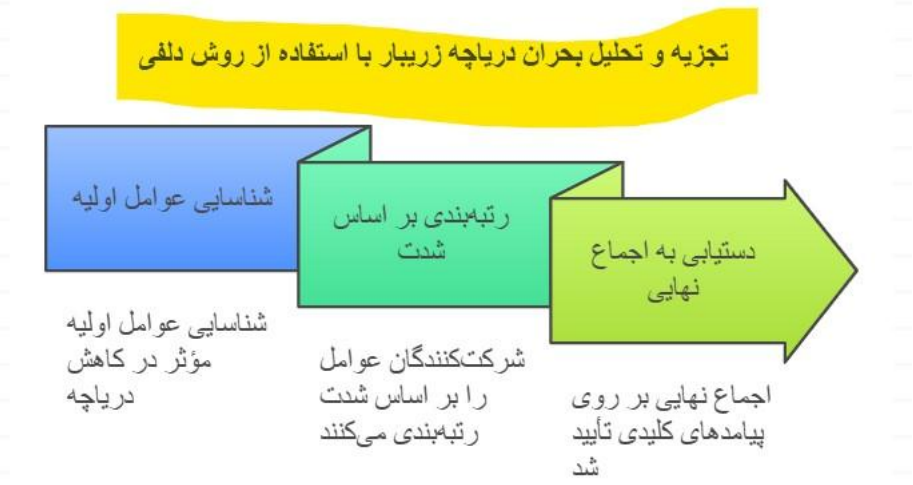
در این تحقیق با استفاده از روش‌های تحقیق ترکیبی از جمله تکنیک دلفی، به جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل تجربیات ساکنان پرداخته می‌شود (Babbie, ۲۰۱۶).در این پژوهش از روش دلفی جهت جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است. روش دلفی که توسط دالکی و هلمر (۱۹۶۳) ابداع شد، ویژگی‌هایی دارد که عبارتند از ناشناس‌بودن، دورهای متعدد پرسشنامه، بازخورد کنترل شده، و تجمیع آماری پاسخ‌ها است (اسکولموسکی و همکاران، ۲۰۰۷). در این تحقیق از روش نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب ساکنان محلی و کارشناسان استفاده شد (Creswell, 2014). داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ساکنان محلی و کارشناسان جمع‌آوری شده است (Kvale, 2007). شرکت‌کنندگان دیدگاه‌های خود را بر اساس بازخورد گروهی ناشناس تجدید نظر می‌کنند و به‌تدریج به سمت اجماع همگرا می‌شوند. کاربردها شامل مراقبت‌های بهداشتی، تحلیل سیاست‌ها و پیش‌بینی فناوری می‌شود (هاسون و همکاران، ۲۰۰۰). علی‌رغم نقاط قوت، چالش‌هایی نظیرفرسایش مشارکت‌کنندگان در تحقیق دلفی وجود دارد (Okoli & Pawlowski, 2004). در این روش، کدگذاری کیفی داده‌های بدون

ساختار را از طریق مراحلی مانند کدگذاری اولیه، متمرکز و محوری به مضامین قابل تحلیل تبدیل می‌کند (سالدانا، ۲۰۱۶). سپس داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از روش تحلیل محتوایی و کدگذاری کیفی تجزیه و تحلیل گردید. (Braun & Clarke, 2006) نظریه پایه، همان‌طور که توسط چارمز (۲۰۰۶) بیان شده است، بر مقایسه و طبقه‌بندی تکراری تأکید دارد. ضمن استفاده از رویکردهایی مانند تجزیه و تحلیل محتوا (Hsieh & Shannon, 2005) و تجزیه و تحلیل موضوعی (Fereday & Muir-Cochrane, 2006)که اساس تحلیل را تشکیل می‌دهند، در مرحله کدگذاری اولیه مضامین اساسی را شناسایی کردیم سپس این مفاهیم را مبانی مباحث بعدی قراردادیم (Creswell & Poth, 2018). چالش‌ها شامل حفظ سخت‌گیری در کدگذاری تحت محدودیت‌های زمانی و اطمینان از مشارکت شرکت‌کننده‌هاست (اسکولموسکی و همکاران، ۲۰۰۷). از روش دلفی به‌عنوان یک تکنیک ارتباطی ساختاریافته شامل دورهای تکراری مشاوره تخصصی، برای تجزیه و تحلیل بحران دریاچه زریبار استفاده شد. گروهی متشکل از ۲۰ متخصص - شامل هیدرولوژیست‌ها، دانشمندان محیط‌زیست، سیاست‌گذاران محلی و نمایندگان سازمان‌های غیردولتی و نیز تعدادی از ساکنان محلی اطراف دریاچه- در سه دور مصاحبه شرکت کردند. هدف این فرآیند دستیابی به اجماع در مورد عوامل کلیدی و تأثیرات بحران بود.

دور ۱: سؤالات باز عوامل اولیه مؤثر در کاهش دریاچه را شناسایی کردند، مانند کاهش بارندگی، استفاده بیش از حد کشاورزی و حکمرانی نامناسب و....

دور ۲: شرکت‌کنندگان این عوامل را براساس شدت رتبه‌بندی کردند و تغییرات آب و هوایی (خشکسالی طولانی‌مدت) و شیوه‌های آبیاری و مدیریت ناکارآمد منابع آبی را به‌عنوان بحرانی‌ترین عوامل آشکار کردند.

دور ۳: اجماع نهایی ارتباط متقابل پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را تأیید کرد.بدیهی است که این روش درک کل نگر از بحران را تضمین می‌کند و در عین حال سوگیری‌های فردی را به‌حداقل می‌رساند.



شکل ۱: فرآیند انجام دلفی

نتایج و بحث

جهت طرح مسایل مرتبط با بحران دریاچه زریبار پنج سوال اصلی برای مصاحبه با ساکنان اطراف دریاچه زریبار در مورد پیامدها و اثرات بحران آب و مشکلات آن ارائه شده است:

۱. چگونه کاهش سطح آب دریاچه زریبار بر معیشت شما و خانواده‌تان تأثیر گذاشته است؟

۲. آیا شما شاهد تغییرات کیفیت آب دریاچه بوده‌اید و این تغییرات چه تأثیری بر سلامت و بهداشت شما داشته است؟

۳. آیا کاهش منابع آب در دریاچه باعث مهاجرت یا تغییر در الگوهای زندگی شما شده است؟ اگر بله، چگونه؟

۴. چه اقداماتی در سطح محلی یا از سوی دولت برای مدیریت بحران آب و حفظ دریاچه زریبار انجام شده است؟ آیا این اقدامات مؤثر بوده‌اند؟

۵. به‌نظر شما چه راهکارهایی می‌تواند به بهبود وضعیت دریاچه زریبار و کاهش اثرات بحران آب کمک کند؟

نتایج حاصل از مصاحبه‌های هر دو گروه در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: مقولات و مفاهیم برگرفته از مصاحبه با ساکنان محلی اطراف دریاچه زریبار

مقوله هسته	مقولات اصلی	خرده مقولات/مفاهیم
بحران دریاچه زریبار: زمینه ها/ پیامدها	**تأثیرات اقتصادی**	کاهش درآمد از کشاورزی/ افزایش هزینه‌های زندگی کاهش شغل‌های مرتبط با دریاچه / تأثیر بر بازار محلی / تغییر در الگوی تولید محصولات / بیکاری/ کاهش درآمد ماهی‌گیری / تأثیر بر گردشگری / مشکلات مالی خانواده‌ها/ وابستگی به کمک‌های دولتی
	کیفیت آب	آلودگی آب / تغییرات در سطح آب/ تأثیر بر بهداشت/ مشکلات در تأمین آب شرب / بیماری‌های مرتبط با آب/ کاهش تنوع زیستی / تأثیر بر محصولات کشاورزی/ تجربه شخصی از مشکلات آب </عدم اعتماد به کیفیت آب /تغییر در استفاده از آب
	تأثیرات اجتماعی/آسیب‌ها	مهاجرت از منطقه / تغییر در الگوهای زندگی/ تنش‌های اجتماعی / کاهش مشارکت اجتماعی/ تغییر در روابط خانوادگی/ کاهش حس تعلق به جامعه/افزایش نارضایتی/تأثیر بر فرهنگ محلی/ تحولات در ساختار اجتماعی/ تغییر در الگوهای مصرف
	ضعف در مدیریت منابع	ناکارآمدی مدیریت عدم اطلاع‌رسانی/ سیاست‌های نادرست/ نیاز به برنامه‌ریزی/ کمبود منابع مالی/ عدم مشارکت محلی/ فساد در مدیریت/چالش‌های قانونی/ عدم هماهنگی بین نهادها/ نبود نظارت مؤثر
	آگاهی و آموزش	نیاز به آموزش در مورد مصرف آب /آگاهی از بحران آب/ برنامه‌های آموزشی ناکافی /عدم اطلاع‌رسانی در مورد راهکارها / کمبود منابع آموزشی/ ارتقاء آگاهی عمومی نقش رسانه‌ها/ نیاز به کارگاه‌های آموزشی / تأثیر آموزش بر رفتار / افزایش آگاهی از مشکلات زیست‌محیطی
	همکاری و مشارکت	نیاز به مشارکت محلی / همکاری با نهادهای دولتی / ایجاد شبکه‌های محلی /برنامه‌های مشترک/ نقش سمن‌ها /همکاری بین‌سازمانی / ایجاد گروه‌های خودیاری /تبادل تجربیات / ایجاد طرح‌های مشترک / نقش جوانان در همکاری

جدول ۲: مقولات و مفاهیم برگرفته از مصاحبه با متخصصان و کارگزاران محلی

مقوله اصلی	مقولات اصلی	خرده مقولات/مفاهیم
بحران دریاچه زریبار: زمینه ها/ پیامدها	تحلیل بحران آب	عوامل ایجاد بحران / تأثیرات جهانی تغییرات اقلیمی نقش مدیریت نادرست منابع / نیاز به تحقیقات بیشتر / تأثیر بر تنوع زیستی / چالش‌های بین‌المللی
	مدیریت منابع آب	سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف / استفاده از فناوری‌های نوین / مشارکت جامعه محلی / برنامه‌ریزی بلندمدت /ارزیابی مستمر / نیاز به هماهنگی بین نهادها
	تأثیرات زیست‌محیطی	تغییرات اکوسیستم / آلودگی آب /تأثیر بر گونه‌های بومی / تغییرات در الگوهای بارش / اثرات بر خاک / تغییر در کیفیت آب
	آگاهی و آموزش	نیاز به برنامه‌های آموزشی / نقش رسانه‌ها در آگاهی‌بخشی /آموزش در مدارس/ کارگاه‌های آموزشی برای جامعه / ارتقاء آگاهی عمومی / تأثیر آموزش بر رفتار
	همکاری بین‌سازمانی	تشکیل کمیته‌های مشترک / همکاری با سمن‌ها / تبادل تجربیات/ نیاز به توافقات بین‌المللی / ایجاد شبکه‌های همکاری / نقش دولت در همکاری
	ابعاد اجتماعی و فرهنگی	تأثیر بر فرهنگ محلی / تغییر در ساختار اجتماعی /تأثیر بر نهادهای اجتماعی / مشارکت جوانان / تأثیر بر هویت اجتماعی / چالش‌های اجتماعی مرتبط با بحران
	پیشنهادات برای حل بحران	توسعه روش‌های پایدار / استفاده از منابع جایگزین / برنامه‌های سرمایه‌گذاری <. نیاز به سیاست‌های حمایتی /تأمین مالی پروژه‌ها ایجاد انگیزه برای کشاورزان
	توسعه پایدار	اهمیت توسعه پایدار / نیاز به رویکردهای یکپارچه تأثیرات اقتصادی توسعه پایدار /نقش جامعه محلی در توسعه < برنامه‌ریزی شهری پایدار حفظ منابع طبیعی

همان‌طور که درجدول ۱ آمده است، مقولات اصلی و مفاهیم/خرده مقولات مرتبط به آنها به شرح زیر آمده است.

تأثیرات اقتصادی

-اولین پیامدها بحران دریاچه اثرات اقتصادی دریاچه برساکنان می‌باشد. از جمله این موارد می‌توان به کاهش درآمد از کشاورزیاشاره نمود: *"درآمد ما به شدت کاهش یافته و این باعث شده که نتوانیم هزینه‌های زندگی‌مان را تأمین کنیم."* - ع. کشاورز

افزایش هزینه‌های زندگی از دیگر پیامدهای مورد شاره ساکنان عمدتا کشاورز پیرامون دریچه می‌باشد. *"با افزایش قیمت‌ها و کاهش منابع، زندگی روز به روز سخت‌تر می‌شود."* - م. خانم خانهدار

پایین آمدن سطح آب دریاچه و نیز آلودگی آب دریاچه نیز به شکل کاهش شغل‌های مرتبط با دریاچه در زندگی ساکنان تاثیر گذاشته است. *"بسیاری از همسایگانم که در ماهی‌گیری مشغول بودند، حالا بیکار شده‌اند."* - و. مغازه‌دار

کیفیت آب

اولین پیامد مرتبط با مقوله کیفیت آب، آلودگی آبدریاچه می‌باشد. *"آب دریاچه به شدت آلوده شده و ما دیگر نمی‌توانیم به آ ن اعتماد کنیم."* - ب. روزنامه‌نگار

از دیگر مشکلات و پیامدهای نامطلوب بحران دریاچه زریبارمشکلات در تأمین آب شرب ساکنان مریوان و روستاهای اقماری دریاچه می‌باشد. *"ما مجبوریم از منابع دورتر آب بیاوریم، چون آب دریاچه دیگر قابل شرب نیست."* - ع. کشاورز

مسأله دیگری که زندگی هزاران نفر را در زمان حال و آینده تحت تاثیر قرار می‌دهد، بیماری‌های مرتبط با آب می‌باشد: *"بسیاری از ما دچار بیماری‌های پوستی شده‌ایم و نمی‌دانیم علتش چیست."* - م. خانم خانهدار

تأثیرات اجتماعی

یکی از مسایل مهم اجتماعی که جزء پیامدهای مورد اشاره در مصاحبه با ساکنان بود، مهاجرت از منطقه به خصوص مهاجرت جوانانو نخبگان می‌باشد.در این میان مصاحبه‌شوندگان حتی به نام نخبه ریاضی مشهورکورد، کوچر بیرکارکه اهل روستای نی از روستاهای حاشیه دریاچه می‌باشد.*"بسیاری از خانواده‌ها به ویژه جوانان به دلیل کمبود آب مجبور به ترک روستا شدند."* - *و. مغازه‌دار*

مورد دیگری که می‌تواند محل بحث و مناقشه باشد، کاهش مشارکت اجتماعی مردم می‌باشد.*"مردم دیگر در فعالیت‌های اجتماعی شرکت نمی‌کنند، چون امیدی به آینده ندارند."* - *د. استاد دانشگاه (که خود زاده یکی از روستاهای حاشیه زریبارمی‌باشد.*

نکته قابل تأمل این است که مشارکت مردم چه روستایی و چه شهری در امور محلی ازجمله محیط‌زیست و یا مشارکت درحفظ مراتع و جنگل‌ها بخصوص مشارکت اهالی در اطفای حریق جنگل‌ها می‌باشد. بنابراین بایستی مشارکت مردم در امور دولتی بیتشر مورد نظر مصاحبه شوندگان است.

از دیگر موارد مورد اشاره، افزایش تنش‌های اجتماعی به‌عنوان پیامد بحران آب دریاچه زریبار می‌باشد.*"این بحران باعث شده که بین مردم تنش‌های زیادی به وجود بیاید. ازجمله آمار طلاق بالا رفته است"* - *م. خانم خانهدار*

ضعف مدیریت منابع

ناکارآمدی در مدیریت منابع مسأله‌ای است که بسیار یاز مصاحبه شوندگان به آن اذعان داشتند*"مدیریت آب در این منطقه به شدت ضعیف است و نیاز به بازنگری دارد."* - *م. بخشدار قبلی*

از جمله مواردی که حاکی از مدیریت ناکارامد در منابع است، عدم اطلاع‌رسانی توسط کارگزاران ومسولان محلی می‌باشد.*"ما هیچ اطلاعی از برنامه‌های مدیریت آب نداریم."* - *ع. کشاورز*

مصاحبه‌شوندگان همچنین به ارزیابی سیاست‌های مرتبط با مدیریت منابع آبی پرداخته آز ان تحت عنوان؛سیاست‌های نادرست نام می‌بردند.*"سیاست‌های فعلی تنها به بحران دامن می‌زند و هیچ راه حلی ارائه نمی‌دهد."* - *ب. روزنامه‌نگارمحلی*

آگاهی و آموزش

نیاز به آموزش در مورد مصرف آب به‌خصوص در زمینه کشاورزی از جمله موارد مورد اشاره ذی‌نفعان بود.

"بسیاری از مردم هنوز از بحران آب آگاه نیستند و نیاز به آموزش دارند." - *م. خانم خانهدار*

کمبود منابع آموزشی و نیز تاکید بر نقش رسانه‌ها از موارد دیگری بود که توسط مصاحبه‌شوندگان بازگوی می‌شد.*"ما نیاز داریم که در مورد استفاده صحیح از آب آموزش ببینیم."* - *ع. کشاورز. "رسانه‌ها می‌توانند نقش مهمی در افزایش آگاهی عمومی ایفا کنند."* - *ب. روزنامه‌نگارمحلی*

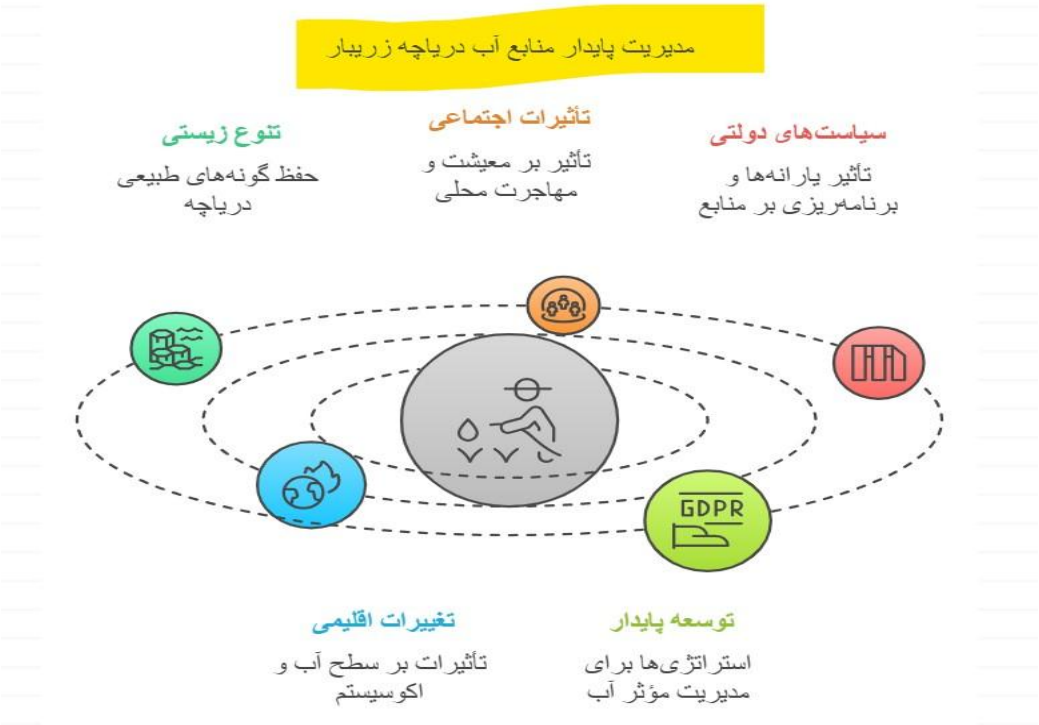
همکاری و مشارکت

تأکید جامعه محلی به نیاز به مشارکت محلیو انگیزه و علاقه آنها به همکاری و مشارکت در پروژه‌های زیست‌محیطی و برنامه‌های حفظ و احیای دریاچه زریبار نکته قابل تامل و مثبتی است که لازم است مورد توجه کارگزاران توسعه قرارگیرد*"برای حل این بحران، همه باید دست به دست هم دهند."* - *و. مغازه‌دار*

ایجاد شبکه‌های محلی و نیز تأکید بر نقش سمن‌ها و نیز نقش برجسته انجمن چیای سبز مریوان از جمله دیگر موارد مورد اشاره و تأیید جامعه محلی می‌باشد.*"ما باید شبکه‌هایی از مردم محلی ایجاد کنیم تا تجربیات‌مان را به اشتراک بگذاریم."* - *م. خانم خانهدار."سمن‌ها می‌توانند در این زمینه بسیار مؤثر باشند و مردم را به همکاری دعوت کنند."* - *پ. عضو انجمن چیای سبز*

نکته قابل توجه این است که در صورت اعتماد و اطمینان کارگزاران توسعه در سطح ملی و استانی به نیروهای محلی و مردمی و ازجمله سمن‌های فعال در حوزه‌های مختلف فرهنگی و زیست‌محیطی می‌توان به مدیریت بحران آب دریاچه بسیار امیدوارتر

بود. چراکه تجارب زیسته محقق و نیز مصاحبه با مطلعین محلی حاکی از این حقیقت مثبت است که مردم کردستان و مریوان و نیز جامعه محلی از فرهنگ بالای مشارکتی و مسئولیت‌پذیری در حوزه‌های فرهنگی و اجتماعی و نیز زیست‌محیطی برخوردارند. این پتانسیل می‌تواند نکته قابل تاملی در پیشنهاد و اجرای هرگونه پروژه جهت مدیریت معقول علمی برای احیای و حفظ اکوسیستم و زیست فرهنگ دریاچه زریبار باشد.



شکل ۲: زمینه‌های شکل‌گیری بحران

از هردوگروه خواستیم تا به این سوال پاسخ دهند که بحران دریاچه زریبار را هیدرولوژیک ومربوط به عوامل اقلیمی و محیطی می‌دانند یا سوسیولوژیک و دخیل عوامل انسانی، اجتماعی و دولتی؟

گروه اول: ساکنان اطراف دریاچه زریبار

"من فکر می‌کنم بحران دریاچه زریبار بیشتر به عوامل انسانی و مدیریت نادرست مربوط می‌شود. اگر به درستی از منابع آب استفاده می‌کردیم، وضعیت به اینجا نمی‌رسید." - ع. کشاورز."به‌نظر من، تغییرات اقلیمی نقش مهمی دارند، اما نمی‌توانیم از سهم سوء مدیریت غافل شویم. ترکیبی از هر دو عامل است." - م. خانم خانه‌دار."آب و هوا تغییر کرده، اما مدیریت ضعیف ما هم باعث تشدید بحران شده است." - و. مغازه‌دار

گروه دوم: نخبگان و متخصصان

جدول ۲ که نشان‌دهنده نتایج حاصل از تحلیل مصاحبه با گروه نخبگان است شامل هشت مقوله اصلی و زیر مقولات می‌باشد که مقوله اصلی پژوهش یعنی؛ بحران دریاچه زریبار و زمینه‌ها و پیامدهای مختلف آن را تبیین می‌کند. برای نمونه چند مورد از نقل قول مستقیم برگرفته از مصاحبه با نخبگان و متخصصان:

"بحران دریاچه زریبار یک مسأله پیچیده است که شامل هر دو بعد هیدرولوژیک و سوسیولوژیک می‌شود. تغییرات اقلیمی و رفتارهای انسانی هر دو در این بحران دخیل هستند." - د. استاد دانشگاه."عوامل انسانی و اجتماعی به شدت بر بحران آب تأثیر می‌گذارند. اگرچه تغییرات اقلیمی واقعی هستند، اما سیاست‌های نادرست و سوء مدیریت از سوی دولت‌ها از جمله عوامل

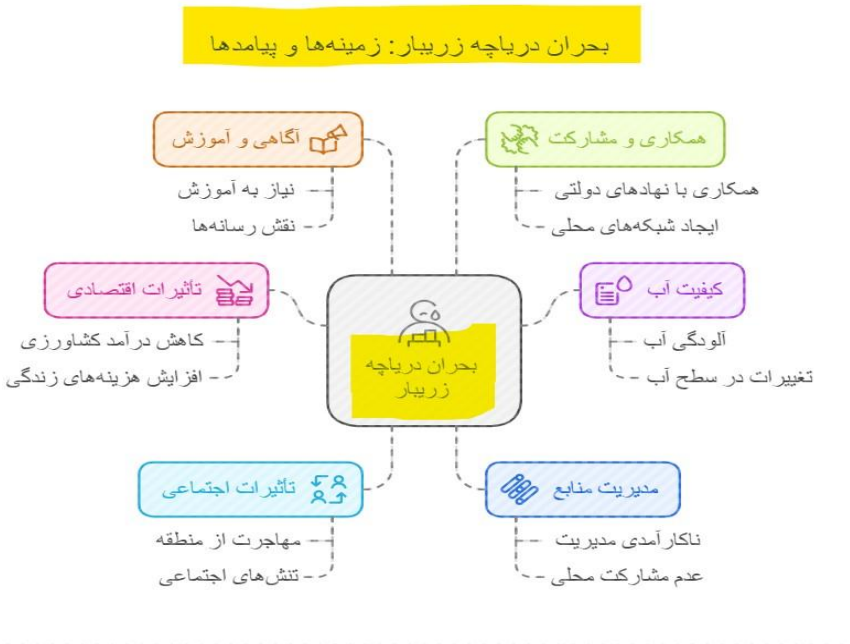
کلیدی هستند." - پ. عضو انجمن چیاهای سبز:*"این بحران نتیجه‌ای از تعامل بین عوامل اقلیمی و انسانی است. ما باید به هر دو بعد توجه کنیم."* - ب. روزنامه‌نگار

بررسی دیدگاه هردو گروه حاکی از اشتراک نظر آنهاست. هردو گروه معتقدند که هرچند عوامل هیدرولوژیگ ازجمله خشکسالی و تغییراتآب و هوایی و اقلیمی بر تشدید بحران دریاچه تاثیر منفی گذاشته است، اما هردو گروه عوامل انسانی و مدیریت ضعیف منابع و مسایل مرتبط با دریاچه را مؤثرتر می‌دانند.

"به‌نظر می‌رسد که هر دو عامل در این بحران نقش دارند. ما باید به هر دو بعد توجه کنیم." - و. مغازه‌دار

"بحران دریاچه زریبار یک چالش چندبعدی است که شامل عوامل هیدرولوژیک و اجتماعی می‌شود." - د. استاد دانشگاه

نتایج حاصل از تحلیل متون مصاحبه‌ها حاکی از تأثیرحکومتداری و زیرساخت ضعیف بر تشدید بحران آب دریاچه می‌باشد. سیاست‌های تکه‌تکه مدیریت آب و اجرای ضعیف مقررات زیست‌محیطی امکان بهره‌برداری کنترل نشده را فراهم کرده است (مولاجو و همکاران، ۲۰۲۱). اولویت‌بندی سیاسی دستاوردهای کشاورزی کوتاه مدت بر پایداری، بحران را بدتر کرده است (فولتز، ۲۰۰۲). خشک شدن دریاچه منجر به از بین رفتن تنوع زیستی از جمله پرندگان مهاجر و گونه‌های ماهیان بومی شده است (کنوانسیون رامسر، ۲۰۱۸). طوفان‌های گرد و غبار از بستر دریاچه‌های در معرض خطر کیفیت هوا را بدتر می‌کند و باعث بیماری‌های تنفسی می‌شود (گودی، ۲۰۱۴).



شکل ۳: زمینه‌ها و پیامدهای بحران دریاچه زریبار

نتیجه‌گیری

به تعبیر راپاپورت (۱۹۹۷: ۹۷) طبیعت از جانب انسان به‌وسیله پرده‌ای از باورها، دانش و مقاصد دیده می‌شود؛ بر حسب تصویری که از طبیعت دارد نه ساختار واقعی طبیعت؛ بنابراین انسان‌ها منابع طبیعی را بر اساس الگوهای فرهنگی درک و از آن بهره‌برداری می‌کنند. همان‌طور که گفته شدآب به‌عنوان یک منبع حیاتی، نقش کلیدی در توسعه پایدار دارد. دسترسی به آب سالم و کافی برای تأمین نیازهای انسانی، کشاورزی و صنعتی ضروری است. در بسیاری از کشورها، به ویژه در مناطق در حال توسعه، کمبود آب می‌تواند مانع از رشد اقتصادی و اجتماعی شود. براساس گزارش‌های جهانی، مدیریت بهینه منابع آب می‌تواند به افزایش بهره‌وری کشاورزی، بهبود بهداشت عمومی و کاهش فقر کمک کند. اولویت‌بندی دولت برای دستاوردهای

اقتصادی کوتاه‌مدت-مانند یارانه دادن به محصولات پرمصرف آب و بی‌توجهی به مدیریت یکپارچه آب - فروپاشی اکولوژیکی را تسریع کرده است (جلالی، ۲۰۲۰؛ مدنی، ۲۰۱۴). در همین حال، شهرنشینی سریع و تغییرات کاربری زمین، که با برنامه‌ریزی متمرکز تشویق شده است، شیوه‌های سنتی اشتراک آب را مختل کرده است (قزاوی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ابریشمچی و همکاران، ۲۰۱۷). این بحران نشان می‌دهد که چگونه سیاست‌های از بالا به پایین و توسعه نابرابر تخریب محیط‌زیست را تشدید می‌کند و به‌طور نامتناسبی بر جوامع حاشیه‌نشین در مریوان تأثیر می‌گذارد.

سیاست کشاورزی مبتنی بر ترویج محصولات پرمصرف آب مانند گندم و چغندرقند از طریق یارانه کشاورزان را تشویق کرده است تا بیش از حد از دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی استخراج کنند (فولتز، ۲۰۰۲؛ بانک جهانی، ۲۰۱۹). بیش از ۷۰ درصد از ورودی دریاچه زریبار به آبیاری منحرف می‌شود و از سال ۲۰۰۰ تا کنون ۴۰ درصد حجم دریاچه را کاهش می‌دهد (اداره محیط‌زیست ایران، ۲۰۲۱). علی‌رغم قوانین حفاظت از تالاب‌ها، حفاری چاه‌های غیرقانونی و پروژه‌های سدسازی غیرقانونی به‌دلیل فساد و نظارت پراکنده همچنان ادامه دارد (مولاجو و همکاران، ۲۰۲۱؛ جلالی، ۲۰۲۰). مقامات محلی فاقد منابع لازم برای نظارت بر استخراج هستند و لابی‌های قدرتمند کشاورزی را قادر می‌سازد بر دسترسی به آب تسلط پیدا کنند (مدنی، ۲۰۱۴).

منابع آبی دریاچه زریبار برای کشاورزی و پرورش ماهی استفاده می‌شود، که به تأمین امنیت غذایی و درآمدزایی برای جامعه محلی کمک می‌کند.(Karami & Zare, 2019) دریاچه زریبار به‌عنوان نماد فرهنگی و تاریخی، نقش مهمی در حفظ هویت و فرهنگ محلی دارد. مراسم‌ها و جشن‌های محلی در اطراف دریاچه برگزار می‌شود که باعث تقویت روحیه اجتماعی می‌گردد.(Shabani & Zare, 2020) مدیریت و حفاظت از دریاچه نیازمند مشارکت فعال جامعه محلی است. این امر موجب افزایش حس مسئولیت‌پذیری و اتحاد در میان ساکنان می‌شود (Akhmouch & Correia, 2016).دریاچه زریبار زیستگاه گونه‌های متنوعی از جانوران و گیاهان است. حفاظت از این اکوسیستم به حفظ تنوع زیستی و تعادل طبیعی کمک می‌کند. (Ghaffari & Khosravi, 2021)همچنین این دریاچه به‌عنوان یک منبع آب مهم، در مدیریت منابع آبی منطقه نقش حیاتی ایفا می‌کند و به تنظیم چرخه آب کمک می‌کند (Madani, 2015) دریاچه زریبار می‌تواند به‌عنوان یک بستر برای تقویت حکمرانی محلی و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری‌ها عمل کند. ایجاد کمیته‌ها و سازمان‌های محلی برای مدیریت دریاچه، به تقویت ساختارهای حکمرانی و مشارکت اجتماعی کمک می‌کند (Jacobson et al., 2013). توجه به دریاچه زریبار می‌تواند به تدوین سیاست‌های ملی در زمینه حفاظت از منابع آبی و توسعه پایدار کمک کند. این سیاست‌ها می‌توانند به بهبود مدیریت منابع آبی و مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی منجر شوند (Orme et al., 2015).

آمارها حاکی از آن است، کشاورزی که ۶۰ درصد جمعیت مریوان را به‌خود اختصاص داده است، به‌دلیل کمبود آب در حال فروپاشی است (بانک جهانی، ۲۰۱۹). کشاورزان گزارش می‌دهند که بازده محصولات ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافته و خانوارها را به سمت فقر سوق می‌دهد (کریمی و همکاران، ۲۰۱۷).آب‌های زیرزمینی آلوده که اکنون منبع اصلی آب است، باعث افزایش بیماری‌های منتقله از طریق آب مانند وبا شده است (WHO, 2022)، مهاجرت جوانان به مراکز شهری جوامع را تکه تکه کرده است (حجتی و همکاران، ۲۰۲۰). رقابت بر سر کاهش منابع آب باعث شعله‌ور شدن درگیری‌ها بین کشاورزان و دامداران شده است و مقامات محلی در تلاش برای میانجیگری هستند (سعیدی، ۲۰۲۱).

بحران آب در دریاچه زریبار تصویری از چالش‌های زیست‌محیطی گسترده ایران است. بدون مداخله فوری، مریوان با خطر سقوط زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی برگشت‌ناپذیر مواجه می‌شود. ایجادکشاورزی پایداراز طریق انتقال به آبیاری قطره‌ای و محصولات مقاوم به خشکی (UNE, 2020) و اصلاحات مدیریتی و ایجاد یک مرجع متمرکز برای اجرای سهمیه آب و مبارزه با استخراج غیرقانونی (مدنی و همکاران، ۲۰۱۶) و نیز توانمندسازی افراد محلی از طریق آموزش و مدیریت منابع مشارکتی (آقاکوچک و همکاران، ۲۰۱۵) و تلاش جهت جلب همکاری و بودجه بین‌المللی برای احیای دریاچه زریبار و حفاظت از آینده مریوان حیاتی است.

در مطالعات قبلی نیز بر برخی از پیشنهادات برگرفته از نظرات جامعه محلی و نخبگان تاکید شده است. برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای افزایش آگاهی در مورد اهمیت حفاظت از منابع آب و اکوسیستم‌های آبی (Akhmouch & Correia, 2016). ایجاد فرصت‌هایی برای مشارکت فعال جامعه محلی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت آب و احیای دریاچه (Ford et al., 2020)، ایجاد کمیته‌های محلی متشکل از نمایندگان جامعه، کارشناسان و مسئولان دولتی برای مدیریت منابع آب و احیای دریاچه (Jacobson et al., 2013)، طراحی و اجرای برنامه‌های محلی که نیازهای خاص جامعه و اکوسیستم دریاچه را در نظر بگیرد (Madani, 2015)، ایجاد سیستم‌های شفاف برای مدیریت منابع آب و پاسخگویی به نیازهای جامعه محلی (Neal et al., 2014)، تدوین سیاست‌هایی که به حفاظت از منابع آب و احیای دریاچه کمک کند و از بهره‌برداری غیرمجاز جلوگیری کند (Orme et al., 2015)، ارزیابی دقیق وضعیت منابع آب و شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها (Cosgrove & Loucks, 2015) و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی برای بهبود مدیریت و توزیع آب.(Ehnert et al., 2016)

روی‌هم‌رفته می‌توان گفت که بحران آب در ایران و به‌ویژه در دریاچه زریبار، یک چالش جدی است که نیاز به توجه و اقدام فوری دارد. با توجه به اهمیت آب در زندگی اجتماعی و اقتصادی، مدیریت پایدار منابع آب و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی باید در اولویت قرار گیرد. تنها با همکاری و مشارکت همه ذی‌نفعان می‌توان به حل این بحران و حفظ منابع آبی کشور کمک کرد.

شکل ۴: استراتژی‌ها/راهکارهای مدیریت بحران آب دریاچه زریبار

راهکارهای پیشنهادی

بهبود تخصیص منابع آب

تخصیص بهینه منابع آب باید بر اساس نیازهای واقعی بخش‌های مختلف جامعه انجام شود. این شامل:

تحلیل نیازهای آب: بررسی دقیق نیازهای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب به‌منظور تخصیص عادلانه و مؤثر.

الگوهای مصرف: تشویق استفاده از الگوهای کشاورزی و صنعتی که نیاز به آب کمتری دارند، به‌ویژه در مناطق با کمبود آب.

مدیریت یکپارچه منابع آب

مدیریت یکپارچه منابع آب به هماهنگی بین بخش‌های مختلف و ذینفعان اشاره دارد. این امرشامل:
ایجاد کمیته‌های محلی: تشکیل کمیته‌های محلی برای مدیریت منابع آب که شامل نمایندگان کشاورزان، صنعتگران و جامعه محلی باشد. ایجاد برنامه‌های مدیریت آب که شامل استفاده بهینه و حفظ منابع آبی باشد (Hasanagas, 2004). توسعه طرح‌های جامع: طراحی و اجرای طرح‌های جامع مدیریت آب که نیازهای اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی را در نظر بگیرد.

توسعه زیرساخت‌های آبی

سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها برای بهبود مدیریت منابع آب ضروری است. این شامل:
سیستم‌های آبیاری مدرن: ترویج استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و مکانیزه که به بهینه‌سازی مصرف آب کمک می‌کند.
سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی مانند سدها و ذخیره‌گاه‌های آب (Burt, 1992).

آموزش و آگاهی‌رسانی

افزایش آگاهی عمومی در مورد اهمیت مدیریت منابع آب به بهبود وضعیت کمک می‌کند. این شامل:
برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای ساکنان در مورد روش‌های بهینه مصرف آب (Grande & Peschke, 1999).
تولید محتوای آموزشی: ایجاد بروشورها، ویدیوها و مطالب آموزشی در رسانه‌های اجتماعی به‌منظور افزایش آگاهی عمومی.

مشارکت جامعه محلی

مشارکت فعال جامعه محلی در مدیریت منابع آب می‌تواند به بهبود کارایی و مسئولیت‌پذیری منجر شود. این شامل:
برگزاری جلسات مشورتی: ایجاد فرصت‌هایی برای گفتگو و مشورت با جامعه محلی در مورد تصمیمات مرتبط با مدیریت آب.
تشویق ابتکارات محلی: حمایت از ابتکارات محلی در زمینه مدیریت منابع آب که می‌تواند شامل پروژه‌های حفظ آب و بهبود کیفیت آب باشد.

استفاده از فناوری‌های نوین

فناوری می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب کمک کند. این شامل:سیستم‌های هوشمند آبیاری: استفاده از سنسورهای رطوبت و فناوری‌های اطلاعاتی برای مدیریت بهینه آبیاری. پایش منابع آب: استفاده از فناوری‌های ماهواره‌ای و داده‌های بزرگ برای پایش و مدیریت منابع آب.

تدوین سیاست‌های پایدار

سیاست‌های پایدار باید شامل:حفاظت از منابع طبیعی: تدوین سیاست‌هایی که حفاظت از منابع آب و اکوسیستم‌های آبی را در اولویت قرار دهد. تنظیم قوانین و مقررات: ایجاد قوانین و مقرراتی که استفاده غیرقانونی و غیرمجاز از منابع آب را منع کند.

تقویت همکاری‌های بین‌المللی

همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند شامل: توافق‌های بین‌المللی: ایجاد توافق‌های بین‌المللی برای مدیریت حوضه‌های آب مشترک و حل چالش‌های مرزی.مبادله دانش و تجربیات: برقراری شبکه‌های همکاری برای مبادله دانش و تجربیات در زمینه مدیریت منابع آب.

نظارت و ارزیابی مستمر

سیستم‌های پایش: ایجاد سیستم‌های پایش برای ارزیابی وضعیت منابع آب و تأثیرات سیاست‌های مدیریتی.
گزارش‌دهی دوره‌ای: ارائه گزارش‌های دوره‌ای به ذی‌نفعان درباره وضعیت منابع آب و پیشرفت سیاست‌ها.
این راهکارها می‌توانند به کاهش بحران آب در دریاچه زریبار و بهبود شرایط زندگی ساکنان منطقه کمک کنند.

منابع

ابریشمچی، ع و همکاران. ۲۰۱۷. **مدیریت یکپارچه منابع آب در ایران سیاست آب**، ۱۹(۵)، ۸۸۴-۸۶۷.

اداره محیط زیست ایران. ۲۰۲۱. **گزارش سالانه دریاچه زریبار**.

آقاکوچک، ع و همکاران. ۲۰۱۵. **امنیت آب در خاورمیانه نامه‌های تحقیقات محیطی**، ۱۰(۱۲)، ۱۲۴۰۰۳.

جلالی، م. ۱۳۹۹. **اقتصاد سیاسی آب در ایران**. نقد خاورمیانه، ۲۹(۴)، ۳۹۵-۴۱۲.

حجتی، م.ح. و همکاران. ۲۰۲۰. **مهاجرت روستایی در استان کردستان ایران**. مجله مطالعات روستایی، ۷۶، ۲۰-۱۲.

زارعی، س. و همکاران. (۲۰۱۶). **کیفیت آب‌های زیرزمینی مریوان**. نظارت و ارزیابی محیطی، ۱۸۸(۵)، ۱۲-۱.

سعیدی، ع. ۱۳۹۰. **درگیری آبی در استان کردستان**. مجله حل تعارض ایران، ۱۴(۳)، ۶۰-۴۵.

قضاوی، ر. و همکاران. ۲۰۱۸. **تأثیر تغییر کاربری اراضی بر دریاچه زریبار**. علوم زمین زیست‌محیطی، ۷۷ (۱۰)، ۱۰-۱.

کریمی، ص. و همکاران. ۲۰۱۷. **مصرف آب کشاورزی در ایران**. مدیریت منابع آب، ۳۱ (۹)، ۲۷۷۵-۲۷۶۱.

کنوانسیون رامسر. ۲۰۱۸. **تخریب تالاب‌ها در خاورمیانه**.

مدنی، ک. ۱۳۹۳. **مدیریت آب در ایران: چه چیزی باعث بروز بحران در آینده می‌شود؟** مجله مطالعات و علوم محیطی، ۴(۴)، ۳۲۸-۳۱۵.

مدنی، ک. و همکاران. ۲۰۱۶. **خشکسالی اجتماعی -اقتصادی ایران: چالش‌ها و راه حل ها**. علوم و سیاست محیطی، ۵۸، ۱۲-۱.

ملاجو، ا. و همکاران. ۲۰۲۱. **پارادایم جدیدی برای حکمرانی آب در ایران**. آب، ۱۳(۵)، ۶۰۱.

منصوری دانشور، م.ر. و همکاران. ۲۰۱۹. **تاثیرات تغییر اقلیم در ایران**. اقلیم شناسی نظری و کاربردی، ۱۳۵(۱)، ۱۵-۱.

Adams, W.M. 2002. **Political ecology: A critical introduction**. Wiley.

Akhmouch, A., Correia, F.N. 2016. **The 12 OECD principles on water governance–when science meets policy**. Utilities Policy, 43: 14-20.

Babbie, E. 2016. **The Practice of Social Research**. Cengage Learning.

Bashirzadeh, M., Khosravi, H., Khosravi, A. 2009. **Water resources management in Iran: Challenges and opportunities.** Water Resources Management, 23(12): 2413-2430.

Borgatti, S.P. 2005. **Centrality and network flow**. Social Networks, 27(1): 55-71.

Braun, V., Clarke, V. 2006. **Using thematic analysis in psychology.** Qualitative Research in Psychology, 3(2): 77-101.

Burt, C. 1992. **The role of water in sustainable development.** Water International, 17(1): 1-8.

Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R. S., Díaz, S.,... & Vitousek, P.M. 2003. **Ecosystems and human well-being: A framework for assessment**. Island Press.

Charmaz, K. 2006. **Constructing grounded theory**. Sage.

Cosgrove, W.J., Loucks, D.P. 2015. **Water management: current and future challenges and research directions.** Water Resources Research, 51(6): 4823-4839.

Creswell, J.W. 2014. ***Research Design: Qualitative, Quantitative*, and Mixed Methods Approaches.** SAGE Publications.

Creswell, J.W., Poth, C.N. 2018. **Qualitative inquiry and research design (4th ed.).** Sage.

Dalkey, N., & Helmer, O. 1963. **An experimental application of the Delphi method to the use of experts.** Management Science, 9(3): 458-467.

Ehnert, F., Borgström, S., Gorissen, L., Kern, F., Maschmeyer, S. 2016. **Cities in a context of polycentric governance: A comparison of local sustainability transitions in four European city regions.** In INOGOV workshop 'Pioneers and Leaders in Polycentric Climate Governance' (pp. 15-16).

FAO. 2020. **Iran's agricultural water use efficiency**. Food and Agriculture Organization.

Fereday, J., Muir-Cochrane, E. 2006. **Demonstrating rigor using thematic analysis.** International Journal of Qualitative Methods, 5(1): 80-92.

Foltz, R.C. 2002. **Iran's water crisis: Cultural, political, and ethical dimensions.** Journal of Agricultural Ethics, 15(4): 357-380.

Ford, J. D., King, N., Galappaththi, E.K., Pearce, T., McDowell, G., Harper, S.L. 2020. **The resilience of indigenous peoples to environmental change**. One Earth, 2(6): 532-543.

Gleick, P.H. 2003. **Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century.** Science, 302(5650): 1524-1528.

Goodman, R. 1987. **Water, rights, and the role of the state.** Journal of Water Law, 1(1): 1-15.

Goudie, A.S. 2014. Desert dust and human health disorders. Environment International, 63: 101-113.

Grande, J., Peschke, E. 1999. **Water management in the context of sustainable development**. Water Science and Technology, 39(5): 1-8.

Habibi, K., et al. 2014. **Water governance and health: The case of Iran.** International Journal of Environmental Health Research, 24(3): 271-284.

Hasanagas, N. 2004. **Integrated water resources management: A tool for sustainable development.** Water Policy, 6(1): 1-12.

Hasson, F., Keeney, S., McKenna, H. 2000. **Research guidelines for the Delphi survey technique.** Journal of Advanced Nursing, 32(4): 1008-1015.

Hsieh, H.F., Shannon, S.E. 2005. **Three approaches to qualitative content analysis.** Qualitative Health Research, 15(9): 1277-1288.

Jacobson, M., Meyer, F., Oia, I., Reddy, P., Tropp, H. 2013. **User's guide on assessing water governance.** United Nations Development Programme. Oslo Governance Center.

Karami, N. 2019. **The political economy of water crisis in Iran.** Journal of Water Policy, 21(1): 55-70.

Kvale, S. 2007. **Doing Interviews.** SAGE Publications.

Lincoln, Y.S., Guba, E.G. 1985. **Naturalistic inquiry**. Sage.

Luzi, L., De Santis, F., De Marco, A. 2008. **Water quality assessment of Lake Zaribar**. Environmental Monitoring and Assessment, 145(1-3): 1-12.

Madani, K. 2015. **Water management in Iran: what is causing the looming crisis?** Journal of Environmental Studies and Sciences, 4(4): 315-328.

Mastrorillo, M., et al. 2016. **Climate change impacts on water resources: A review of the literature.** Water Resources Research, 52(4): 1-15.

Miller, G. 2019. **The role of local communities in water management: Case studies and lessons learned.** Water Management Journal, 50(2): 123-135.

Mohammadi Kangarani, H. 2011. **The socio-economic impacts of water scarcity in the Zari Bar region.** Journal of Environmental Management, 92(5): 1234-1240.

Molle, F., et al. 2009. **Water and Development: A New Perspective.** International Water Management Institute.

Neal, M.J., Lukasiewicz, A., Syme, G.J. 2014. **Why justice matters in water governance: some ideas for a 'water justice framework'.** Journal of Water Policy, 16(S2): 1-18.

Okoli, C., Pawlowski, S.D. 2004. **The Delphi method as a research tool.** Information & Management, 42(1): 15-29.

Orme, M., Cuthbert, Z., Sindico, F., Gibson, J., Bostic, R. 2015. **Good transboundary water governance in the 2015 sustainable development goals: a legal perspective.** Water International, 40(7): 969-983

Pahl-Wostl, C. 2007. **Transition towards adaptive management of water facing climate and global change**. Water Resources Management, 21(1): 49-62.

Raab, J., Kenis, P. 2007. **Water governance in the context of sustainable development.** Water International, 32(4): 1-12.

Rappaport, R. 1979. **Ecology, Meaning, and Religion, Berkeley, Californian: North Atlantic Books.**

Saldaña, J. 2016. **The coding manual for qualitative researchers (3rd ed.).** Sage.

Schneider, M. 1992. **The role of water in sustainable development: A global perspective.** Water International, 17(3): 1-8.

Skulmoski, G.J., Hartman, F.T., Krahn, J. 2007. **The Delphi method for graduate research.** Journal of Information Technology Education, 6: 1-21

Smith, L.C., Bruce, K. 2018. **Water security in a changing climate: A global perspective.** Environmental Review, 45(4): 345-360.

UNEP. 2020. **Restoring Iran's wetlands: A roadmap.** United Nations Environment Programme.

WHO. 2022. **Health impacts of water scarcity in Iran.** World Health Organization.

Wikipedia. 2025. **Lake Zaribar.** Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Zaribar

Williams, S., Webb, A. 1994. **Social and economic impacts of water scarcity.** Water Resources Development, 10(3): 231-240.

World Bank. 2019. **Drought and economic resilience in Iran.**

Yousefi, M., Khalilian, S., Balali, M. 2025. **Water scarcity and its impact on agricultural productivity in Iran.** Agricultural Water Management, 250: 106835.

Zare, M., Zare, A. 2018. **Water management strategies in arid regions: A case study of Lake Zaribar.** Journal of Water Resource and Protection, 10(4): 1-15.

Zhu, T., et al. 2019. **Water management in the context of climate change: An overview.** Water Policy, 21(2): 193-202.

Zohary, M., Hopf, M. 2000. **Domestication of plants in the Old World.** Oxford University Press.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

تحلیل و بررسی ارزش‌ها و چالش‌های دریاچه زریبار

غزاله احمدی[1]، فاطمه فیروزی

۱- کارشناس منابع طبیعی و کارشناس ارشد برنامه‌ریزی روستایی، ahmadi.ghazi@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد منابع طبیعی، fatmahfirouzi@gmail.com

چکیده

از آنجا که تالاب‌ها در پست‌ترین نقاط حوضه‌های آبریز واقع شده‌اند لذا هرگونه عملکرد مثبت یا منفی، افزایش یا کاهش بارش، بر روی آنها تأثیر می‌گذارد. اکثر تالاب‌ها و حوضه‌های آبخیز کشور از مشکالت زیست‌محیطی رنج می‌برند و در بسیاری از موارد حتی کارکردهای آنها نیز خدشه‌دار شده است. یکی از این تالاب‌های منحصر به‌فرد دریاچه زریبار می‌باشد و دارای مقام بزرگترین دریاچه آب شیرین کشور و حتی در جهان می‌باشد، که هیچ رودخانه دائمی در تأمین آب آن نقش ندارد. اما به‌جز تغییرات اقلیمی و خشکسالی در سال‌های اخیر که وضعیت تالاب را با چالش مواجه کرده است، ساخت و سازهای غیرمجاز، پیشرفت بافت مسکونی، استفاده از کودها و سموم شیمیایی در فعالیت‌های کشاورزی، وجود گونه‌های مهاجم گیاهی همچون درخت پائولونیا، آتش‌سوزی‌های عمدی و غیرعمدی طی سال‌های اخیر، فعالیت چاه‌های غیرمجاز در حوزه تالاب، برداشت آب برای فضای سبز و ورود فاضلاب روستای به زریبار از دیگر چالش‌هایی است که تالاب زریبار را رو به نابودی سوق می‌دهد. از این‌رو در این مقاله که از نوع توصیفی–تحلیلی می‌باشد، به بررسی این چالش‌ها پرداخته شده و برای مدیریت آن راهکارهای چون گماردن مدیران لایق و باسواد در خصوص محیط‌زیست، تغییر الگوی کشت مناسب در روستاهای اطراف دریاچه، جلوگیری از پیشرفت بافت مسکونی و ویلاسازی در جوار دریاچه، آگاه‌سازی مردم بومی و بازدیدکنندگان از اهمیت دریاچه و محیط‌زیست و... ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: ارزش، بررسی، تحلیل، چالش، دریاچه زریبار،

Analysis and review of the values and challenges of Zrebar Lake

Abstract

Since wetlands are located in the lowest points of the watersheds, any positive or negative performance, increase or decrease in precipitation, affects them. Most of the country's wetlands and watersheds suffer from environmental problems, and in many cases, even their functions have been impaired. One of these unique wetlands is Lake Zrebar. It has the status of the largest freshwater lake in the country and even in the world, which has no permanent river in its water supply. But apart from climate change and drought in recent years, which have challenged the condition of the wetland, unauthorized construction, the development of residential areas, the use of chemical fertilizers and pesticides in agricultural activities, the presence of invasive plant species such as the Paulownia tree, intentional and unintentional fires in recent years, the activity of unauthorized wells in the wetland area, water withdrawal for green spaces, and the entry of rural sewage into Zrebar are other challenges that are driving the Zrebar wetland towards destruction. Therefore, this descriptive-analytical article examines these challenges and presents solutions for managing them, such as appointing competent and environmentally literate managers, changing appropriate cultivation patterns in villages around the lake, preventing the development of residential areas and villa construction near the lake, informing local people and visitors about the importance of the lake and the environment, etc.

Keywords: Value, Review, Analysis, Challenge, Zrebar Lake.

مقدمه

تالاب‌های طبیعی جزء اکوسیستم‌های فعال و حیاتی بر روی زمین هستند. در واقع این تالاب‌ها هستند که با فراهم ساختن آب و قابلیت زادآوری اولیه، به بقای گونه‌های جانوری و گیاهی روی زمین کمک می‌کنند. بسیاری از چرخه‌های حیات را اگر مشاهده کنید، بخش مولد آن‌ها به تالاب‌ها برمی‌گردد (wetlands.doe.ir). این زیستگاهای حیاتی و متنوع از جمله نظام‌های حیات بخشی هستند که مطلقاً جایگزین ندارند، اما هیچ یک از اکوسیستم‌های جهان به اندازه تالاب‌ها صدمات ناشی از برخوردهای سطحی و کوته فکری بشر و تمایلات خودخواهانه انسان محوری را تجربه نکرده‌اند و متاسفانه هنوز روند تخریب این بوم سازگان طبیعی که ده‌ها کارکرد متفاوت و موزون را یکجا در خود دارند متوقف نشده است(فرج‌الهی و همکاران، ۱۳۹۸).

تالاب زریبار یکی از تالاب‌های در نوع خود منحصر به‌فرد آب شیرین کشور و جهان است که هیچ رودخانه دائمی در تأمین آب به‌دلیل آبدهی چشمه‌های کف آن، نقش ندارد. همچنین وجود مجموعه‌ای از شاخص‌های اختصاصی از جمله نوع گونه‌های جانوری آبزی، گیاهان آبزی به‌ویژه نیلوفر آبی زریبار، میکروکلیمای خاص، شرایط اکولوژیک استثنایی، منابع تأمین آب و برخی خصوصیات دیگر باعث شده تا این دریاچه انحصاری باشد (قادری و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین تالاب زریبار مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی، صرفاً یک مکان جغرافیایی یا طبیعی نیست بلکه دارای ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و مردم شناختی است. تالاب زریبار همانند چشمه بل روستای هجیج (هانه‌ی بل) بعدی تاریخی نیز دارد و با خاطرات، دلبستگی‌ها و فرهنگ مردم آن دیار گره خورده است و به‌همین دلیل حساسیت ویژه‌ای نسبت به آن در میان مردم وجود دارد و اتفاقاً از دلایل اصلی حفظ آن همین رویکرد مردمی نسبت به تالاب زریبار است. بنابراین دریاچه زریبار دارای کاربری‌های گوناگون است، سالیانه شمار زیادی گردشگر به این منطقه وارد شده که علاوه بر آن که منبع درآمدی برای ساکنان منطقه می‌باشند از سوی دیگر سبب تخریب و آلودگی اکوسیستم دریاچه می‌شوند.

فعالیت‌های کشاورزی و دامداری بیش از حد نیز موجب فرسایش و از بین رفتن خاک و آسیب به اکوسیستم دریاچه شده است. همچنین آتش‌سوزی‌های عمدی و غیر عمدی نیزارها و جنگل‌های بلوط اطراف دریاچه که بزرگترین تأمین‌کننده منابع آب هستند زخمی دیگر بر تالاب زریبار نشانده است، به‌طوری‌که در سال بیش از چندین بار آتش‌سوزی رخ می‌دهد که مدیران و مسئولان مربوطه هیچ اقدامی در این خصوص انجام نداده‌اند. از طرفی دیگر ویلاسازی به دلایل دارا بودن امتیاز در اطراف دریاچه به حدی گسترش پیدا کرده است که رسوبات ناشی از آن ارتفاع آب دریاچه کم و حتی باعث پر شدن چشمه‌های درون دریاچه شده است. لذا بهره‌برداری ناپایدار، عدم مدیریت یکپارچه و بخشی‌نگری، مشکلات زیست‌محیطی، مشکلات اقتصادی و اجتماعی، و عدم تخصیص بودجه و مطالعات مناسب موجب شده است که دریاچه زریبار جلوی چشمان مردمان منطقه رو به نابودی کشانده شود. بنابراین ضرورت نگارش مقاله بررسی مشکلات و چالش‌های موجود در دریاچه زریبار و ارائه دادن راهکارهای مدیریتی درست می‌باشد، که تا حدودی روند نابودی دریاچه زریبار آهسته‌تر و در دیدی امیدوارانه پایان یابد.

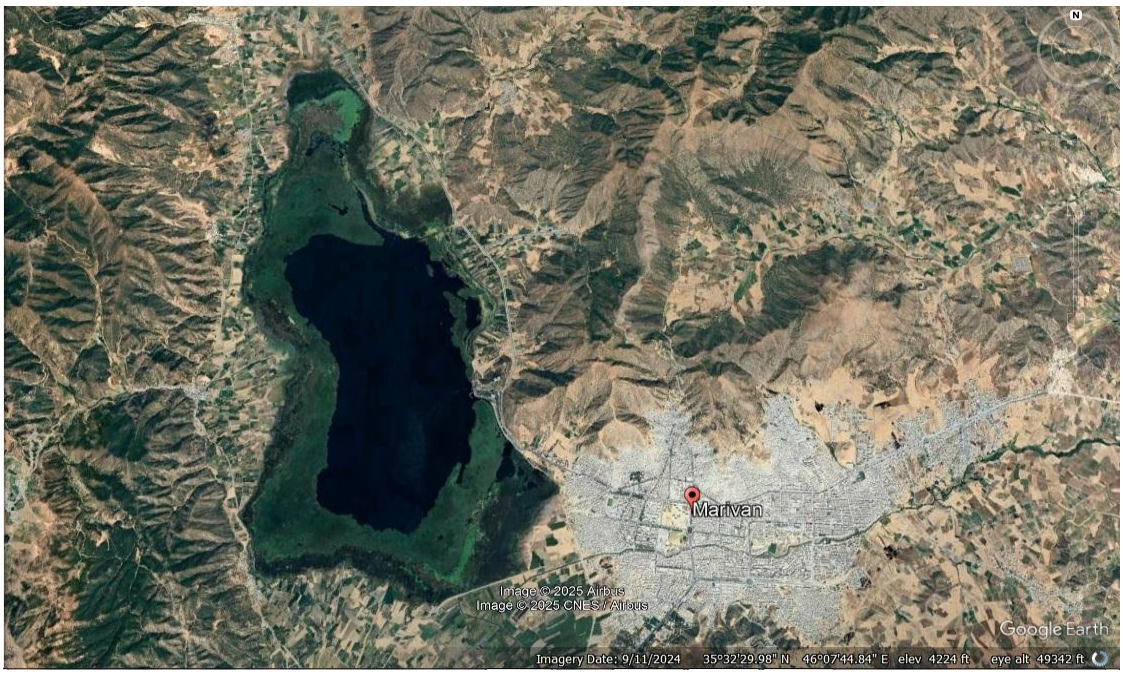
پشینه پژوهش

فرج الهی و همکاران(۱۳۸۹)، در پژوهشی با عنوان بررسی مشکلات و چالش‌های تالاب زریبار، ارائه راهکارها و مدیریت آن به این نتیجه رسیده‌اند که مهمترین چالش‌ها و مشکلات در دریاچه زریبار را می‌توان به مواردی مانند ورود رسوبات و فضولات حیوانی و انسانی به دریاچه، تخریب جنگل‌ها و مراتع اطراف دریاچه جهت سوددهی زراعی، حفر چاه‌های معتدد در اطراف دریاچه و بهره‌برداری زیاد از آنها، عدم شناخت کافی ساکنین و بازدیدکنندگان از مسائل زیست‌محیطی، گسترش شهرنشینی و عدم کارایی مناسب نهادهای مسئول و تصمیم گیرنده مدیریت دریاچه اشاره کرد. در این مقاله به راهکارهای نیز اشاره شده که بدین صورت است، احداث بانکت‌ها و سدهای رسوب‌گیر در حاشیه و کوهستان‌های اطراف دریاچه، نظارت دقیق‌تر سازمان‌های مسئول و... اشاره کرده است.

فلاح و همکاران(۱۴۰۰)، در پژوهشی به‌عنوان بررسی اثرات تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریبار، بیان کرده اند که بررسی‌های خشکسالی نیز در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۴و ۱۳۹۷ جزء سال‌های خشک دریاچه بوده است. سایر سال‌ها نیز شرایط بسیارخشک بر دریاچه حاکم بوده است. خشکسالی‌های رخ داده سبب تأثیرات منفی بر فعالیت‌های اطراف دریاچه از جمله کشاورزی، دامپروری و پرورش آبزیان، گردشگری دارد و فعالیت افراد فعال شاغل در این بخش‌ها کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. در مقابل، سال ۱۳۹۷ سالی بسیار پربارش بوده و سبب سرریز و جاری شدن آب در رودخانه زریبار و همچنین تقویت و تغذیه آب زیرزمینی دشت جنوب دریاچه و بالا بردن کیفیت آب در مسیر رودخانه شده و نقش بسزایی در احیا و تقویت اکوسیستم دریاچه دارد.

معرفی و موقعیت جغرافیایی

تالاب آب شیرین زریبار (Zirêwar, Zirêbar) در ۱۳۰ کیلومتری شمال غربی سنندج مرکز استان کردستان و در فاصله ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان واقع و از مکان‌های دیدنی و گردشگری استان کردستان است (شکل ۱). این دریاچه یکی از منحصر به‌فردترین دریاچه‌های آب شیرین در جهان به‌شمار می‌رود و یکی از مراکز مهم زمستان گذرانی و جوجه‌آوری پرندگان مهاجر نیز می‌باشد. حوضه آبخیز دریاچه زریبار با مساحت ۱۵۸۲۷ هکتار در موقعیت جغرافیایی طول شرقی "۵۱'۰۴°۴۶ تا "۳۰ '۱۵°۴۶ و عرض شمالی "۲۳' ۲۸° ۳۵ تا "۳۰' ۳۶° ۳۵ قرار گرفته که شامل دو حوضه فرعی شهری با مساحت ۵۰۰۰ هکتار و مریوان با مساحت ۱۰۸۲۷ هکتار است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۱۲۰ متر و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی دریاچه ۱۲۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. شیب متوسط حوضه۱۸/۲درصد است و تالاب زریبار کانون تمرکز رواناب‌های سطحی ۱۱ واحد هیدورلوژیکی حوضه زریبار است. بخش اصلی و کاسه تالاب به شکل کشیده با طول متوسط حدود ۴/۵ کیلومتر و عرض متوسط نزدیک به ۲ کیلومتر است. به این ترتیب مساحت کاسه تالاب حدود ۸/۳ است که با حواشی نیزار جمعا بیش از ۲۰ کیلومتر مربع وسعت دارد.



شکل ۱: محدوده دریاچه زریبار؛ منبع: Google Earth

ارزش‌ها و کارکردهای تالاب زریبار

ارزش‌ها و کارکردهای تالاب نشان‌دهنده وجود زیست‌بوم‌های مختلف در تالاب هست که اهمیت و میزان اثر این کارکردها بسته به عواملی چون موقعیت جغرافیایی و وسعت تالاب متفاوت‌اند. از آنجا که یکی از اصلی‌ترین اهداف مدیریت زیست بوم‌های تالابی حفظ کارکردها و خدمات آن‌ها برای بهره‌برداری جوامع انسانی است، لذا بررسی و دسته‌بندی ارزش‌ها و خدمات از اهم اقدامات پیش زمینه‌ای برنامه جامع مدیریت زیست‌بومی است. تالاب زریبار همانند بسیاری از زیست بوم‌های تالابی در بردارنده ارزش‌ها و عملکردهای متنوعی است که هم از نظر اکولوژیکی و هم به‌لحاظ معیشتی، اقتصادی و اجتماعی دارای اهمیت شایان توجه است. جدول ۱، فهرست این ارزش‌ها و عملکردها را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ارزش‌ها و کارکردهای تالاب زریبار

ارزش‌ها و کارکردها	شرح
ملی و بین المللی	تالاب زریبار به‌عنوان بزرگترین دریاچه آب شیرین و تکتونیکی در غرب ایران و یکی از سایت‌های دارای ارزش بین المللی ثبت در کنوانسیون رامسر می‌باشد. مکان برگزاری اردوهای ورزشی ملی و بین المللی در تالاب و حاشیه به‌دلیل طبیعت زیبا شناختی تالاب
معنوی	هویت شهر و شهرستان مریوان با تالاب زریبار زنده است و دارای ارزش‌های مذهبی، تاریخی و اسطوره‌ای است، افزایش روحیه مشارکت در میان مردم، افزایش امید به زندگی و مانع مهاجرت، سرزندگی و نشاط
اجتماعی و فرهنگی	ارزش‌های فرهنگی، اعتقادی و تاریخی و اسطوره‌ای قبر درویش، وجود بهره‌برداران در تالاب مانع اصلی مهاجرت و موجب کاهش تنش‌های اجتماعی، افزایش تعاون و تفاهم و هماهنگی و جلوگیری از ناهنجاری‌های اجتماعی و حتی سیاسی
اقتصادی	صنایع دستی، آبزی‌پروری (بازسازی ذخایر)، صید و صیادی، ایجاد بازارهای محلی، استفاده نیزارها در مصالح ساختمانی روستایی، اشتغالزایی، نیازسنجی بهره برداری از لجن تالاب برای مصارف گلخانه‌ای، شکار متوازن پرندگان
زیست بومی	حمایت از تنوع زیستی، ذخیره‌گاه ژنتیکی، زیستگاه و پناهگاه حیات وحش، محل زمستان گذرانی پرندگان مهاجر
حفاظتی	دارای زیستگاه‌های با ارزش و مهم جهت حفاظت و نگهداری از جمعیت‌های مختلف حیات‌وحش بخصوص پرندگان
کشاورزی	پشتیبانی از فعالیت‌های کشاورزی و باغداری، چرای دام‌های محلی حاشیه تالاب (گاومیش و...)
پالایش	کنترل و جذب آلاینده‌ها (خوپالایی)، جذب کربن
علمی، آموزشی و تحقیقاتی	وجود یک سایت قابل دسترسی آسان برای تحقیق و پژوهش دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی، وجود یک سایت مناسب برای آموزش مستقیم دانش آموزان و مهدکودک‌های مردم بومی محلی
اقلیمی	تعدیل میکرو اقلیم منطقه
منابع آب	تغذیه سفره‌های آب زیر زمینی، تأمین منابع آبی (شهرداری، کشاورزی و باغداری و...)، تأمین آب شرب دام و وحوش
مدیریتی و اجرایی	گوناگونی کارکردها و ارزش‌ها و ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان تالاب زریبار فصل مشترک دست‌اندرکاران سیاسی و اجرایی از جمله: فرماندار، بخشداران، آب منطقه‌ای، راه و شهرسازی، گردشگری، جهاد کشاورزی، آب منطقه‌ای، آب و فاضلاب روستایی و شهری و... است
گردشگری	گردشگری و تفرج، برگزاری اردوهای ورزشی ملی و بین المللی، چشم‌انداز و ارزش زیبایی‌شناختی جذب توریسم و اکوتوریسم،

مشکلات و چالش‌های تالاب زریبار

مسایل و مشکلات تالاب متنوع هستند. بعضی درون‌زا بوده و از شرایط محیطی خود تالاب و یا مناطق همجوار آن نشأت می‌گیرند و برخی هم برون‌زا و خارج از محیط تالاب بر آن تحمیل می‌شود. یکی از ابزارهای مهم تدوین برنامه مدیریت و اجرای آن شناخت ماهیت این‌گونه مسائل و جستجوی راه‌حل برای برطرف کردن آن‌هاست. فهرست طبقه‌بندی شده مسایل و مشکلات تالاب زریبار در جدول ۲، ارائه شده است.

جدول ۲: تهدیدات و مشکلات تالاب زریبار

مشکل اصلی	ریز مشکلات
بهره‌برداری ناپایدار	کاهش حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی تغذیه کننده دریاچه با توجه به افزایش تقاضاهای آبی. عدم توجه کافی به جنبه توریستی تالاب و نبود طرح حفاظت از منظر طبیعی تالاب. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیر زمینی و خاک. گسترش و پیشروی اراضی کشاورزی و باغی به سمت تالاب و به خطر انداختن آن. نداشتن مالکیت اراضی و حدود دقیق حوضه تالاب. عدم تکمیل شبکه آب و فاضلاب روستای و شهری (ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی). ورود فضولات دامی و پسماندهای روستایی و شهری. تخریب جنگل‌های اطراف تالاب. معرفی گونه‌های غیر بومی از جمله میگو و انقراض گونه‌های بومی. ورود رسوبات ناشی از بند انحرافی قزلچه‌سو و آبراهه‌های فصلی. بهره‌برداری غیراصولی تعاونی صیادان و اقدامات مخرب به‌دلیل حضور در تالاب. ورود پساب‌های آلوده به سموم و کودهای کشاورزی. احداث یادمان شهدا در کناره آبی تالاب. عدم الگوی کشت مناسب در زمین‌های کشاورزی اطراف تالاب.
عدم مدیریت یکپارچه و بخشی‌نگری	فقدان مدیریت یکپارچه اکوسیستمی (حوضه آبریز). فقدان برنامه و طرح جامع برای مدیریت زریبار که توسط همه گروداران لازم الاتباع باشد. ابهام در مدیریت بیلان هیدرولوژیکی حوضه. عدم مشارکت ارگان‌های ذی‌ربط و مشارکت مردمی و عدم آگاهی گرودارانی که دردریاچه فعالیت می‌کنند. عدم وجود قوانین عملی و اجرایی برای جلوگیری از تخریب حوضه. تعدد سازمان‌های بهره‌بردار و عدم مرزبندی مشخص در مورد ناهماهنگی‌ها. دخالت بی‌رویه ادارات در حیطه کاری یکدیگر. وجود متولیان متعدد برای مدیریت تالاب. اهمیت کم محیط‌زیست برای دولت و عدم توجه کافی به مسائل محیط‌زیست. عدم وجود برنامه پایش و کنترل حفاظت از امنیت و زندگانی گونه‌های گیاهی و جانوری تالاب. نبود برنامه پایش و کنترل مداوم کیفیت آب دریاچه. تغییرات اقلیمی (افزایش دما، تغییر رژیم بارشی، خشکسالی، افزایش گرد و غبار). وجود اسکله قایقرانی و به‌طور عام گردشگری بدون برنامه‌ریزی اصولی.
مشکلات زیست‌محیطی	اظهار نظرهای غیر کارشناسانه و بدون استناد به نتایج پژوهش تأیید شده در مورد تالاب. عدم فعالیت‌های پژوهشی میدانی در مورد اکوسیستم تالاب. فرسایش خاک در حوضه آبخیز زریبار و ورود خاک‌های فرسایش یافته به داخل تالاب. ورود فضولات دامی و پسماندهای روستایی و شهری به تالاب. کاهش جمعیت‌های تنوع زیستی. گسترش سطح روز افزون نیزارها و کاهش پیکره آبی دریاچه به‌طور مستمر و نبود راهکار مناسب و عملی و علمی برای کنترل آن. به خطر افتادن چشمه‌های خود جوش کف در اثر ورود رسوبات و نبود مطالعات در مورد چشمه‌های کف دریاچه. ورود آلودگی دریاچه بنابه دلایلی از قبیل سوزاندن نیزارها، ورود زباله‌های گردشگران و غیره. وجود جاده مرزی در کنار تالاب و تردد زیاد تانکرهای نفت کش و خطر ورود آلاینده‌های نفتی به تالاب. احداث یادمان شهدا در

مشکل اصلی	ریز مشکلات
	کناره پیکره آبی تالاب. افزایش تغذیه‌گرایی (یوتریفیکاسیون) در تالاب. عدم مطالعات جامع و کافی در مورد تالاب و بررسی اثرات زیست‌محیطی طرح‌ها (مانند دایک خاکی و بند قزلچه‌سو. تردد بیش از حد قایق‌های موتوری بر رروی تالاب.
مشکلات اقتصادی و اجتماعی	فراگیر نبودن موضوع آموزش کشاورزان در خصوص حفاظت از تالاب. نبود شناخت و آگاهی گرودارن و همچنین عدم درک درست از کارکردهای اکوسیستم. فراهم نبودن شرایط برای استفاده‌های توریستی و تفریحی با توجه به پتانسیل موجود در تالاب زریبار.
عدم تخصیص بودجه و مطالعات مناسب	عدم کفایت منابع مالی استانی و ملی برای حفاظت از تالاب. نبود امکانات کافی جهت انجام مطالعات و تحقیقات در ارتباط با تالاب. عدم مطالعات جامع و کافی در مورد تالاب و بررسی اثرات زیست محیطی طرح‌هایی مانند دایک خاکی و بند قزلچه‌سو. قدیمی شدن مطالعات مرتبط با تالاب.

نتیجه‌گیری

زریبار یک دریاچه با ارزش در حد یک ذخیره‌گاه اکولوژیک است که اکوسیستم آن بسیار شکننده است. وجود این دریاچه در جایگاه فعلی باعث ایجاد یک شرایط ویژه و جاذبه‌ای طبیعی، توریستی و گردش‌گری شده است که نزدیکی آن با بازارچه مرزی باشماق و شهر مریوان باعث شده تا آمیزه‌ای از بستر کار اقتصادی و توریستی فراهم گردد. این شرایط عاملی برای جذب مسافرین شده و به‌عنوان یکی از منابع اقتصادی مهم اقتصاد فقیر منطقه محروم مریوان را یاری می‌بخشد. لذا حفاظت و پایش دائمی تغییرات تالاب زریبار که از سرمایه‌های طبیعی محسوب می‌شوند، با هدف اتخاذ شیوه‌های مدیریتی مناسب و پیشگیری از ادامه روند عوامل مخرب ضروری است. مدیران پارک‌ها، مناطق حفاظت شده و همچنین تالاب زریبار با دامنه بسیاری از تصمیم‌ها مواجه‌اند که لازم است با اطلاع دقیق از وضع موجود و علل آن تصمیم صحیح را اتخاذ کنند. پایش پوشش و کاربری اراضی و پویایی سیمای سرزمین در مناطق حفاظت شده و تالاب زریبار با هدف درک چگونگی آن‌ها، تأثیرشان بر طبیعت، فرآیندهای بازسازی و احیا برای حفاظت از آن‌ها در طولانی مدت بسیار مهم است. چند مورد از راهکارهای سازنده برای جلوگیری از بین رفتن این تالاب مهم به شرح زیر بیان شده است:

ارائه الگوی کشت مناسب و نظارت بر چاه‌های اطراف دریاچه

نظارت بر مصرف کود و سموم شیمیایی مورد استفاده کشاورزان اطراف دریاچه

جلوگیری از چرای بی‌رویه دام‌های روستایان اطراف دریاچه

جلوگیری از ساخت ویلا و گسترش بافت مسکونی در اطراف دریاچه

اطلاع‌رسانی زیست‌محیطی برای ساکنین و بازدیدکنندگان

نشاندن مدیران لایق و باسواد در زمینه مسائل زیست‌محیطی در ارگان‌های مربوطه

مدیریت راه‌ها و حمل و نقل وسایل پرخطر همچون نفت‌کش‌ها به‌دلیل نزدیکی به مرز باشماخ

تخصیص بودجه و امکانات بیشتر به منطقه به‌دلیل توریستی و مهم بودن دریاچه به‌عنوان بزرگترین دریاچه شیرین کشور

تشکیل سازمان مردمی آگاه برای حفاظت از دریاچه

تخصیص امکاناتی برای مقابله با حریق‌های خواسته و ناخواسته

مدیریت فضلاب و آلودگی‌های روستایی و شهری که بر دریاچه تأثیر می‌گذارند

مجازات عاملین آتش‌سوزی‌های عمدی و غیر عمدی

جلوگیری از سدسازی کوچک و بزرگ بی‌رویه در اطراف دریاچه

جلوگیری از ورود جانوران، آبزیان، گیاهان و درختان غیر بومی در اکوسیستم زریبار

منابع

برنامه مدیریت جامع تالاب زریبار ۱۳۹۵. **گردآوری شده توسط نمایندگان دستگاه‌های دولتی، جوامع محلی و سازمان‌های مردم نهاد و سایر ذینفعان تالاب زریبار.**

فرج الهی، ا.، محمودی، ع.، کرمی، م. ۱۳۸۹. **بررسی مشکلات‌ی چالش‌های تالاب زریبار، ارائه راهکارها و مدیریت آن.** اولین همایش مدیریت منابع آب اراضی ساحلی. ۳. صفحات ۸-۱.

فلاح، ن.، گندمکار، ا.، عباسی، ع. ۱۴۰۰. **بررسی اثرات تغییرات بارش و خشکسالی بر اکوسیستم دریاچه زریبار.** فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال دوازدهم، شماره دو پیاپی ۴۴، صفحات ۶۴-۴۶.

Wetlands.doe.ir

Google earth

فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با دریاچه زریبار و راهکارهای محافظتی، پیشگیرانه و مدیریتی مربوطه

ادیب محمدی[۱]، مسلم ساعدی[۱]، محمد خضری احمدآباد[۲،*]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران.

[۲]استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران

*مسئول مکاتبه: mohammd.khezri@uok.ac.ir

چکیده

دریاچه زریبار شهرستان مریوان با مساحت حدود ۸۳۰ هکتار، عمق میانگین ۵-۴ متر و حجم ۲۲ تا ۴۷ میلیون مترمکعب و ۱۲۸۵ متر ارتفاع از سطح دریا در غرب شهرستان مریوان در استان کردستان قرار گرفته است. دریاچه زریوار به‌لحاظ اکولوژیک، اقتصادی و فرهنگی مهمترین دریاچه آب شیرین استان کردستان و غرب کشور است. کاربری‌های عمده اطراف دریاچه زریوار، کشاورزی است. دریاچه زریبار زیستگاه گونه‌های مختلف پستانداران، پرندگان، خزندگان، آبزیان و... می‌باشد. دریاچه زریبار با احداث یک بند به طول ۲ کیلومتر در جنوب آن از شرایط طبیعی خارج شده است و از طرف دیگر با انتقال آب از یک زیرحوضه‌دیگر، رسوبات زیادی وارد دریاچه شده که سبب کدورت آب و کاهش عمق دریاچه گردیده‌است. اکثر ماهیان صید شده در دریاچه زریبار توسط صیادان تعاونی بوده که میانگین صید آنها ۳۳۱ کیلوگرم در روز بوده که ۹۸ درصد آن ماهی کپور نقره‌ای بوده است. این اکوسیستم بی‌نظیر تحت تأثیر ورود فاضلاب‌ها و آلاینده‌های مختلف، تخریب‌های مرتبط با فعالیت‌های انسانی، تغذیه‌گرایی و یوتریفیکاسیون و... قرار گرفته و نیاز به اقدامات محافظتی و پیشگیرانه و اصلاحی جدی برای نجات آن احساس می‌شود. در مطالعه حاضر، برخی از فرصت‌ها، تهدیدهای مرتبط با دریاچه زریوار مرور شده و در ادامه به ارائه راهکارهای محافظتی، پیشگیرانه، اصلاحی و مدیریتی پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: دریاچه زریبار، فرصت‌ها و تهدیدها، احیای دریاچه، راهکارها

Opportunities and Threats Related to Zrebar Lake and related protective, preventive and management solutions

Adib Mohammadi[1], Moslem Saedi[1], Mohammad Khezri Ahmadabad[2,*]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran
2 Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran
Mohammd.khezri@uok.ac.ir

Abstract
Zrebar Lake located in Marivan, Kurdistan province, Iran has an area of about 830 hectares, an average depth of 4-5 meters, a volume of 22 to 47 million cubic meters, and an altitude of 1,285 meters above sea level. Lake Zrebar is the most important freshwater lake in Kurdistan Province and the west of the country in terms of ecology, economy, and culture. The main uses around Zrebar Lake are agriculture. Zrebar Lake is the habitat of various species of mammals, birds, reptiles, aquatic animals. Zrebar Lake has been separated from its natural conditions by the construction of a 2-kilometer-long dam in its south. On the other hand, by transferring water from another sub-basin, a lot of sediment has entered the lake, which has caused the water to become turbid as well as the decrease of the depth of the lake. The majority of fish caught were by cooperative fishermen, whose average catch was 331 kg per day, of which 98% was silver carp. This unique ecosystem has been affected by the entry of various sewage and pollutants, destruction related to human activities, eutrophication, and there is a need for serious protective, preventive, and corrective measures to save it. In the present study, some of the opportunities and threats related to Zrebar Lake are reviewed, and protective, preventive, corrective, and management strategies are presented.

Keywords: Zrebar Lake, Opportunities and threats, Lake restoration, Solutions

مقدمه

دریاچه زریبار در ۱۳۰ کیلومتری شمال غربی سنندج و در فاصله ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان، در کردستان ایران واقع شده و از مکان‌های دیدنی وگردشگری این استان است. این دریاچه یکی از دریاچه‌های آب شیرین جهان و تنها پهنه آبی دائمی، طبیعی و مهم‌ترین اکوسیستم آبی به‌لحاظ اکولوژیک و اقتصادی در استان کردستان است. دریاچه زریبار از لحاظ گردشگری باعث جذب گردشگرانی از نقاط مختلف کشور و همچنین از سایر کشورهای دیگر شده‌است. دریاچه زریبار در حدود ۲۰۰۰ هکتار مساحت دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۸۵ متر می‌باشد. دریاچه زریبار زیستگاه جاندارانی از پرندگان تا آبزیان بوده و از لحاظ محیط‌زیستی یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی کشور می‌باشد (ایمانی امیراباد و همکاران، ۱۳۹۴؛ عبدلی، ۱۳۹۷). دریاچه زریبار با تکیه بر منابع و استعدادهای طبیعی از جمله اقلیم حیاتی و آب در مقایسه با سایر مناطق کشور سهم چندانی از مواهب توسعه ملی نداشته است و به‌رغم تلاش‌های عمرانی قابل توجه در سال‌های اخیر هنوز دارای ظرفیت‌های استفاده نشده‌ای برای توسعه اقتصادی است. کمبود منابع مالی و انسانی، عدم تجهیز و استفاده مطلوب از منابع طبیعی، ضعف زیر بناها، دشواری‌های مشارکت و توسعه نیافتگی اقتصادی و پیوند محدود استان با اقتصاد ملی از جمله تنگناهایی است که برنامه‌های توسعه در این خطه از کشور را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است. بدون شک بهره‌وری پایدار از دریاچه هنگامی امکان‌پذیر است که اکوسیستم آن به‌صورت یکپارچه و هماهنگ مورد توجه، ظرفیت‌یابی و مراقبت قرار گیرد (فرج الهی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه حاضر، برخی از فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با دریاچه زریبار و ارائه راهکارهای محافظتی و پیشگیرانه و مدیریتی جهت حفظ این اکوسیستم بی نظیر مرور شده‌است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از مقالات معتبر علمی در رابطه با آلودگی آبزیان منابع آبی به فلزات سنگین و مخاطرات مرتبط با تأکید بر دریاچه زریبار که در بانک‌های اطلاعاتی ISI، SID، PubMed، Scopus و Web of Science نمایه شده بودند، استفاده شد.

نتایج و بحث

معرفی مهم‌ترین آبزیان دریاچه زریوار

تنوع جامعه فیتوپلانکتون‌ها

به‌طور کلی شناسایی فیتوپلانکتون‌ها با اهداف مشخص و حتی مرتبط با سلامت انسان انجام می‌شود. فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های آبی به‌عنوان فتوسنتزکنندگان محیط‌های آبی به‌عنوان تولیدات اولیه نقش مهمی بر خصوصیات کیفی آب داشته و خود غذای زئوپلانکتون‌ها و ماهی‌های فیتوپلانکتون‌خوار می‌باشند. همچنین برخی از فیتوپلانکتون‌های آب شیرین (مانند انواعی از سیانوباکتری‌ها) سمومی تولید می‌کنند که علاوه بر ایجاد مسمومیت و مرگ و میر در آبزیان می‌توانند سبب بروز بیماری‌های کلیوی، معده‌ای، روده ای، سرطان و حتی مرگ در انسان گردد. لذا تهیه لیست فیتوپلانکتون‌های یک منبع آبی می‌تواند به شناخت بهتر نسبت به آن اکوسیستم و استفاده از پتانسیل‌های آن اکوسیستم و نیز اتخاذ راهکارهای مناسب جهت کنترل انواع مضر فیتوپلانکتون‌های آن اکوسیستم کمک نماید. بنا بر مطالعات انجام شده در دریاچه زریبار، حدود ۵۳ جنس فیتوپلانکتون در قالب ۹ شاخه شناسایی شده است که شامل شاخه‌های Bacillariophyceae، Chlorophyceae، Chrysophyceac، Conjugatophyceae، Cryptophyceae، Cyanobacteria، Dinophyceae، Euglenophyceae، Xanthophyceae می‌باشند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۱).

تنوع جامعه زئوپلانکتون‌ها

گروه‌های زئوپلانکتونی نقش مهمی در مطالعات مرتبط با تنوع زیستی جانوران اکوسیستم‌های مختلف آبی ایفا می‌کنند. در زنجیره غذایی، زئوپلانکتون‌ها از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند و خود غذای مهمی برای جانوران در سطح بالاتر از جمله ماهی‌ها واقع می‌شوند. گروه‌های زئوپلانکتونی به‌طور دائم در منابع آبی مختلف حضور فعال داشته و علاوه بر نقش آنها در سطوح بالاتر زنجیره غذایی برای سایر گونه‌های ماهی‌ها و آبزیان، از مهمترین اهمیت آن‌ها می‌توان به کنترل تولیدت اولیه در اکوسیستم اشاره کرد (فلاحی و سبک آرا، ۱۳۹۴). در همین ارتباط در مطالعات انجام شده شاخه‌های زئوپلانکتونی Brochionus، Keratella، Daphnia و Cyclops در دریاچه زریوار شناسایی و گزارش شده‌اند (غلامی، ۲۰۱۴).

تنوع جامعه ماهی‌ها

گونه‌های ماهیان شناسایی شده در دریاچه زریبار عبارت‌اند از: کولی ایرانی-ماهی مروارید (*Alburnus hohenackeri*)، زردک (*Barbus lacerta*)، دشت ارژنی، سیاه ماهی (*Capoeta barroisi*)، سیاه ماهی (*Capoeta damascina*)، کپورچه یا کاراس (مازندران) ماهی طلایی (حوض) (*Carassius gibelio*)، آمور، ماهی علف خوار (*Ctentopharyngogon idella*)، کپور معمولی، کپور آیینه‌ای، کپور سازان (*Cyprinus carpio*)، فیتوفاگ، کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*)، تیزه کولی (*Hemiculter leucisculus*)، آمورچه، پاروا (*Pseudorasbora parva*)، کاوار (*Squalius lepidus*)، مارماهی خاردار آب شیرین (*Mastacembelus mastacembelus*) و گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*) (عبدلی، ۱۳۹۷).

جنبه‌های توریستی دریاچه زریبار

دریاچه زریبار به‌علت داشتن آب شیرین، آب و هوای مناسب، منظره زیبا و چشم‌نواز، فرهنگ محلی خاص و امکانات تفریحی و سیاحتی و ارائه غذاهای خوشمزه، پوشش گیاهی قابل توجه و وجود انواع ماهی‌ها و پرندگان آبزی از جایگاه ویژه زیباشناختی برخوردار است و همواره به‌عنوان یکی از جاذبه‌های مهم و پر طرفدار توریستی–سیاحتی استان کردستان مطرح بوده است. دریاچه زریوار به‌دلیل نیزارهای اطراف و همچنین گیاهان آبزی و حاشیه‌ای از جمله بارهنگ ابی، هزار نی، نیلوفر آبی، نی، لویی، جگند، بزوش، نعناع و گندمیان زیستگاه مناسبی برای انواع جانداران از جمله ماهیان، پرندگان و پستاندارانی مانند سگ آبی، روباه، گرگ، خوک وحشی، خرگوش و نوعی گربه وحشی است (فرج الهی و همکاران ۱۳۸۹).

بررسی مشکلات و چالش‌های تالاب زریوار، ارائه راهکارها و مدیریت آن

محققان تهدیدات و علل در معرض خطر قرار گرفتن اکوسیستم‌های آب شیرین را مورد بررسی قرار دادند و تحت عناوین تغییر و تخریب زیستگاه، گونه‌های مهاجم، آلودگی، بهره‌کشی و تغییر اقلیم مطرح نموده‌اند (عبدلی، ۱۳۹۷).

عوامل تهدید کننده و مشکلات دریاچه زریوار

۱- ساخت بند انحرافی بر روی رودخانه قزلچاه‌سو
۲- احداث سد انحرافی در جنوب این دریاچه
۳- پراکنش نامناسب بارش
۴- ورود فاظلاب‌های انسانی و مواد جامد روستاهای حاشیه دریاچه
۵- بلرش سیلابی پاییزه و بهاره
۶- نبود شناخت کافی و درک روشن از مسائل زیست‌محیطی
۷- شکار غیر قانونی پرندگان و پستانداران
۸- عدم پرداختن به مقوله آموزش
۹- توسعه فعالیت‌های دامپروری و پرواربندی در روستاهای ساحل غربی و عدم رعایت ظرفیت چرا
۱۰- یخزدگی سطح دریاچه

۱۱-تخریب جنگل‌های اطراف دریاچه و حفر چاه‌های متعدد و بهره‌برداری بیش از حد از آنها (فرج الهی و همکاران ۱۳۸۹).

یوتریفیکاسیون دریاچه زریبار

یوتریفیکاسیون یکی از چالش‌های مهم محیط‌زیستی در اکوسیستم‌های آبی است که عمدتاً به‌دلیل ورود مواد مغذی اضافی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر، به آب‌ها رخ می‌دهد. دریاچه زریبار با موقعیت جغرافیایی خاص خود در استان کردستان ایران، یکی از مناطق تحت تأثیر این پدیده قرار دارد. پدیده تغذیه‌گرایی یا یوتریفیکاسیون دریاچه زریبار تحت تأثیر عوامل زیر اتفاق می‌افتد:

۱- ورود آلاینده‌ها: آب‌های فاضلاب، مواد شیمیایی و آلاینده‌ها از فعالیت‌های انسانی به دریاچه زریبار وارد می‌شوند و غلظت مواد مغذی را افزایش می‌دهند.

۲- کشاورزی: استفاده از کودهای شیمیایی در فعالیت‌های کشاورزی اطراف دریاچه یکی از دلایل اصلی افزایش نیتروژن و فسفر در آب دریاچه است.

۳- توسعه شهری: گسترش مناطق شهری و عدم مدیریت صحیح فاضلاب‌ها همچنین منجر به یوتریفیکاسیون دریاچه می‌شود.

اثرات یوتریفیکاسیون شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-کاهش کیفیت آب: رشد غیرطبیعی جلبک‌ها می‌تواند منجر به کاهش کیفیت آب و ایجاد بوهای نامطبوع شود.

۲- تأثیر بر حیات وحش: کاهش اکسیژن در آب به‌علت تجزیه مواد آلی ممکن است به زندگی آبزیان آسیب برساند.

۳-سلامت عمومی: آلودگی آب می‌تواند تهدیدی برای سلامت ساکنین محلی باشد.

راهکارهای حفاظتی، پیشگیرانه و مدیریتی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-کنترل آلاینده‌ها: توسعه سیستم‌های تصفیه آب و مدیریت بهینه کاربرد کودهای شیمیایی.

۲-آموزش جامعه: آموزش راه‌های حفظ محیط‌زیست به جوامع محلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۳-تحقیقات علمی: انجام تحقیقات علمی مرتبط با حفظ و احیای دریاچه‌ها، جلوگیری از ورود آلاینده‌ها و...

۴-باز کردن بند جنوبی دریاچه

۵-کم کردن ماهی‌ریزی

۶- کم کردن جمعیت ماهیان غیر بومی

۷-رهاسازی ماهیان غیر بومی مانند اردک ماهی به‌صورت عقیم شده

۸-بستن جریان شمالی دریاچه (عبدلی، ۱۳۹۷).

همان‌طور که اشاره شد، دریاچه زریبار نمونه‌ای از دریاچه‌های آب شیرین ایران است که با پتانسیل بالای تغذیه‌گرای مواجه می‌باشد.

چنانچه این امر سبب رشد فراوان جلبک و ایجاد نی‌زار در سطح آن شده‌است و موجب کاهش شدید کیفیت آب دریاچه شده است و وسعت نیزارها در آن نسبت به گذشته افزایش چشم‌گیری داشته‌است. آلودگی‌های غیر نقطه‌ای جزء مهم ترین عوامل در افزایش بار مواد مغذی ورودی به دریاچه‌ها محسوب می‌شود، لذا شناسایی و کنترل هدفمند و بهینه منابع آلاینده در حوضه آبخیز دریاچه زریوار می‌تواند نقش مهم در بهبود کیفیت آب و حفظ اکوسیستم آن داشته باشد (محمودی و همکاران ۱۳۹۸). لازم به ذکر است که خشکی و نابودی تالاب‌ها همراه با اثرات معکوس بر اکوسیستم‌های طبیعی و اجتماعی از جمله تخریب جنگل ها، نابودی گونه‌های گیاهی و جانوری همراه است (دهمرده و شهرکی، ۱۳۹۴).

منابع

ایمانی امیرآباد، س.، دلاور، م.، نیک سخن، م.ح. ۱۳۹۶. **شبیه سازی و ارزیابی راهکارهای مدیریتی برای کاهش مواد مغذی ورودی به دریاچه زریبار با استفاده از مدل SWAT**. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۳، شماره ۱، صفحات ۸۷-۶۹.

دهمرده، م.، شهرکی، ج. ۱۳۹۴. **ارزیابی اقتصادی خسارات ناشی از خشکی تالاب هامون بر اکوسیستم گیاهی و جانوری تالاب**. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، دوره ۷، شماره ۴، صفحات ۳۸-۲۱.

رحمانی، ت.، پورباقر، ه.، جوانشیر خوئی، آ.، بهرامی کمانگر، ب. ۱۳۹۱. **تغییرات زمانی جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار در لایه‌های سطحی (نیم متری) آب**. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۵، شماره ۴، ۳۹۸-۳۸۹.

عبدلی، ا. ۱۳۹۷. **بررسی وضعیت گونه‌های ماهیان بومی و غیر بومی تالاب زریوار. گزارش نهایی طرح پژوهشی**. دانشگاه شهید بهشتی - پژوهشکده علوم محیطی.

فرج الهی، ا.، محمودی، ع.، کرمی، م. ۱۳۸۹. **بررسی مشکلات و چالش‌های تالاب زریبار، ارائه راهکارها و مدیریت آن. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری**، گروه مهندسی آب، ۱۷ الی ۱۸ آذر ۱۳۸۹.

فلاحی، م.، سبک آرا، ج. ۱۳۹۴. **مطالعه ساختار جمعیت زئوپلانکتون در تالاب انزلی**. مجله علم شیلات ایران، دوره ۲ ۲۴، شماره ۲، ۲۹-۴۲.

محمودی، ی.، دلاور، م.، ایمانی، س.، محمدی، ا. ۱۳۹۸. **بهینه‌سازی نوع و موقعیت مکانی اقدامات مدیریتی به منظور کنترل بار مواد مغذی ورودی به پیکره‌های آبی – مطالعه موردی: حوضه دریاچه زریبار**. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۴، صفحات ۹۹۰-۹۷۷.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

ارزیابی اثرات محیطی گردشگری با روش ماتریس لئوپولد (مطالعه موردی: دریاچه زریبار مریوان)

رحیمه صابرفر[۱]، نسرین قمری رحیم[۲]

۱- دانشجوی دکتری، اگروتکنولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. saber1139@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری، اگروتکنولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. nasringhamarirahim@gmail.com

چکیده

دریاچه زریبار در فاصله‌ی ۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان مریوان در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. زریبار یکی از منحصربه‌فردترین تالاب‌های آب شیرین در جهان به‌شمار می‌رود. تالابی با اکوسیستم ظریف و پیچیده که در نوع خود بی‌نظیر است. این تالاب در سال ۱۳۸۸ به‌عنوان پناهگاه حیات وحش شناخته شد. بنابراین ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح گردشگری که قرار است در این منطقه اجرا گردد برای توسعه پایدار صنعت گردشگری و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست ضروی می‌باشد. برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه گردشگری مورد نظر، ماتریس لئوپولد با ۲۶ فعالیت و ۲۹ عامل زیست‌محیطی طراحی گردید. سپس با استفاده از نقشه‌ها و شرایط کیفی و کمی ویژگی‌های طبیعی، اجتماعی و فرهنگی منطقه، هر عامل در ارتباط با هریک از فعالیت‌های پروژه به‌صورت دو به دو مقایسه شد و بر پایه شدت و وسعت اثر با دامنه اعداد ۵+ تا ۵- ارزش‌گذاری گردید. پس از تکمیل ماتریس، جمع‌بندی ریاضی به‌ترتیب تعداد ارزش‌ها، جمع جبری و میانگین ارزش‌ها برای تعیین دامنه و شدت کل اثرات، مورد محاسبه قرار گرفت که مقدار اثر پروژه گردشگری بر محیط‌زیست در محدوده اثر صفر تا ۲/۵ می‌باشد و با انجام گزینه‌های اصلاحی و طرح‌های بهسازی، طرح گردشگری در منطقه زریبار قابل اجرا می‌باشد.

کلید واژه‌ها: گردشگری، ماتریس لئوپولد، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA)، زریبار

Abstract

Zrebar Lake is located 2 kilometers northwest of Marivan city at an altitude of 1285 meters above sea level. Zrebar is one of the most unique freshwater wetlands in the world. A wetland with a delicate and complex ecosystem that is unique in its kind. This wetland was recognized as a wildlife sanctuary in 2009. Therefore, assessing the environmental impacts of the tourism project that is to be implemented in this area is necessary for the sustainable development of the tourism industry and preventing environmental degradation. To assess the environmental impacts of the tourism project in question, a Leopold matrix was designed with 26 activities and 29 environmental factors. Then, using maps and qualitative and quantitative conditions of the natural, social and cultural characteristics of the region, each factor was compared in relation to each of the project activities in a pairwise manner and was evaluated based on the intensity and extent of the impact with a range of numbers from +5 to -5. After completing the matrix, mathematical summation was calculated in order of the number of values, algebraic sum, and average values to determine the scope and intensity of the total impacts. The amount of impact of the tourism project on the environment is in the range of zero to 2.5, and by implementing corrective options and improvement plans, the tourism plan in the Zrebar region can be implemented.

Keywords: Tourism, Leopold Matrix, Environmental Impact Assessment (EIA), Zrebar

مقدمه

گردشگری فرآیندی است که در آن مردم از مکانی به مکان دیگر برای تفریح و صرف زمان می‌روند، نقش به‌سزایی در توسعه یک کشور دارد (Khan *et al.*, 2020). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی این صنعت در واقع به‌منظور اطمینان از کمیت و کیفیت اثرات بالقوه و بالفعل زیست‌محیطی فعالیت‌ها انجام می‌شود. این ارزیابی نهایتاً با ارائه روش‌هایی برای کاهش یا حذف اثرات منفی و تقویت اثرات مثبت، به تدوین برنامه مدیریت زیست‌محیطی گردشگری منتهی می‌گردد (Canteiro *et al.*, 2018). ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی یک روش سازمان‌یافته برای جمع‌آوری و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی است که در تصمیم گیری‌های مربوط به اجرای پروژه‌های توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد .این اطلاعات عمدتاً به پیش‌بینی تغییراتی کمک می‌کند که ممکن است به‌دنبال اجرای گزینه‌های مختلف یک پروژه به‌وجود آیند همچنین، بخشی از ارزیابی زیست‌محیطی شامل یافتن و پیشنهاد بهترین روش‌ها و راهکارها برای مدیریت تغییرات ناشی از انتخاب و اجرای یکی از گزینه‌ها است (کولیوند و همکاران، ۱۴۰۳). از آنجاکه ماهیت طبیعی بودن هر منطقه متکی بر حفظ ارزش‌های طبیعی و زیست محیطی آن است (مخدوم، ۱۳۸۷) لذا منطقه زریبار به‌عنوان یکی از مهمترین قطب‌های گردشگری مریوان از این قاعده به‌دلیل برخوردری از محیط بکر طبیعی مستثنی نمی‌باشد.

دریاچه زریبار تنها پهنه آبی طبیعی و مهمترین اکوسیستم آبی استان کردستان است که در فاصله ۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان مریوان در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه آن ۶/۹۹۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه نیز ۱۳ درجه سانتی‌گراد است. این دریاچه کوهستانی که به‌عنوان پناهگاه حیات وحش شناخته شده است، یک ذخیره‌گاه طبیعی ژنتیکی برای گیاهان و جانوران آبزی و کنارآبزی محسوب می‌شود. از آنجا که منبع اصلی تأمین کننده آب زریبار چشمه‌های کف‌جوش است، این دریاچه کمتر تحت تأثیر گونه‌های انتقال‌یافته از حوزه آبریز و پدیده گونه‌زایی قرار می‌گیرد. طول این دریاچه حدود ۵/۴ کیلومتر، عرض آن حدود ۲ کیلومتر و عمق متوسط آن حدود ۳ متر است. سطح آبی دریاچه نیز در حدود ۸۵۰ هکتار و میانگین حجم آب آن ۴۰ میلیون مترمکعب است. تأمین آب دریاچه توسط چشمه‌های آب شیرین و نبود ارتباط آن با رودخانه، زریبار را به بزرگترین چشمه آب شیرین ایران تبدیل کرده است. وجود جنگل‌های انبوه با حضور گونه‌های مختلف در حاشیه و اراضی مشرف به آن، مناظر زیبا و بدیعی را به‌وجود آورده‌اند (معروفی و علی احیایی، ۱۳۹۵).

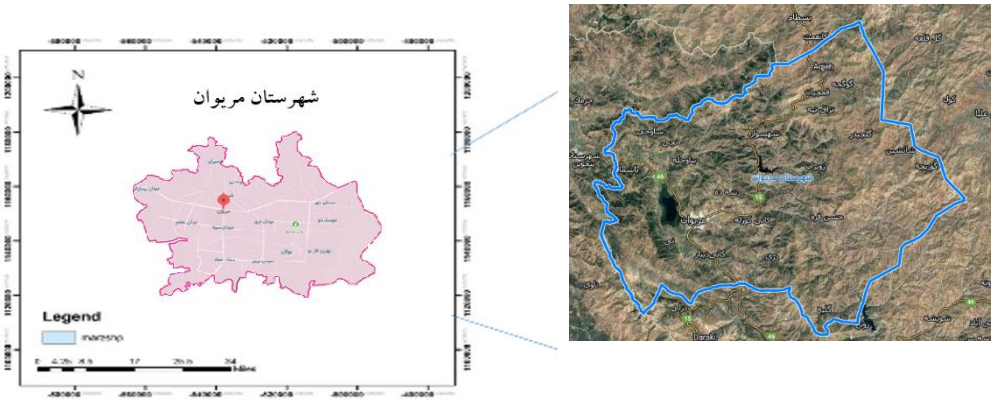
برنامه‌ریزی گردشگری در راستای راهبردهای عوامل محیطی می‌بایست به ارتقاء کیفیت محیط‌زیست طبیعی که خود جاذبه اصلی برنامه‌ریزی گردشگری بوده منجر گردد. اهداف حفاظتی منابع طبیعی در گرو ارتقاء کیفیت محیط‌زیست منطقه بوده که خود موجب افزایش کیفیت و ارزش تفرجی طبیعی منطقه می‌شود، و این امر زمینه ارتقاء و پیشرفت گردشگری را فراهم می‌نماید (مخدوم، ۱۳۸۷). سال‌های زیادی از عمر مطالعات ارزیابی اثرات محیط زیستی طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی در ایرن نمی‌گذرد. اولین مستندات قانونی ضرورت ارزیابی اثرات محیط‌زیست طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی در ایران به مصوبه‌های ۱۳۸ و ۱۵۶ سال ۱۳۷۳ شورای عالی محیط زیست و تبصره‌های ۸۲ و ۸۳ قانون برنامه دوم توسعه برمی‌گردد. در ایران روش ماتریس تاکنون متداول‌ترین روش ارزیابی اثرات بوده و کاربرد گسترده و وسیع در انواع پروژه‌ها دارد. مجموعه کتاب‌های که سازمان محیط‌زیست با همکاری دفتر عمران سازمان مللل برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های مختلف مانند سد سازی، صنایع، گردشگری، راه و... منتشر کرده است همگی به ماتریس‌های ارزیابی اثرات به‌عنوان شیوه انتخابی ارزیابی اثرات اشاره می‌کنند و بسیاری از مشاوران طرح‌ها و پروژه‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی نیز در شرح خدمات خود به استفاده از روش ماتریس در ارزیابی اثرات توسعه اشاره می‌نمایند (البرزی‌منش، ۱۳۹۰). در این تحقیق به بررسی اثرات زیست‌محیطی طرح گردشگری در منطقه زریبار واقع در بخش شمال غرب شهرستان مریوان با استفاده از روش ماتریس لئوپولد پرداخته شده است. در این تحقیق توجه به اثرات زیست محیطی این طرح مورد توجه قرار گرفته تا توان توسعه پایدار در بخش گردشگری در این منطقه را شاهد باشیم.

علیشیری و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی مطالعات و ماتریس‌های به‌دست آمده نشان داد که طرح احداث تفرجگاه در بندر رحمانلو دارای تاثیرات مثبت و مطلوب خواهد بود، به‌طوری‌که گزینه اجرای پروژه دارای ۱۴۰ امتیاز مثبت است در حالی‌که گزینه عدم اجرای پروژه دارای ۴۱۱ امتیاز منفی می‌باشد. بنابراین اجرای طرح مورد تأیید قرار گرفت. ضمن اینکه در اجرای این پروژه اثرات منفی بارزی مشاهده نمی‌شد بلکه با اجرای این پروژه مشکلات زیست‌محیطی ناشی از وضعیت بهره‌برداری سنتی و غیر اصولی فعلی از بندر رحمانلو نیز رفع خواهد شد. مظلوم و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش ماتریس لئوپولد مقدار اثر پروژه گردشگری طرقبه-شاندیز در مشهد بر روی محیط‌زیست را در محدوده اثر ۴/۱- تا ۵- به‌دست آورد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیای محدوده مطالعاتی

مریوان در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. مریوان شهری واقع در استان کردستان و غرب ایران است. این شهر مرکز شهرستان مریوان است و در ۴۶۳ کیلومتری غرب تهران و ۷۸ کیلومتری غرب شمالی سنندج، سرراه سنندج و سروآباد به سقز و بانه، ۱۵ کیلومتری مرز ایران و عراق، قرار دارد (شکل ۱) (موحد و صمدی، ۱۳۹۰).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در تصاویر google earth

زریبار یکی از منحصربه‌فردترین تالاب‌های آب شیرین در جهان به‌شمار می‌رود. تالابی با اکوسیستم ظریف و پیچیده که در نوع خود بی‌نظیر است. این تالاب در سال ۱۳۸۸ به‌عنوان پناهگاه حیات وحش شناخته شد. فون دریاچه در دریاچه زریبار تاکنون ۸ گونه ماهی، ۳۰ گونه پستاندار، بیش از ۹۸ گونه پرنده مهاجر و بومی (حدود ۶ هزار پرنده مهاجر در سال)، ۳ گونه خزنده، بیشتر از ۶ گونه انواع جونده، ۳ گونه دوزیست، ۱۵ گونه گیاه آبزی، ۹ جنس ماکرو بنتوز، ۵۴ گونه فیتوپلانکتون و ۲۱ جنس زئوپلانکتون شناسایی شده است (شعبانیان، ۱۳۸۸).

روش تحقیق

این پروژه در دو بخش اقامتی و تفریحی با امکاناتی همچون بانک، درمانگاه، رستوران، آژانس مسافرتی، پایانه حمل و نقل، پست، مخابرات، پاسگاه و کلانتری و مراکز خرید همچنین پارک و امکانات ورزشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی ناشی از اجرای پروژه، اقدام به شناخت فازهای پیشنهادی شد. پس از شناخت لازم از فازهای مختلف مطالعه، اجزا و عناصر محیط‌زیست منطقه تحت اثر به تفکیک سه محیط فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی مورد ارزیابی و شناسایی قرار گرفت و برای ۲۶ فعالیت ۲۹ عامل زیست محیطی در فاز ساختمانی و بهره‌برداری طراحی گردید. در

ادامه شناخت پروژه و شناخت محیط‌زیست منطقه تحت اثر، اقدام به ارزیابی و پیش‌بینی آثار ناشی از پروژه پیشنهادی بر روی عوامل محیطی به تفکیک دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری شد. پس از ارزیابی و پیش‌بینی آثار، اقدام به ارزیابی و تجزیه تحلیل آثار شد. برای ارزیابی کمی آثار محیط‌زیستی، جدول ماتریس طراحی شد و معیارهای محیط‌زیستی نیز در چهار گروه در نظر گرفته شد.

۱- محیط فیزیکی شامل ۸ پارامتر (کیفیت هوا صدا کیفیت آب سطحی مصارف آب سطحی فرسایش خاک زهکشی شکل زمین لرزه خیزی).

۲- محیط بیولوژیکی شامل ۵ پارامتر (اکوسیستم آبی- اکوسیستم خشکی گونه‌های نادر گیاهی زیستگاه‌های گیاهی- تراکم گیاهان).

۳- محیط اقتصادی- اجتماعی شامل ۱۱ پارامتر (جمعیت اسکان مجدد درآمد و هزینه اشتغال و بیکاری افزایش قیمت مستغلات کشاورزی خدمات حمل و نقل دفع پسماند دفع پساب- کاربری اراضی).

۴- محیط فرهنگی شامل ۵ پارامتر (شاخص‌های بهداشتی کیفیت آب شرب توریسم ویژگی‌های فرهنگی چشم انداز و مناظر).

در مرحله بعد هر کدام از معیارها، یا شاخص‌های محیط‌زیستی در ارتباط با هر کدام از ریزفعالیت‌های پروژه به‌صورت دو به دو مقایسه شده و بر پایه شدت تنش‌های محتمل و درجه اهمیت شاخص‌ها در ارتباط با مجموعه ریز فعالیت‌های پروژه و همچنین با توجه به احتمال، درجه بازگشت‌پذیری و زمان و تداوم وقوع نشانزدها ارزیابی گردیدند. در ادامه برای سنجش تاثیر فعالیت‌ها بر روی پارامترهای زیست‌محیطی، به هر خانه فصل مشترک ماتریس، تعداد کمی نسبت داده شد. (معمولاً عددی بین ۱ تا ۱۰ طبق پیشنهاد لئوپولد به‌عنوان ارزش‌گذاری در نظر گرفته می‌شود). در تحقیق حاضر با توجه به مدل پیشنهادی مخدوم (۱۳۶۹) جهت کمی کردن فعالیت‌های پروژه، هر یک از خانه‌ها مطابق با جدول شماره ۱ با اعدادی بین ۵- تا ۵+ ارزش‌گذاری گردیده است. عدد ۵- به معنای اثر تخریبی خیلی زیاد، عدد ۵+ به معنای اثر خیلی خوب و عدد صفر به معنای عدم تأثیر فعالیت مورد نظر است. از مجموع اعداد مربوط به هر سطح تاثیر آن فعالیت بر کلیه عوامل مورد بررسی به‌دست آمد (پناهنده و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۱: ارزش گذاری کمی و کیفی اثرات در ماتریس لئوپولد

نوع اثر	امتیاز اثر	نوع اثر	امتیاز اثر
اثر خیلی خوب	۵+	اثر خیلی بد و ضر	۵-
اثر خوب و مفید	۴+	اثر بد و مضر	۴-
اثر مفید متوسط	۳+	اثر مضر متوسط	۳-
اثر مفید ضعیف	۲+	اثر مضر ضعیف	۲-
اثر مفید ناچیز	۱+	اثر مضر ناچیز	۱-

در مرحله بعد براساس میانگین رده بندی‌های به‌دست آمده، نتیجه‌گیری و قضاوت نهایی صورت پذیرد. بدین‌ترتیب که میانگین رده‌بندی سطرها به‌عنوان اثرات و میانگین رده‌بندی در ستون‌ها به‌عنوان پیامدها در چهار بخش اثرات سودمند، اثرات منفی، پیامدهای مفید و پیامدهای تخریبی طبق جدول شماره ۲ در نظر گرفته شده است و اگر ۵۰ درصد میانگین رده‌بندی‌ها بین ۵- تا ۳/۱- باشد پروژه از لحاظ زیست محیطی رد می‌گردد و اگر میانگین رده‌بندی بین ۳/۱- تا ۲/۱- باشد پروژه با انجام موارد اصلاحی قابل انجام است و اگر میانگین رده‌بندی بین ۲/۱- تا ۰ باشد پروژه با انجام موارد اصلاحی و طرح‌های بهسازی قابل انجام می‌باشد (مهندسین مشاور همراهان صنعت، ۱۳۹۰).

جدول ۲: تغییرات کیفی میانگین رده‌بندی ستون‌ها و سطرها (اثرات و پیامد)

اثرات و پیامدهای مثبت	میانگین رده‌بندی	اثرات یا پیامدهای منفی	میانگین رده‌بندی
مثبت خوب	۴-۳/۱	منفی شدید، بد و مخرب	-۴--۳/۱
مثبت متوسط	۳-۲/۱	منفی متوسط	-۳--۲/۱
مثبت ضعیف	۱-۲/۱	منفی ضعیف	-۲--۱/۱
مثبت ناچیز	۰-۱	نفی ناچیز	-۰-۱

نتایج و بحث

نتیجه ماتریس اثرات زیست‌محیطی در مراحل ساختمانی و بهره‌برداری به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

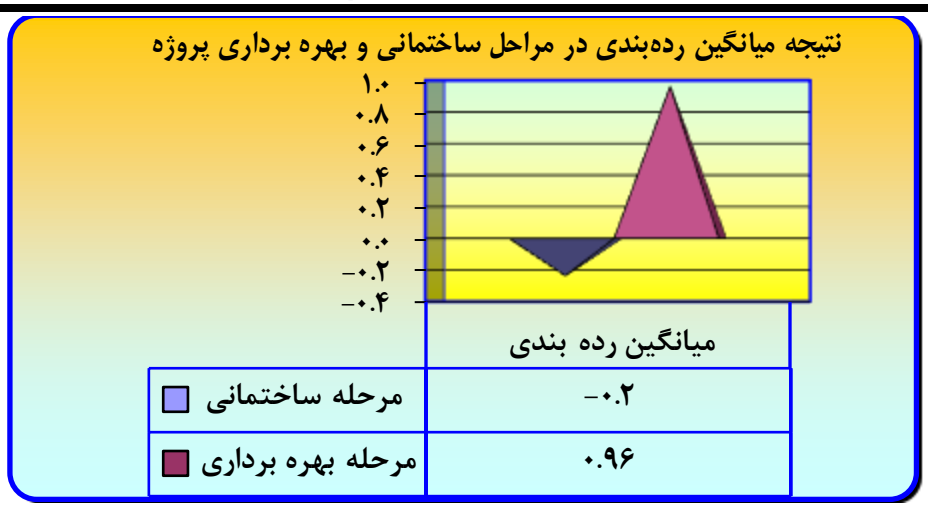
جدول ۳: نتیجه ماتریس اثرات زیست‌محیطی در مرحله ساختمانی

ردیف	محیط اثرات	پیامدهای اثرات نسبت به میانگین رده بندی	
		نتیجه	شرح پیامد
۱	محیط فیزیکی	-۱/۴۸	پیامدهای منفی ضعیف
۲	محیط بیولوژیکی	-۱/۳۴	پیامدهای منفی ضعیف
۳	محیط اجتماعی-اقتصادی	۱/۲۵	پیامدهای مثبت ضعیف
۴	محیط فرهنگی	۰/۶۳	پیامدهای مثبت ناچیز
میانگین کلی در تمام محیطها		-۰/۲	پیامدهای منفی ناچیز

جدول ۴: نتیجه ماتریس اثرات زیست‌محیطی در مرحله بهره‌برداری

ردیف	محیط اثرات	پیامدهای اثرات نسبت به میانگین رده بندی	
		نتیجه	شرح پیامد
۴	محیط فیزیکی	-۰/۶۶	پیامدهای منفی ناچیز
۲	محیط بیولوژیکی	-۰/۵۰	پیامدهای منفی ناچیز
۳	محیط اجتماعی-اقتصادی	۱/۸۸	پیامدهای مثبت ضعیف
۴	محیط فرهنگی	۳/۱۲	پیامدهای مثبت خوب
میانگین کلی در تمام محیط ها		۰/۹۶	پیامدهای مثبت ناچیز

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به‌عنوان راهکاری مناسب جهت به حداقل رساندن اثرات منفی و ارائه گزینه‌های مناسب برای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان محسوب می‌گردد. روش‌های ماتریسی می‌تواند به‌عنوان ابزاری ساده و کارآمد در ارزیابی اثرات زیست محیطی باشند و قادرند با بهره‌گیری از اطلاعات میدانی، پرسشنامه، دانش کارشناسی و سایر منابع اطلاعاتی در دسترس، وضعیت محیط‌زیستی گزینه‌ها و فعالیت‌های توسعه‌ای را با صرف زمان اندک به‌صورت کمی و مقایسه‌پذیر نمایش دهند.



شکل ۲: میانگین رده‌بندی آثار زیست‌محیطی پروژه در دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری

نتیجه‌گیری

تحلیل ماتریس حاکی از آن است که پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از اجرای پروژه بر روی فاکتورهای مورد مطالعه، در بخشهای اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی در فاز ساختمانی مثبت ضعیف و ناچیز می‌باشد و بر روی محیط‌های فیزیکی و بیولوژیکی آثار منفی ضعیفی از خود بر جای می‌گذارد و در مجموع در مرحله فاز ساختمانی اجرای پروژه اثرات منفی ناچیزی بر روی محیط اطراف برجای خواهند گذاشت. پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از اجرای پروژه بر روی فاکتورهای مورد مطالعه، در بخش‌های اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی در فاز بهره‌برداری مثبت ضعیف و خوب می‌باشد و بر روی محیط‌های فیزیکی و بیولوژیکی آثار منفی ناچیز از خود بر جای می‌گذارد و در مجموع در مرحله فاز بهره‌برداری اجرای پروژه اثرات مثبت ناچیزی بر روی محیط اطراف برجای خواهند گذاشت.

بنابراین اجرای پروژه گردشگری برای منطقه زریبار نهاوند اثرات مثبتی در رشد اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی منطقه در هر دو مرحله از اجرای طرح برجای خواهد گذاشت و همچنین بر روی محیط‌های فیزیکی و بیولوژیکی آثار منفی ناچیز و ضعیفی از خود بر جای می‌گذارند. با توجه به اینکه میانگین رده‌بندی در فاز ساختمانی ۰/۲- و در فاز بهره‌برداری ۰/۹۶ می‌باشد و در محدوده اثر ۲/۵- تا ۰ می‌باشد بنابراین با انجام گزینه‌های اصلاحی و طرح‌های بهسازی قابل اجرا می‌باشد و چانچه طرح‌های بهسازی در جهت کاهش اثرات منفی پروژه بر روی محیط‌زیست صورت پذیرد انجام پروژه گردشگری منطقه زریبار شهرستان نهاوند بلامانع می‌باشد. ذکر این نکته لازم است که پیامدهای منفی پروژه بر روی خاک، آب و کاربری اراضی بیشتر بوده است. لذا هر گونه برنامه ریزی در حال و آینده مستلزم مطالعات و تدوین برنامه‌ها و استراتژی هدفمند جهت به حداقل رساندن آثار منفی ناشی از احداث می‌باشد.

منابع

البرزی‌منش م. ۱۳۹۰. **نقدی بر روش‌های متداول جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از ماتریس‌های ارزیابی اثرات بر محیط زیست**، محیط زیست و توسعه، دوره ۲، شماره ۳، صفحات ۴۵-۵۲.

پناهنده م.، عابدین زاده ن.، روانبخش م.، ۱۳۸۹. **ارزیابی اثرات زیست محیطی کارخانه کمپوست شهر یزد**، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۸۷-۹۹.

شعبانیان، ن. ۱۳۸۸. **تنوع گونه‌ای و نوسانات جمعیت پرندگان آبزی و کنارآبزی در زیستگاه‌های آبی استان کردستان**. گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، ۱۰۷ صفحه.

علی احیایی، ع. ۱۳۹۵. **بررسی تنوع گونه‌های گیاهی حاشیه دریاچه زریبار مریوان**. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم محیط زیست (زیستگاه‌ها و تنوع زیستی). دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۸۹ صفحه

علیشیری ع.، فتائی ا.، امیرمردفر ر. ۱۳۹۲. **ارزیابی اثرات زیست محیطی ایجاد تفرجگاه در بندر رحمانلو** - شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، تبریز، مهر ۱۳۹۲.

کولیوند، ا.، حسن پور، ش.، کماسی، م. ۱۴۰۳. **ارزیابی اثرات زیست محیطی مرحله ساختمانی با روش ماتریس لئوپولد ایرانی (مطالعه موردی: سد آبسرده)**، مدلسازی پیشرفته در مهندسی عمران، دوره ۱، شماره ۲ صفحات ۱۸۷-۱۷۰.

گشتاسب میگونی ح. ۱۳۸۰. **فرآیند طراحی در پارک‌های جنگلی و مجموعه مقالات همایش‌های آموزشی و پژوهشی مناطق تحت حفاظت**، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر فضای سبز شهر تهران (جلد۱).

مخدوم م.، ۱۳۸۷. **چهار نکته در ارزیابی اثرات توسعه**، نشریه علمی محیط زیست، دوره ۲، شماره ۳، صفحه ۲۴.

مظلوم ب ز.، تبریزی م.، سلمان ماهینی ع.، ۱۳۹۶. **ارتقا ارزیابی اثرات توسعه با ماتریس ریاضی (مطالعه موردی: منطقه نمونه گردشگری شاندیز –استان خراسان رضوی)**، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۹، صفحات ۴۶۲-۴۵۱.

معروفی ح.، علی احیایی، ع. ۱۳۹۵. **دریاچه زریبار، بزرگترین چشمه آب شیرین ایران**. طبیعت ایران، دوره ۱، شماهر ۱، صفحات ۶۵-۶۰.

موحد ع.، صمدی م.ح. ۱۳۹۰. **ارزیابی کمی و کیفی کاربری اراضی شهر مریوان**. پژوهش‌های دانش زمین، دوره ۸، شماهر ۷۸، صفحات ۶۶-۴۵.

مهندسین مشاور همراهان صنعت، ۱۳۹۰. **راهنمای برنامه تهیه جدول ماتریس اثرات زیست محیطی (گزارش ارزیابی محیط زیست)**، ۹-۱.

Canteiro, M., Cordova-Tapia, F., Brazeiro, A., 2018. **Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas**. Tourism Management Perspectives, 28: 220-227.

Khan, N., Hassan, A.U., Fahad, S. and Naushad, M., 2020. **Factors affecting tourism industry and its impacts on global economy of the world**. Available at SSRN 3559353.

بررسی اثرات اقتصادی (گردشگری و اشتغال‌زایی) دریاچه زریبار، با تأکید بر حفظ محیط‌زیست

بیان لطفی[۱]، محمود حاجی رحیمی[۲]، مژگان نوری[۳*]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. bayan222lotfi@gmail.com

۲- استادیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. mhajirahimi@uok.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. mojgan71noori@gmail.com

چکیده

با توجه به اهمیت اکولوژیک دریاچه زریبار و براساس بررسی مطالعات انجام شده حفظ این منابع در گرو مدیریت صحیح و توجه همه جانبه به توسعه پایدار می‌باشد. هدف این پژوهش مروری بر اثرات اقتصادی (گردشگری و اشتغال‌زایی) دریاچه زریبار، با تأکید بر حفظ محیط‌زیست است. در دنیا توسعه پایدار، در قالب توسعه اقتصاد سبز، در حال گسترش است. براساس این مفهوم و با بهره‌گیری از فناوری مدرن و بکارگیری این خدمت می‌توان ضمن اقتصادی کردن این منابع در جهت رشد معیشت افراد محلی گام برداشت. با رشد صنعت توریسم در این مناطق و متمرکز کردن سرمایه‌های خارجی به‌سمت این صنعت، ضمن توسعه مناطق اکولوژیک میزان آلودگی‌های محیطی کاهش خواهد یافت. با کاهش آلودگی محیطی و منابع طبیعی این ذخایر ارزشمند به‌عنوان دارایی ملی حفظ خواهد شد. البته وجود قوانین محدودکننده آلودگی‌های صنعتی و محدودیت ساخت‌وسازهای غیرمجاز که جز تخریب منابع دستاوردی ندارند در این زمینه مؤثر خواهد بود. برنامه مدیریتی هدفمند با بهره‌گیری از خدمات نوین برای حفظ مناطق حفاظت شده مفید بوده و منجر به رشد اقتصادی خواهد شد.

کلید واژه‌ها: اثرات اقتصادی، دریاچه زریبار، گردشگری، محیط‌زیست

Abstract

Given the ecological importance of Lake Zrebar and based on the review of studies conducted, preserving these resources depends on proper management and comprehensive attention to sustainable development.The purpose of this study is to review the economic effects (tourism and employment) of Lake Zrebar, with an emphasis on environmental protection.Sustainable development is expanding in the world in the form of green economy development. Based on this concept and by utilizing modern technology and using this service, it is possible to economize these resources and take steps towards increasing the livelihoods of local people.With the growth of the tourism industry in these areas and the concentration of foreign capital towards this industry, while developing ecological areas, the level of environmental pollution will decrease. By reducing environmental pollution and natural resources, these valuable reserves will be preserved as national assets. Of course, the existence of laws limiting industrial pollution and restrictions on unauthorized construction that have no achievement other than the destruction of resources will be effective in this regard. A targeted management program using modern services will be useful for preserving protected areas and will lead to economic growth.

Keywords: Economic impacts, Zrebar Lake, Tourism, Environment

مقدمه

سرمایه‌های طبیعی که شامل منابع طبیعی، تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی است، اساس حیات روی زمین را شکل می‌دهد و برای بقای انسان ضروری است (معروفی و احیایی، ۱۳۹۵). محیط‌زیست یک منبع نامحدود و آزاد نیست، ارزش‌گذاری بر خسارت‌های زیست‌محیطی حائز اهمیت است. کیفیت محیط‌زیست یک مسئله اساسی است که نمی‌توان قیمتی روی آن گذاشت. در بازارهای توسعه یافته این امر عامل مهمی در مبادلات بازار است (دهقانیان و دین‌قزلی، ۱۳۸۹). خسارت به محیط‌زیست، کیفیت و کمیت خدمات جاری و سرمایه را کاهش می‌دهد. مشکلات زیست‌محیطی در کشورهای درحال توسعه مشهودتر است. شیوه‌های نادرست و نامناسب بهره‌برداری از منابع، موجب بروز آسیب‌های شدید و جدی به عرصه‌های منابع طبیعی شده است (ولایتی، ۱۳۸۶). چالش‌های محیط‌زیست نیازمند مدیریت صحیح منابع، توسعه پایدار، آموزش عمومی و همکاری بین المللی است. مناطق بوم‌شناختی زمانی که بر فناوری متکی باشند و پایداری محیط‌زیست را مدنظر قراردهند باعث توسعه‌ی اقتصادی نیز خواهند شد (Su *et al.*, 2024). در ایران مراتع و جنگل‌ها مهمترین اکوسیستم در ارائه خدمات، کالاها و بهبود محیط زندگی انسان می‌باشند (افتخاری و خلیفه‌زاده، ۱۳۹۷). استان کردستان با داشتن تنوع اکولوژیک دارای اکوسیستم‌هایی است که به‌لحاظ تنوع گونه‌ای و گیاهان نادر حائز اهمیت است. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به دریاچه زریبار مریوان اشاره کرد که یکی از جاذبه‌های گردشگری می‌باشد. از جاذبه‌های متعدد طبیعی آن، وسعت قابل توجه، شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت‌های تابستانی و زمستانی گردشگری می‌باشد. وجود شرایط یخبندان دریاچه در فصل زمستان، قایق‌رانی، ماهیگیری، نزدیکی به خط مرزی (۲ کیلومتر با شهر مریوان) و سهولت امر دسترسی به جاذبه‌های فرهنگی، اجتماعی منطقه، پتانسیل بالای گردشگری را دارا است (منبری و ملکی، ۱۳۹۰). این دریاچه یک واحد اکولوژیک و یک اکوسیستم آبی با پدیده‌های زیبا و نادر است که منبع تغذیه آن چشمه‌های کف جوش است و رودخانه‌ای به آن وارد یا خارج نمی‌شود. از غرب و شرق با کوه‌ها احاطه شده که جنگل‌های نیمه‌انبوه با گونه‌ی غالب بلوط، گلابی وحشی، زالزالک و بادام وحشی، زیبایی آن را دو چندان کرده است (معروفی و احیایی، ۱۳۹۵).

تالاب زریبار در ابعاد پنج گانه سرمایه‌های معیشت (طبیعی، انسانی، فیزیکی، اجتماعی و مالی) بر زندگی افراد و خانوارهای حاشیه خوداثرگذار است و نشان‌دهنده وابستگی سطح معیشت جوامع روستایی به کارکردها و خدمات اکوسیستمی تالاب است (شانازی و اعظمی، ۱۳۹۵). گردشگری فرهنگی، نقش مهمی در توسعه اقتصاد مناطق محلی و حفظ گنجینه فرهنگ‌های مختلف دارد. این مهم ناشی از آگاهی افراد بومی نسبت به میراث با ارزش بومی است (Mteti *et al.*, 2025). گردشگری در مناطق دورافتاده و مناطق بکر طبیعی به سرعت در حال رشد است. اگر مدیریت آن نامناسب باشد صنعتی مخرب برای محیط‌زیست، جامعه و اقتصاد خواهد بود. مطالعه تالاب‌های پناهگاه حیات وحش چانگ تانگ، هیمالیای ترانس هند، از نظر اکولوژیک و معیشت افراد محلی از گردشگری نشان داد که فاصله‌ای به‌عنوان حائل برای جانداران تالاب در نظر گرفته شود که آسیب نبیند. همچنین حفظ منابع طبیعی یکی از مواردی است که می‌تواند منفعت اقتصادی ناشی از گردشگری را نصیب افراد محلی کند (Maher *et al.*, 2024). دریاچه‌های بزرگ حوضه رودخانه لارنس رقیب بزرگترین اقتصادهای صنعتی در جهان امروز است. آنچه به تولید ثروت در این مناطق کمک کرده است. منابع طبیعی فراوان، سیستم حمل و نقل کارآمد، اقتصاد دو ملیتی و سیستم آموزش عالی می‌باشد. اگرچه گردشگری در قالب ژئوتوریسم صنعتی در حال توسعه است اما در صورت عدم مدیریت مناسب، نبود برنامه‌ریزی و عدم توجه به محیط‌زیست می‌تواند آسیب‌های جدی در جهت تخریب این سرمایه‌ها وارد کند (Campbell *et al.*, 2015). توسعه پایدار منابع و به‌ویژه دریاچه‌ها برای حفظ ویژگی‌های منحصر به فرد هیدرولوژیکی مستلزم مطالعات جامع لیمونولوژیکی (آب و هوا، هیدرولوژی، کیفیت آب و اکولوژیست) است. این اقدامات در بلندمدت همراه با اتخاذ سیاست‌های اجرایی برای کاهش تخریب‌های محیطی تأثیرگذار است (Shah *et al.*, 2024).

روش تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع مورد پژوهش بررسی اثرات اقتصادی (گردشگری و اشتغالزایی) دریاچه زریبار، با تأکید بر حفظ محیط‌زیست)، مقاله‌ی حاضر مروری بر مطالعات انجام گرفته در این خصوص می‌باشد. در این پژوهش با رویکردی توصیفی-تحلیلی، مطالعات انجام شده در سطح ایران و جهان در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ را ارزیابی کردیم. با استفاده از پایگاه داده‌ای ScienceDirect و Google scholar و Irandoc مطالعات مرتبط شناسایی و با تجزیه‌وتحلیل نتایج مطالعات صورت گرفته به ارزیابی اثرات اقتصادی ژئوتوریسم بر مناطق اکولوژیک و زیست‌محیطی (دریاچه زریبار) پرداختیم.

بررسی منابع

ایرانی (۱۳۷۹) در مقاله‌ای با اشاره به اینکه دریاچه زریبار به‌واسطه شگفتی طبیعی خود موجب جذب گردشگران زیادی در فصول مختلف سال می‌شود. کم‌توجهی و نبود سرمایه‌گذاری در این منطقه را بازگو می‌کند و بر این باور است که در صورت فراهم کردن زیرساخت‌ها و سرمایه مناسب، این دریاچه در توسعه و رشد صنعت توریسم یک پتانسیل خوب می‌باشد.

جعفری و کریمی (۱۳۸۸) د رمطالعه خود بیان داشتند که با توجه به اینکه زریبار از مناطق گردشگری می‌باشد و پذیرای بازدیدکنندگان زیادی است لذا فقدان امکانات رفاهی مناسب برای توسعه گردشگری در آنجا یکی از عوامل عدم توسعه آن است و این امر نیازمند آن است که اقداماتی جهت توسعه‌ی این منطقه با کم‌ترین میزان تخریب منابع طبیعی صورت گیرد. پژوهش انجام شده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق اطلاعات مربوط به امر گردشگری، شیب، گسل، فاصله از رودخانه، و... با استفاده از مدل همپوشانی وزنی به تعیین مکان مناسب برای دهکده‌های گردشگری پرداختند. نتایج اولیه پژوهش حاکی از آن بود که قسمت‌های شمالی و به‌خصوص جنوبی برای ایجاد مراکز رفاهی و گردشگری مناسب می‌باشد.

منبری و ملگی(۱۳۹۰) با تحلیلی از ژئوتوریسم (شاخه جدید گردشگری) و با تأکید بر مسائل اقلیمی (زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، منابع آب و عوامل انسانی جاذبه‌های اجتماعی، فرهنگی و تاریخی) نقش هرکدام از این عوامل را در ایجاد ژئوپارک (Geopark) و رونق گردشگری بررسی کرده‌اند. آن‌ها اظهار داشتند که دریاچه زریبار مریوان با دارا بودن جاذبه‌های متعدد طبیعی بستر مناسبی جهت اجرای برنامه‌های توسعه گردشگری و راهکاری جهت معرفی و ایجاد ژئوپارک فراهم آورده است.

تقیلو و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی توان و استعدادهای گردشگری، زمین‌ساختی و فرهنگی دریاچه زریبار پرداختند. نتایج الگوها نشان داد شاخص‌های ارزش علمی سطح پایداری و جغرافیایی دیرینه، با سطح کیفی متوسط و خوب و زیرشاخص‌های ارزش افزوده به لحاظ اکولوژیک (متوسط)، فرهنگی (خوب)، زیبایی (خوب) و اقتصادی نیز (خوب) ارزیابی شد.

ضیایی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای مدل ردپای اکولوژیک، فعالیت‌های معرفی گردشگران با تعیین سطح ایمنی اکولوژیک، ظرفیت تحمل اکولوژیک دریاچه زریبار را محاسبه کرده‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر آن است که ظرفیت زیستی دریاچه زریبار از ردپای گردشگران بیش‌تر است در صورتی که تعداد بازدیدکنندگان کم‌تر از ۵۰۰۰۰۰ نفر باشند وضعیت دریاچه خوب و در سطح ۱ قرار خواهد گرفت. این مسئله بازگوکننده لزوم یک نظارت جدی و برنامه‌ای مدون برای مدیریت گردشگران به نواحی گردشگری می‌باشد.

اسعدی و همکاران (۱۴۰۰) براساس مدل چند هدفه‌ی نظریه‌ی بازی (MOGT) به‌عنوان ابزاری برای حل تعارض بین توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست در حوضه آبخیز دریاچه زریبار را بررسی کردند. با مقایسه نتایج مدل برنامه‌ریزی معمولی چند هدفه و مدل بازی بر مبنای دوره‌های چانه‌زنی، برتری مدل (MOGT) نسبت به مدل متعارف برنامه‌ریزی چند هدفه تأیید شده است و می‌تواند براساس اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان راه‌های مناسب‌تری ارائه دهد.

ایزدی محمد و همکاران (۱۴۰۰) با آسیب‌شناسی دو روستای توسعه گردشگری تالاب زریبار، به‌عنوان یک جاذبه ژئوتوریستی، بهره‌مندی اقتصادی روستائیان از منافع توسعه گردشگری تالاب را ارزیابی کرده‌اند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، بهره‌مندی اقتصادی نواحی روستایی کولان و کانی‌سانان از منافع سیاست‌گذاری و مدیریت (در دو عرصه گردشگری و توسعه

اقتصادی روستایی)، نامناسب بودن محیط کسب و کار منطقه، مدیریت امنیتی مرز، کمبود امکانات رفاهی، اقامتی و خدماتی، عدم اطلاع‌رسانی مناسب و کمبود سرمایه لحاظ شده است.

کامران و توره (۱۴۰۰) عوامل مؤثر بر توسعه کارآفرینی از طریق گردشگری در روستاهای اطراف زریبار را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد توسعه کارآفرینی از طریق گردشگری شامل عوامل اقتصادی، اجتماعی، طبیعی، محیطی، سازمانی و فردی است و در این میان مهم‌ترین عامل، عامل اقتصادی‌ست.

محمدی و همکاران (۱۴۰۰) با اشاره به نقش حیاتی دریاچه‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی، منبع غنی آبی، غذایی، توریستی و زیست‌محیطی بیان کردند که عدم مدیریت مناسب می‌تواند برای حیات این نواحی مخاطره‌آمیز باشد. زنگ خطر دریاچه زریبار در سال‌های اخیر به‌دلیل سوء مدیریت، عدم توجه به جنبه‌های زیست‌محیطی و توسعه شهرنشینی به صدا درآمده است. این عوامل منجر به مسائلی از جمله آلوده شده دریاچه، از بین رفتن پستانداران، پرندگان بومی و غیربومی و آبزیان شده است.

Ingelmo (۲۰۱۳) دریاچه اینله که دومین دریاچه بزرگ میانمار است و چندین گروه قومی در آنجا زندگی می‌کنند را مورد ارزیابی قرار داد. افراد بومی منطقه مورد مطالعه دهه‌ها است که درآمد خود را از دریاچه به‌دست می‌آورند این امر منجر به چالش‌های زیست‌محیطی در راستای اکوسیستم دریاچه (ماهی‌های بومی، حلزون‌ها و پرندگان مهاجر) شده است. که ناشی از مدیریت نامناسب و عدم وجود قوانین محدودکننده می‌باشد. مطالعات انجام شده صنعت گردشگری را برای حفظ این منبع معرفی کرده است، چون می‌تواند با درآمدزایی برای افراد محلی از فشار بر منابع این منطقه بکاهد.

Hazem و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با ارزیابی دریاچه بورولوس (جاذبه گردشگری مصر) به این نتیجه رسیدندکه برنامه مدیریتی هدفمند با بهره‌گیری از خدمات نوین برای حفظ مناطق حفاظت‌شده، مفید و منجر به رشد اقتصادی خواهد شد.

Rong و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی سطح آب بزرگترین دریاچه آفریقا (ویکتوریا) و تأثیر آن بر سه عامل (سطح رشد، نابرابری و اقتصادی) دریافتند حجم آب به‌طور مستقیم بر میزان معیشت افراد تأثیرگذار است، اما در رشد اقتصادی اثر چشمگیری ندارد. اما در اوگاندا سطح آب بر توسعه اقتصادی پایدار مستقیماً اثرگذار بوده است.

Su و همکاران (۲۰۲۴) دولت چین براساس سیاستی به‌عنوان توسعه اقتصاد سبز که مختص به مناطق گردشگری طبیعی می‌باشد، توانسته است ضمن پایداری محیط‌زیست با بهره‌گیری از فناوری، توسعه‌ی اقتصادی را هم افزایش دهد. منطقه اقتصادی اکولوژیک دریاچه دانگتینگ که به‌شدت آلوده شده بود، براساس سیاست توسعه سبز با تمرکز بر جذب سرمایه‌گذاری خارجی و ارتقای فناوری، آلودگی انتشار دی‌اکسید گوگرد ۶۸ درصد کم شده است. این نتیجه زمانی حاصل شد که ۳۷ درصد از فاضلاب‌های صنعتی وارد شده به این محل در نتیجه ارتقاء فناوری کاهش یافت. مناطق بوم‌شناختی زمانی که بر فناوری متکی باشند و پایداری محیط‌زیست را مدنظر قراردهند باعث توسعه اقتصادی نیز خواهند شد.

Mteti و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی پتانسیل گردشگری فرهنگی در مدار جنوبی تانزانیا را بررسی کرده‌اند. یافته‌ها بیانگر اثرگذاری متغیرهای تحصیلات، جایگاه اجتماعی، اقتصادی و هویت فرهنگی افراد در ارزش‌گذاری محیطی پدیده‌های فرهنگی گردشگری است. لذا مشارکت افراد بومی در این حوزه بسیار با اهمیت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های انجام شده تأکید بر بهره‌مندی از تکنولوژی را به‌عنوان عامل پایداری منابع طبیعی ذکر کرده‌اند. در نهایت در دنیای پر هیاهوی امروز بهترین مأمنی که آدم را به آرامش دعوت می‌کند مناطق بکر و طبیعی می‌باشد. محیط‌زیستی که می‌تواند به رونق اقتصاد کمک کند، اما در صورت تخریب آن ضمن تغییر اکولوژیک، زیان‌های جبران‌ناپذیری عاید انسان می‌شود. امروزه با به‌کارگیری تکنولوژی، می‌توان با هزینه‌ای کم‌تر آسیب‌های زیست‌محیطی را کاهش داده و به پایداری کمک کرد. هم‌چنین طبق مطالعات (Hazem *et al.*, 2023; Su *et al.*, 2024) با به‌کارگیری فناوری‌های جدید و سرمایه‌گذاری بر مناطق اکولوژیک و توریستی با هدف حفظ محیط‌زیست، بهره‌وری از مناطق بکر قطعاً موجب رونق اقتصادی خواهد شد.

منابع

اسعدی، م.، وکیل پور، م.، مرتضوی، ا.، عبدالهی، ک. ۱۴۰۰. **کاربرد مدل نظریه بازی چندهدفه در تعیین تعادل اقتصادی – محیط‌زیستی حوضه آبخیز دریاچه زریبار مریوان.** فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. دوره ۱۱. شماره ۴۴.

افتخاری، ع. و خلیفه‌زاده، ر.۱۳۹۷. **اهمیت مراتع از جنبه‌های محیط زیستی، تولید آب و راهکارهای مدیریت صحیح.** هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران، صفحات ۳۱-۱.

ایرانی، ج. ۱۳۷۹. **دریاچه زریبار از نگاهی دیگر -۳.** رشد آموزش جغرافیا. شماره ۵۶، صفحات ۴۳-۳۸.

ایزدی محمد، ح.، چوبچیان، ش.، بیژنی، م.۱۴۰۰. **تحلیل وضعیت و برنامه‌ریزی راهبردی تأثیر بالقوه زمین گردشگری تالاب زریبار در توسعه اقتصادی نواحی روستایی پیرامون.** پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. تربیت مدرس.

تقیلو، ع.، اصغری، ص.، سلطانی، ن.، آفتاب، ا. ۱۳۹۶. **تحلیل و ارزیابی توان ژئوتوریستی دریاچه زریبار. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی.** شماره ۶۸. صفحات ۳۲-۱۷.

جعفری، غ.، کریمی، س. ۱۳۸۸. **مکانیابی دهکده‌های گردشگری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه موردی: دریاچه زریبار شهرستان مریوان.** اندیشه جغرافیایی. شماره ۶.

دهقانیان، س. و دین قزلی، ف..۱۳۸۹. **اقتصاد منابع طبیعی، محیطزیست و سیاستگذاری‌ها** (E, Kula. Economic of natural resources, the environment and plocies). چاپ سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۳ ص.

شانازی، ک.، اعظمی، م. ۱۳۹۵. **ارزیابی اثرات تالاب زریبار بر معیشت پایدار روستائیان حاشیه تالاب در شهرستان مریوان.** پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا. ۱۹۳ ص.

ضیایی، م.، قادری، ا.، احمدی، س.۱۳۹۶. **تعیین ظرفیت تحمل و ردپای اکولوژیکی در مقصدهای طبیعت‌گردی(موردشناسی: دریاچه زریبار).** جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای. شماره ۲۵. صفحات ۵۶-۳۹.

محمدی، ا.، محمدی، ح.، بازگیر، س. ۱۴۰۰. **اثرات توسعه شهر مریوان بر مخاطرات محیط‌زیست دریاچه زریبار.** پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

معروفی، ح.، علی احیایی، ع. ۱۳۹۵. **دریاچه زریبار، بزرگترین چشمه آب شیرین ایران.** نشریه طبیعت ایران. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۶۵-۶۰.

منبری، ف.، ملکی، ا. ۱۳۹۰. **ژئومورفولوژی دریاچه زریبار و نقش آن در توسعه صنعت توریسم و گردشگری به عنوان ژئوپارک.** پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی.

ولایتی، س.۱۳۸۶. **آبخیزداری**، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران، چاپ اول، ۲۴۸ ص.

Campbell, M., Cooper, M.J., Friedman, K. 2015. **Anderson, W. P. The economy as a driver of change in the Great Lake- St. Lawrence River basin.** Journal of Lake Research, 41: 83-69.

Ingelmo, I.A. 2013. **Design and Development of a Sustainable Tourism Indicator based in Inle Lake, Myanmar**. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 103: 262-272.

Mahar, N., Dobriyal, P., Badola, R., Hussain, S.A. 2023. **Tourism on the roof the world: Socio-ecological impacts of tourism on the Indian Trans- Himalya**. Land Use Policy, 138:

Mteti, S.H., Mpambije, C.J., Manyerere, D.J. 2025. **Unlocking cultural tourism: Local community awareness and perceptions of cultural heritage resources in Katavi Region in southern circuit of Tanzania**. Social Sciences & Humanities.

Shah, S., Sen, S., Sahoo, D. 2024. **State of Indian Northwestern Himalayan lakes under human and climate impacts: A review**. Ecological Indicators, 160:

Su, W., Xia, X., Xie, Ch., Saniuk, S., Grabowska, S. 2024. **Does ecological economic zone policy affect pollutant emission: Evidence from a case study of Dongting Lake**. Science of The Total Environment, 929.

T. abd El- Hamid, H.M., Toubar, M., Zarzoura, F.A., EL-AL-Alfy, M. 2023. **Ecosystem services based on land use/ cover and socio-economic factors in Lake Burullus, a Ramsar Site, Egypt,** Remote Sensing Applications: Society and Environment.

Yu, J., Rong, Y., Lin, Y., Li, X., Gao, Ch., Zhang, T., Zhou, X., Cai, J., Sneeuw, N. 2023. **Spatiotemporal dynamic impacts of Lake Victoria water volume variations on sustainable economic development**, Applied Earth Observation and Geoinformation. 123.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

پایش خشکسالی و اثرات آن بر پوشش گیاهی و تغییرات وسعت آب با استفاده از داده‌های سنجش از دور در حوضه دریاچه زریبار

مطلّب بایزیدی[۱]، مهری کاکی[۲]، محسن شهبازی[۳]

۱-استادیار، گروه مهندسی آب، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران. m.byzedi@iausdj.ac.ir

۲-کارشناسی ارشد، فارغ التحصیل مهندسی علوم آب گرایش منابع آب، دانشگاه تبریز، تبری، ایران. mehrykaki67@gmail.com

۳-کارشناس اداره امور آب شهرستان مریوان، ایران geology77.ab85@gmail.com

چکیده

ارزیابی خطرات خشکسالی به‌دلیل تأثیرات اجتماعی-اقتصادی آن‌ها بر منابع آب، کشاورزی و اکوسیستم‌ها حائز اهمیت است. در این تحقیق اثرات خشکسالی بر تغییر مساحت و تاج آب حوضه دریاچه زریبار در استان کردستان محاسبه شد. برای این منظور شاخص بارش استاندارد (SPI) در دوره‌های کوتاه و متوسط (یک ماهه و سه ماهه) برای تعیین دوره‌های خشکی در حوضه دریاچه زریبار استفاده شد. علاوه بر این، داده‌های سنجش از دور برای محاسبه شاخص تفاوت شده گیاهی (NDVI) و شاخص آب (NDWI) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج شاخص خشکسالی SPI به‌دست آمده با داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه هواشناسی زریبار نشان داد که شدیدترین خشکسالی در اردیبهشت سال ۱۴۰۰ با فرکانس ۳/۰۵- اتفاق افتاد و مرطوب‌ترین ماه‌ها در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ رخ داده است. با تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و نرمال شده آب، سطح دریاچه در طول سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴ از ۸/۴۵ به ۸/۰۷ کیلومتر مربع کاهش یافته است.

کلید واژه‌ها: شاخص پوشش گیاهی، تصاویر ماهواره‌ای، شاخص نرمال شده آب.

Drought monitoring and its effects on vegetation and water extent changes using remote sensing data in Lake Zrebar

Abstract

The assessment of drought hazards is important due to their socio-economic impacts on water resources, agriculture, and ecosystems. In this study, the effects of drought on changing water area and canopy of the Lake Zrebar in the Kurdestan have been monitored and evaluated. For this purpose, the Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated in short and medium periods (1-month and 3-month) to determine the dry-spell periods in the Lake Zrebar. In addition, remote sensing data were used to calculate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI). The SPI drought index results obtained with the monthly rainfall data of the Zrebar meteorological station showed that the most severe drought occurred in Ordibehesht 1400 with a frequency of -3.05 and the wettest months occurred in years 2015 to 2019. By analyzing satellite images using vegetation and normalized water indices, lake level has decreased from 8.45 to 8.07 km2 during years 1995 to 2024.

Keywords: the Normalized Difference Vegetation Index, Remote Sensing, Normalized Difference Water Index.

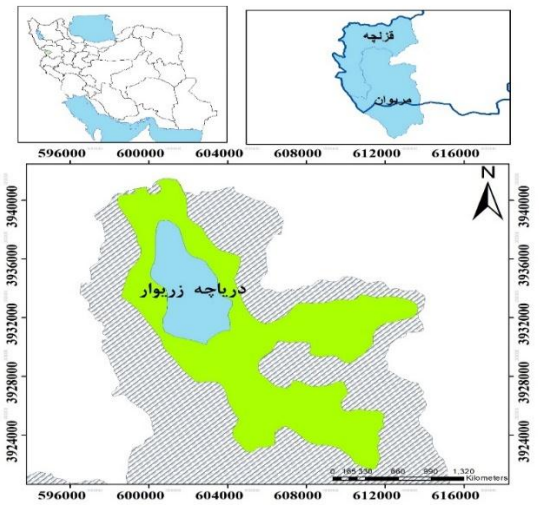
مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی، منطقه‌ای و گاهی با شدت، مدت و فرکانس همراه است (Palmer 1965; Rossi *et al.*, 1992). خطر خشکسالی از جمله بلایای طبیعی است که زندگی مردم را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد و پیامدهای شدید و متداوم دارد (Mishra and Desai, 2005). در دهه‌های گذشته، خشکسالی‌ها اثرات مخربی بر اکولوژی، مدیریت منابع آب و فرآیندهای زیست‌محیطی داشته است (Rojas *et al.*, 2011) و نیاز به ثبت و تجزیه و تحلیل گسترده دارد. پایش مکانی و زمانی خشکسالی فرآیندی پیچیده است و طی چند دهه توسعه یافته است(Nalbantis 2008; Diaz *et al.*, 2020). از شاخص‌های خشکسالی مانند ناهنجاری‌های آب برای پایش و شناسایی کم‌آبی و دوره‌های خشک استفاده می‌شود (دیاز و همکاران ۲۰۲۰). با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان مکانی، زمانی و شدت (سختی) خشکسالی را تعیین کرد. (Benedetti *et al.*, 1994) خطرات خشکسالی می‌تواند بر مؤلفه‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف تأثیر بگذارد. در این زمینه مطالعات زیادی انجام شده است که می‌توان به مطالعاتLuo و همکاران (۲۰۱۶)، Saberi و همکاران (۲۰۱۸)، Zhang و همکاران (۲۰۲۰) و Helali و همکاران (۲۰۲۲) اشاره نمود. در این پژوهش با توجه به اینکه موضوع بررسی خشکسالی و تغییرات پوشش گیاهی یکی از موضوعات مهم در حفظ اکوسیستم است لذا بررسی خشکسالی با شاخص SPI و تغییرات پوشش گیاهی با دو شاخص گیاهی و نرمال شده آب محدوده دریاچه زریبار انجام شد و برای انجام آن از داده بارندگی ایستگاه بارانسنجی زریبار و تصاویر ماهواره‌ای سنتیل ۱ طی دوره‌ی آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴ استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

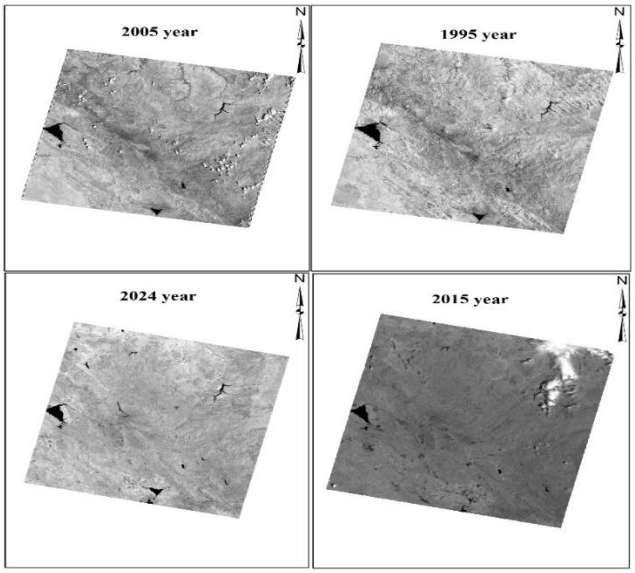
دریاچه زریبار در ´۳۲ °۳۵ شمالی و ´۰۸ °۴۶ شرقی و ۳ کیلومتری شهر مریوان واقع در استان کردستان ایران قرار دارد. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۱۲۰ متر و حداقل ارتفاع آن در محل خروجی تالاب ۱۲۸۵ متر از سطح دریا می‌باشد. دریاچه دارای طول ۵ کیلومتر، حداکثر عرض ۱/۶ کیلومتر، حداکثر عمق ۶ متر، مساحت ۸/۹ کیلومترمربع و حجم ۳۰ میلیون مترمکعب است (ایمانی و همکاران، ۲۰۱۷). مساحت کاسه تالاب حدود ۸/۳ است که با حواشی نیزار جمعاً ۲۰/۲ کیلومتر مربع وسعت دارد (شکل ۱). این موضوع طبق گزارشات باعث شده تا بتوان به‌راحتی بر روی آن قایقرانی کرد. دریاچه زریبار یکی از دریاچه‌های آب شیرین بزرگ است که دورتادور آن با کوه‌هایی زیبا از درختان و مراتع احاطه شده است که جلوه‌ای منحصر به فرد به این دریاچه می‌دهند. آب این دریاچه از چشمه‌های بستر دریاچه و همچنین بارندگی تأمین می‌شود. این دریاچه در سال ۱۳۸۹ در فهرست میراث طبیعی ایران به ثبت رسیده است. همچنین این تالاب از سال ۱۳۸۸ به‌عنوان پناهگاه حیات وحش تحت نظر محیط‌زیست قرار دارد. طبق گزارش سازمان محیط‌زیست دریاچه با مشکلاتی اعم از ورود فاضلاب شهری به داخل دریاچه و پوشش گیاهی و رشد جلبک در اعماق آن و رشد نیزار روی سطح دریاچه روبه‌روست (آمار و اطلاعات سازمان محیط‌زیست، ۲۰۱۶).



شکل ۱: موقعیت دریاچه زریبار در کردستان ایران

روش تحقیق

ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست به‌عنوان داده اصلی و داده آماری هواشناسی بارندگی به‌منظور ارزیابی نتایج، اخذ و جمع‌آوری شدند. بعد از تصحیحات و پیش‌پردازش‌های مورد نظر روی تصاویر، اقدام به استخراج شاخص NDVI و تولید تصاویر سری زمانی در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 انجام شد.



شکل ۲: تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ محدوده دریاچه زریبار

شاخص SPI

یک شاخص خشکسالی برای تعیین تفاوت بین بارش مشاهده شده و میانگین بلند مدت است. با توجه به هدف مطالعه در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شود. این شاخص به‌عنوان اثرات بارندگی کمبود منابع آب، آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک، و جریان رودخانه از طریق تأخیر پاسخ در نظر گرفته می‌شود (McKee *et al.*, 1995). کلاس‌بندی این شاخص در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: کلاس‌بندی شاخص SPI (McKee *et al.*, 1995)

کلاس‌بندی	مقادیر SPI
شدید مرطوب	۲<
خیلی مرطوب	۱/۹۹ تا ۱/۵
متوسط مرطوب	۱/۴۹ تا ۱
رطوبت ملایم	۰/۹۹ تا ۰/۵
نرمال	۰/۵ تا ۰/۴۹-
خشکی ملایم	۰/۵-تا ۰/۹۹-
خشکی متوسط	۱-تا ۱/۴۹-
خشکی زیاد	۱/۵-تا ۱/۹۹-
شدید خشک	۲->

شاخص نرمال شده گیاهی NDVI

یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌هایی است که بر تعامل بین تغییرات در میزان پوشش تاج زیست‌توده، محتوای کلروفیل و تنش آبی تأکید دارد.از معادله (۱) برای محاسبه مقادیر NDVI تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد (Kriegler *et al.*, 1969).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$ معادله (۱)

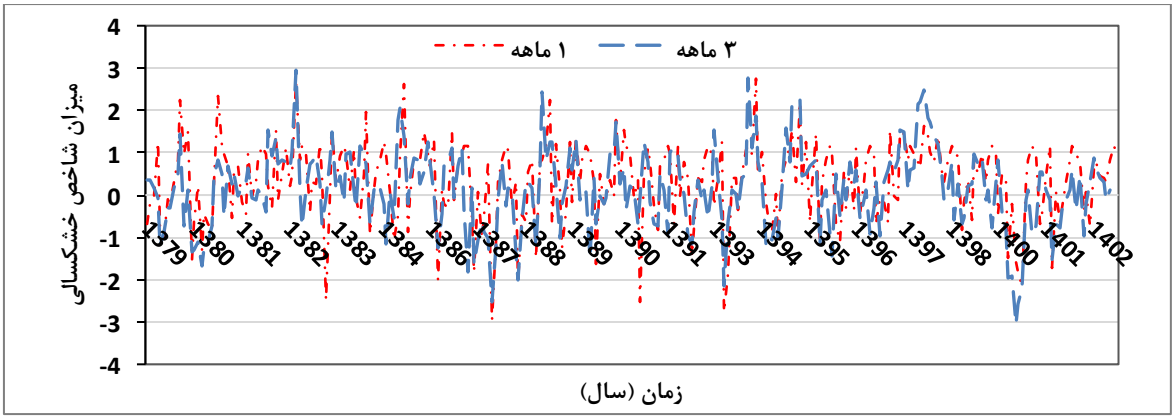
شاخص NDWI

NDWI به‌طور مؤثری میزان رطوبت را اندازه‌گیری می‌کند، اغلب باNDMI، که به نام NDWI GAO نیز شناخته می‌شود، مقایسه می‌شود. در واقع، تفاوت عمده‌ای در نحوه محاسبه و استفاده از این دو وجود دارد. این شاخص طبق معادله (۲) محاسبه می‌شود.

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR}$$ معادله (۲)

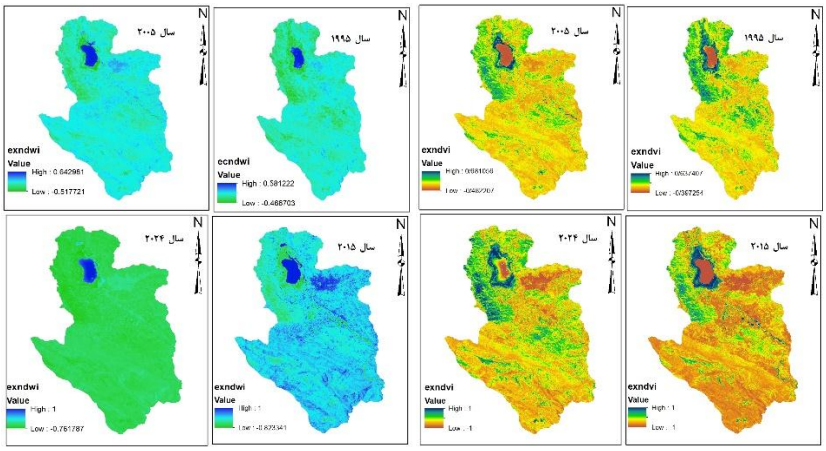
نتایج و بحث

شاخص خشکسالی نرمال بارندگی ماهانه ایستگاه زریبار طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۴۰۲) برای یک ماهه و سه ماهه محاسبه شد و در شکل ۳ نمودار آن ارائه شده است. براین اساس بیشترین میزان شاخص خشکسالی یک ماهه شدید در فروردین سال ۱۳۸۷ با شدت ۲/۹۶- و در سه ماهه شدیدترین خشکسالی در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ با شدت ۳/۰۵- به‌دست آمد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود شاخص بیشترین رطوبت در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ بوده است و بیشترین خشکسالی که تداوم زیادی داشته است در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ رخ داده است.



شکل ۳: شاخص خشکسالی (SPI) در دوره آماری (۱۳۷۹-۱۴۰۲) ایستگاه زریبار

مقادیر NDWI معمولاً بین ۱- تا ۱+ متغیر است، براساس این شاخص مقادیر مثبت نزدیک یک نشان‌دهنده وجود آب و رطوبت است، مانند تالاب‌ها، دریاچه‌ها و یا گیاهان مرطوب است. براساس نقشه‌های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای مساحت دریاچه در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۵، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ به‌ترتیب دارای سطح ۸/۴۵، ۸/۳۰، ۸/۳۱ و ۸/۰۷ کیلومتر مربع به‌دست آمد، تغییرات پهنه آبی دریاچه‌ها کشور در طی دوره‌ی ۱۳۷۷-۱۴۰۰ در پژوهش حجی‌پور و همکاران (۱۴۰۳) نشان داد که در دریاچه زریبار در ابتدای دوره دارای سطح ۱۰/۸۷ کیلومترمربع و در انتهای دوره به ۷/۵ کیلومترمربع روند کاهشی داشته است. نتایج نشان می‌دهد که بارندگی‌ها و وجود رشد نیزارها در این دریاچه عامل اصلی و مهم است که بایستی سازمان‌های ذیربط با اهمیت بیشتر به این مسئله نگاه و برنامه‌هایی برای آن تدوین نمایند. شاخص گیاهی NDVI بین (۰/۱ تا ۰/۰۵) برای مناطق گیاهی تنک و (۰/۶ تا ۰/۱) برای مناطق گیاهی معمولی و نیمه‌متراکم و (۰/۷ تا ۰/۶) برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و انبوه می‌باشند. آب، برف و یخ دارای مقادیر NDVI منفی می‌باشند. خاک‌ها نیز دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ می‌باشند و ابرها نیز عموماً دارای مقادیر NDVI برابر صفر می‌باشند. مطابق تصاویر شکل ۳ شاخص گیاهی NDVI دریاچه زریبار نشان داد که در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ شاخص بین ۰/۳۹-تا ۰/۶۴+ متغیر بوده و در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ شاخص بین ۱-تا ۱+ متغیر بوده است. طبق تعریف شاخص در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ قسمت غرب دریاچه در سال‌های اخیر از نظر پوشش گیاهی متراکم‌تر و انبوه‌تر از سال‌های قبل از آن یعنی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ به‌دست آمد. سطح دریاچه در سال ۲۰۲۴ طبق شاخص گیاهی NDVI کاهش یافته است. افزایش شاخص خشکسالی SPI درسال ۱۴۰۰ و رخ دادن حداکثر خشکسالی می‌تواند نشان‌دهنده رابطه مستقیم این شاخص با میزان خشکسالی باشد.



شکل ۴: الف) شاخص NDVI و ب) شاخص NDWI برای حوضه دریاچه زریبا

مراجع

حجی‌پور، م.، امیرآبادی‌زاده، م.س.، صادقی، ح. ۱۴۰۳. **مخاطرات دریاچه‌های رو به خشکی ایران برای سکونتگاه‌های انسانی پیرامونی و راهکارهای مقابله با آن**. مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۲، ۱۰۸-۱۲۲.

2-Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G., Giakoumakis, S. 1992. **On regional drought estimation and analysis**. Water Resources Management, 6: 249-277.

3-Palmer, W.C. 1965. **Meteorological Drought**, Vol. 30. US Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, DC.

4-McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. 1995. **Drought monitoring with multiple time scales**. In: Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology, 15–20 January, Dallas, TX. American Meteorological Society, pp. 233-236.

5-Mishra, A.K., Desai, V.R. 2005. **Drought forecasting using stochastic models**. Journal Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 19(5): 326-339.

6-Nalbantis, I. 2008. **Evaluation of a hydrological drought index**. Journal European Water, 23(24), 67-77.

7-Rojas, O., Vrieling, A., Rembold, F. 2011. **Assessing drought probability for agricultural areas in Africa with coarse resolution remote sensing imagery**. Remote Sensing of Environment 115(2): 343–352.

8-Diaz, V., Gerald, A., Perez, C., Henny, A. J., Lanen, V., Solomatine, D., Varouchakis, E.A. 2020. **An approach to characterise spatiotemporal drought dynamics**. Advances in Water Resources, 137: 103512.

9-Benedetti, R., Rossini, P., Taddei, R. 1994. **Vegetation classification in the middle Mediterranean area by satellite data**. International Journal of Remote Sensing, 15(3): 583-596.

10-Saberi, A., Soltanigordfaramarzi, S., Miryaghoubzadeh, M.H. 2018. **Study of drought using meteorological and remote sensing data (Azarbaijan province)**. Journal of Earth and Space Physics, 44(2): 439-461.

11-Luo, J., Li, X., Ma, R., Li, F., Duan, H., Hu, W., Qin, B., Huang, W. 2016. **Applying remote sensing techniques to monitoring seasonal and interannual changes of aquatic vegetation in Taihu Lake, China**. Ecological Indicators, 60: 503–513.

12-Zhang, J., Ding, J., Wu, P. 2020. **Assessing arid inland lake watershed area and vegetation response to multiple temporal scales of drought across the Ebinur Lake watershed**. Scientific Reports, 10:1354.

13-Helali, J., Asaadi, Sh., Jafarie, T., Habibi, M., Salimi, S., Momenpour., S.E., Shamoradi, S., Hosseini S.A., Hessari, B., Saedi, V. 2022. **Drought monitoring and its effects on vegetation and water extent changes using remote sensing data in Urmia Lake watershed, Iran**. Journal of water & Climate Change, 13(5).

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توئزینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

پایش تغییرات سطح آب دریاچه زریبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

داود حیدری[۱]، کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

زهرا عزیزی[۲*]، نویسنده مسئول، استادیار دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران (zazizi@srbiau.ac.ir)

سعید بهزادی[۳]، استادیار تمام وقت دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

چکیده

یکی از کاربردهای مهم علم سنجش از دور در مدیریت منابع آبی است و یکی از این مدیریت‌ها زیر نظر داشتن تغییرات منابع آب است.دریاچه زریبار مریوان در سال‌های اخیر مورد توجه نهادهای زیست‌محیطی بوده و هشدارهایی در مورد آینده آن، با توجه به تغییرات مشاهده شده، اعلام شده است. در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و انجام پیش‌پردازش‌ها و پردازش‌های پایش تغییرات، تغییرات دریاچه مورد بررسی قرار داده شد. و برای این کار از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده گردید و دوره زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ برای پایش تغییرات سطح آب دریاچه (لندست ۵ و ۷ و ۸) مورد استفاده قرار گرفت. موقعیت دریاچه در ردیف ۳۵ و گذر ۱۶۸ قرار دارد. و از پردازش طبقه‌بندی در نرم‌افزار ENVI استفاده شد و در آن سطح آب دریاچه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

واژگان کلیدی: دریاچه زریبار، تغییرات سطح، سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای

Monitoring changes of water source in Zrebar Lake using satellite imagery

Davood Heidari[1], M.Sc Remote sensing and GIS,Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Zahra Azizi[2*], Assistant Professor, Department of GIS-RS, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (zazizi@srbiau.ac.ir)

Saeid Behzadi[3], Assistant Professor, Department of GIS-RS, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

One of the important uses of remote sensing science is management of water resources and one of these management is monitoring of changes in water resources. Recently, Zrebar Lake is under consideration of different environmental organization and some alarms about future of it have been aclaimed which are based on the observed changes. In this study, the changes in Zaribar Lake have been assessed by remote sensing techniques and doing of preprocessing and estimated changes processing. And, for doing this study, we have used the data and satellite images of Landsat. And we have used a period of time between 1985-2015 for estimated changes of surface changes and vegetation of Zrebar Lake. (Landsat 5,7,8) Lake position in row 35 and path is 168. And for the processing classification was used in software ENVI.

Keywords: Zrebar Lake, Surface changes, Images of satellite, Remote Sensing.

مقدمه

تالاب زریوار از جمله بوم سازگان‌های حساس ناحیه غرب کشور می‌باشد که به علت وضع خاص ؛ در تیررس استفاده نامعقول قرار گرفته و اثرات نامطلوب ۸ سال جنگ را نیز تحمل نموده است. روند کنونی کاهش آب‌های زیر زمینی و سطحی، یکی از بحران‌های آینده را کم بود آب رقم می‌زند. از طرفی، ایران کشور کم آبی است و با معضلات بزرگی چون خشک شدن دریاچه ارومیه، دریاچه هامون وپایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و... مواجه است. (۱). در این میان، دریاچه آب شیرین زریبار نیز با مسایلی مواجه است ازجمله، وارد شدن فاضلاب شهری به آب دریاچه و رویش و رشد جلبکزارها در عمق آن و نیزارهای وسیع در کف دریاچه (۲).

دریاچه زریبار (زریبار =Zrebar) مریوان یکی از دریاچه‌های آب شیرین غرب ایران می‌باشد که از آب چشمه‌هایی که از کف دریاچه بیرون می‌جهند و همچنین بارش‌ها به‌وجود آمده است؛ که در ضلع شمال غربی شهر مریوان واقع شده است. ارتفاع دریاچه ۱۲۸۰ متر بوده که زمستان‌های سرد سطح دریاچه یخ می‌زند. طول دریاچه در حدود ۶ کیلومتر و عرض آن ۳ کیلومتر می‌باشد. عمق دریاچه از ۶ متر بیشتر نمی‌شود و حدود ۳۰ میلیون مترمکعب آب در خود دارد (۳). میانگین بارش در منطقه مریوان به نسبت مناطق مجاور خود بیشتر بوده و در حدود ۷۸۶ میلی‌متر می‌باشد (۴).

دریاچه زریبار مریوان با اکوسیستم ذکر شده و مناظر دیدنی یکی از مناطق اصلی گردشگری و توریستی استان کردستان می‌باشد. در دست داشتن تغییرات کمی و کیفی آب دریاچه از مهمترین پارامترهای سلامت دریاچه بوده و در سال‌های اخیر جلبک‌ها از کف دریاچه رشد فراوانی کرده‌اند و نیزارهای زیادی در حواشی دریاچه به‌وجود آمده‌اند؛ که احتمال آن می‌رود که دریاچه به مردابی تبدیل شود. در این تحقیق سعی بر آن است تا با کمک سنجش از دور تغییرات سطح آب دریاچه را در یک دوره زمان مشخص کند تا با کمک این اطلاعات امکان برنامه‌ریزی‌های مناسب و آینده آن را پیش‌بینی کرد.

یکی از مهمترین معظلات زندگی انسانی نزدیک دریاچه وارد شدن بخشی از فاضلاب شهر مریوان و همچنین هفت روستای اطراف دریاچه به‌طور مستقیم به درون این دریاچه است. که اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی فراوانی بر این تالاب گزارده است. که علاوه بر تغییرات دمایی، موجب برهم خوردن اکوسیستم حیات جانداران درون دریاچه شده است. با توجه به بالا بودن حجم فاضلاب و همچنین کوچک بودن دریاچه خطر بزرگی در کمین دریاچه می‌باشد.

با توجه به اینکه دریاچه زریبار از جوشش چشمه‌هایی زیر خود حیات دارد، در دنباله آن رودخانه‌ای از دریاچه خارج می‌شود که با ساخت سدی در سال ۱۳۷۶ برابر این رود که در قسمت خروجی دریاچه احداث شده که مانع خروج پسماندها و جلبک‌ها و می‌شود و موجب فشار بر چشمه‌های جوشان زیر دریاچه می‌شود.

سنجش از دور یا دورکاوی (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌جهت راحتی کار، سرعت بالا و هزینه کم در مقایسه با سایر رشته‌ها، امروزه به‌صورت ابزاری قدرتمند در دست متخصصان و دانشمندان علوم مختلف، راهگشای مسائل عدیده در جهان گردیده است. پیشرفت و گسترش سامانه‌های اطلاعات مکانی و توان بالای این سامانه‌ها درمدیریت، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی، محققین علوم مختلف را بر آن داشته است تا در تحقیقاتشان از این فناوری بهره جویند.

تصاویر ماهواره‌ای به‌دلیل خصوصیت ویژه خود از قبیل تکراری بودن، رقومی بودن و غیره این امکان را به‌وجود آورده‌اند که پژوهشگران بتوانند روند تهیه و به هنگام‌سازی انواع نقشه‌های مورد نیاز در علوم کاربردی و مهندسی را تسریع بخشند. کارشناسان و مسئولین از راه به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مقوله مهندسی و مدیریت ساحل می‌تواند ضمن مشخص نمودن تغییرات این مناطق و روند آن بر تغییرات آینده نیز پیش‌بینی‌هایی ارائه نمایند.

پیشینه تحقیق

Mozafari وNaremjifard (۲۰۱۴) اثرات بارش باران را بر تغییرات سطح دریاچه سد ماهارلو مورد بررسی قرار دادند و از تکنیک‌های سنجش از دور استفاده کردند. آنها از دوره ۱۰ ساله تصاویر لندست ۲۰۰۰-۱۹۹۹ استفاده کردند (۵).

Markogianni و همکاران (۲۰۱۳) کاربری زمین و پوشش گیاهی دریاچه Plastria یونان را با استفاده از تکنیک‌های

سنجش از دور مورد بررسی قرا دادند. آنها از شاخص NDVI و آزمون‌های آماری k-means استفاده کردند (۶). عمرانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ به مطالعه تغییرات پوشش گیاهی دریاچه ارومیه پرداختند (۷). Bhargava and Mariam (۱۹۹۲) تأثیر توأم شوری و رسوبات جامد معلق را بر میزان انعکاس طیفی آب در آزمایشگاه مورد بررسی قرار دادند (۸). یوسفی و همکاران (۱۳۹۲) بررسی روند تغییرات جنگل‌های زاگرس با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را در منطقه مریوان انجام دادند (۹). نعیمی نظام‌آباد و همکاران (۱۳۸۹) بررسی تغییرات خط ساحلی خلیج فارس را با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در منطقه مورد مطالعه عسلویه انجام دادند (۱۰). رحیمی بلوچی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات زیست‌محیطی تالاب شادگان را با استفاده از سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند (۱۱). آل شیخ و همکاران (۱۳۸۴) پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه را با استفاده از سنجش از دور انجام دادند (۱۲). زبردست و جعفری (۱۳۹۰) ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور را مورد بررسی قرار دادند (۱۳).

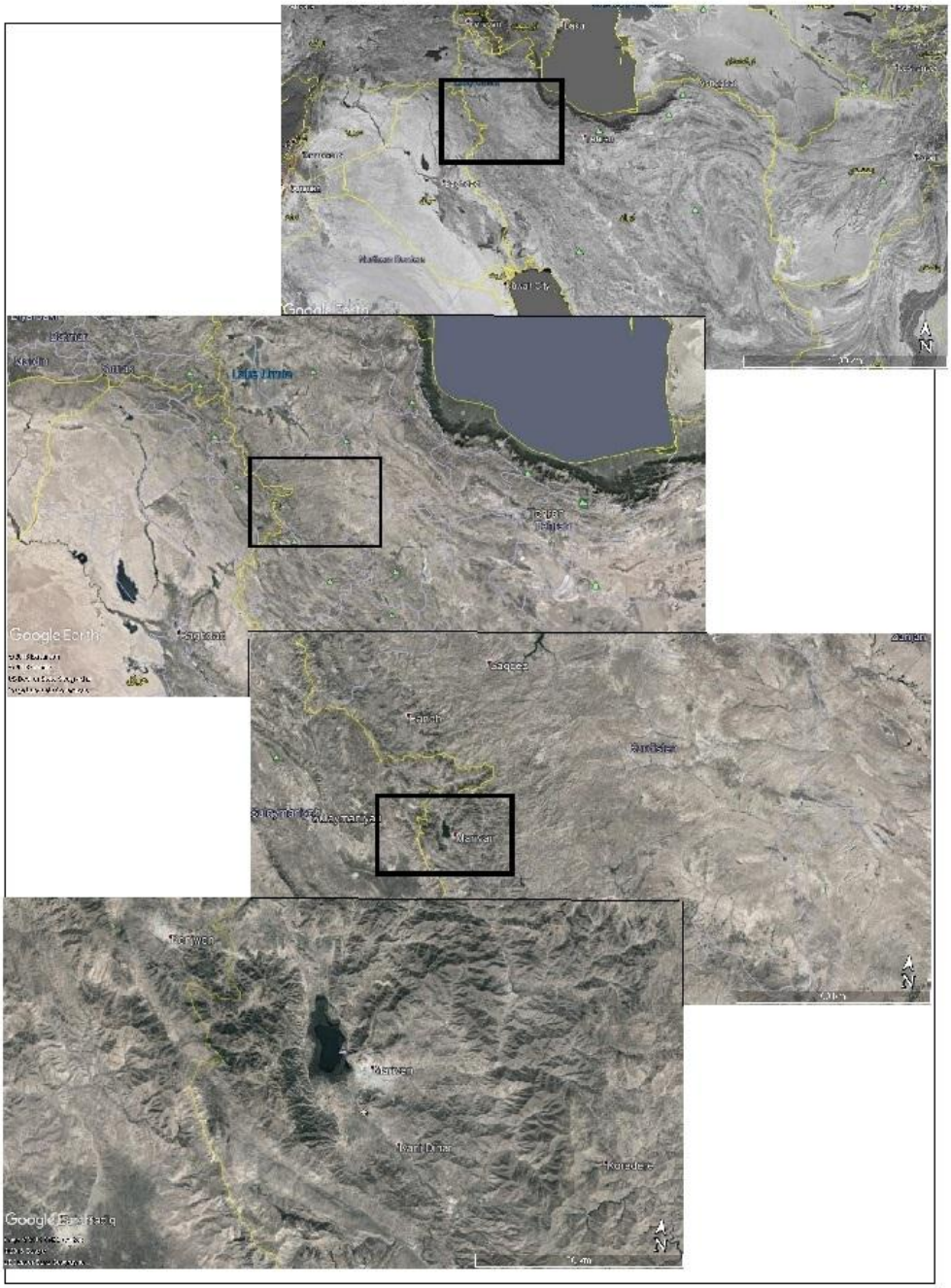
مواد و روش‌ها

در این تحقیق هدف بررسی پارامترهایی در حیطه دریاچه زریبار واقع در مریوان است. و مقصود بررسی تغییرات سطح آب دریاچه از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. که از نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS استفاده میکنیم

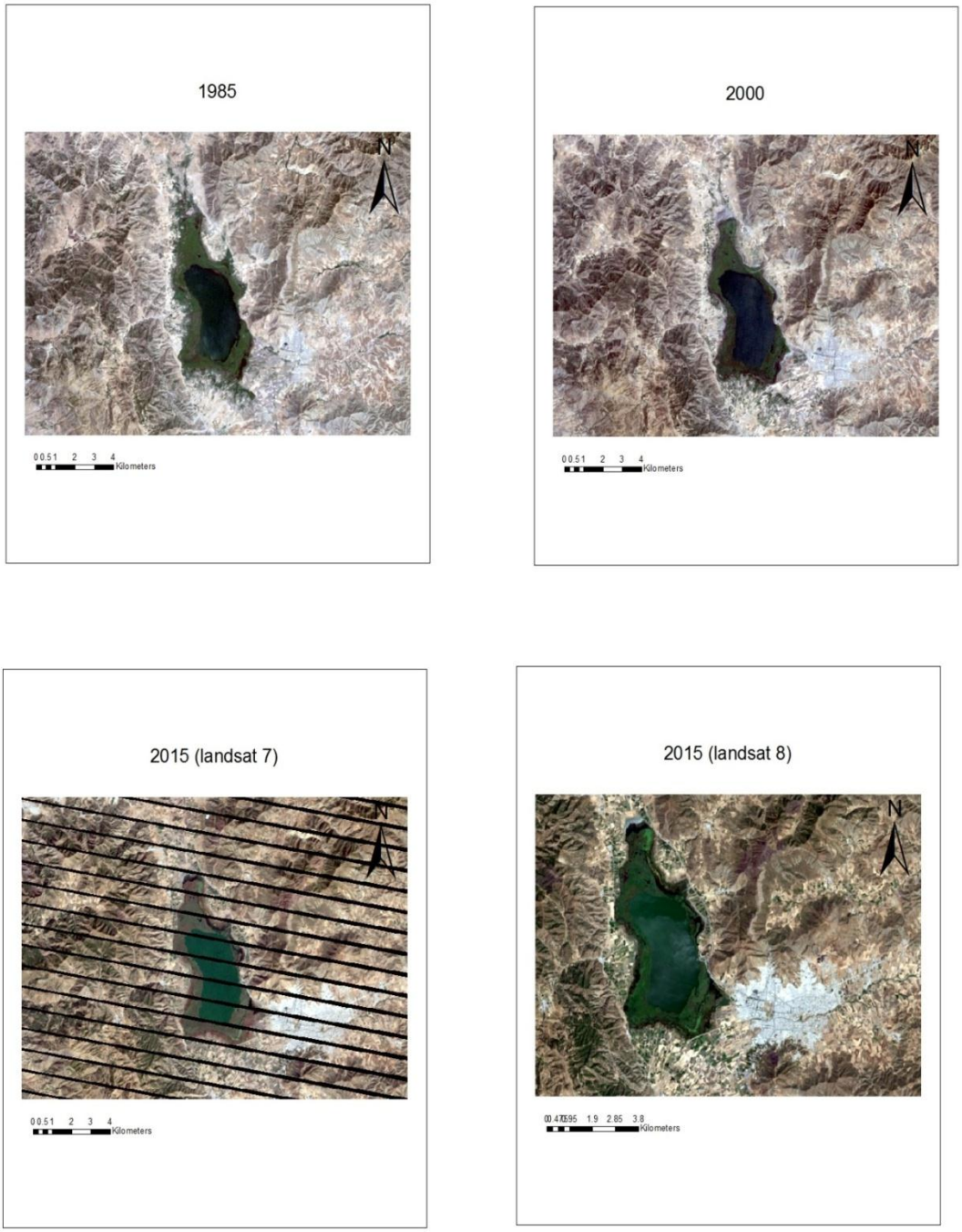
تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۷ و ۸ پس از دریافت و تصحیح و نرمال‌سازی مورد پردازش طبقه‌بندی قرار می‌گیرد، و پس از تعیین نمونه (ROI) به بخش‌های آب و پوشش گیاهی می‌توان تغییرات این دو پارامتر را در طول دوره ۳۰ ساله برآورد کرد.

نتایج

همان‌طور که گفته شد برای این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست استفاده می‌کنیم و با توجه به طولانی بودن دوره (۳۰ سال) از نسل ۵، ۷ و ۸ ماهواره لندست استفاده می‌شود. پس اقدام به دریافت ۳ تصویر از سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ از دریاچه می‌کنیم. (row=35 و path=168) و چون از سال ۲۰۰۳ تصاویر لندست ۷ با خطای مکانیکی SLC همراه شده بهتر است تصویر آخر (۲۰۱۵) را نیز از لندست ۸ داشته باشیم چون خطای بریده بریده شده تصویر لندست 7 (SLC) باعث از بین رفتن اطلاعات ۲۰٪ تصویر می‌شود.

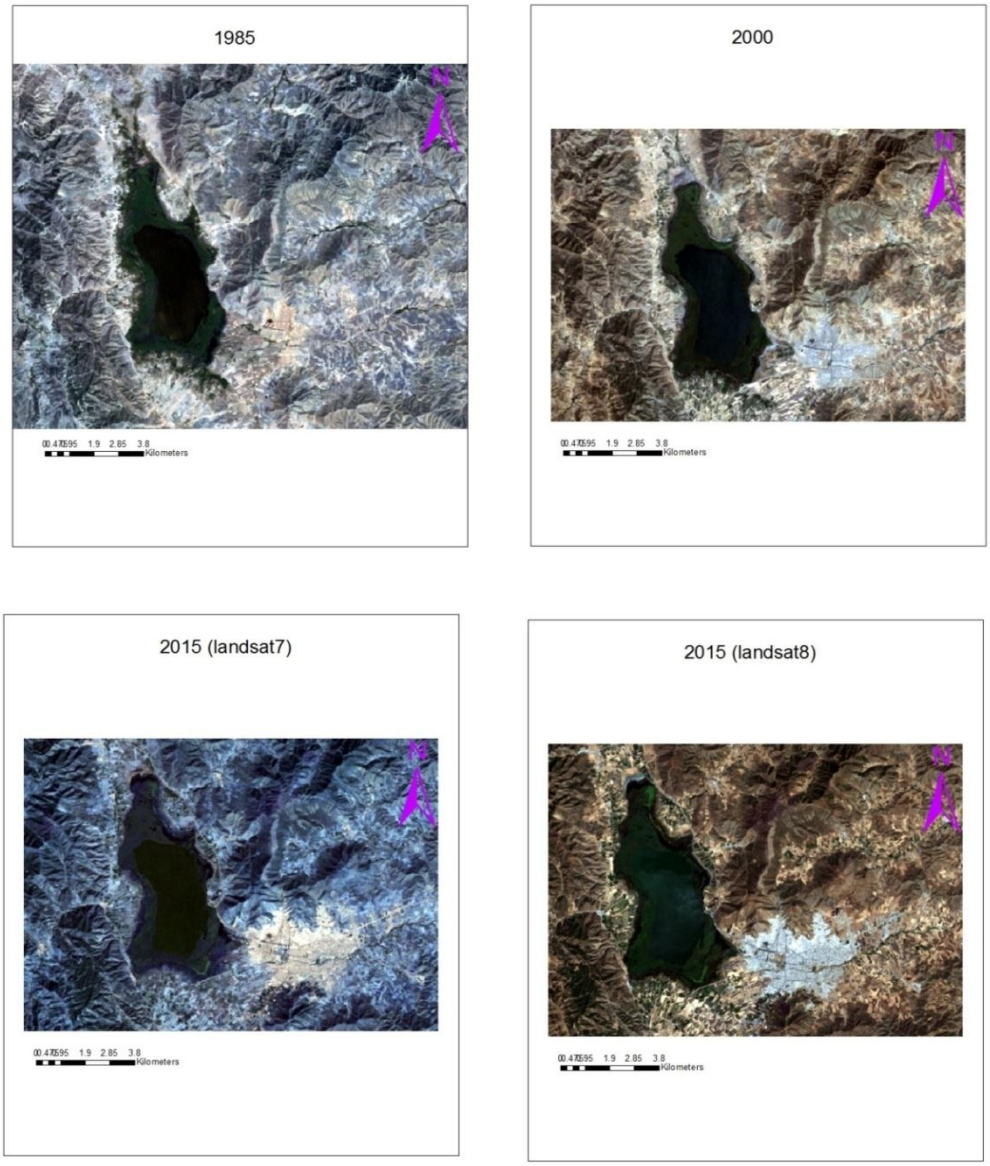


شکل ۱: منطقه مورد مطالعه



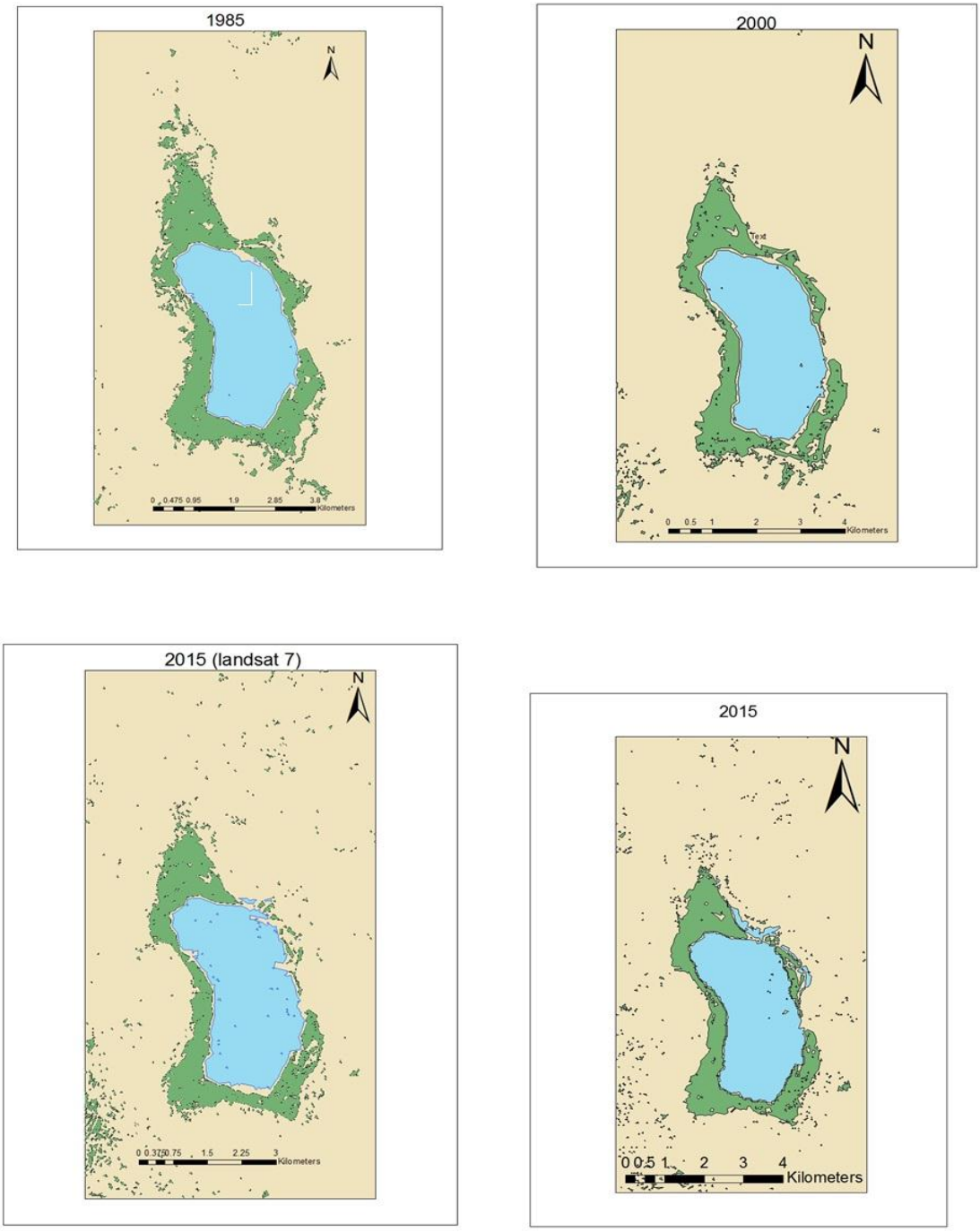
شکل ۲- تصاویر اولیه

کالیبراسیون و تصحیح روی هر کدام اعمال می‌شود



شکل ۳: تصاویر کالیبره شده

یک تصویر ۲۰۱۵ مربوط به لندست ۷، ناحیه مورد نظر همراه با مشکل SLC بود که با اکستنشن gap-file landsat در نرم‌افزار ENVI رفع شد.با استفاده از پردازش طبقه‌بندی (Maximum Likelihood Classification) و نمونه‌برداری خروجی لازم را می‌گیریم. در پایان پس از انجام مراحل پردازش و طبقه‌بندی از محیط ENVI با پسوند TIFF یک خروجی گرفته و در نرم‌افزار ARCGIS آن را بازگرده و به پلیگون تبدیل می‌کنیم. پلیگون هر تصویر خروجی آن است. اکنون می‌توان سطح هر عارضه را برآورد کرد.



شکل ۴: نتایج

جدول تغییرات

سال	مساحت آبی
۱۹۸۵	۷۹۰ هکتار
۲۰۰۰	۷۹۱ هکتار
۲۰۱۵ (Lansat 7)	۷۹۹ هکتار
۲۰۱۵ (Landsat 8)	۸۱۱ هکتار

ارزیابی و صحت‌سنجی

پس از پردازش طبقه‌بندی (Maximum Likelihood Classification) که به‌وسیله ROIهایی از آب و پوشش گیاهی انجام گرفت. از نقاط زمینی که قبلاً ازآب بودن یا پوشش گیاهی آن اطلاع داشتیم استفاده کرده و طبقه‌بندی خود را تست می‌کنیم. (test ROIs) و ضریب Kapa را به‌دست می‌آوریم که در اینجا صحت کار بالای ۸۰ درصد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات سطح و پوشش گیاهی دریاچه زریبار بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ مورد آمایش قرار گرفت و مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع تغییرات در این دو دوره ۱۵ ساله چندان زیاد نیست و پروژه ساخت اسکله و پارک ساحلی در ساحل جنوب شرقی و جنب شهر مریوان عامل اصلی آن بوده که بسیاری از نیزارها و پوشش گیاهی برداشته و آب به ساحل رسیده است یعنی از نیزارها حذف و آب جای آن را گرفته است

نکته دیگر تفاوت کوچکی در نتاییج سال ۲۰۱۵ بین دو تصویر لندست ۷ و ۸ است که نتایج لندست ۸ ارجحیت دارد زیرا ۲۰درصد از داده‌های لندست ۷ از بین رفته و فایل تصویر اصلاح نرم‌افزاری شده است و زیاد بودن آب در لندست ۸ به‌دلیل بهاری و بارانی بودن زمان برداشت تصویر است.

می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اندک تغییرات جزئی در میزان سطح آب وجود دارد که با توجه به زمان تصاویر که متغییرهایی چون تغییرات اقلیم و بارندگی‌های سالانه هم بر آن اثر دارد اما تغییری معنا دارد در این دوره ۳۰ ساله در میزان سطح آب و پوشش گیاهی مشاهده نشد.

منابع

AleSheikh, A.S., AliMohammadi A., Ghorbanali, A. 2005. **Monitoring coastline Oromiyeh Lake using remote sensing. Journal of Research Applied Geographical Sciences (Geographical Sciences):** 4(5): 9-23.

Bhargava, D.S., Mariam, D. 1992. **Cumulative Effects of Salinity and Sediment Concentration on Reflectance Measurements**. 2: 139-152.

Climate datas of Meteorological Organization, 2006: 45-57.

Datas and Statistics info of water org, 2006:87-98

Markogianni V., Dimitriou, E., Kalivas D.P. 2013. **Land-use and vegetation change detection in Plastira artificial lake catchment (Greece) by using remote-sensing and GIS techniques. 2013.** International Journal of Remote Sensing, 34(4): 1265-1281

NaeimiNezamAbad, A., GhahroodiTali, M., Servati, M.R. 2011. **Detect changes in coastal landforms of Assaluyeh.2011.** Journal of Geographic Space, 10(30): 45-61.

Narenjifard, M., Mozafari, GH. 2014. **effect of rainfall on Maharloo lake by using remote sensing technique** 8: 12-24

Omrani, K.H., ShamsiKhosroShahi, S., AbdollahAbadi, s., Dehghanian, M., Rezaei H., Shahabi, M. 2013. **Change detection of watershed of Ouromieh Lak**e. Journal of Earth Sciences. 2013. (Persian)

RahimiBalouchi, L., Zar'kar, A., MalekMohammadi, B. 2012. **Evaluation of environmental change using remote sensing and water quality index (study in Shadgan Lake)**. Remote sensing and geographic information system in Natural Resources, 4: 43-55.

Statistics and information of environment organization 2006: 124-141

Statistics and information of water organization, 2006: 22-25

Yousefi, S., Mirzaei, S., Zeynivand, H. 2013**. Study the changes Zagros forests by using geographic information system and remote sensing technique (study: marivan)**. Remote sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 4(2): 15-23.

Zebardast, L., Jafari H.R. **Evaluate trends of changes in Anzali Lake using remote sensing and providing management solution**. Journal of Environment Studies, 37(57): 57-64.

روند توسعه فیزیکی شهر مریوان و اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی

فرشته صادق‌خانی[۱]، خالد اوسطی [۱و۲*]، سید آرمان صمدی تودار[۳]

۱- دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۳- دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات k.osati@uok.ac.ir

چکیده

تغییر الگوی استفاده از زمین، یکی از مهمترین عوامل تغییر فرآیندهای هیدرولوژیکی در یک گستره زمانی است. در سال‌های اخیر؛ شهر مریوان با رشد جمعیتی قابل توجهی مواجه شده است و همین امر سبب افزایش وسعت فیزیکی پهنه این شهر شده است که می‌تواند با افزایش سطوح نفوذناپذیر بر پتانسیل تولید رواناب و سیل‌خیزی محدوده تأثیر چشمگیری داشته باشد. لذا در این پژوهش، روند تغییرات مکانی و زمانی توسعه فیزیکی شهر مریوان و اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دوری و بررسی‌های هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳، ابتدا روند توسعه فیزیکی پهنه شهر مریوان از نظر زمانی و مکانی بررسی شد. سپس تأثیر روند توسعه شهری بر ضریب رواناب متوسط وزنی محدوده مورد بررسی و تولید رواناب ناشی از بارش روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که پهنه شهر مریوان طی چهار دهه اخیر با رشد سریع و بدون توجه به اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی توسعه یافته است به‌طوری‌که در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳، مساحت مناطق نفوذناپذیر از حدود ۲/۴ کیلومتر مربع به حدود ۱۱/۵ کیلومتر مربع (بیش از ۴/۸ برابر) افزایش یافته است. این تغییرات منجر به افزایش ۴۸ درصدی ضریب رواناب متوسط وزنی محدوده شهر مریوان شده و برای بارش‌های روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله، متوسط ارتفاع رواناب به‌ترتیب ۲۱/۵ و ۲۹/۱ میلی‌متری و حجم رواناب به‌ترتیب حدود ۰/۳۱ و ۰/۴۲ میلیون مترمکعب افزایش یافته است. همچنین بخشی از توسعه شهر مریوان در جهت شرقی در حوضه بالادست دریاچه زریبار اتفاق افتاده است و می‌تواند اثرات نامناسبی بر تولید رواناب بیشتر و انتقال آلاینده‌ها از این بخش به سمت دریاچه زریبار داشته باشد.

کلید واژه‌ها: تغییر کاربری اراضی، سطوح نفوذناپذیر، ضریب رواناب، لندست، مریوان

Physical expansion of Marivan city and its effects on flood potential

Fereshteh Sadeghkhani[1], Khaled Osati [1,2*], Sayed Arman Samadi Todar[3]

1- Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2- Department of Zrebar Lake Environmental Research, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
3- Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
E-mail: k.osati@uok.ac.ir

Abstract

Change in land use patterns is one of the most significant factors altering hydrological processes over time. In recent years, Marivan city has experienced considerable population growth, leading to the expansion of its physical boundaries. This expansion has increased impervious surfaces, significantly impacting runoff generation and flood potential in the region. Therefore, this study investigates the spatio-temporal changes in Marivan's urban development and its effects on flood potential using remote sensing techniques and hydrological analysis. To achieve this goal, Landsat satellite images from 1984, 1993, 2003, 2013, and 2023 were employed to assess the spatio-temporal trends of Marivan city expansion. Subsequently, the influence of urban development on the weighted average runoff coefficient was examined and the runoff generated by daily rainfall events with 10-year and 25-year return periods was analyzed. Our results indicate that the Marivan city has undergone rapid and unregulated development over the past four decades, disregarding its impacts on flood potential. Between 1984 and 2023, the area of impervious surfaces increased from approximately 2.4 km^2 to 11.5 km^2 (a 4.8-fold rise). These changes have led to a 48 % increase in the weighted average runoff coefficient. For daily rainfall events with 10-year and 25-year return periods, the average runoff depth increased by 21.5 and 29.1 mm, respectively, while the runoff volume rose by approximately 0.31 and 0.42 million cubic meters. Additionally, part of Marivan city's development has occurred in the eastern direction, within the upstream watershed of Lake Zrebar. This development could exacerbate runoff generation and facilitate the transfer of pollutants into Lake Zrebar, posing further environmental risks.

Keywords: Land use change, Impervious surfaces, Runoff coefficient, Landsat, Marivan

مقدمه

سیل یکی از شایع‌ترین و فاجعه‌بارترین مخاطرات طبیعی است که می‌تواند اثرات مخربی بر جامعه انسانی و زیرساخت‌های شهری داشته باشد (Ma *et al.*, 2022). تغییرات کاربری اراضی، به‌ویژه توسعه مناطق شهری و تبدیل مناطق طبیعی به سطوح غیر قابل نفوذ (مانند جاده‌ها، خیابان‌ها، معابر، پارکینگ‌ها، تاسیسات و ساختمان‌ها)، می‌تواند منجر به کاهش نفوذ آب به داخل خاک و افزایش رواناب سطحی و در نتیجه افزایش احتمال رخداد و شدت وقایع سیلابی شود (Suwanno *et al.*, 2023). در فرآیند توسعه سریع مناطق شهری، فعالیت‌های انسانی باعث تغییر چشمگیری در ویژگی‌های اصلی سطح زمین شده و می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سیستم هیدرولوژیکی محدوده داشته باشد و باعث ایجاد مشکلات متعدد هیدرولوژی شهری (از جمله سیلاب) شوند (Luo and Zhang, 2022; Zhao *et al.*, 2023). در واقع، توسعه مناطق شهری علاوه بر اینکه شدیدترین تغییر انسانی کاربری اراضی است، معمولاً منجر به تغییرات قابل توجهی در هیدرولوژی محلی و منطقه‌ای می‌شود (Aparicio Uribe *et al.*, 2022).

مطالعات متعددی در زمینه روند توسعه شهری و اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به مطالعه اسدی و همکاران (۱۴۰۰) در پهنه‌بندی سیلاب شهر بندرعباس و ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به‌سمت مناطق سیل‌خیز اشاره نمود. نتایج آنها نشان داد که محدوده شهر بندرعباس پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد و حدود ۱۷۰ کیلومتر مربع از مساحت محدوده دارای پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد است. Zope و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی روند توسعه شهری و اثرات آن بر سیلاب حوضه شهری رودخانه اوشیوارا واقع در بمبئی هند پرداختند و براساس نتایج خود بیان داشتند که در محدوده مطالعاتی طی سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۹؛ توسعه شهری با افزایش قابل توجه ۷۴ درصدی مواجه بوده و خطر سیلاب در کل محدوده ۲۲/۲۷ درصد افزایش یافته بود. Hu و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و روش شماره منحنی، به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری و اثرات آن بر رواناب سطحی در منطقه پکن پرداختند. نتایج آنها نشان داد که سطوح نفوذناپذیر شهری عامل اصلی تغییر رواناب سطحی طی دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۹ بوده است و بیان داشتند که تغییرات رواناب سطحی به شدت با تغییرات در سطوح نفوذناپذیر مرتبط بوده است. Sugianto و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی در حوزه آبخیز Teunom رودخانه Aceh Jaya، تاثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین بر وقوع سیلاب را در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که گسترش مناطق مسکونی منجر به افزایش پتانسیل وقوع سیلاب شده است، و در مجموع حدود ۶۸ درصد از مساحت کل منطقه در طبقه خطر سیلاب بالا و بسیار بالا قرار گرفته است.

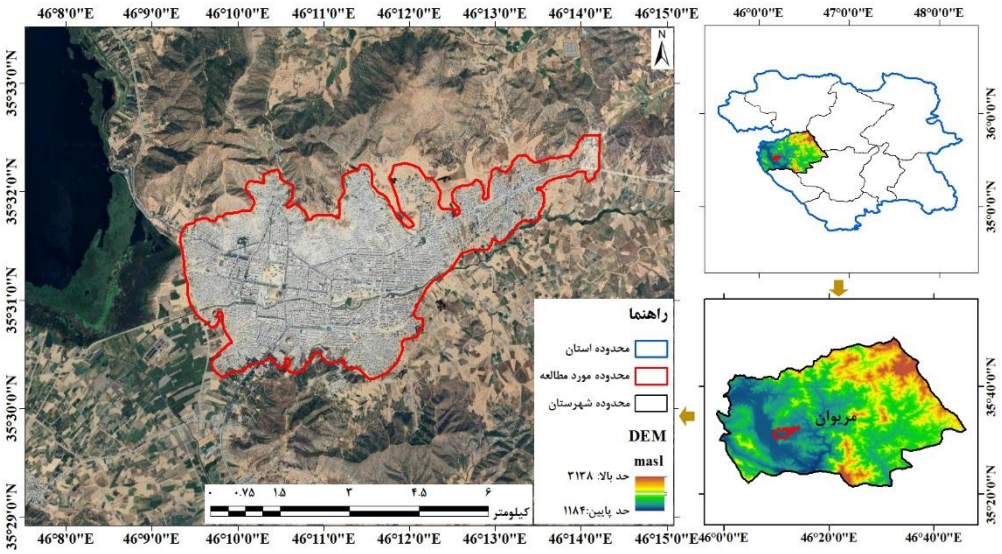
مرور منابع ما نشان داد که روند توسعه پهنه فیزیکی شهر مریوان در مطالعاتی بررسی شده است. محمدخان و همکاران (۱۳۹۸) روند تغییرات نواحی سکونتگاهی شهر مریوان به‌سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ را با استفاده از تصاویر لندست مورد ارزیابی قرار دادند و در نهایت پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۲۰۳۵ را با استفاده از مدل LCM (Land Change Modeler) انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که وسعت کل نواحی سکونتگاهی از ۷/۸ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۲ به ۱۶/۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ افزایش پیدا کرده است و در کنار افزایش روند توسعه، حرکت این نواحی به‌سمت مناطق مخاطره‌آمیز به‌ترتیب از ۱/۷ کیلومتر مربع به ۳/۳ کیلومتر مربع تغییر یافته است. آنها براساس نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل LCM بیان نمودند که وسعت کل نواحی سکونتگاهی تا سال ۲۰۳۵ به حدود ۲۴/۳ کیلومتر مربع می‌رسد. درویشی و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل و پیش‌بینی روند توسعه شهری در شهرهای بانه، مریوان و سقز و تاثیر آن بر کاربری اراضی طی یک دوره ۴۵ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۳۲) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و مدل CA-Markov پرداختند. آنها با توجه به نتایج خود استدلال داشتند مقادیر قابل توجهی از کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری در شهرهای بانه و مریوان تبدیل شده است. به بیان آنها؛ رشد شهرهای بانه و مریوان به‌ترتیب بیشتر در جهات شمال شرق و شرق بوده است اما رشد شهر سقز در هر چهار جهت اتفاق افتاده است.

با توجه به اینکه در مطالعات قبلی شهر مریوان، صرفاً روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهر مریوان، تغییرات نواحی سکونتگاهی شهر مریوان به‌سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی و پیش‌بینی روند توسعه شهری انجام شده است و به اثرات توسعه فیزیکی شهر مریوان بر پتانسیل تولید رواناب و سیل‌خیزی توجهی نشده است، هدف اصلی تحقیق حاضر به‌روزرسانی اطلاعات مربوط به روند زمانی و مکانی توسعه فیزیکی شهر مریوان و اثرات آن بر پتانسیل تولید رواناب و سیل‌خیزی است. تعیین اثرات توسعه مناطق شهری و سطوح نفوذناپذیر بر احتمال رخداد و شدت سیلاب‌های شهری، یکی از مسائل مهم در مدیریت حوزه‌های آبخیز شهری می‌باشد و در یک برنامه‌ریزی اصولی توسعه شهری بایستی مد نظر قرار گیرد. همچنین با توجه به اینکه توسعه شهر مریوان در جهت شرق می‌تواند در حوضه بالادست دریاچه زریبار قرار گیرد، بررسی روند مکانی و زمانی توسعه شهر مریوان و اثرات آن بر تغییر تولید رواناب و رخداد سیلاب؛ و انتقال آلاینده‌ها برای مدیریت دریاچه زریبار نیز حائز اهمیت حیاتی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر مریوان به‌عنوان مرکز شهرستان مریوان در غرب استان کردستان و بین طول جغرافیایی ″ ۲۳ ′ ۰۹ ° ۴۶ تا ″ ۱۵ ′ ۱۴ ° ۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ″ ۱۵ ′ ۳۰ ° ۳۵ تا ″ ۳۳ ′ ۳۲ ° ۳۵ شمالی واقع شده است (شکل ۱). براساس آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت شهر مریوان ۱۳۶۶۵۴ نفر بوده است. مریوان سومین شهرستان پرجمعیت استان کردستان (بعد از سنندج و سقز) به‌شمار می‌رود. در این مطالعه، پهنه شهر مریوان براساس تصویر لندست سال ۲۰۲۳ به‌عنوان محدوده مورد مطالعه تعیین گردید و تغییر کاربری اراضی و اثرات آن بر پتانسیل رواناب و سیل‌خیزی در دوره ۳۹ ساله در این محدوده بررسی شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر مریوان در استان کردستان

روش تحقیق

در این مطالعه، به‌منظور بررسی تغییرات پوشش سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ استفاده شد و تمامی پردازش‌های لازم نیز در بستر نرم‌افزار ENVI صورت گرفته است. برای این سال‌ها با توجه به زمان آغاز بررسی فعلی (۲۰۲۳) و گام زمانی ده ساله بین تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شدند و به‌دلیل آنکه تصاویر

لندست از سال ۱۹۸۴ موجود است، سال ۱۹۸۴ به‌عنوان سال آغازین بررسی انتخاب شد. تصاویر با اعمال سه روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان (SVM)[1]، حداکثر احتمال (ML)[2] و شبکه عصبی (NN)[3] طبقه‌بندی شدند و در نهایت ضرایب صحت کلی[4] و ضریب کاپا[5] محاسبه شدند. با توجه به دقت بالاتر روش ماشین بردار پشتیبان، طبقه‌بندی تصاویر براساس این روش صورت گرفت و کلاس‌های تفکیک شده در این پژوهش به‌صورت "مناطق نفوذناپذیر"، "جنگل، باغات و فضای سبز"، "اراضی کشاورزی" و "مراتع و اراضی رها شده" لحاظ شدند.

پس از تهیه نقشه پوشش سطح زمین در سال‌های مورد بررسی، اثرات توسعه شهر مریوان بر پتانسیل تولید رواناب و پتانسیل سیل‌خیزی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که تنها ایستگاه هیدرومتری نزدیک به محدوده مورد بررسی، ایستگاه هیدرومتری زریبار-درزیان است و سطح حوضه بالادست آن (شامل حوضه دریاچه زریبار، مناطق بالادست شهر مریوان، شهر مریوان و اراضی پایاب سد خاکی دریاچه زریبار و شهر مریوان) حدود ۲۱۸ کیلومتر مربع و بسیار وسیع‌تر از پهنه مورد بررسی است، لذا ایستگاه هیدرومتری که بتوان براساس داده‌های مشاهده‌ای آن؛ رواناب و سیلاب ناشی از توسعه شهر مریوان را پایش نمود؛ موجود نمی‌باشد. بنابراین؛ جهت بررسی اثرات توسعه شهر مریوان بر پتانسیل تولید رواناب و پتانسیل سیل‌خیزی، از روش‌های تجربی برآورد ضریب رواناب وزنی استفاده شد و در نهایت براساس ضریب رواناب متوسط وزنی محاسبه شده برای هر سال، ارتفاع متوسط رواناب ناشی از بارش روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله محاسبه گردید. ضرایب رواناب مربوط به هر کلاس کاربری اراضی تفکیک شده با توجه به شیب و براساس جدول راهنمای ارائه شده توسط WSDOT (۲۰۲۴) و شرایط محدوده مورد بررسی تعیین شد. سپس مقادیر ضریب رواناب متوسط وزنی محدوده مورد مطالعه برای سال‌های مورد بررسی محاسبه گردید.

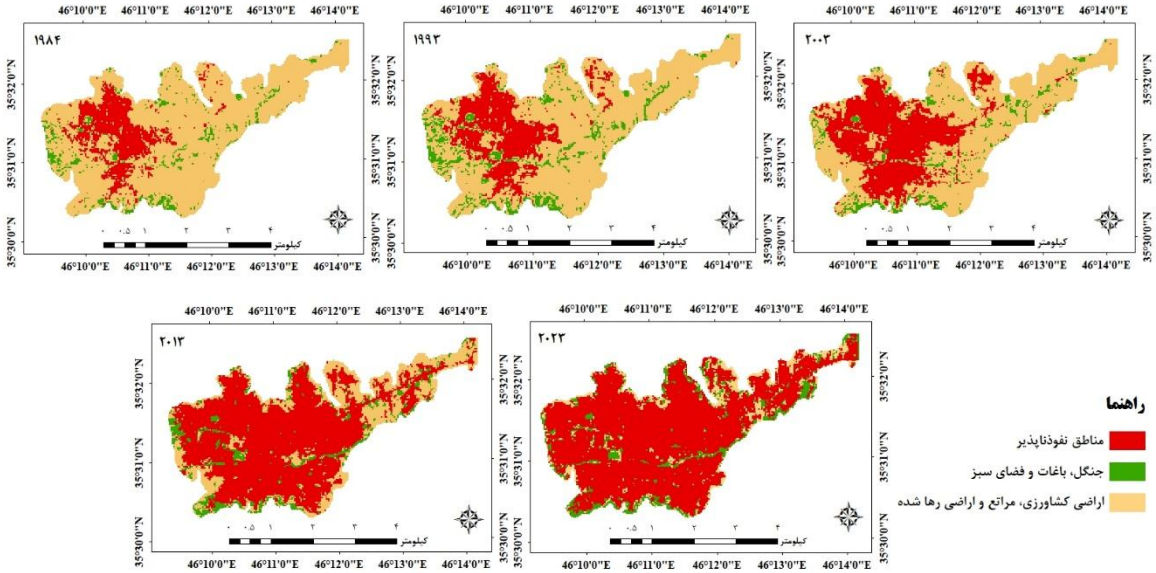
نتایج و بحث

تغییرات پوشش سطح زمین براساس تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ بررسی شد و با توجه به دقت بالاتر روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)، طبقه‌بندی تصاویر براساس روش SVM صورت گرفت. نتایج طبقه‌بندی انجام شده براساس روش SVM در شکل ۲ ارائه شده است. بررسی تغییرات پوشش سطح زمین در نقشه‌های طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳ شاهد رشد چشمگیر مناطق نفوذناپذیر شهری بوده‌ایم بطوریکه سطح این مناطق از حدود ۲/۴ کیلومتر مربع به حدود ۱۱/۵ کیلومتر مربع افزایش یافته است و توسعه شهر مریوان بیشتر در جهت شرقی بوده است.

مساحت مربوط به کلاس‌های پوشش سطح زمین در سال‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین تغییرات مربوط به توسعه مناطق نفوذناپذیر شهری بوده است (ساختمان‌ها، خیابان‌ها، معابر، پارکینگ و...) و اراضی کشاورزی، مراتع و اراضی رها شده بیشترین سطوحی بوده‌اند که به مناطق نفوذناپذیر تبدیل شده است. وسعت کلاس کاربری " اراضی کشاورزی، مراتع و اراضی رها شده" بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۳، از ۱۱/۲ به ۱/۶ کیلومتر مربع و وسعت مناطق پوشیده از "جنگل، باغات و فضای سبز" بین ۰/۹ تا ۱/۴ کیلومتر مربع در نوسان بوده است. تغییرات کاربری اراضی جنگلی، باغات، فضای سبز و اراضی کشاورزی، مراتع و اراضی رها شده دارای روند پیچیده‌ای بوده است که می‌تواند متأثر از قدرت تفکیک مکانی متوسط تصاویر لندست و پیکسل‌های ناخالص باشد. با توجه به قدرت تفکیک مکانی پایین تصاویر لندست برای جداسازی دو کلاس "اراضی کشاورزی" و "مراتع و اراضی رها شده"، این دو کلاس ادغام شدند.

[1] Support Vector Machine
[2] Maximum Likelihood
[3] Neural Network
[4] Overrall Accuracy
[5] Kappa Coefficient

از آنجا که بخشی از توسعه شهر مریوان در جهت شرقی در حوضه بالادست دریاچه زریبار واقع شده است، این تغییرات می‌تواند اثرات نامناسبی بر تولید رواناب بیشتر و انتقال آلاینده‌ها از این بخش به‌سمت دریاچه زریبار داشته باشد. این مسأله مهم نشان‌دهنده سهل‌انگاری و یا عدم آگاهی مدیران و برنامه‌ریزان توسعه شهر مریوان از اثرات توسعه شهر مریوان در جهت شرقی بر دریاچه زریبار بوده است.



شکل ۲: تصاویر طبقه‌بندی شده به روش SVM طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳

جدول ۱: مساحت کاربری‌های مختلف شهر مریوان

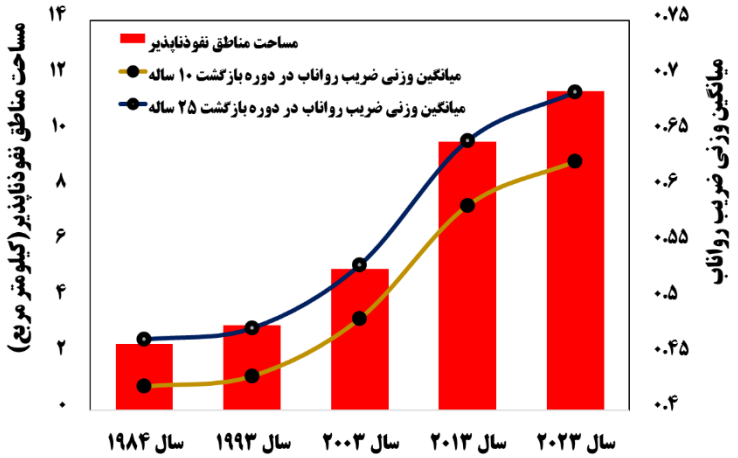
نوع کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)				
	سال ۱۹۸۴	سال ۱۹۹۳	سال ۲۰۰۳	سال ۲۰۱۳	سال ۲۰۲۳
مناطق نفوذناپذیر	۲/۳۶۵	۳/۰۴۷	۵/۰۵۴	۹/۶۲۹	۱۱/۴۶۶
جنگل، باغات و فضای سبز	۰/۹۰۸	۱/۴۰۱	۰/۹۲۲	۱/۱۸۶	۱/۳۹۶
اراضی کشاورزی، مراتع و اراضی رها شده	۱۱/۲۱۶	۱۰/۰۴۱	۸/۵۱۳	۳/۶۷۴	۱/۶۲۷

به‌منظور بررسی صحت نتایج به‌دست آمده از ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج اعتبارسنجی تصاویر طبقه‌بندی شده

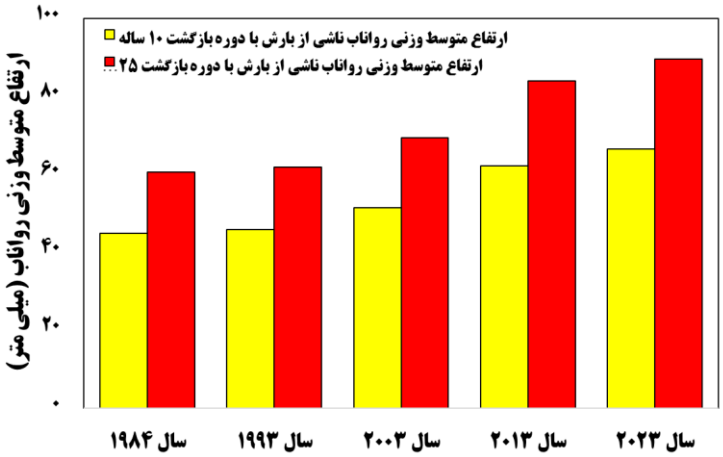
	سال ۱۹۸۴	سال ۱۹۹۳	سال ۲۰۰۳	سال ۲۰۱۳	سال ۲۰۲۳
ضریب کاپا	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۴
صحت کلی	۹۱/۴	۹۳/۲	۹۳/۹	۹۴/۳	۹۶/۶

به‌منظور بررسی اثرات توسعه شهر مریوان بر پتانسیل تولید رواناب و پتانسیل سیل‌خیزی، از روش برآوردی ضریب رواناب متوسط وزنی استفاده شد. براساس این بررسی مقادیر ضریب رواناب متوسط وزنی پهنه مورد بررسی برای بارش با دوره بازگشت ۱۰ ساله؛ در سال ۱۹۸۴ برابر با ۰/۴۲، در سال ۱۹۹۳ برابر با ۰/۴۳، در سال ۲۰۰۳ برابر با ۰/۴۸، در سال ۲۰۱۳ برابر با ۰/۵۸ و در سال ۲۰۲۳ برابر با ۰/۶۲ و برای بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله؛ در سال ۱۹۸۴ برابر با ۰/۴۶، در سال ۱۹۹۳ برابر با ۰/۴۷، در سال ۲۰۰۳ برابر با ۰/۵۳، در سال ۲۰۱۳ برابر با ۰/۶۴ و در سال ۲۰۲۳ برابر با ۰/۶۹ است که نشان‌دهنده روند افزایشی ضریب رواناب است که همگام با توسعه محدوده شهر مریوان بوده است (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه روند توسعه فیزیکی شهر مریوان و اثرات آن بر افزایش ضریب رواناب میانگین وزنی

به‌منظور بررسی تغییرات پتانسیل سیل‌خیزی، ارتفاع رواناب ناشی از بارش روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله مریوان محاسبه گردید. بدین‌منظور براساس داده‌های بارش حداکثر روزانه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک مریوان در دوره آماری ۲۹ ساله (از سال آبی ۷۲-۱۳۷۱ تا سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹) و برازش توزیع‌های آماری مختلف (توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال دو پارامتره، لوگ نرمال سه پارامتره، پیرسون نوع سوم، لوگ پیرسون نوع سوم و گمبل) در نرم‌افزار SMADA، بارش با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله مریوان محاسبه شد. براساس توزیع لوگ پیرسون نوع سوم (به‌عنوان بهترین توزیع برازش یافته به داده‌های ایستگاه سینوپتیک مریوان) بارش با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله مریوان به‌ترتیب معادل ۱۰۶/۶۸ و ۱۳۰/۸۳ میلی‌متر محاسبه شد. براساس ضریب رواناب محاسبه شده برای هر محدوده در هر سال، ارتفاع متوسط وزنی رواناب ناشی از بارش روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله در سال‌های مختلف محاسبه گردید (شکل ۴) که نشان‌دهنده افزایش پتانسیل سیل‌خیزی شهر مریوان است.



شکل ۴: روند افزایش ارتفاع متوسط وزنی رواناب ناشی از بارش روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله در شهر مریوان

افزایش جمعیت، تمرکز و صنعتی شدن معمولاً شهرها را به‌سمت رشد شهری سوق می‌دهد (Al-Ghamdi and Ajjur., 2022). توسعه مناطق شهری و تغییر در الگوی استفاده از زمین، موجب تغییر فرآیندهای هیدرولوژیکی و توسعه مناطق مستعد سیلاب می‌گردد و معمولاً نفوذپذیری را کاهش داده و با تأثیر بر فرآیندهای هیدرولوژیکی شهری، باعث افزایش پتانسیل سیلاب، کاهش زمان پاسخ هیدرولوژیکی (Bibi and Kara, 2023)، افزایش حجم رواناب، افزایش دبی پیک سیلاب و کاهش زمان تا اوج سیلاب می‌گردند. برخلاف مطالعه محمدخان و همکاران (۱۳۹۸) که صرفاً روند تغییرات نواحی سکونتگاهی شهر مریوان به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی را بررسی کردند و مطالعه درویشی و همکاران (۱۳۹۹) که صرفاً به تحلیل و پیش‌بینی روند توسعه شهر مریوان پرداخته‌اند، در این مطالعه روند زمانی و مکانی توسعه فیزیکی شهر مریوان در یک دوره ۳۹ ساله بررسی شد و اثرات آن بر پتانسیل سیل‌خیزی مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی روند زمانی و مکانی توسعه شهر مریوان بیانگر آن است که طی چهار دهه اخیر، رشد سریع مناطق نفوذناپذیر بدون توجه به اثرات توسعه بر پتانسیل سیل‌خیزی انجام شده است و توسعه فضای سبز متناسب با استانداردها نبوده است. طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳، وسعت مناطق نفوذناپذیر ۹/۱ کیلومتر مربع و به‌عبارتی بیش از ۴/۸ برابر افزایش یافته است و منجر به افزایش ۴۸ درصدی ضریب رواناب متوسط وزنی پهنه شهر مریوان و افزایش ۲۱/۵ و ۲۹/۱ میلی‌متری ارتفاع رواناب ناشی از بارش‌های روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله شده است. حجم رواناب برای بارش‌های روزانه با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۵ ساله نیز به‌ترتیب حدود ۰/۳۱ میلیون مترمکعب (از ۰/۶۵ به ۰/۹۶ میلیون مترمکعب) و ۰/۴۲ میلیون مترمکعب (از ۰/۸۸ به ۱/۳۰ میلیون مترمکعب) افزایش یافته است. بنابراین رشد سریع محدوده شهر مریوان، ضمن تولید سطوح نفوذناپذیر بیشتر، منجر به تولید رواناب بیشتر و افزایش ریسک رخداد سیلاب‌های بزرگتر شده است و می‌تواند مشکلات عدیده‌ای از جمله آبگرفتگی معابر و مشکلات تردد در زمان بارش‌های سیلابی را ایجاد نماید. پایش مداوم تغییرات المان‌های شهری و مدل‌سازی اثرات توسعه شهری بر سیلاب، برنامه‌ریزی و طراحی مناسب توسعه شهرها، کنترل توسعه مناطق نفوذناپذیر، توسعه فضای سبز، ایجاد باغ‌های بارانی، حوضچه‌های نگهداری رواناب و طراحی سیستم مناسب تخلیه سیلاب به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای تعدیل اثرات توسعه شهری بر پتانسیل سیلاب پیشنهاد می‌گردند. لازم به ذکر است که به دلیل عدم لحاظ حوضه‌های هیدرولوژیک، دبی پیک سیلاب‌ها محاسبه نشده است. یکی از محدودیت‌های تحقیق در این زمینه، قدرت تفکیک مکانی و طیفی پایین تصاویر لندست برای تفکیک انواع پوشش سطح زمین بود.

مراجع

اسدی، م.، امامی، ک. ۱۴۰۰. **پهنه‌بندی سیلاب شهر بندرعباس و ارزیابی روند توسعه‌ی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل‌خیز**. پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۱، شماره ۴۱، صفحات ۱۱۲-۹۶.

درویشی، ش.، سلیمانی، ک.، شعبانی، م. ۱۳۹۹. **تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تاثیر آن بر کاربری اراضی با استفاده از سنجش ازدور و مدل CA-Markov (مطالعه موردی: شهرهای مریوان، بانه و سقز)**. اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۱۱۴، صفحات ۱۶۳-۱۴۷.

محمدخان، ش.، گنجائیان، ح.، شهری، س.، عباس‌زاده، ا. ۱۳۹۸. **پیش‌بینی روند توسعه شهری به مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چندزمانه (مطالعه موردی: شهر مریوان)**. مجله سپهر، دوره ۲۸، شماره ۱۱۰، صفحات ۱۱۷-۱۰۷.

Ajjur, S.B., Al- Ghamdi, S.G. 2022. **Exploring urban growth–climate change–flood risk nexus in fast growing cities**. Scientific Reports, 12:12265.

Aparicio Uribe, C.A., Brenes, R.B., Hack, J. 2022. **Potential of retrofitted urban green infrastructure to reduce runoff - A model implementation with site-specific constraints at neighborhood scale**. Urban Forestry & Urban Greening, 69: 1-13.

Bibi, T.S., Kara, G.K., 2023. **Evaluation of climate change, urbanization, and low-impact development practices on urbanflooding**. Heliyon, 9: 1-16.

Hu, Sh., Fan, Y., Zhang, T., 2018. **Assessing the E_ect of Land Use Change on Surface Runo_ in a Rapidly Urbanized City: A Case Study of the Central Area of Beijing**. Land 2020: 1-15.

Luo, K., Zhang, X. 2022. **Increasing urban flood risk in China over recent 40 years induced by LUCC**. Interference Hydrology View Project: 1-30.

Ma, Ch., Qi, W., Xu, H., Zhao, K., Chen, Z. 2022. **A comprehensive analysis method of spatial prioritization for urban flood management based on source tracking**. Ecological Indicators, 135: 108565.

Suwanno, P., Yaibok, Ch., Pornbunyanon, Th., Kanjanakul, Ch., Buathongkhue, Ch., Tsumita, N., and Fukuda, A., 2023. **GIS-based identification and analysis of suitable evacuation areas and routes in flood-prone zones of Nakhon Si Thammarat municipality**. IATSS Research, 47: 416-431.

WSDOT, 2024. **Hydraulics Manual M 23-03.10, Chapter 2: Hydrology**. 28 p.

Zhao, H., Gu, T., Tang, J., Gong, Zh., Zhao, P. 2023. **Urban flood risk differentiation under land use scenario simulation**. iScience 26: 1-28.

Zope, P.E., Eldho, T.I., Jothiprakash, V., 2016. **Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai**. India, Catena, 145: 142-154.

شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ی آبریز سیمینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT

حدیث الماسی [۱]، هادی ثانی‌خانی [۲]، محسن پوررضا بیلندی [۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
hadis.almasy@gmail.com

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. h.sanikhani@uok.ac.ir

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
mohsen.pourreza@birjand.ac.ir

چکیده

در این پژوهش شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ی سیمینه‌رود با استفاده از مدل SWAT انجام شد. ورودی‌های لازم جهت اجرای مدل نقشه‌ی DEM، خاک و کاربری اراضی، داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی می‌باشند که در این پژوهش از داده‌های سه ایستگاه هیدرومتری میاندوآب، داشبند و کاولان و دو ایستگاه سینوپتیک مهاباد و سقز استفاده شد. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که پارامترهای زمان تأخیر برای تغذیه آبخوان (GW-DELAY)، درجه حرارت ریزش برف (SFTMP) و شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط (CN2) مهم‌ترین پارامترهای کنترل کننده‌ی رواناب در حوضه سیمینه‌رود هستند. بر اساس نتایج تحلیل حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی به وسیله برنامه SWAT CUP و با الگوریتم SUFI-2 برای مدل انجام شد. واسنجی برای دوره‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ و اعتبارسنجی برای دوره‌ی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ بر پایه زمانی ماهانه انجام شد. به منظور ارزیابی واسنجی و اعتبارسنجی از شاخص NS و R^2 استفاده شد که مقدار NS در دوره‌ی واسنجی برای ایستگاه‌های میاندوآب، داشبند و کاولان به‌ترتیب ۰/۷، ۰/۷۳ و ۰/۵۹ و مقدار R^2 به‌ترتیب ۰/۷۴، ۰/۷۴ و ۰/۶۱ و مقدار NS برای اعتبار سنجی ۰/۵۱، ۰/۶۴ و ۰/۵۵ و مقدار R^2 به‌ترتیب ۰/۵۵، ۰/۶۴ و ۰/۵۱ به‌دست آمد و مشاهده شد که مدل SWAT عملکرد قابل قبولی در شبیه‌سازی رواناب دارد.

کلید واژه‌ها: اعتبارسنجی، تحلیل حساسیت، واسنجی، SUFI-2، SWATCUP

Abstract

One of the methods for estimating the runoff of an area is the use of hydrological models. In this study, the runoff simulation of Siminehroud basin was performed by using SWAT model. The required inputs for running model are DEM, soil and land use maps and meteorological and hydrological data. In this study, three hydrometric stations of Miandoab, Dashband and Kavlan and two synoptic stations of Mahabad and Saqez were used. In order to improve the performance of the model, sensitivity analysis was performed for the input parameters of the model to determine the relationship between the change in the values of the input parameters and the simulation results. Sensitivity analysis showed that the parameters GW-DELAY, SFTMP and CN2 are the most important and sensitive parameters controlling runoff in the Siminehroud basin. Then, based on the results of sensitivity analysis, calibration and validation were performed by SWAT CUP program and SUFI-2 algorithm for the model. Calibration for the period 1990 to 2003 and validation for the period 2004 to 2015 were performed on a monthly time scales. NS and R^2 were used to evaluate the calibration and validation. the value of NS in the calibration period for Miandoab, Dashband and Kavalan stations were 0.7, 0.73 and 0.59, respectively, and the R^2 values were 0.74, 0.74 and 0.61, respectively, and NS values for validation were 0.51, 0.64 and 55, respectively and R^2 values were 0.55, 0.64 and 0.51, respectively. It was observed that the SWAT model has an acceptable performance in runoff simulation

Keywords: SUFI-2, SWATCUP, Validation, Calibration, Sensitivity analysis

مقدمه

افزایش جمعیت، تغییرات کاربری اراضی و مدیریت نامتوازن منابع آب طی دهه‌های اخیر، مشکلاتی چون سیلاب‌های مخرب و خشکسالی‌های مکرر را به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز تشدید کرده است. این چالش‌ها، ضرورت برنامه‌ریزی دقیق و پایدار برای بهره‌برداری از منابع آب و خاک را برجسته می‌کند (Lal, 2005). بخش وسیعی از ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک پوشش داده است که موجب وقوع خشکسالی‌های مکرر در چند سال اخیر شده است که در صورت عدم برنامه‌ریزی مناسب برای منابع آبی در اختیار، ایران با مشکلات مهمی در زمینه‌ی آب مواجه خواهد شد که منجربه خسارات جبران ناپذیری می‌شود (جودی، ۱۳۹۲). با این حال، کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری، به‌خصوص در مناطق کوهستانی ایران، امکان جمع‌آوری داده‌های کافی برای مدیریت سنتی را محدود کرده است. این محدودیت‌ها، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی کامپیوتری را به‌عنوان جایگزینی کارآمد مطرح کرده است (Mishra *et al.*, 2007). مدل‌های شبیه‌سازی مانند (Soil and Water Assessment Tool) SWATبا توانایی تحلیل فرآیندهای پیچیده هیدرولوژیکی، از جمله رواناب، تبخیر و تعرق و جریان زیرزمینی، ابزارهایی مؤثر برای برنامه‌ریزی در شرایط داده‌های ناکافی ارائه می‌دهند. مدل SWAT (ابزار ارزیابی آب و خاک) یک مدل هیدرولیکی، نیمه فیزیکی و نیمه‌توزیعی می‌باشد که توانایی اجرا در محیط نرم‌افزار GIS را دارد و یک ابزار مناسب در مطالعات آب و خاک می باشد (زارع گاریزی و طالبی، ۱۳۹۵). این مدل‌ها با توسعه روش‌های جدید و نیاز روزافزون به پیش‌بینی دقیق، در دهه‌های اخیر به‌طور گسترده در مدیریت حوضه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. حوضه‌ی سیمینه‌رود، به‌عنوان بخشی از حوضه دریاچه ارومیه، به‌دلیل اهمیت کشاورزی و نقش آن در تعادل آب‌وهوای شمال‌غرب ایران، نیازمند بررسی دقیق است. از اهداف این تحقیق می‌توان به شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ی سیمینه‌رود توسط مدل SWAT در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ و شناسایی پارامترهایی که نسبت به تغییر در مقادیر پارامترها حساسیت بیشتری داشته و میزان اثرگذاری آن‌ها بر رواناب حوضه اشاره کرد. از این پژوهش می‌توان در راستای حفظ و حراست از منابع آبی منطقه و همچنین بررسی آسیب‌های وارده توسط انسان بر این حوضه استفاده کرد و با پیش‌بینی خطرات احتمالی مانند سیلاب‌ها، از وقوع آن‌ها جلوگیری نمود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، مدل هیدرولوژیکی SWAT برای شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ی سیمینه‌رود به‌کار گرفته شد. مدل SWAT از ورودی‌های فیزیکی مانند متغیرهای آب و هوایی، ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، گیاهان و شیوه‌های مدیریت زمین در حوضه‌ی آبریز استفاده می‌کند (Arnold and Allen, 1996). در مدل SWAT، از دو روش شماره منحنی (CN) و معادله‌ی نفوذ گرین-آمپت به‌منظور برآورد رواناب سطحی استفاده می‌گردد (بسالت‌پور و حسین‌زاده، ۱۳۹۵).

داده‌های ورودی شامل آمار روزانه هواشناسی از ایستگاه‌های سینوپتیک سقز و مهاباد (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵) بود که از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد و متغیرهایی چون بارش، دمای کمینه و بیشینه، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی را در بر می‌گرفت. این ایستگاه‌ها به‌دلیل نزدیکی به حوضه انتخاب شدند. نقشه‌های پایه شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM) با تفکیک مکانی ۳۰ متر از اداره منابع طبیعی تهیه شد که توپوگرافی منطقه را تعریف می‌کرد. نقشه‌های کاربری اراضی (شامل ۸ کلاس مانند مرتع، کشاورزی و جنگل)، خاک (بافت و گروه هیدرولوژیک)، و شیب نیز در محیط GIS تولید شدند. برای آماده‌سازی مدل، حوضه ابتدا با استفاده از DEM به ۲۸ زیرحوضه تقسیم شد و شبکه آبراهه‌ها ترسیم گردید. سپس، با تلفیق نقشه‌های شیب، خاک و کاربری اراضی، ۳۱۶ واحد پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) تعریف شد که کوچک‌ترین واحدهای محاسباتی مدل هستند. محاسبه رواناب سطحی با روش شماره منحنی (CN) سازمان حفاظت خاک آمریکا انجام شد که به ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و رطوبت وابسته است. همچنین، معادله بیلان آبی برای شبیه‌سازی چرخه هیدرولوژیکی استفاده شد که مؤلفه‌هایی نظیر بارش، نفوذ، تبخیر و تعرق، جریان زیرسطحی و زیرزمینی را محاسبه می‌کند. برای دقت بیشتر، داده‌های مشاهداتی رواناب از ایستگاه‌های هیدرومتری میاندوآب، داشبند و کاولان (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶) وارد مدل شد. اجرای مدل در

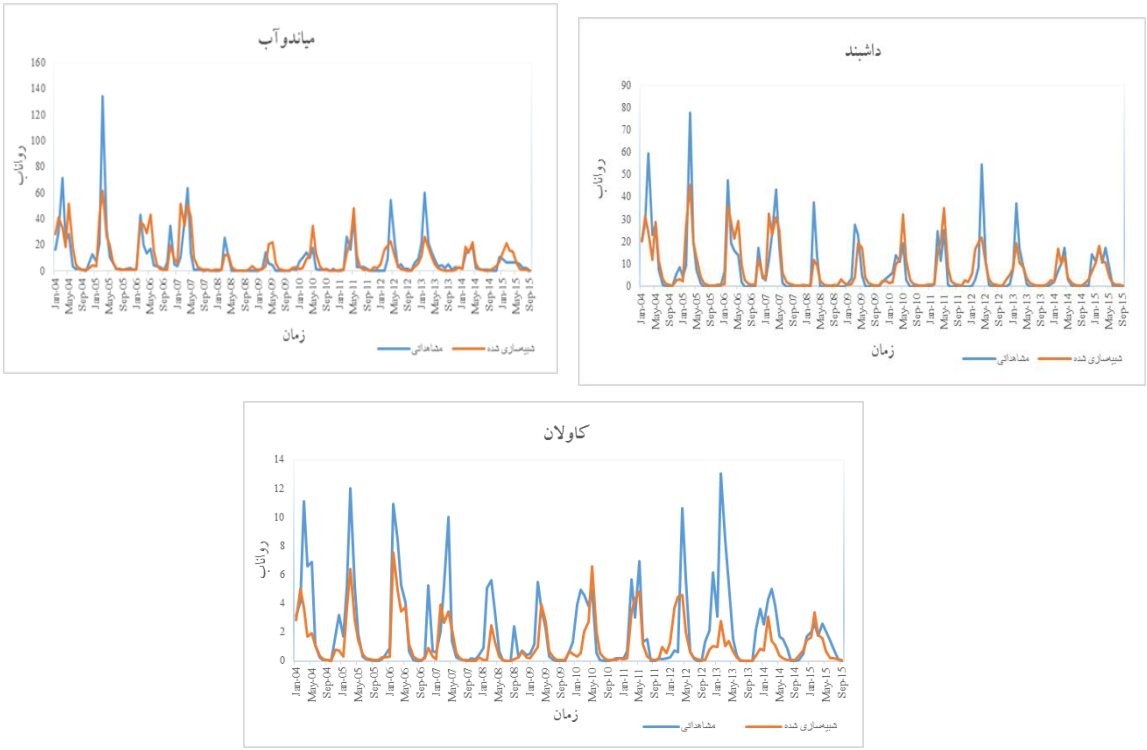
SWAT2012الحاقیه (ArcGIS 10.2) از ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ انجام گرفت و ۳ سال اول (۱۹۸۶ تا ۱۹۸۹) به‌عنوان دوره گرم‌کردن (warm-up) در نظر گرفته شد تا مدل با شرایط اولیه سازگار شود. واسنجی و اعتبارسنجی با نرم‌افزار SWAT-CUP و الگوریتم SUFI-2 انجام شد که امکان تحلیل حساسیت، بهینه‌سازی پارامترها و ارزیابی عدم قطعیت را فراهم می‌کند. تحلیل حساسیت با ۵۰۰ شبیه‌سازی برای شناسایی پارامترهای کلیدی صورت گرفت. واسنجی برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ و اعتبارسنجی برای ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ انجام شد تا دقت مدل در پیش‌بینی رواناب ارزیابی شود. این فرآیندها با هدف کاهش خطا و بهبود همخوانی خروجی‌ها با داده‌های مشاهداتی طراحی شدند.

نتایج و بحث

تحلیل حساسیت نشان داد که پارامترهای زمان تأخیر تغذیه آبخوان (GW-DELAY)، دمای ریزش برف (SFTMP) و شماره منحنی (CN2) با مقادیر t-stat به‌ترتیب ۱۷/۰۸، ۳/۳۳ و ۲/۸۲-و *P*-value نزدیک به صفر، بیشترین تأثیر را بر رواناب دارند. واسنجی برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ انجام شد (شکل ۱). همان‌طور که از شکل ۱ پیداست مدل در برآورد دبی‌های حداکثر، کم برآوردی داشته و مقادیر شبیه‌سازی شده کم‌تر از مقادیر مشاهداتی تخمین زده شده است. نتایج شبیه‌سازی در دوره واسنجی مدل حاکی از این است که در بیشتر ماه‌های سال، مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل از مقادیر مشاهداتی تا حدودی کمتر است. از دلایل ضعف مدل SWAT در تخمین حداکثر رواناب می‌توان به این مورد اشاره کرد که این مدل از مدل سازمان حفاظت آب و خاک در محاسبه رواناب استفاده می‌کند که توانایی پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف را ندارد. همچنین مشاهده می‌شود که اختلاف میان مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ماه‌های آوریل تا ژوئن (فصل بهار) بسیار بیشتر بوده و مقادیر شبیه‌سازی توسط مدل کمتر از مشاهداتی است، که از دلایل آن می‌توان به این اشاره کرد که مدل SWAT اغلب نمی‌تواند جریان در فصل بهار را به خوبی شبیه‌سازی نماید و بارش در این مدل به دو شکل برف و باران بصورت جداگانه به کار برده می‌شود (Tolson and Shoemaker, 2004).

شکل ۱: مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی سه ایستگاه میاندوآب، داشبند و کاولان در دوره واسنجی واسنجی اعتبارسنجی

اعتبارسنجی برای دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ انجام شد. در شکل ۲ مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در مقابل زمان برحسب ماه مقایسه شده است. مشاهده می‌شود که مدل در برآورد دبی‌های اوج در دوره اعتبارسنجی نیز کم‌برآوردی داشته است. مشاهده می‌شود که میزان تفاوت بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ایستگاه کاولان نسبت به دو ایستگاه دیگر کاهش چشمگیری داشته است، که به‌نظر می‌رسد علت آن کوچکتر بودن مقدار دبی اوج در ایستگاه کاولان نسبت به دو ایستگاه دیگر است. همان‌طور که مشاهده شد در دوره‌ی اعتبارسنجی نیز همچون دوره واسنجی، مدل در شبیه‌سازی دبی‌های حداکثری عملکرد ضعیفی داشته و کم‌برآوردی داشته است و همچنین مدل در دوره اعتبارسنجی نسبت به دوره واسنجی عملکرد ضغیف تری دارد.



شکل ۲: مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی سه ایستگاه میاندوآب، داشبند و کاولان در دوره‌ی اعتبارسنجی

جدول ۱: مقایسه شاخص‌های ارزیابی در سه ایستگاه در دوره واسنجی و اعتبارسنجی

ایستگاه	واسنجی		اعتبارسنجی	
	R^2	NS	R^2	NS
میاندوآب	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۵۵
داشبند	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۶۴	۰/۶۴
کاولان	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۱	۰/۳۷

به‌طور کلی نتایج حاکی از این است که مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب در این حوضه و در بازه‌ی زمانی مورد بررسی دارای دقت و عملکرد خوبی است. از بررسی مقادیر شاخص‌های ارزیابی NS و R^2 (جدول ۱) مشاهده می‌شود که در دوره واسنجی و اعتبارسنجی نتایج ایستگاه کاولان ضعیف‌تر از دو ایستگاه دیگر است. از دلایل نتایج ضعیف این ایستگاه می‌توان به واقع شدن آن در مناطق بالادست و کوهستانی و شرایط جوی ناپایدار در این منطقه و عدم قطعیت بالاتر اطلاعات مربوط به این ایستگاه و مساحت کوچکتر حوضه تحت پوشش آن نسبت به دو حوضه دیگر پرداخت.

منابع

بسالت‌پور، ع. و حسین‌زاده، ن. ۱۳۹۵. **تئوری و آموزش گام به گام ساخت و اجرای مدل** SWAT. چاپ اول. انتشارات دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

جودی، آ. ۱۳۹۲. **شبیه‌سازی رواناب حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از مدل** SWAT. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

زارع گاریزی، ا. و طالبی، ع. ۱۳۹۵. **شبیه‌سازی بیلان آب حوضه آبخیز با استفاده از مدل** SWAT **(مطالعه موردی: حوضه قره‌سو استان گلستان)**. نشریه مهندسی منابع آب، جلد ۹، شماره ۳، صفحات ۵۰-۳۷.

Arnold, J.G., Allen, P.M. 1996. **Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds**. Journal of Hydrology, 176: 57-77.

Lal, R. 2005. **Soil erosion and carbon dynamics**. Soil and Tillage Research. 81(2): 137-142.

Mishra, A., Kar, S., Singh, V.P. 2007. **Determination of runoff and sediment yield from a small watershed in sub-humid subtropics using the HSPF model**. Hydrological Processes 21(22): 3035-3045.

Tolson, B.A., Shoemaker, C.A. 2004. **Watershed modeling of the Cannonsville basin using SWAT2000: Model development, calibration and validation for the prediction of flow, sediment and phosphorus transport to the Cannonsville reservoir**. Technical Report, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

نقش حیاتی سیلاب‌های ورودی در حفظ تالاب مهارلو: چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار

حمید حسینی‌مرندی[۱]، سید مسعود سلیمان‌پور[۲]

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. hhmarand@gmail.com

۲- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. m.soleimanpour@areeo.ac.ir

چکیده

تالاب مهارلو، یکی از اکوسیستم‌های ارزشمند جنوب ایران، در سال‌های اخیر با کاهش سطح آب مواجه شده که به عواملی مانند کاهش بارندگی، برداشت بی‌رویه منابع آبی و ممانعت از ورود سیلاب‌ها نسبت داده می‌شود. بررسی تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هیدرولوژیکی نشان می‌دهد که سدسازی، تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری در اطراف تالاب از عوامل مؤثر در کاهش آب آن هستند. در این مطالعه، تأثیر یک واقعه سیلابی در بهمن ۱۴۰۳ بر میزان آب ورودی تالاب مهارلو بررسی شده است. داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی نشان می‌دهند که ورود روان‌آب‌ها از سه زیرحوضه اصلی (نهراعظم، چنار راهدار و خشک) تأثیر به‌سزایی در پایداری این اکوسیستم دارد. نتایج تأکید می‌کنند که مدیریت منابع آبی، احیای مسیرهای تغذیه‌ای و بازنگری در سیاست‌های توسعه‌ای برای جلوگیری از خشکی تالاب ضروری است.

کلید واژه‌ها: تالاب مهارلو، سیلاب ورودی، مدیریت پایدار آب، تغییرات اقلیمی، هیدرولوژی حوضه

The Vital Role of Incoming Floods in Preserving Maharloo Wetland: Challenges and Sustainable Management Strategies

Hamid Hosseinimarandi [1] Seyed Masoud Soleimanpour [2]

Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, Email: hhmarand@gmail.com

Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, Email: m.soleimanpour@areeo.ac.ir

Abstract

In recent years due to factors such as reduced precipitation, excessive water extraction, and obstruction of flood inflows. Satellite imagery and hydrological data analysis indicate that dam construction, land-use changes, and urban expansion around the wetland have contributed to this decline. This study examines the impact of a flood event in February 2025 on the wetland's water inflow. Meteorological and hydrological data reveal that runoff from three main sub-basins (Nehre Azam, Chenar Rahdar, and Khoshk) plays a crucial role in maintaining the wetland's stability. The findings highlight the necessity of water resource management, restoring inflow pathways, and revising development policies to prevent the complete desiccation of the wetland.

Keywords: Maharloo Wetland, Incoming Floods, Sustainable Water Management, Climate Change, Watershed Hydrology

مقدمه

تالاب مهارلو، واقع در نزدیکی شهر شیراز، یکی از زیست‌بوم‌های ارزشمند جنوب ایران محسوب می‌شود که نقشی کلیدی در تعادل اقلیمی منطقه ایفا می‌کند. این تالاب علاوه بر کاهش دمای محلی و جلوگیری از پراکنش گرد و غبار، زیستگاه گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری بوده و در حفظ پایداری اکوسیستم منطقه نقش دارد (مظفری و همکاران، ۱۳۹۳). بااین‌حال، در سال‌های اخیر، عوامل متعددی ازجمله کاهش بارندگی، برداشت بی‌رویه از منابع آبی و ممانعت از ورود سیلاب‌ها، موجب کاهش سطح آب این تالاب شده است.

رده‌بندی زیستگاهی تالاب مهارلو نشان می‌دهد که این تالاب دارای پهنه‌های زیستگاهی متفاوتی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی قرار گرفته‌اند. براساس سامانه طبقه‌بندی زیستگاهی، کاهش سطح آب باعث تغییر در تنوع زیستی منطقه شده است. مطالعات انجام‌شده با داده‌های ماهواره‌ای نیز کاهش قابل‌توجه سطح این تالاب را در دو دهه اخیر تأیید می‌کنند. تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در پلتفرم گوگل ارث انجین نشان داده است که کاهش بارندگی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی زیرزمینی حاشیه تالاب و منابع آب سطحی بالادست، از عوامل اصلی این تغییرات هستند (زمان‌پور و همکاران، ۱۴۰۲؛ مظفری و همکاران، ۱۳۹۴).

مطالعه تغییرات سطح دریاچه مهارلو و کاربری اراضی اطراف آن نشان داده است که توسعه شهری و تغییرات کاربری زمین در حاشیه تالاب تأثیر مستقیمی بر میزان آب آن داشته است (موسوی و همکاران ۲۰۲۰). این مطالعه تأکید می‌کند که حفاظت از مسیرهای تغذیه‌ای تالاب برای جلوگیری از خشکی کامل آن ضروری است. بررسی تغییرات سطح دریاچه مهارلو، همچنین، بررسی عوامل مؤثر بر خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین دلایل کاهش سطح آب در این اکوسیستم‌ها شامل کاهش بارندگی، سدسازی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و تغییرات کاربری زمین است. احداث سد تنگ سرخ شیراز بر روی خشک رود تنگ سرخ در غرب حوضه تالاب و در زیرحوضه خشک، یکی از مهم‌ترین تهدیداتی است که می‌تواند جریان‌های ورودی تالاب را مسدود کرده و خطر خشک شدن کامل آن را افزایش دهد.(صادقی و رضایی، ۲۰۱۷ ؛ زرین و همکاران ۲۰۱۹؛ کاظمی و همکاران؛ تسنیم ۱۳ دی ماه ۱۴۰۳).

خشک شدن تالاب مهارلو می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی گسترده‌ای به‌دنبال داشته باشد. مطالعه‌ای درباره تالاب بین‌المللی هامون نشان داده که خشک شدن تالاب‌ها می‌تواند منجر به افزایش گرد و غبار، تغییرات اکوسیستمی و تأثیرات منفی بر معیشت ساکنان محلی شود. این یافته‌ها در مورد تالاب مهارلو نیز صادق است، چرا که کاهش سطح آب آن می‌تواند باعث افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زندگی در شیراز و مناطق اطراف شود. بررسی اثرات خشکی دریاچه ارومیه نیز نشان داده است که کاهش سطح آب تالاب‌ها می‌تواند به افزایش شوری خاک، از بین رفتن تنوع زیستی و افزایش طوفان‌های نمکی منجر شود. این اثرات می‌توانند در تالاب مهارلو نیز رخ دهند، به‌ویژه اگر روند خشک شدن آن ادامه پیدا کند (فرجی و همکاران، ۲۰۱۸).

با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی ذکرشده، اتخاذ سیاست‌های پایدار در مدیریت منابع آبی و جلوگیری از پروژه‌های توسعه‌ای مخرب ضروری است. مطالعه‌ای درباره تالاب هورالعظیم نشان داده است که توسعه میادین نفتی و کاهش سطح آب تالاب‌ها تأثیرات جبران‌ناپذیری بر محیط‌زیست و کیفیت هوا دارد (سعیدی و دشتی، ۱۳۹۶). بر این اساس، مدیریت منابع آبی و جلوگیری از تغییرات انسانی مخرب برای بقای تالاب‌ها ضروری است. بررسی مخاطرات زیست‌محیطی خشک شدن تالاب هورالعظیم، در مورد تالاب مهارلو، احیای مسیرهای ورودی آب، مشارکت جوامع محلی در مدیریت منابع، و بازنگری در سیاست‌های سدسازی می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از خشکی تالاب و بحران‌های زیست‌محیطی مرتبط با آن داشته باشد (حسینی مرندی و همکاران، ۱۳۹۷). تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی کشور نقش حیاتی در حفظ تعادل هیدرواکولوژیک و پایداری منابع زیستی و اقتصادی دارند. وضعیت تالاب‌های ایران نشان‌دهنده مشکلات ناشی از مدیریت نادرست آب و خاک و تغییرات اقلیمی است (احمدی، ۱۴۰۱). تالاب مهارلو، که تحت تأثیر برداشت آب در بالادست و حاشیه خود و کاهش بارش‌ها قرار گرفته، در دهه اخیر با خشکی مواجه شده است. نیاز آبی برای احیای این تالاب ۲۵۰ میلیون مترمکعب است، که تاکنون

تأمین نشده است (پاکپرور و خسروشاهی، ۱۳۹۶). در این مقاله، به بررسی تأثیر تنها یک واقعه سیلاب در بهمن ۱۴۰۳ بر حیات تالاب مهارلو پرداخته شده و نشان داده می‌شود که ورود روان‌آب‌ها به تالاب برای بقای آن ضروری است. مطالعه با استفاده از داده‌های هواشناسی، هیدرولوژی و مشاهدات میدانی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت و ویژگی‌های منطقه

حوضه آبخیز مهارلو با مساحت ۳۹۶،۱۵۱ هکتار (۳۹۶۱/۵۱ کیلومتر مربع) یکی از حوضه‌های مهم استان فارس است. این حوضه به شکل کشیده‌ای است که طول بزرگ‌تر آن در جهت شمال غرب به جنوب شرق قرار دارد. مرز شمال غربی آن از گردنه شول در مسیر شیراز-سپیدان آغاز شده و مرز جنوب شرقی آن در دو راهی نظرآباد در مسیر سروستان-فسا به پایان می‌رسد. به‌دلیل وجود شهر شیراز و تراکم جمعیتی بالا، حوضه مهارلو اهمیت زیادی دارد و تحت تأثیر رشد جمعیت قرار گرفته است. تغییرات زیادی در کاربری اراضی به وجود آمده که عمدتاً شامل تخریب باغ‌ها، جنگل‌ها و مراتع و تبدیل آنها به اراضی دیم، باغ‌شهر و مسکونی می‌شود.

موقعیت جغرافیایی: این منطقه بین ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۹ ثانیه تا ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۱ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۱۷ دقیقه و ۲۸ ثانیه طول جغرافیایی شرقی واقع است.

ارتفاعات: کمترین ارتفاع ۱۴۵۶ متر از سطح دریا در نزدیکی دریاچه مهارلو و بیشترین ارتفاع ۳۰۰۳ متر از سطح دریا در ارتفاعات زیرحوضه نهراعظم.

آبراهه‌ها: طولانی‌ترین آبراهه حوضه به طول ۷۷/۲۷ کیلومتر از بلندی‌های زیرحوضه نهراعظم شروع شده و تا دریاچه مهارلو ادامه دارد.

ویژگی‌های هیدرولوژیکی: دریاچه مهارلو محل تخلیه تمام سیلاب‌ها و زه‌آب‌های دو رود خشک شیراز و راهدار است. این دریاچه به‌دلیل تبخیر زیاد و عمق کم، نمی‌تواند یک دریاچه دائمی به شمار آید.

تقسیم‌بندی حوضه حوضه مهارلو به سه زیرحوضه تقسیم شده است:

زیرحوضه چنارسوخته (نهراعظم): در شمال غرب حوضه با طول آبراهه ۴۳/۵۷ کیلومتر.

زیرحوضه چنارسوخته (خشک): در غرب حوضه با طول آبراهه ۳۵/۴۶ کیلومتر.

زیرحوضه چناراهدار (راهدار): در جنوب غرب حوضه با طول آبراهه ۲۴/۹۵ کیلومتر.

جدول ۱: اطلاعات کلی زیرحوضه‌های غرب حوضه مهارلو (پاک‌پرور ۱۳۸۹)

ردیف	نام زیر حوضه	مساحت (کیلومترمربع)	مقدار بارش(میلی‌متر)*	CN
۱	نهراعظم	۳۷ / ۱۵۹	۸۳ / ۸	۷۶
۲	چناراهدار	۱۸ / ۲۵۱	۸۳ / ۸	۸۰
۳	خشک	۱۵ / ۲۳۰	۸۳ / ۸	۷۹

* ایستگاه بارانسنجی خودکار شهرک گلستان شیراز (بهمن ۱۴۰۳)

شکل ۱: موقعیت تالاب مهارلو در جنوب شرقی شیراز در استان فارس

شکل ۲: نمایی از تالاب مهارلو در شرایط خشکسالی و کمبود آب (بهمن ماه ۱۴۰۳)

شکل ۳: نمایی از تالاب مهارلو بر روی تصاویر ماهواره – جذابیت رنگ صورتی ناشی از حضور نوعی جلبک

متدولوژی تحلیل حجم رواناب و سیلاب

جمع‌آوری داده‌های بارش: داده‌های بارش مربوط به تاریخ‌های ۲۵ و ۲۶ بهمن ماه ۱۴۰۳ از ایستگاه‌های باران‌سنجی مستقر در حوضه آبخیز مهارلو جمع‌آوری شد. این داده‌ها برای تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

ایستگاه‌های هیدرومتری: سه ایستگاه هیدرومتری در این حوضه با آمار بالای ۲۰ سال فعال هستند. البته در این بررسی به‌دلیل توجه خاص به سیلاب بهمن ماه ۱۴۰۳، با هدف برجسته نمودن اهمیت سیلاب در حیات دریاچه و از طرفی عدم امکان دسترسی سریع به داده‌های هیدرومتری، ترجیح داه شد که از روش CN استفاده شود.

تعیین پارامترهای هر زیرحوضه: حوضه آبخیز مهارلو شامل سه زیرحوضه است: نهراعظم، چنار راهدار و خشک. برای هر زیرحوضه، مساحت و مقدار بارش ثبت‌شده تعیین گردید تا بر اساس آن محاسبات حجم رواناب انجام شود.

محاسبه CN: برای هر زیرحوضه از روش شماره منحنی (CN) برای محاسبه حجم رواناب استفاده شد. CN که نشان‌دهنده پتانسیل رواناب در هر منطقه است، براساس نوع خاک و پوشش گیاهی زیرحوضه‌ها تعیین شد. براساس بررسی منابع موجود مقادیر CN برای زیرحوضه‌های نهراعظم، چنار راهدار و خشک به‌ترتیب ۷۶، ۸۰ و ۷۹ در نظر گرفته شد.

محاسبه حجم رواناب: حجم رواناب از فرمول شماره منحنی (CN) محاسبه شد. ابتدا میزان رواناب (Q) برای هر زیرحوضه محاسبه و سپس حجم رواناب با ضرب میزان رواناب در مساحت زیرحوضه‌ها به‌دست آمد.

تحلیل نتایج و مقایسه حجم رواناب: حجم رواناب هر زیرحوضه محاسبه و مقایسه شد. نتایج نشان داد که حجم کل رواناب سه زیرحوضه در مجموع به ۲،۳۸۴،۶۰۰ مترمکعب رسید.

ارزیابی تأثیرات سیلاب: تأثیرات سیلاب‌های ناشی از این بارش‌ها بر سطح آب دریاچه مهارلو بررسی شد. این سیلاب‌ها بدون وارد آوردن خسارات به سطح دریاچه مهارلو، آب مورد نیاز برای تغذیه آن را فراهم کردند.

پیشنهادات مدیریتی: براساس نتایج تحلیل، پیشنهادات مدیریتی برای بهبود مدیریت منابع آبی و کنترل سیلاب‌ها در حوضه مهارلو ارائه شد. این پیشنهادات شامل استفاده از روش‌های مناسب برای ذخیره‌سازی رواناب و جلوگیری از تخریب زیست‌محیطی ناشی از سیلاب‌ها است.

بحث و نتایج

ویژگی‌های بارش و رواناب در تاریخ‌های ۲۵ و ۲۶ بهمن ۱۴۰۳، بارش قابل توجهی در حوضه آبخیز مهارلو و دیگر نواحی استان فارس رخ داد که تأثیرات قابل توجهی بر حجم رواناب و سیلاب‌ها در این منطقه داشت. ایستگاه‌های باران‌سنجی اطراف حوضه مهارلو، شامل شیراز، شهرک گلستان، قلات، صدرا، بهاران، خانه زنیان و داریان، مقادیر بالایی از بارش را گزارش کردند. بارش ثبت‌شده در ایستگاه شهرک گلستان (۸۳٫۹ میلی‌متر) به‌ویژه در مناطق غربی حوضه که به رودخانه‌های فصلی نظیر رودخانه خشک و رودخانه چنار راهدار متصل است، موجب تولید رواناب قابل توجهی شد.

بارش‌های شدید باعث تحریک جریان‌های سطحی و افزایش میزان رواناب در این منطقه شد که از عوامل کلیدی در ایجاد سیلاب‌ها و تأثیرات آن بر دریاچه مهارلو به‌شمار می‌رود. این نتایج نشان می‌دهند که بارش‌های فصلی در حوضه آبخیز مهارلو می‌توانند باعث تغییرات سریع در شرایط هیدرولوژیکی و منابع آبی این منطقه شوند، به‌ویژه در مواقعی که سیستم‌های طبیعی نتوانند جریان آب را به‌طور مؤثر مدیریت کنند.

تحلیل حجم رواناب در زیرحوضه‌ها با استفاده از فرمول شماره منحنی (CN) که به‌عنوان یکی از روش‌های رایج برای تخمین رواناب در مناطق مختلف شناخته می‌شود، حجم رواناب برای هر یک از زیرحوضه‌های حوضه مهارلو محاسبه گردید. تحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که با توجه به بارش شدید ۸۳/۹ میلی‌متر، حجم رواناب در زیرحوضه‌های مختلف به شکل قابل توجهی افزایش یافته است:

زیرحوضه نهراعظم با مساحت ۱۵۹/۳۷ کیلومترمربع و بارش ۸۳/۹ میلی‌متر، حجم رواناب ۱،۱۵۳،۰۰۰ مترمکعب را تولید کرد. این زیرحوضه به‌واسطه ویژگی‌های خاص خود مانند شیب‌های بیشتر و پوشش گیاهی خاص، دارای رواناب بیشتری بود.

زیرحوضه چنار راهدار با مساحت ۲۵۱/۱۸ کیلومترمربع و بارش مشابه، حجم رواناب کمتری در حدود ۶۸۵،۴۰۰ مترمکعب داشت که این کاهش حجم رواناب می‌تواند به عواملی مانند پوشش گیاهی و خاک‌های با نفوذپذیری بیشتر مربوط باشد.

زیرحوضه خشک با مساحت ۲۳۰/۱۵ کیلومترمربع و بارش مشابه، حجم رواناب ۵۶۴،۲۰۰ مترمکعب تولید کرد که این کاهش حجم رواناب نسبت به دیگر زیرحوضه‌ها به ویژگی‌های خاص این زیرحوضه نظیر پوشش گیاهی کمتر و شرایط خاکی آن وابسته است. مجموع حجم رواناب از این سه زیرحوضه برابر با ۲،۳۸۴،۶۰۰ مترمکعب محاسبه شد که این میزان رواناب، تأثیرات زیادی بر سطح آب دریاچه مهارلو داشت. (جدول ۲).

جدول ۲: حجم رواناب زیرحوضه‌ها و کل غرب مهارلو در رخدادبارشی بهمن ۱۴۰۳

ردیف	زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	حجم رواناب (متر مکعب)
۱	نهراعظم	۳۷/۱۵۹	۳۱/۰۳	۱۱۵۳۰۰۰
۲	چناررراهدار	۱۸/۲۵۱	۳۷/۵۶	۶۸۵۴۰۰
۳	خشک	۱۵/۲۳۰	۳۵/۸۶	۵۶۴۲۰۰
جمع سه زیرحوضه		۷۰/۶۴		۲۳۸۴۶۰۰

سیلاب‌ها در مناطق خشک یا نیمه‌خشک به‌عنوان یک منبع حیاتی برای تغذیه دریاچه‌ها و تالاب‌ها شناخته می‌شوند. این سیلاب‌ها می‌توانند باعث افزایش سطح آب دریاچه‌ها و جلوگیری از خشکی آن‌ها شوند. به‌ویژه در حوضه‌هایی که منابع آبی آن‌ها به‌دلیل کاهش بارش‌ها و مصرف بیش از حد آب تحت فشار قرار دارند، ورود آب حاصل از سیلاب‌ها می‌تواند به حفظ اکوسیستم آبی کمک کند. برای مثال، در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، سیلاب‌های بهاری توانسته‌اند به‌طور موقت سطح آب دریاچه را افزایش دهند و به اکوسیستم آن کمک کنند (Moosavi *et al.*, 2013).

دریاچه مهارلو نیز نمونه‌ای مشابه از این پدیده است. سیلاب‌ها در این منطقه باعث ورود آب به دریاچه شدند و از خشکی بیشتر آن جلوگیری کردند. این نوع پدیده در دیگر دریاچه‌های مناطق خشک نیز دیده می‌شود، به‌ویژه در مناطقی که با چالش‌هایی مانند کاهش منابع آب طبیعی و تبخیر زیاد روبه‌رو هستند. در این مناطق، سیلاب‌ها نقش مهمی در تأمین آب برای اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کنند و از کاهش شدید سطح آب دریاچه‌ها جلوگیری می‌کنند.

در بسیاری از مناطق خشک یا نیمه‌خشک جهان، سیلاب‌ها نقش حیاتی در تغذیه تالاب‌ها و دریاچه‌ها دارند. این سیلاب‌ها می‌توانند باعث بازسازی اکوسیستم‌های آبی و افزایش تنوع زیستی شوند، به‌ویژه در تالاب‌هایی که تحت تهدید خشکی و تغییرات اقلیمی قرار دارند. به‌عنوان مثال، در تالاب‌های آبای اسپین در پرتغال، سیلاب‌های فصلی به تأمین منابع آبی کمک کرده و سطح آب این اکوسیستم‌های حساس را تقویت می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این سیلاب‌ها نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و سلامت اکوسیستم تالاب دارند (González *et al.*, 2021). ()

همچنین، در تالاب آلتامیرا در مکزیک، که یکی از بزرگ‌ترین تالاب‌های خشکی‌زده جهان است، سیلاب‌ها می‌توانند به بازسازی محیط‌های آبی و افزایش تولید زیستی در این مناطق کمک کنند. تحقیقات اخیر نشان داده که ورود آب حاصل از سیلاب‌ها می‌تواند باعث رشد گیاهان آبزی و تأمین آب مورد نیاز برای بسیاری از گونه‌های جانوری بومی شود (Moreno- Mendoza *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

سیلاب بهمن ۱۴۰۳ در حوضه آبخیز مهارلو نشان‌دهنده اهمیت بارش‌های فصلی در حفظ منابع آبی این حوضه است. تحلیل حجم رواناب و تأثیرات آن بر منابع آبی، به‌ویژه دریاچه مهارلو، می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی در آینده کمک کند و همچنین راه‌حل‌هایی برای مقابله با چالش‌های خشکی و کم‌آبی در این منطقه ارائه دهد. اجرای مدل‌های پیشرفته‌تر برای تحلیل رواناب و تقویت زیرساخت‌های پایش و پیش‌بینی می‌تواند کمک‌های زیادی در مقابله با بحران‌های آبی و حفاظت از منابع آبی این منطقه داشته باشد.

سیلاب ناشی از بارش‌های شدید به دریاچه مهارلو وارد شد و از خشکی بیشتر آن جلوگیری کرد. این سیلاب با حفظ اکوسیستم دریاچه و افزایش سطح آب آن، نقش مهمی در نگهداری منابع آبی منطقه ایفا کرد. در این رخداد، سیلاب‌ها بدون وارد کردن خسارات عمده به پهنه دریاچه وارد آن شدند و این نشان‌دهنده مدیریت طبیعی جریان آب بود. به‌علاوه، وارد شدن آب به دریاچه به‌ویژه در شرایط خشکسالی و کم‌آبی می‌تواند اثرات مثبتی بر شرایط زیست‌محیطی و کشاورزی منطقه داشته باشد.

این تحلیل نشان می‌دهد که بارش‌های شدید نه تنها می‌توانند به پر شدن دریاچه‌های فصلی کمک کنند، بلکه تأثیرات مستقیم بر اکوسیستم‌ها و منابع آبی منطقه خواهند داشت. در این شرایط، برقراری تعادل میان جلوگیری از سیلاب‌های مخرب و استفاده بهینه از رواناب‌ها در تغذیه منابع آبی ضروری است.

پیشنهادها

مدیریت منابع آبی: با توجه به حجم بالای رواناب در این منطقه، به‌ویژه در فصول بارش، لازم است که برنامه‌های مدیریت منابع آبی حوضه مهارلو شامل اقدامات پیشگیرانه‌ای برای کنترل سیلاب‌ها و هدایت رواناب به‌سمت دریاچه مهارلو به‌طور مؤثر اجرا شوند. استفاده از سدهای کوچک و سیستم‌های جمع‌آوری و هدایت آب به دریاچه، می‌تواند در جلوگیری از تخریب منابع آبی و اکوسیستم‌های حساس کمک‌کننده باشد.

مطالعه رواناب در بلندمدت: برای پیش‌بینی بهتر و مدیریت منابع آبی در حوضه مهارلو، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری در زمینه تحلیل رواناب و ویژگی‌های هیدرولوژیکی انجام شود. استفاده از مدل‌های پیشرفته‌تر، که می‌توانند اثرات متغیرهای

مختلف مانند نوع پوشش گیاهی، نوع خاک، و توپوگرافی منطقه را در محاسبات رواناب لحاظ کنند، به پیش‌بینی دقیق‌تر و مدیریت بهتر سیلاب‌ها کمک خواهد کرد.

تقویت سیستم پایش: برای بهبود پیش‌بینی و ارزیابی سیلاب‌ها، تقویت ایستگاه‌های باران‌سنجی و استفاده از فناوری‌های جدید نظیر سنجش از دور و سیستم‌های هشدار سیلاب می‌تواند در ارائه هشدارهای زودهنگام و اقدامات پیشگیرانه مؤثر باشد. این فناوری‌ها می‌توانند به‌طور مؤثرتر جریان‌های آب و تغییرات سریع در وضعیت هیدرولوژیکی حوضه را شبیه‌سازی کرده و از بروز بحران‌های ناشی از سیلاب‌ها جلوگیری کنند.

مراجع

احمدی، ح. ۱۴۰۱. **بررسی چاله‌های ایران، مطالعه موردی: چاله لوت**، مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۲، شماره ۷، صفحات ۱۷۶–۱۵۹.

امیری، م.، پورقاسمی، ح. ۱۹۳۸. **بررسی ارتباط بین خشکسالی‌های آب شناسی و هواشناسی حوزه آبخیز مهارلو، استان فارس**، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۳، شماره ۱۱، صفحات ۷۳۸-۷۲۵.

پاکپرور، م. خسروشاهی،. ۱۳۹۶. **بررسی تغییرات کاربری اراضی و فراوانی سیلاب در حوضه آبخیز مهارلو**، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، دوره ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۱۳۹–۱۱۳۰.

حسینی مرندی، ح. ۱۳۹۷. **خشکیدگی تالاب بختگان و ایجاد کانون تولید گرد و غبار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان**. سومین همایش ملی اثرات خشکسالی و مدیریت آن(با رویکرد مدیریت عادلانه آب)، خرم آباد.

زمان‌پور، م.، پاک‌پرور، م.، حاتمی، ا.، ظهیریان، ع. ۱۴۰۲. **رده‌بندی زیستگاهی تالاب مهارلو در سامانهMedWet**، مجله محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۴۴۹-۴۶۶.

کاظمی، م.، فیض‌نیا، س.، خسروی، ح.، ناجی، ص.، مصباح، س.ح. ۱۳۹۸. **بررسی تغییرات سطح دریاچه مهارلو و کاربری اراضی حاشیه آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای**. مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۱۳۰-۱۱۳۹.

مظفری، غ.، نارنگی فرد، م. ۱۳۹۳. **بررسی میزان بارش بر تغییرات سطح دریاچه مهارلو بر میزان رطوبت و دمای شهر شیراز**، فصلنامه علمی – پژوهشی اکولوژی تالاب، دوره ۶، شماره ۹، صفحات ۸۲–۷۳.

مظفری، غ.، نارنگی فرد، م. (۱۳۹۴). **آثار تغییرات سطح آب دریاچه مهارلو با استفاده از داده‌های سنجش از دور**، جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای، شماره ۱۴، صفحات ۲۳۰–۲۱۵.

Faraji, M., Sadeghi, M. 2018. **Hydrological and Climatic Factors Leading to the Drying of Wetlands in Iran.** *Water Resources Management Journal, 32*(4): 487-499.

González, R., Vieira, M., Almeida, T. 2021. **Seasonal Flooding and Its Role in Maintaining Biodiversity in the Albufera Lagoon, Portugal.** Journal of Wetland Ecology, 48(3): 243-257

Moosavi, S.S., Ghahraman, B. 2013. **Impact of Seasonal Flooding on the Hydrological Balance of Urmia Lake.** Environmental Science and Policy, 34(2): 220-229

Moreno-Mendoza, N., Valenzuela, J., Pérez, L. 2022. **Flood Events and Ecological Restoration in the Altamira Wetlands, Mexico.** Ecological Engineering, 105(5): 230-240

Mousavi, S.Z., Khazaei, M. 2020. **Changes in the Surface Area of Lake Maharloo and Surrounding Land Use**. *Journal of Environmental Studies, 24*(3): 123-137.

Sadeghi, F., Rezaei, A. 2017. **Effects of Dams on Wetland Water Inflows: A Case Study of Tang Sorkh Dam.** *Iranian Journal of Water and Climate Change, 29*(1): 35-47.

Zarrin, M., Behravan, S. 2019. **Impacts of Urban Development and Land Use Changes on the Hydrology of Maharloo Wetland.** *Environmental Impact Review, 35*(2): 77-89.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توژینگه‌ی کوردستان‌ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan

برآورد pH آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ برای دریاچه زریبار با تأکید بر ساخت معادلات خطی

پریا فرزام، سید آرمان صمدی تودار

۱- فارغ التحصیل سنجش از دور دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. pa.farzam@alumni.sbu.ac.ir

۲- فارغ التحصیل سنجش از دور دور دانشگاه تهران، تهران، ایران. arman.samadi@ut.ac.ir

چکیده

دریاچه زریبار یکی از زیست‌بوم‌های ارزشمند ایران است که به‌دلیل ورود آلاینده‌های انسانی و تغییرات اقلیمی، تحت فشارهای زیست‌محیطی قرار دارد. این پژوهش با هدف پایش تغییرات pH آب دریاچه زریبار با استفاده از داده‌های سنجش از دور و ساخت مدل‌های رگرسیونی انجام شده است. در این پژوهش از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۲ در سال ۱۴۰۲ در بستر سامانه گوگل ارث انجین تمامی پردازش‌ها صورت گرفته است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بین باندهای ماهواره‌ای سنتینل ۲ و مقدار pH آب در فصول مختلف ضریب تعیین قابل قبولی وجود دارد. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده این است که در فصل بهار باندB9، در فصل تابستان باند 8A، در فصل پاییز باند B4 و در فصل زمستان باند ۵ دارای بیشترین ضریب تعیین بوده و معادلات خطی قوی بر پایه این باندها شکل خواهد گرفت. همچنین نتایج اعتبارسنجی نشان‌دهنده ضریب همبستگی ۰/۹۱۵ و خطای ریشه مربعی میانگین مربعات معادل با ۰/۲۱۴ می‌باشد که نتایج بسیار قابل قبولی را از نظر آماری ارائه داده است.

کلید واژه: دریاچه زریبار، سنجش از دور، pH، گوگل ارث انجین، رگرسیون

Abstract

Zrebar wetland is one of Iran's valuable ecosystems, facing environmental pressures due to human pollutants and climate change. This study aims to monitor pH variations in Zrebar Wetland using remote sensing data and regression models. Satellite data from Sentinel-2 in 2023 were processed entirely within the Google Earth Engine platform. The results indicate a significant coefficient of determination between Sentinel-2 spectral bands and water pH across different seasons. Specifically, Band 9 in spring, Band 8A in summer, Band 4 in autumn, and Band 5 in winter exhibited the highest determination coefficients, forming strong linear equations. Additionally, validation results show a correlation coefficient of 0.915 and a root mean square error (RMSE) of 0.214, demonstrating statistically reliable results.

Keywords: Zrebar Wetland, Remote Sensing, pH, Google Earth Engine, Regression

مقدمه

دریاچه‌ها از جمله اکوسیستم‌های کلیدی زمین به‌شمار می‌روند که نقش بی‌بدیلی در تنظیم چرخه‌های آبی و حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این زیستگاه‌های طبیعی، علاوه بر ارزش‌های زیست‌محیطی، دارای اهمیت اقتصادی و فرهنگی نیز هستند و در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی نقشی حیاتی دارند (Mitsch and Gosselink, 2015). دریاچه‌ها مناطق کم عمق با تنوع زیستی بالا هستند (Barducci *et al.*, 2009) و مورفولوژی دریاچه‌ها تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقلیمی شکل می‌گیرد (John Wiley and Sons, 1957). دریاچه‌ها می‌توانند کیفیت آب را بهبود بخشند، خطوط ساحلی را محافظت کنند، آب‌های زیرزمینی را تغذیه کنند، شدت سیل و خشکسالی را کاهش دهند و زیستگاه‌های منحصر به‌فردی را برای بسیاری از گیاهان و حیوانات فراهم کنند (Zhang *et al.*, 2010). یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های آبی، pH آب است که معیاری برای اسیدی یا قلیایی بودن آب به‌شمار می‌رود. این شاخص نقش مهمی در فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی آب، از جمله انحلال مواد معدنی و چرخه‌های زیستی دارد (Wetzel, 2001). پایش مستمر و دقیق این شاخص برای حفظ تنوع زیستی و جلوگیری از تخریب اکوسیستم ضروری است (ابراهیم‌پور و محمدزاده، ۱۳۹۰).

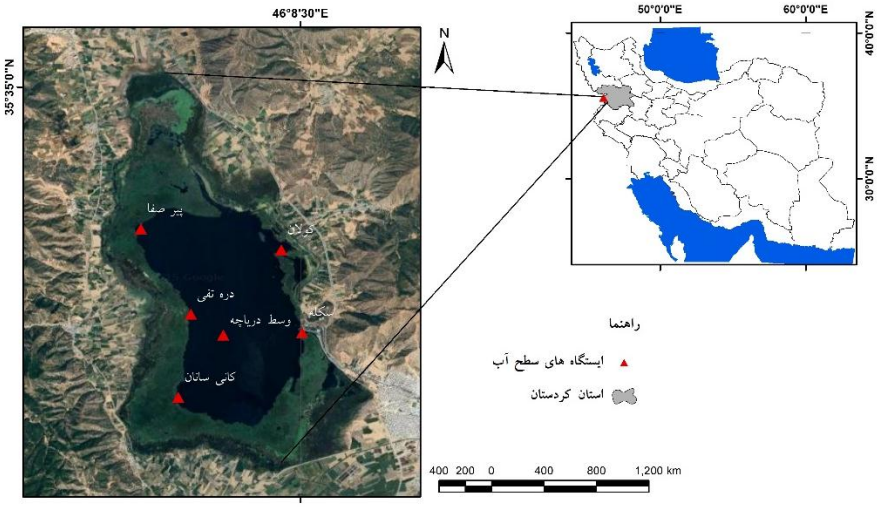
مطالعات اخیر نشان داده است که pH آب یکی از عوامل کلیدی در کنترل عملکرد بیوژئوشیمیایی و در نتیجه تولید و انتشار متان، دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن از آب است (Barbiero *et al.*, 2018). روش‌های سنتی اندازه‌گیری pH مبتنی بر نمونه‌برداری مستقیم و آزمایش‌های آزمایشگاهی هستند که اگرچه دقیق‌اند، اما هزینه‌بر و زمان‌بر بوده و محدود به نقاط خاصی از آب‌ها می‌شوند (Smith *et al.*, 2018). با پیشرفت فناوری سنجش از دور، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌عنوان جایگزینی کارآمد برای پایش گسترده و پیوسته کیفیت آب مورد توجه قرار گرفته است (Wang *et al.*, 2020). داده‌های ماهواره‌ای مانند Sentinel-2، با پوشش زمانی و مکانی گسترده، به‌ویژه در ترکیب با ابزارهای پردازشی نظیر Google Earth Engine، امکان پایش مداوم پارامترهای کیفی آب را در دریاچه‌ها فراهم می‌کنند (Olmanson *et al.*, 2008). مطالعات متعددی از داده‌های Sentinel-2 برای ارزیابی کیفیت آب در اکوسیستم‌های مختلف استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای توسط Tomingو همکاران در سال ۲۰۱۶ از داده‌های سنتینل ۲ برای تخمین غلظت کلروفیل-آ و مواد معلق در دریاچه‌های اروپایی استفاده شد و نتایج نشان داد که این داده‌ها قابلیت بالایی در پایش کیفیت آب دارند. Liu و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مطالعه‌ای بیان داشتند که بین بازتاب‌های طیفی در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و مقادیر pH آب، رابطه‌ای معنی‌دار وجود دارد. همچنین، در پژوهشی دیگر با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی، pH را در دریاچه‌های چین پیش‌بینی کردند و به دقت قابل قبولی دست یافتند (Zhang *et al.*, 2019). در ایران نیز مطالعاتی در زمینه پایش کیفیت آب با استفاده از فناوری سنجش از دور انجام شده است. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای (Alizadeh *et al.*, 2020) از داده‌های ماهواره‌ای Landsat برای ارزیابی تغییرات کیفیت آب دریاچه ارومیه استفاده شد و نتایج نشان داد که این روش می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای مدیریت منابع آبی به‌کار رود. با این حال، پژوهش‌های اندکی درباره پایش pH دریاچه زریبار با بهره‌گیری از داده‌های Sentinel-2 صورت گرفته است.

هدف اصلی این مطالعه یافتن رابطه معنادار بین مقدار pH آب دریاچه زریبار با باندهای سنتینل ۲ در بستر سامانه گوگل ارث انجین در فصول مختلف سال می‌باشد. با پیدا کردن روابط معنادار بین pH و باندهای مختلف می‌توان در مناطق مختلف با به‌کارگیری این روابط میزان pH سطح آب مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. اهمیت این پژوهش از آنجا ناشی می‌شود که پایش مستمر کیفیت آب نه تنها برای حفظ تنوع زیستی، بلکه برای مدیریت منابع آبی و توسعه پایدار منطقه نیز ضروری است (UNESCO, 2018).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دریاچه زریبار، واقع در استان کردستان، یکی از دریاچه‌های آب شیرین مهم منطقه محسوب می‌شود که با توجه به ویژگی‌های طبیعی و زیست‌محیطی، در فهرست دریاچه‌های حفاظت‌شده کشور قرار گرفته است (ابراهیم‌پور و همکاران، ۱۳۸۹) و در کنوانسیون رامسر به ثبت جهانی رسیده است (Ramsar Convention Secretariat, 2010). زریبار در ارتفاعی حدود ۱۲۸۵ متر از سطح دریا واقع شده و توسط کوه‌های زاگرس احاطه شده است. در شکل ۱ منطقه مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های زمینی نمایش داده شده است.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه دریاچه زریبار

روش کار

در این مطالعه از تصاویر بازتاب سطحی[1] سنتینل-۲ برای سال ۱۴۰۲ در بستر سامانه گوگل ارث انجین استفاده تا امکان ساخت رگرسیون خطی معنادار مورد ارزیابی قرار گیرد. تمامی پیش‌پردازش‌های لازم از جمله تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر صورت گرفته است. در این پژوهش، از تمامی باندهای ماهواره سنتینل-۲ که دارای ۱۳ باند طیفی با قدرت تفکیک ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متری می‌باشد، استفاده شده است. همچنین به‌منظور ساخت معادلات رگرسیون خطی و اعتبارسنجی آن از شش ایستگاه زمینی پیر صفا، کولان، وسط دریاچه، اسکله، دره‌تفی و کانی‌سانان استفاده شده که دو ایستگاه زمینی پیر صفا و اسکله به‌صورت تصادفی برای اعتبارسنجی بر پایه ضریب تعیین[2] مورد ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت بر اساس چهار ایستگاه موجود تأثیرات فصلی بر مقدار pH ارزیابی شده است.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از رگرسیون خطی در فصول مختلف و مقدار ضریب تعیین برای باندهای مختلف در فصول مختلف؛ نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل ملاحظه در طول سال می‌باشد. در فصل بهار، باند ۹ با بالاترین ضریب تعیین (۰/۸۳) عملکرد بهتری نسبت به سایر باندها نشان داده است. در فصل تابستان، اکثر باندها ضریب تعیین کمی از خود نشان داده‌اند و در این

[1] Surface Reflectance
[2] Coefficient of Determination

فصل هیچ باندی نتوانست رابطه قابل توجهی با pH برقرار کند به‌گونه که ضریب تعیین بالاتر از ۰/۳۴ که مربوط به باند 8A می‌باشد از خود نشان نداده است. برای فصل پاییز نتایج نشان می‌دهد که باند ۴ با بالاترین ضریب تعیین (۰/۹۸) عملکرد بسیار خوبی در پیش‌بینی pH آب داشت. همچنین در فصل زمستان، نتایج به‌دست آمده ضریب تعیین ۰/۹۵ برای باند ۵ را نشان می‌دهد که ضرایب قابل قبولی هستند. در جدول ۱ رگرسیون‌های خطی به‌دست آمده همراه با ضریب تعیین هر باند نمایش داده شده است. اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده از دو ایستگاه اسکله و پیرصفا با نتایج به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده ضریب همبستگی ۰/۹۱۵ و خطای ریشه مربعی میانگین مربعات معادل با ۰/۲۱۴ می‌باشد که نتایج بسیار قابل قبولی را از نظر آماری ارائه داده است.

جدول ۱: معادلات تولیدی برای استخراج pH در فصل‌های مختلف

فصل سال	باند با بالاترین R^2	R^2	معادله رگرسیون
بهار	B9	۰/۸۳	$y = -4.0339 \times B9 + 8.2381$
تابستان	B8A	۰/۳۴	$y = -3.4589 \times B8A + 7.2299$
پاییز	B4	۰/۹۸	$y = -34.848 \times B4 + 7.8268$
زمستان	B5	۰/۹۵	$y = -16.364 \times B5 + 7.7677$

نتایج اعتبارسنجی گویای صحت بالای رگرسیون‌های تولیدی می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهند که مدل‌های رگرسیونی توانسته‌اند پیش‌بینی دقیقی از مقادیر pH آب در فصول مختلف ارائه دهند و عملکرد مطلوبی در ارزیابی داده‌ها از خود نشان دادند. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که به غیر از فصل تابستان تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ توانایی بالایی در پیش بینی و به دست آوردن مقادیر pH آب خواهد داشت.

منابع

ابراهیم‌پور، ص.، محمدزاده، ح. ۱۳۹۰. **بررسی هیدروژئوشیمی و عوامل کنترل‌کننده شیمی آب دریاچه زریوار (زریبار)**. کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، شماره ۷.

ابراهیم‌پور، ص.، کریمی، ح.، اردلان‌زاده، آ. ۱۳۸۹. **بررسی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، کیفی آب و عوامل تهدیدکننده دریاچه زریوار**. مجموعه مقالات همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۴.

Alizadeh, K., et al. 2020. **Monitoring water quality changes in Lake Urmia using Landsat data.** Journal of Environmental Management, 260: 1-12.

Barbiero, L., Neto, M.S., Braz, R.R., Do Carmo, J.B., Rezende Filho, A.T., Mazzi, E., Fernandes, F.A., Damatto, S.R., De Camargo, P.B., 2018. **Biogeochemical diversity, O2-supersaturation and hot moments of GHG emissions from shallow alkaline lakes in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil**. Science of the Total Environment, 619: 1420-1430.

Barducci, A., Guzzi, D., Marcoionni, P., Pippi, I. 2009. **Aerospace wetland monitoring by hyperspectral imaging sensors: A case study in the coastal zone of San Rossore Natural Park**. Journal of Environmental Management, 90(7): 2278-2286.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. 2017. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone**. Remote sensing of Environment, 202: 18-27.

Liu, H., et al. 2017. **Spectral reflectance analysis for PH estimation in water bodies."** *Water Research, 120: 1-10.

Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G., 2015. **Wetlands**. John wiley & sons.

Olmanson, L.G., Bauer, M.E., Brezonik, P.L. 2008. **A 20-year Landsat water clarity census of Minnesota's 10,000 lakes**. Remote Sensing of Environment, 112(11): 4086-4097.

Ramsar Convention Secretariat. 2010. **Ramsar handbooks for the wise use of wetlands (4th ed.).** Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Saadi, S., Antoni, J.P. 2023. **Assessing the role of settlement in the environmental challenges of sensitive ecosystems. A case study in Zrebar wetland (Iran)**. Ecological Informatics, 75: 102017.

Smith, J., et al. 2018. **Traditional methods of water quality monitoring: Challenges and limitations."** *Environmental Monitoring and Assessment, 190(12): 1-15.

Toming, K., et al. (2016). **"Assessing water quality using Sentinel-2 in European lakes.** *Journal of Hydrology*, 540, 1-12.

UNESCO. (2018). **World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Wang, Y., et al. 2020. **Advances in remote sensing for water quality monitoring.** Remote Sensing of Environment, 240: 111-124.

Wetzel, R.G. 2001. **Limnology: lake and river ecosystems (Vol. 1)**. Academic Press.

Zhang, L., Wang, M.H., Hu, J., Ho, Y.S. 2010. **A review of published wetland research, 1991–2008: ecological engineering and ecosystem restoration**. Ecological Engineering, 36(8): 973-980.

Zhang, X., et al. (2019). **Predicting PH in lakes using remote sensing and machine learning.** Environmental Science & Technology, 53(15): 1-10.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

بررسی عوامل آلایندگی محیط زیست دریاچه زریبار و ارائه راهکار کایزنی- بهبود مستمر جهت کاهش آن

سیدکامل سیدی مقدم

کارشناس مهندسی مکانیک، مدرس و پژوهشگر درزمینه کایزن و بهره‌وری، kamilmoghadam@gmail.com

چکیده

دریاچه زریبار بزرگترین دریاچه آب شیرین ایران، در استان کردستان واقع شده است. این دریاچه با جاذبه‌های طبیعی دارای زیبایی خاصی با انواع جانوران از جمله پرندگان، ماهیان، آبزیان و پستانداران و پوشش گیاهی و درختان می‌باشد این جلوه‌های منحصر به‌فرد سالیانه گردشگرانی را از تمام نقاط کشور به‌خود جذب می‌نماید. حال می‌توان گفت این مجموعه حیات گیاهان و جانوران و محیط آن، اکوسیستم بی‌نظیری را تشکیل داده است اما در چند سال اخیر این نگین سبز دامنه‌های زاگرس دچار آلودگی و بحران و انقراض شده است. این زیستگاه حیاتی و مهم بر اثر آلاینده‌ها، تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری‌های نامتوازن و عدم رسیدگی و ضعف مدیریتی و سیستمی ناکارآمد و... دچار بحران زیست‌محیطی گردیده و بایستی برای جلوگیری از آن راهکارهای سریع ارایه گردد البته برنامه توسعه پایدار سازمان ملل (United Nations Development Programme) برای حفاظت از زیست‌محیط سیاره زمین توصیه‌هایی را ارائه می‌دهد. این راهکارها زیستگاه سالم برای بقا بشر را تضمین می‌کند. اکنون پس از بررسی‌های کارشناسی و تحقیقات علمی وآسیب‌شناسی و علل و عوامل آلاینده‌های زیست‌محیطی و دغدغه‌مندی در این امر مهم و حیاتی، مقاله حاضر برای کاهش و یا از بین بردن منشاء پیدایش آلودگی‌ها وضایعات آن، راهکارسرمایه‌گذاری کم هزینه با رویکرد " کایزن-بهبود مستمر" را پیشنهاد می‌کند.

کلمات کلیدی: آلایندگی، اکوسیستم، تغییرات اقلیمی، دریاچه زریبار، کایزن

Abstract

Zrebar Lake is the largest freshwater lake in Iran and is located in Kurdistan Province. This lake has natural attractions and is particularly beautiful with a variety of animals, including birds, fish, aquatic animals, and mammals, as well as vegetation and trees. These unique features attract tourists from all over the country every year. Now it can be said that this complex of plant and animal life and its environment has formed a unique ecosystem, but in recent years this green jewel of the Zagros slopes has suffered from pollution, crisis, and extinction. This vital and important habitat has suffered from an environmental crisis due to pollutants, climate change, unbalanced exploitation, lack of attention, weak management, and an inefficient system, etc., and urgent solutions must be provided to prevent it. Of course, the United Nations Sustainable Development Program (UNDP) provides recommendations for protecting the environment of the planet Earth. These solutions guarantee a healthy habitat for human survival. Now, after expert studies and scientific and pathological research, the causes and factors of environmental pollutants, and concern about this important and vital issue, the leading article proposes a low-cost investment solution with a "Kaizen - continuous improvement" approach to reduce or eliminate the source of pollution and its losses.

Keywords: Pollution, Ecosystem, Climate Change, Zrebar Lake, Kaizen

مقدمه

دریاچه زریبار با اکوسیستم ویژه آن در سه کیلومتری شهرستان مریوان واقع شده است. سرچشمه آب‌های آن ناشی از چشمه‌های جوشان در بستر دریاچه و برخی آب‌های سطحی از بارش برف و باران‌های سالیانه در اطراف آن می‌باشد. اطراف این دریاچه علاوه بر مجاورت با شهر مریوان دارای سکونتگاه‌های شهری، روستایی، رستوران‌ها، خانه باغ، دامداری، تأسیسات گردشگری و تفریحی، تولیدی و صنعتی و... می‌باشد. این همجواری با دریاچه از طرفی زیبایی‌های خاص به منطقه بخشیده و از سوی دیگر این تأسیسات تهدید عظیمی برای زیست‌محیط دریاچه زریبار به‌شمار می‌رود. شایان ذکر است منبع درآمد برخی از ساکنان این محدوده نیز از زمین‌های کشاورزی، باغ‌ها، جنگل و دامپروری و مراتع آن می‌باشد. این حوزه جغرافیایی با افزایش تراکم جمعیت و بهره‌برداری‌های نامتعارف دچار آلودگی‌های زیانباری ناشی از ریزش پساب‌های شهری و روستایی و صنعتی، پسماندهای گردشگری، شیرابه زباله‌ها، کریدور حمل و نقل خصوصاً حامل‌های مواد نفتی، ورود آب‌های سطحی آلوده به سموم و کودهای شیمیایی کشاورزی و آلاینده‌های شهری و.... گردیده است. دریاچه علاوه بر کاربری زیست‌محیطی دارای استفاده‌های دیگری از جمله پرورش ماهیان، گردشگری و تفرجگاهی، ورزش‌های آبی، مرکز تحقیقات اکولوژی و... بوده و می‌تواند ایفای نقش نماید و در اقتصاد منطقه مؤثر باشد بنابراین برای حصول نتایج مطلوب، تعاملات هوشمندانه کسب و کارها برای حفاظت از محیط‌زیست آن اهمیت پیدا می‌کند.

دراین راستا لازم است برای تحقق اهداف برنامه توسعه پایدار سازمان ملل (United Nations Development Programme) برای حفاظت از آب‌ها و تالاب‌ها و دریاچه‌ها رجوع گردد. این سازمان اقداماتی از جمله: کاهش آلودگی با حداقل مصرف مواد شیمیایی وکودها، حفاظت از منابع آب با مصرف بهینه، آموزش با اشتراک‌گذاری دانش و تجربیات با خانواده و دوستان و جامعه، بکارگیری شیوه‌ها و روش‌های دوستدار محیط‌زیست و در نهایت مسئولیت‌پذیری و تفویض اختیارات در حوزه قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری برای حفاظت از محیط‌زیست را دارد و تعادل میان جامعه و نیازهای اقتصادی–اجتماعی کنونی و نسل‌های آینده را عملی می‌نماید.

اهداف مدیریت زیست‌محیطی

با افزایش آلودگی‌های ناشی از آلاینده‌ها در هوا، آب، خاک و حتی فضا، استفاده ناکارآمد از منابع، مدیریت نامناسب پسماند، عدم اجرای بازیافت، تغییر اقلیمی و تخریب اکوسیستم و نابودی تنوع زیستی لازم است حساسیت‌های جامعه با راهبرد توسعه پایدار و پاسخگویی شفاف همراه نمود و در نیل به این اهداف، سیستم مدیریت زیست‌محیطی را برگزید. اکنون با بر شمردن اهمیت زیست‌محیطی زریبار و لزوم تدوین برنامه‌های مدون برای پیشگیری، عدم انطباقات و اقدامات اصلاحی و بهبود مستمر نیاز به ابزاری کارا و نیرومند می‌باشد. این ابزار به نام کایزن–بهبود مستمر، ابزاری قوی با ایجاد ارزش افزوده و با هم‌اندیشی و هم‌افزایی و همیاری همگانی و نوآوری‌های کوچک و بزرگ با هزینه‌های اندک را استفاده می‌کند.

کایزن (KAIZEN, 改善) چیست؟

کایزن رویکردی میان رشته‌ای با تلفیق دانش‌ها، روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهای مدیریتی و مهندسی در پی تحقق بخشیدن برای نیل به موفقیت با بیشترین تأمین نیازهای ذی‌نفعان، حداکثر کیفیت با ایجاد قابلیت‌های اعتماد، حداقل هزینه‌ها، یکپارچه‌سازی و توسعه متوازن گام می‌نهد.

هدف این فعالیت با آگاهی بخشی در کلیه سطوح و اقشار جامعه، حذف آلودگی‌ها و ضایعات و مواد زائد و اتلاف‌ها است. همسان‌سازی فعالیت‌ها در میان کلیه ذی‌نفعان به دستاوردهای ملموس با معرفی روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارها و با ایجاد آراستگی و تعامل نظامند به تجربیات برتر دست می‌یابد. ارائه روش‌ها و راهکارها با اقدام سریع، عملی وکارآمد، کم هزینه بودن اقدامات اصلاحی با پیشرفت ملموس در کوتاهترین زمان ممکن از مزیت‌های کایزن است. این ابزار با ایده‌های خلاقانه آن علی‌رغم وجود پراکندگی حوزه فعالیت با توانمندسازی حلقه‌های بهبود دارای رویکرد سیستمی منسجم بوده و از موازی کاری پرهیز می‌کند. ایده کایزن با کارکرد تصمیم گروهی و ارائه بازتاب‌های واقعیت‌گرایانه الگوسازی گردیده و به همین علت دچار

بی‌راهه رفتن و نتایج اشتباه نمی‌شود. همچنین باید اذعان داشت کایزن با اتخاذ استراتژی مدون و مستمر و با کمک تکنولوژی دارای بیشترین موفقیت می‌باشد.

تاریخچه کایزن

تاریخچه کایزن پس از جنگ جهانی دوم زمانی آغاز می‌شود که ژاپن کاملاً تخریب شده بود و زیرساخت‌های آن کشور دچار رکود بودند اما منابع انسانی آنها تسلیم نشده و جنبش آبرو بخشی در ژاپن شکل دادند. آنان برای بقاء شرافتمندانه، مسئولیت دفاع از کیفیت محصولاتشان را به‌عهده گرفتند از این‌رو شرکت تویوتا در ژاپن برای اولین بار چرخه‌های کیفیت با هدف کاهش ضایعات و هزینه‌ها، ایمنی در تولید را در فرآیندهای خود پیاده‌سازی کرد. مدرسان کسب و کار و مدیریت کیفیت آمریکایی که در آن زمان از کشور ژاپن دیدن کردند تا حدی بر اجرای این طرح تأثیر گذاشتند.

چرخه کیفیت نخست با چرخه دمینگ شروع می‌گردد برای اطمینان از استمرار کایزن و خط‌مشی‌های راهبردی به‌طور منظم برای شناسایی اتلاف‌ها و تجزیه و تحلیل و حل مشکلات مربوطه گرد هم می‌آیند. این مفهوم انقلابی در دهه ۱۹۵۰ در ژاپن بسیار محبوب شد و تاکنون در قالب گروه‌های کایزن و نیز طرح‌های مشارکتی به حیات خود ادامه می‌دهد. امروزه کایزن در بسیاری از کشورهای صنعتی برای افزایش بهره‌وری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در ایران نیز برای اولین بار کایزن از سال ۱۳۷۸ در کارگاه آموزشی شرکت ساپکو برگزار شد سپس در سایر استان‌های کشور مانند یزد، آذربایجان شرقی، کرمان، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، سایپا و... اجرا گردید و تا به امروز ادامه دارد.

فلسفه کایزن

تعهد و پشتیبانی از گشایش در مدیریت سازمان.

سرزنش کردن و قضاوت‌های عجولانه موقوف.

تفویض اختیار و قدرت.

تأکید بر توانایی‌های ناشناخته نیروی کار که وظایف اصلی سازمان را بر عهده دارند.

تبادل کامل اطلاعات اهداف تعریف شده.

حل مسئله و استفاده از مفهوم کار تیمی.

انعطاف در غنی‌سازی و توسعه وظایف شغلی کارکنان در کلیه سطوح مختلف.

حداکثر استفاده از خرد نیروی کار که وظایف اصلی سازمان را برای بهبود مستمر بر عهده دارند.

حذف مستمر اتلاف‌ها و فعالیت‌هایی که ارزش افزوده ندارند.

توجه کامل به جزئیات و ریزه‌کاری‌ها.

در اینجا آنچه اهمیت پیدا می‌کند یک قدم به جلو به‌وسیله یکصد نفر، مهمتر و با ارزش‌تر از پیمودن یکصد قدم به جلو توسط یک‌نفر بوده زیرا ما امروز به قهرمان نیاز نداریم.

کایزن برای حصول اهداف خود با شناسایی و تشخیص مسائل و رویکردهای سیستمی وکارگاهی اقدام نموده و روش‌ها و ابزارها و تکنیک‌های نوآورانه بکار می‌برد که شامل:

چرخه دمینگ/PDCA: این چرخه در محیط‌زیست بر متدولوژی طرح‌ریزی، اجرا، بررسی و اقدام به‌شرح ذیل استوار است.

طرح‌ریزی: ایجاد اهداف و فرآیندهای لازم به‌منظور حصول نتایج مطابق با خط‌مشی سیستم مدیریت محیط‌زیست.

اجرا: استقرار فرآیندها.

بررسی: پایش و اندازه‌گیری فرآیندها با توجه به خط‌مشی سیستم مدیریت محیط‌زیست، اهداف، الزامات قانونی و سایر الزامات و گزارش نتایج. از سویی می‌توان به اهمیت اندازگیری پروسه‌ها دقت نمود که هر آنچه قابل اندازه‌گیری نباشد تحلیل و مدیریت نمی‌شود.

اقدام: انجام اقدامات به‌منظور بهبود مداوم عملکرد سیستم مدیریت محیط‌زیست.

تئوری شناخت بیماری‌ها/TOC: تکنیک ریشه‌یابی و تشخیص گلوگاه‌ها است که به جستجوی سرچشمه ضایعات و آلودگی‌ها در ناحیه کایزن می‌پردازد و با رفع عدم انطباق به مأموریت خود پایان می‌دهد.

۵ چرا /5WHY: در این روش با مطرح نمودن پرسش‌های علت و معلولی به منشاء آلودگی و عیوب و ضایعات یا اتلاف به حل مسئله می‌پردازد.

نظام آراستگی/5S: سیستم‌ها بایستی دارای سازماندهی، نظم و ترتیب و پاکیزگی و تعهد با مدون نمودن آن همراه باشد. فواید این فعالیت در حوزه تعریف شده کایزنی می‌تواند کاهش هزینه‌ها، آرامش‌بخشی، بهبود کار گروهی، ایجاد اعتماد به‌نفس و مسئولیت‌پذیری را به‌همراه داشته باشد. به‌طور کلی با عطف به اهمیت موضوع، اصول 5S به‌ترتیب از حذف جزءهای غیرضروری، منظم و مرتب نمودن جزءهای ضروری، تنظیف وپاکیزه‌سازی محدوده کایزن، استانداردسازی فعالیت‌ها و مسئولیت‌پذیری را در بر می‌گیرد.

برچسب قرمز/RED TAG: این راهکار مبتنی برتعیین تکلیف اقلام غیر قابل مصرف از محیط مأموریت کایزن بوده که گاهاً می‌تواند اقدام اصلاحی شامل تعمیر، بازیافت یا معدوم باشد.

حل مسئله/8D: تکنیک حل مشکلات با تشکیل تیم‌های چند تخصصی و رویکرد چرخه کیفیت بجهت حصول نتیجه مورد هدف.

استخوان ماهی/ISHIKAWA: تکنیک شناسایی با کار گروهی و علت‌یابی مشکلات برای بهبود.

قانون پارتو/20-80: بخش زیادی از ضایعات ناشی از تعداد کمی علل آن است.

ضایعات صفر/ZERO WASTE: فرهنگ ژاپنی‌ها دارای میراث گرانبهایی است. آنان با ایجاد ضایعات در حین تولید مبارزه می‌کند سپس اگر محصولی عیب‌دار شد آنرا تعمیر می‌کنند و اگرهم محصولات دچار ازکارافتادگی گردید بایستی به چرخه بازیافت برگردد.

آموزش: این ساختار با آموزش‌های تئوریک و کارگاهی منسجم و هم‌افزایی تجارب و دانش مدیریت و عملکرد مداوم و تربیت افراد چند مهارتی و آگاهی بخشی از سطوح پایین به بالا به ایجاد ارزش افزوده کمک می‌کند.

از نکات مهم آموزش می‌توان به سازگاری با تغییرات با همه جنبه‌های گوناگون در انسان‌ها و محیط‌زیست آن اشاره نمود.

از جنبه‌های دیگر آموزش در کایزن می‌توان از توانمندسازی سازمان و اجرا در محل واقعی رویداد ضایعات وآلودگی نام برد.

خطا ناپذیری/POKA YOKE: تکنیکی برای جلوگیری از ریسک‌ها و تولید آلودگی، ضایعات و اتلاف‌ها از مبداء است.

با شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک‌ها در محیط می‌توان کنترلرهایی مانند سنسورها و آزمایشگاه‌ها را جهت اندازه‌گیری و پایش و تحلیل تعیین و تعبیه نمود.

کمیته پیشنهادات: مکانیزم پیشنهادها در بهبود مستمر می‌تواند فرهنگ مشارکت همگانی وافزایش انگیزه و حس تعلق افراد در سیستم را ایجاد نماید.

مراحل کایزن

فعالیت کایزن به‌صورت سیستمی (تئوری -عملی) بوده و مراحل اجرایی آن عبارتند از: شناسایی ناحیه هدف جهت کایزن، تشکیل گروه، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز جهت هدف نهایی، بررسی ابزار و امکانات پیاده‌سازی کایزن، شناسایی ضایعات‌ها و بی‌نظمی و غیریکنواختی‌ها و حذف موازی‌کاری‌ها و ظرفیت و توانایی‌ها با هدف تحقق خواسته‌ها و سپس به جمع‌آوری پیشنهادها گروه ختم می‌شود.

از رویکردهای مهم کایزن و جنبه‌های برجسته آن می‌توان به حذف اتلاف‌های انرژی، فرآیندهای آلاینده، اتلاف مواد خام در حفاظت از محیط‌زیست و کمک به بهبود پایداری مداوم به آن اعتماد کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج مثبت کایزن با ترویج روال‌های مستدل بدون ریسک در محیط‌زیست و حمایت از بقاء زندگی بشریت می‌تواند به ایمنی و آراستگی، کاهش ضایعات، صرفه‌جویی در مصرف منابع، بهبود فرآیندهای مدیریت پسماند، فرهنگ‌سازی و توانمندسازی فعالیت‌های تیمی، پشتیبانی از نوآوری و فناوری‌های نوین زیست‌محور و در پایان ایجاد ارزش افزوده با کمترین سرمایه‌گذاری را به ارمغان آورد.

منابع

برنامه توسعه پایدار سازمان ملل و توصیه نامه‌های هزاره و سالیانه. https://www.undp.org،

بهلولی ح.ر.، سار، ع. ۱۳۹۰. **کایزن بزبان ساده**. انتشارات راه ابریشم.

پرفسور سوئیچی یوشیدا، ۱۳۸۲. **رهنمودهای کایزنی**، مؤسسه GTR.

سازمان بین المللی استاندارد، ترجمه الماسیه محمد رضا، نادعلی مهرنوش، رضایی مونا، ویراستار زندیه محسن.۱۳۹۴. سیستم مدیریت یکپارچه ISO 14001:2015,OHSAS 18001:2007. دیدار پارسیان.

سیدی مقدم، س.ک. ۱۳۹۲. **آشنایی با مفاهیم و نحوه اجرای گمبا کایزن**، واحد آموزش سایپا آذین، پارس خودرو.

صالحی، ص.، پازوکی نژاد، ز. ۱۳۹۳. **آموزش عالی پایدار و پایداری محیط زیست**. دانشگاه مازندران.

مسائلی س.ا.، یاوری فروشانی، م.، وحیدی، حس. ۱۴۰۳. **مدل سازی انتشار شیرابه محل دفن پسماند شهری با رویکرد مدلسازی المان محدود با استفاده از نرم افزار کامسول**. نشریه علمی مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست.

نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
1st National Conference on Environmental Studies of Zrebar Lake - 2025
نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
برگزار کننده: گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار
زمان برگزاری: ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۴
https://zrebar1.conf.uok.ac.ir/fa/
دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
توێژینگەی کوردستان ناسی زانکۆی کوردستان

مخاطرات مرتبط با آلودگی ماهی با فلزات سنگین: با تأکید بر دریاچه زریبار

محمد خضری احمدآباد

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران. mohammd.khezri@uok.ac.ir

چکیده

ماهی و آبزیان به‌دلیل دارا بودن مقادیر مفید پروتئین، اسیدهای چرب امگا ۳، ویتامین‌ها و مواد معدنی دارای ارزش غذایی بالایی بوده و می‌توانند به‌عنوان یکی از اجزای سالم رژیم غذایی در حفظ سلامتی انسان و پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر باشد. علی‌رغم تأیید اثرات سلامتی بخش، برخی شواهد حاکی از حضور وجود غیرقابل اجتناب برخی آلاینده‌های محیطی مانند فلزات سنگین در برخی گونه‌های ماهی و آبزیان می‌باشد. دریاچه زریبار مریوان مهمترین دریاچه طبیعی آب شیرین استان کردستان و غرب کشور است. در برخی مطالعات آلودگی آب دریاچه زریبار با فلزات سنگین از طریق سموم کشاورزی، صنایع و فاضلاب شهری و روستایی گزارش شده است. این آلودگی‌ها مستقیماً به تالاب منتقل شده، سیستم‌های بیولوژیکی را تهدید نموده و می‌توانند با تجمع در یافت‌های خوراکی آبزیان مخاطراتی را برای سلامتی انسان ایجاد کنند. مروری بر مقالات علمی مرتبط با آلودگی فلزات سنگین در آبزیان دریاچه زریبار نشان داد که میزان آلودگی فلزات سنگین در دامنه قابل قبول یا حتی کمتر از آستانه مجاز است. با این‌حال با توجه به امکان تجمع زیستی در بافت ماهی، متفاوت بودن غلظت آلاینده‌ها براساس عوامل مختلف و نیز تغییرات زمانی در میزان آلودگی پایش‌های دوره‌ای فلزات سنگین در گونه‌های ماهی موجود در دریاچه زریبار ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: دریاچه زریبار، سرب، جیوه، کادمیوم، آرسنیک

Risks Associated with heavy metal contamination in fish: with emphasis on Zrebar Lake

Mohammad Khezri Ahmadabad

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran. mohammd.khezri@uok.ac.ir

Abstract

Fish and aquatic animals have high nutritional value due to their beneficial amounts of protein, omega-3 fatty acids, vitamins, and minerals, and can be effective as a healthy component of the diet in maintaining human health and preventing diseases. Despite the confirmation of health benefits, some evidence indicates the inevitable presence of some environmental pollutants such as heavy metals in some species of fish and aquatic animals. Zrebar Lake in Marivan is the most important natural freshwater lake in Kurdistan Province and the west of the country. Some studies have reported heavy metal contamination of Lake Zrebar water through agricultural, industrial, and urban and rural wastewater. These contaminants are directly transferred to the wetland, threaten biological systems, and can accumulate in edible aquatic animals, posing a risk to human health. A review of scientific articles related to heavy metal contamination in aquatic animals of Lake Zrebar showed that the level of heavy metal contamination is within the acceptable range or even below the permissible threshold. However, given the possibility of bioaccumulation in fish tissue, the varying concentrations of pollutants based on various factors, and the temporal changes in the level of contamination, periodic monitoring of heavy metals in fish species in Zrebar Wetland is essential.

Keywords: Zrebar Lake, Lead, Mercury, Cadmium, Arsenic

مقدمه

ماهی و آبزیان به‌عنوان منبع پروتئینی بسیار با کیفیت، اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳، ویتامین‌ها، مواد معدنی و...، علاوه بر تأمین احتیاجات بدن برای رشد و فعالیت، نقش مؤثری بر بهبود سلامت انسان و پیشگیری از بیماری‌های مختلفی همچون بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، دیابت، التهاب، اختلالات حافظه، آلزایمر و... ایفا می‌کنند (Hosomi *et al.*, 2012, Thomsen *et al.*, 2022). با این وجود، ورود آلاینده‌های مختلف محیطی از جمله فلزات سنگین به منابع آبی و متعاقب آن حضور در زنجیره غذایی آبزیان و مواد غذایی و تجمع زیستی فلزات سنگین در گوشت ماهی و انتقال آن به انسان از طریق رژیم غذایی، می‌تواند خطرات جدی برای سلامت به همراه داشته باشد (منصوری و همکاران، ۱۳۹۵). فاضلاب‌های شهری و صنعتی تا اندازه زیادی باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط‌های آبی می‌شوند و وقتی که غلظت این آلاینده‌ها در محیط از مقدار مشخصی بیشتر شود، آن فلز ویژگی سمی پیدا می‌کند. علاوه بر اثرات سمیتی، ویژگی‌های دیگری نیز مانند انباشت زیستی، پایداری طولانی‌مدت در محیط، تجزیه ناپذیری زیستی و بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی تهدید جدی برای اکوسیستم‌های آبی و موجودات زنده آنها و حتی تهدید جدی برای سلامتی انسان عنوان مصرف‌کننده نهایی ماهی و آبزیان خوراکی می‌باشد (سلگی و همکاران، ۱۳۹۳).

سازمان جهانی بهداشت (WHO) فلزات سنگین کادمیوم، جیوه، سرب و آرسنیک را به‌عنوان مواد سمی که نگرانی عمده بهداشت عمومی هستند، معرفی نموده و حد مجاز آن‌ها را در مواد غذایی تعیین کرده است. علاوه بر این مقامات نظارتی و جوامع علمی توجه خود را بر روی این عناصر سمی در منابع غذایی مختلف متمرکز کرده‌اند و تاکنون مطالعات متعددی در خصوص تعیین سطوح آن‌ها در منابع غذایی مختلف خصوصا در ماهی و غذاهای دریایی انجام شده است (Alhussain and Alshammari, 2021).

دریاچه زریبار شهرستان مریوان با مساحت حدود ۸۳۰ هکتار، عمق میانگین ۴/۵ متر و حجم ۲۲ تا ۴۷ میلیون مترمکعب و ۱۲۸۵ متر ارتفاع از سطح دریا در غرب شهرستان مریوان در استان کردستان قرار گرفته است. دریاچه زریبار شهرستان مریوان به‌لحاظ اکولوژیکی، اقتصادی و فرهنگی مهمترین دریاچه آب شیرین استان کردستان و غرب کشور است (Jafari and Sobhan-Ardakani, 2014). دریاچه زریبار زیستگاه گونه‌های مختلف پستانداران، پرندگان، خزندگان، آبزیان و... می‌باشد. ساختار جمعیتی ماهیان این دریاچه به‌دلیل ورود الاینده‌ها، ساخت سد بر روی خروجی آن، رهاسازی ماهی‌ها و ورود ماهیان هرز از قبیل ماهی قرمز، دارای تغییراتی بوده است (Gholami and Shapoori, 2016). گزارشات متعددی در مورد ترکیب ماهیان دریاچه زریبار ارائه شده است که در آخرین مطالعه ۱۴ گونه ماهی شناسایی شده است که ۲ گونه بومی و ۸ گونه غیربومی گزارش شدند (کمانگر و همکاران ۲۰۱۹). بیشترین گونه‌های ماهی شناسایی شده مربوط به خانواده کپورماهیان و گامبوزیا ماهیان بوده است (Gholami and Shapoori, 2016)

در برخی مطالعات آلودگی آب دریاچه زریبار با فلزات سنگین گزارش شده است که این آلودگی‌ها بیشتر از طریق رواناب سموم مورد استفاده در مزارع کشاورزی و ورود فاضلاب شهر مریوان و روستاهای اطراف آن به داخل دریاچه بوده‌است (منصوری و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعه Elahi و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان می‌دهد که رسوبات سطحی دریاچه زریبار حاوی سطوح بالایی از فلزات سنگین مانند Cd، As و Pb است که احتمالاً با استفاده گسترده از آفت‌کش‌ها، علف کش‌ها و کودهای شیمیایی و رهاسازی مستقیم فاضلاب شهری مرتبط می‌باشد. فلزات سنگین منتقل شده به دریاچه می‌توانند با تجمع در بافت‌های خوراکی آبزیان مخاطراتی را برای سلامتی انسان ایجاد کنند. لذا در مطالعه حاضر، مهمترین مخاطرات مرتبط با مصرف ماهی‌های آلوده با فلزات سنگین در ایران با تأکید بر ماهی‌های دریاچه زریوار مرور می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از مقالات معتبر علمی در رابطه با آلودگی آبزیان منابع آبی به فلزات سنگین و مخاطرات مرتبط با تأکید بر دریاچه زریبار که در بانک‌های اطلاعاتی ISI، SID، PubMed، Scopus و Web of Science نمایه شده بودند، استفاده شد.

نتایج و بحث

جیوه به‌عنوان یک فلز بسیار سمی شناخته شده است و ماهی مهمترین منبع در رژیم غذایی انسان است. متیل جیوه (MeHg) یک سم قوی است که از جیوه غیر آلی توسط میکروارگانیسم‌های سیستم آبی به‌وجود می‌آید و در طی زنجیره غذایی آبزی بزرگنمایی زیستی پیدا می‌کند، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در میاهان شکارچی یافت می‌شود. مواجهه مزمن با MeHg حتی در دوزهای پایین با پیامدهای نامطلوب سلامتی درازمدت، از جمله اختلالات عصبی و قلبی عروقی، به ویژه زمانی که مواجهه در دوران کودکی یا دوران پیش از تولد رخ می‌دهد، مرتبط است (Alhussain and Alshammari, 2021). با توجه به پیامدهای آن بر سلامت، کمیته کدکس حداکثر سطوح مجاز MeHg در محصولات ماهی و غذاهای دریایی را ۰/۵ میکروگرم بر گرم تعیین نموده است (Zuluaga *et al.*, 2015). در مطالعه انجام شده توسط جعفری و سبحان خانی در سال ۲۰۱۴ بر روی ۳ گونه از کپورماهیان دریاچه زریوار (نقره‌ای، علفخوار و معمولی) سطح جیوه ۰/۰۰۹ تا ۰/۱ برآورد شده است که کمتر از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده می‌باشد (Jafari and Sobhan-Ardakani, 2014). در مطالعات انجام شده در مناطق مختلف جهان از جمله کوئینزلند، استرالیا، جنوب شرقی تایوان، اقیانوس آرام غربی و مرکزی، دریای مدیترانه و سواحل جنوب غربی هند سطح جیوه در گونه‌های تن ماهی، گیش ماهیان و نیزه ماهی در محدوده ۰/۰۷ تا ۱/۰۸ میکروگرم بر گرم گزارش شده است که بالاترین میزان آن مربوط به گونه *Scomberomorus cavalla* در خلیج مکزیکو بوده است (Denton and Burdon-Jones, 1986; Cunningham *et al.*, 2003; Ordiano-Flores *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2014; El-Moselhy *et al.*, 2014, Zuluaga Rodríguez *et al.*, 2015).

کادمیوم یکی دیگر از فلزات سنگین و سمی است که مصرف گسترده در صنایع داشته و از راه‌های مختلف ازجمله آب‌وخاک وارد زنجیره غذایی می‌شود. حداکثر سطح کادمیوم مجاز توسط فائو (۱۹۸۳) ۰/۵ میکروگرم در گرم تعیین شده است (Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1983). در مطالعه جعفری و سبحان‌خانی در سال ۲۰۱۴ بر روی ماهیان دریاچه زریوار سطوح کادمیوم در محدوده: ۰/۰۵-۰/۰۹میکروگرم در گرم در ماهی کپور نقره‌ای، ۰/۰۴-۰/۰۹ میکروگرم در گرم در ماهی کپور معمولی و ۰/۰۰۰۴-۰/۰۱۲ میکروگرم در گرم در ماهی کپور علفزار بوده است که کمتر از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده توسط جامعه اروپا بوده است (Jafari and Sobhan-Ardakani, 2014). در مطالعه دیگری بر روی ماهی کفال و کپور معمولی از تالاب زریبار و گمیشان کادمیوم در محدوده ۰/۳۴-۰/۴۹ میکروگرم بر گرم در کپور معمولی و ۰/۰۸-۰/۰۲۵ در ماهی کفال بوده است که غلظت آن در ماهیچه هر دو گونه ماهی مورد بررسی کمتر از حد مجاز بوده و احتمالا برای مصرف انسان مشکلی ایجاد نمی‌کند. با این حال نظارت دوره‌ای این فلز سنگین در ماهی و آب برای اطمینان از ایمنی توصیه گردید (Solgi and Galangashi, 2018). منصوری و همکاران (۱۳۹۵) سطح کادمیوم در در بافت خوراکی ماهی کپور معمولی دریاچه زریوار را ۰/۳۳ میکروگرم بر گرم گزارش کردند که نسبت به استانداردهای بین المللی پایین‌تر بود (منصوری و همکاران، ۱۳۹۵). چندین مطالعه انجام شده در ایالات متحده، ترینیداد، برزیل، چین، ایران، هند، مصر، دریای مدیترانه و تایوان نشان داده که غلظت کادمیوم در ماهیچه گونه‌های مختلف ماهی در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ میکروگرم کادمیوم بر گرم وزن مرطوب است (Denton and Burdon-Jones, 1986; Chen *et al.*, 2004; Saei-Dehkordi and Fallah, 2011; Thiyagarajan *et al.*, 2012; Leung *et al.*, 2014, Zuluaga Rodríguez *et al.*, 2015).

سرب یکی از مهمترین عناصر سنگین و سمی است که از طریق سیستم گوارشی و تنفس وارد بدن می‌شود. سرب به محض بلعیدن، با بیومولکول‌های بدن مانند پروتئین‌ها و آنزیم‌ها به شکل ترکیبات بیوتوکسیک پایدار در می‌آید و سبب اختلال در فعالیت آن‌ها و آسیب کلیه‌ها، سیستم باروری، سیستم قلبی عروقی و سیستم عصبی مرکزی و جانبی می‌شود. سطوح محیطی سرب بیش از ۱۰۰۰ برابر در سه قرن اخیر در نتیجه فعالیت‌های انسانی افزایش یافته است و بیشترین افزایش مربوط به سال‌های ۱۹۵۰ و ۲۰۰۰ بوده است. غالباً غلظت بالای سرب در گونه‌های ماهی موجود در مناطق نزدیک به صنایع و معادن سرب اتفاق می‌افتد (Zuluaga Rodríguez *et al.*, 2015). منصوری و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه توصیفی – مقطعی خود بر روی ماهی کپور معمولی دریاچه زریبار سطح سرب را ۰/۴۱ میکروگرم بر گرم در بافت خوراکی ماهی گزارش کردند که

هرچند نسبت به استانداردهای بین المللی پایین‌تر بود ولی با توجه به خاصیت تجمع زیستی و سمیت سرب، پایش‌های دوره‌ای آن توصیه گردید (منصوری و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه Solgi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شد که غلظت سرب در بافت خوراکی و عضله گوشت ماهی کپور معمولی دریاچه زریبار به‌ترتیب برابر با ۰/۵۷–۰/۱۴ میکروگرم بر گرم میکروگرم بر گرم است که این سطوح پایین‌تر از حد مجاز اعلام شده برای می‌باشد و برای سلامت انسان نگرانی خاصی را ایجاد نخواهد کرد (Solgi and Galangashi, 2018). مطالعات متعددی غلظت سرب را در ماهی‌ها در خلیج مکزیک، ایران، برزیل، چین، مصر، دریای مدیترانه و هند در محدوده ۰/۰۳ میکروگرم بر گرم وزن تر در دلتای رودخانه پرل (چین) تا ۰/۴۲۱ در خلیج مکزیک گزارش کرده‌اند (Ploetz *et al.*, 2007; Saei-Dehkordi and Fallah, 2011; Medeiros *et al.*, 2012, Leung *et al.*, 2014).

آرسنیک یکی دیگر از عناصر فلزی سمی است که تعداد زیادی از اشکال معدنی و آلی با سطوح سمیت متفاوت یافت می‌شود و به راحتی از منابع طبیعی مانند پوسته زمین و منابع انسانی شامل آفت‌کش‌ها، صنایع و معادن وارد آب‌های دریایی می‌شود. آرسنات گونه حل شده غالب آرسنیک است، که در آب‌های سطحی و همچنین رسوبات توسط فیتوپلانکتون و فرآیندهای میکروبیولوژیکی به فرم‌های آلی مانند آرسنوبتائین که فرم غالب در موجودات دریایی است، تبدیل می‌شود. آرسنیک توسط دستگاه گوارش جذب و در سراسر بدن منتشر می‌شود، این ترکیب در پوست، استخوان‌ها، دندان‌ها، مو و ناخن‌ها تجمع یافته و سبب آسیب عصبی، کبدی، اختلال سیستم ایمنی، و غیره می‌شود. آرسنیک به عنوان سرطان‌زای گروه A طبقه‌بندی می‌شود (Zuluaga Rodrígue *et al.*, 2015). بر اساس تحقیقات انجام شده در برزیل، چین، دریای مدیترانه و تایوان، سطوح آرسنیک در گونه‌های مورد بررسی در محدوده ۰/۳۹ تا ۱/۴۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بوده است (Chen *et al.*, 2004, Marrugo-Negrete *et al.*, 2008, Medeiros *et al.*, 2012; Leung *et al.*, 2014) بوده است. طبق دستورالعمل‌های جامعه اروپا (EEC, 2001) حداکثر سطح As مجاز برای ماهی‌های دریایی ۲ میکروگرم در گرم در ۱ است. (European Economic Community, 2001). در مطالعه Sobhanardakani و Jafari در سال ۲۰۱۴ غلظت آرسنیک در بافت خوراکی ماهی‌های کپور معمولی، کپور علفخوار و نقره‌ای دریاچه زریوار مورد بررسی قرار گرفت برای کپور نقره‌ای ۰/۰۱۳–۰/۰۰۳، کپور معمولی ۰/۰۰۶–۰/۰۰۴ و برای کپور علفخوار ۰/۰۱۳–۰/۰۰۹ بود که کمتر از حد آستانه مجاز مصرف برای انسان بودند (Jafari and Sobhan-Ardakani, 2014).

به‌طور کلی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های آبزیان تحت تاثیر سطوح آن‌ها در سیستم‌های آبی قرار دارد، علاوه بر این عواملی مانند گونه ماهی، سن و اندازه نیز می‌تواند بر تجمع فلزات سنگین در بافت ماهی موثر باشد (Thomsen *et al.*, 2022). از طرفی محققان اظهار داشته‌اند که غلظت فلزات سنگین بافت ماهی همیشه منعکس‌کننده مقدار در دسترس آن‌ها برای جذب در سطح اپیتلیوم روده، که به‌عنوان دسترسی زیستی تعریف می‌شود، نیست و لذا ارزیابی دسترسی زیستی برای تجزیه و تحلیل خطر فلزات سنگین و ارائه اطلاعات و دستورالعمل‌های دقیق برای مصرف ماهی امری ضروری است که عدم لحاظ آن ممکن است سبب تخمین بیش از حد خطرات احتمالی گردد (Cano-Sancho *et al.*, 2015). جدا از دسترسی زیستی، وجود برخی از عناصر مغذی در ماهی و آبزیان ممکن است بر سمیت فلزات سنگین تاثیرگذار باشد، به عنوان مثال نشان داده که سلنیوم می‌تواند سمیت جیوه را کاهش دهد (Sumino *et al.*, 1977; Barone *et al.*, 2021). بنابراین هنگام ارزیابی مخاطرات مرتبط با فلزات سنگین، نه‌تنها میزان رهایش آلاینده‌ها از منابع طبیعی و انسانی به اکوسیستم‌های دریایی بایستی مدنظر قرار گرفته شود، بلکه دسترسی زیستی آن‌ها نیز باید مورد بررسی قرار گرفته و دستورالعمل‌هایی جهت مصرف گون‌ه‌های مختلف ماهی در یک منطقه ارائه گردد (Cano-Sancho *et al.*, 2015). در نهایت به نظر می‌رسد با به‌کارگیری اقداماتی جهت کاهش انتشار فلزات سنگین به منابع آبی می‌توان به مزایای قابل توجهی دست یافت که یکی از مهترین آن‌ها کاهش انباشت آن‌ها در موجودات آبزی و مخاطرات ناشی از مصرف آن‌ها است.

نتیجه گیری کلی

تالاب‌ها عملکردهای اکولوژیکی متعددی دارند و برای پایداری محیط‌زیست حیاتی هستند، با این حال فعالیت‌های نسنجیده انسانی مانند آلودگی‌های آنتروپوژن، شیوه‌های کشاورزی ناپایدار، صید و شکار بی‌رویه به بسیاری از اکوسیستم‌های تالاب آسیب جدی وارد کرده است که یکی از آن‌ها تجمع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین در این اکوسیستم می‌باشد (Elahi *et al.*, 2022). در این مطالعه، میزان آلودگی فلزات سنگین در بافت خوراکی برخی ماهی‌های دریاچه زریبار مرور شد. اگر چه عمده مطالعات میزان غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه را در رنج قابل قبول یا حتی کمتر از حد آستانه مجاز گزارش کرده‌اند، اما به‌نظر می‌رسد با توجه به امکان تجمع زیستی در این فلزات در بافت ماهی و متفاوت بودن غلظت این فلزات بسته به گونه ماهی، سن و... و نیز زمان طولانی تجمع زیستی و نیز تغییرات زمانی در میزان آلودگی محیط ناشی از تغییرات وضعیت دریاچه و... پایش‌های دوره‌ای حضور عناصر و فلزات سنگین مختلف در بافت گونه‌های ماهی مختلف موجود در دریاچه زریوار ضروری می‌باشد.

از طرفی ارائه راهکارهای پیشگیرانه برای جلوگیری از ورود آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین به این میراث ارزشمند ضروری می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که راهکارهایی مانند جلوگیری از گردشگری افراطی، ممانعت از تخلیه فاضلاب‌های شهری و روستایی، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و مدیریت صحیح پسماند می‌تواند از ورود بیش از حد آلاینده‌ها و در نهایت تجمع آن در گونه‌های مختلف آبزی جلوگیری نماید.

منابع

بهرامی کمانگر، ب.، قادری، ا.، مولودی، ف.، محمدی، ح. ۱۳۹۸. **اولین مشاهده اردک ماهی در دریاچه زریوار مریوان: ریخت شناسی، زیست شناسی تغذیه و تولیدمثل و بررسی تهدیدات این گونه مهاجم**. نشریه علمی پژوهشی پژوهشهای ماهی شناسی کاربردی. دوره ۷، شماره ۴، صفحات ۱۳۳-۱۴۲.

منصوری، ب.، ملکی، ا.، داوری، ب.، آزادی، ن.، پردل، م.ا. **ارزیابی ریسک غذایی فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی کپور معمولی تالاب زریوار**. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۶، شماره ۱۴۶، صفحات ۲۰۵-۲۰۱.

Alhussain, M.H. and M. M. ALshammari 2021. **Association Between Fish Consumption and Muscle Mass and Function in Middle-Age and Older Adults.** Frontiers in Nutrition 8.

Barone, G., A. Storelli, D. Meleleo, A. Dambrosio, R. Garofalo, A. Busco and M. M .Storelli 2021. **Levels of mercury, methylmercury and selenium in fish: Insights into children food safety.** Toxics 9(2): 39.

Cano-Sancho, G., G. Perelló, A. L. Maulvault, A. Marques, M. Nadal and J. L. Domingo 2015. **Oral bioaccessibility of arsenic ,mercury and methylmercury in marine species commercialized in Catalonia (Spain) and health risks for the consumers.** Food and Chemical Toxicology **86**: 34-40.

Chen, C.-Y., C.-C. Lai, K.-S. Chen, C.-C. Hsu, C.-C. Hung and M.-H. Chen 2014. **Total and organic mercury concentrations in the muscles of Pacific albacore (*Thunnus alalunga*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*).** Marine pollution bulletin 85(2): 606-612.

Chen, Y.-C., C.-Y. Chen, H.-J. Hwang, W.-B. Chang, W.-J. Yeh and M.-H. Chen 2004. **Comparison of the metal concentrations in muscle and liver tissues of fishes from the Erren River, southwestern Taiwan, after the restoration in 2000.** Journal of Food and Drug Analysis 12(4): 8.

Cunningham, P., W. Cooter and E. Sullivan 2003. **Mercury in marine life database**. Prepared by RTI International for USEPA.

Denton, G. and C. Burdon-Jones 1986. **Trace metals in fish from the Great Barrier Reef**. Marine Pollution Bulletin 17(5): 201-209.

El-Moselhy, K. M., A. Othman, H. Abd El-Azem and M. El-Metwally 2014. **Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt.** Egyptian journal of basic and applied sciences 1(2): 97-105.

Elahi, M., S. Rezaitabar and M. Savabieasfahani 2022. **Ecological risk assessment of Toxic heavy Metal (loid (s in surface sediment of Zrebar International Wetland: an indices analysis approach.** Soil and Sediment Contamination: An International Journal 31(4): 405-422.

European Economic Community 2001. **Commission Regulation (EC) No 466/2001of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.** Official Journal of the European Communities L77.

Food and Agricultural Organization of the United Nations 1983. **Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products**. FAO Fishery Circular 464.

Gholami, M. and M. Shapoori 2016. **Identification of Species Composition of Fish in the Zrebar Lake (Kurdistan Province of Iran).** Open Journal of Marine Science 7(1): 205-210.

Hosomi, R., M. Yoshida and K. Fukunaga. 2012. **Seafood consumption and components for health**. Global journal of health science 4(3): 72.

Jafari, S.M. and S. Sobhan-Ardakani 2014. **Heavy metals contamination in silver, common and grass carp caught from Zrebar Lake, western Iran.** European Online Journal of Natural and Social Sciences 3(2): 344-350.

Leung, H., A. Leung, H. Wang, K. Ma, Y. Liang, K. Ho, K. Cheung, F. Tohidi and K. Yung 2014. **Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl river delta (PRD), China**. Marine pollution bulletin 78(1-2): 235-245.

Marrugo-Negrete, J., L. N. Benitez and J. Olivero-Verbel 2008. **Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 55(2): 305-316.

Medeiros, R. J., L. M. G. dos Santos, A. S. Freire, R. E. Santelli, A. M. C. Braga, T. M. Krauss and S. d. C. Jacob 2012. **Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil**. Food Control 23(2): 535-541.

Ordiano-Flores, A., R. Rosíles-Martínez and F. Galván-Magaña 2012. **Biomagnification of mercury and its antagonistic interaction with selenium in yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the trophic web of Baja California Sur, Mexico**. Ecotoxicology and environmental safety 86: 182-187.

Ploetz, D., B. Fitts and T. Rice (2007). **Differential accumulation of heavy metals in muscle and liver of a marine fish,(King Mackerel, *Scomberomorus cavalla* Cuvier) from the Northern Gulf of Mexico, USA.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 78(2): 134-137.

Saei-Dehkordi, S. S. and A. A. Fallah 2011. **Determination of copper, lead, cadmium and zinc content in commercially valuable fish species from the Persian Gulf using derivative potentiometric stripping analysis.** Microchemical Journal 98(1): 156-162.

Solgi, E. and M. M. Galangashi 2018. **Assessing the health of marine and lacustrine wetland using measurement of heavy metals in fish species: Case study from two Iranian international wetland (Gomishan and Zrebar).** Environmental nanotechnology, monitoring & management 10: 73-78.

Sumino, K., R. Yamamoto and S. Kitamura 1977. **A role of selenium against methylmercury toxicity.** Nature 268(5615): 73-74.

Thiyagarajan, D., K. V. Dhaneesh, T. T. Ajith Kumar, S. Kumaresan and T. Balasubramanian 2012. **Metals in fish along the southeast coast of India.** Bulletin of environmental contamination and toxicology 88(4): 582-588.

Thomsen, S. T., R. Assunção, C. Afonso, G. Boué, C. Cardoso, F. Cubadda, A. Garre, J. W. Kruisselbrink, A. Mantovani and J. G. Pitter 2022. **Human health risk–benefit assessment of fish and other seafood: a scoping review**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 62(27): 7479-7502.

Zuluaga Rodríguez, J., S. E. Gallego Ríos and C. M. Ramírez Botero 2015. **Content of Hg, Cd, Pb and as in fish species: a review.** Vitae 22(2): 148-149.

ارزیابی کیفیت هیدروشمیایی آبخوان سرخون استان هرمزگان جهت مصارف کشاورزی و شرب

هانیه امینی‌زاده[۱]، اسفندیار عباس‌نوین پور[۲]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی، گرایش آب‌شناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
amini.haniyeh76@gmail.com

۲-استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir

چکیده

کیفیت آب جزء اصول توسعه پایدار هر حوضه‌ای به‌شمار می‌رود به‌ویژه آب‌های زیر زمینی که از گذشته تا به امروز به‌دلیل کیفیت مناسب نسبت به آب‌های سطحی بیشترمورد بهره‌برداری و استفاده قرار گرفته است. باتوجه به موقعیت جغرافیایی آبخوان سرخون که واقع در استان هرمزگان است که جزء منطقه گرم و خشک است و با کمبود منابع آبی قابل استفاده مواجه است این اصل مهم‌تر جلوه می‌کند. هدف از این پژوهش بررسی کیفیت آبخوان سرخون از نظر کشاورزی و شرب و توصیف ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی منطقه و همچنین بررسی عوامل مؤثر در کاهش کیفیت آبخوان سرخون است. بدین‌منظور ابتدا داده‌های کیفیت آب از سازمان آب منطقه‌ای استان هرمزگان در سال ۱۳۹۷تا سال ۱۴۰۰جمع‌آوری شد. سپس برای تحلیل کیفیت آب زیرزمینی برای اهداف کشاورزی و شرب از نرم‌افزار AQQA، نمودار شولر و پایپر، خطر منیزیم (MH) و پتانسیل شوری (PS) استفاده شد. که نتایج نشان‌دهنده این بود که تیپ آب زیرزمینی منطقه در ۵۱ درصد نمونه‌ها به‌صورت Na-CL و ۴۹ درصد نمونه‌ها به‌صورت Na-SO4 که در گروه آب‌های شور مزه قرار می‌گیرد، بود که برای آشامیدن مناسب نیست. بررسی خطر منیزیم، پتانسیل شوری خاک به‌عنوان پارامترهای اصلی برای بررسی و تحلیل کیفیت آب زیرزمینی منطقه با کاربری کشاورزی نشان داد که ۸۳/۷۵ درصد نمونه‌های آب زیر زمینی در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ برای کشاورزی مناسب نیست.

کلید واژه‌ها: آبخوان سرخون، کیفیت آب، کشاورزی.

Evaluation of hydrochemical quality of Sarkhoon aquifer in Hormozgan province for agricultural and drinking

Abstract

Water quality is one of the principles of sustainable development of any basin, especially underground water, which has been exploited and used more than surface water due to its good quality. This principle is more important in Hormozgan province, which is one of the hot and dry regions and faces a shortage of usable water resources. The purpose of this research is to investigate the quality of the Serkhon aquifer in terms of agriculture and drinking, and to describe the chemical composition of the underground water in the region, as well as to investigate the effective factors in reducing the quality of the Serkhon aquifer. For this purpose, first, the water quality data from the regional water organization of Hormozgan province in 2017 to 2021 The year was collected. Then AQQA software, Schuler and Piper diagram, magnesium risk (MH) and salinity potential (PS) were used to analyze the quality of underground water for agricultural and drinking purposes. The results showed that the type of underground water in 51% of the samples is Na-Cl and 49% of the samples is Na-SO4, which is classified as salty water and is not suitable for drinking. Examining the risk of magnesium, soil salinity potential as the main parameters for investigating and analyzing the quality of underground water in the area with agricultural use showed that 83.75% of the underground water samples in the years 2017 to 2021 are not suitable for agriculture.

Keywords: Quality of aquifer, Sarkhoon, Hydrochemical.

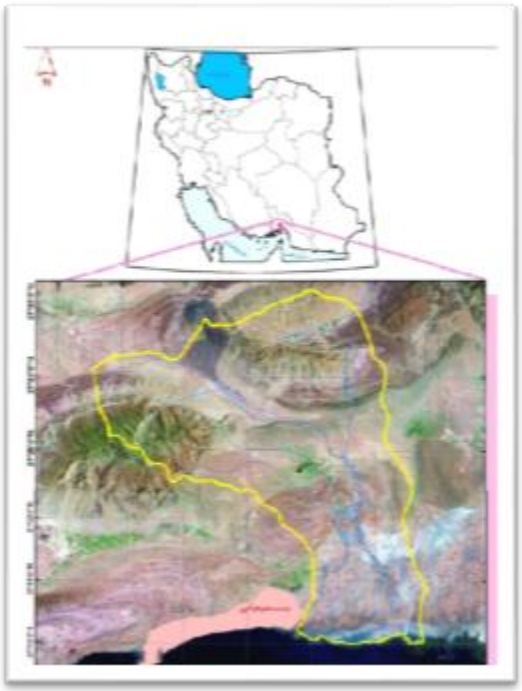
مقدمه

در کشور ما ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی که بیش دوسوم کشور را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد و پراکندگی اندک و محدود جریان‌های سطحی در قسمت‌های خاصی از کشور است، که باعث شده عمده مصارف آبی کشور از آب زیر زمینی باشد و این منبع به‌عنوان یکی از منابع مهم و اصلی شرب و کشاورزی، خصوصاً در مناطقی که دارای منابع آب سطحی مناسبی برخوردارنیستند، همواره مورد توجه و اهمیت بوده است [۱]. با توجه به این موضوع که آب‌های زیرزمینی بخش اعظم و قابل توجهی از آب شرب و کشاورزی جامعه را تأمین می‌کند، بررسی کیفیت این منابع ارزشمند و خدادی امری ضروری و بسیار مهم برای مدیریت آگاهانه آنها به‌نظر می‌رسد [۲]. در این زمینه پژوهش‌های بسیاری انجام شده است که می‌توان به تیواری و همکاران (۲۰۱۷)، عبدل ستار و همکاران (۲۰۱۷)، گوپتا و میسرا (۲۰۱۶)، ساپا و همکاران (۲۰۱۴)، سکین و همکاران (۲۰۱۰)، پاک و همکاران (۱۳۹۴)، صالحی و همکاران (۱۳۹۵)، عیدی و امیری (۱۴۰۰) و مسعودی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره نمود.

مواد و روش‌ها

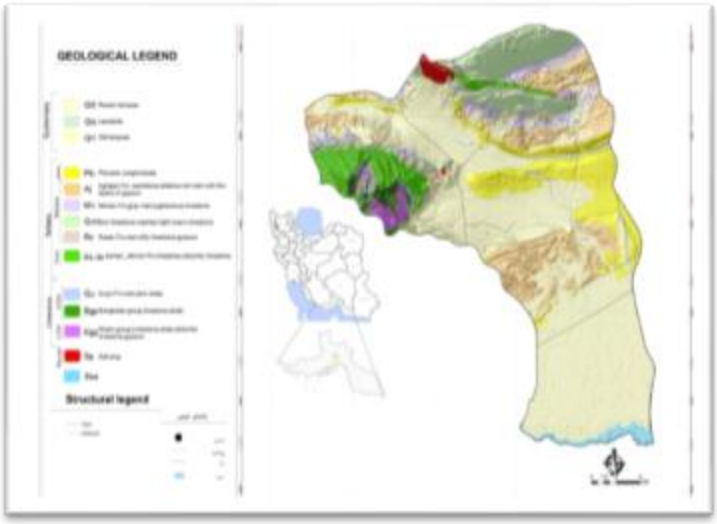
منطقه مورد مطالعه

دشت سرخون با وسعت ۱۰۵۳۸۰هکتار درجنوب ایران، در استان هرمزگان و در شمال جزیره قشم و بین مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۷ دقیقه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. سرخون و دزک آبادی‌های داخل حوضه و جلابی، سرخا، رضوانو، قلات پایین آبادی‌های مجاور حوضه می‌باشند، ضمن اینکه دربرگیرنده رودخانه‌های شورخورجل و دزک می‌باشد. سرشاخه‌های این رودخانه‌ها با زهکشی ارتفاعات شمال و شمال غرب محدوده مطالعاتی در جهت جنوب و جنوب غرب طی مسیر نمود، به خلیج فارس می‌ریزند. راه دسترسی به سرخون یکی از جاده بندرعباس–حاجی آباد می‌باشد که از محدوده سرخون عبور می‌کند و راه دوم جاده بندرعباس–رودان و میناب می‌باشد (۳).



شکل ۱: موقعیت دشت سرخون در ایران و بندرعباس

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی ساختاری در ناحیه زاگرس چین خورده واقع شده است. از ویژگی‌های بارز این ناحیه زمین ساختی ساده ملایم همراه با رشته‌ای از تاقدیس‌های نزدیک به هم فشرده با سطح محوری معمولا قائم و جهت تقریبی شمال غربی–جنوب شرقی است. در این محدوده سازندهایی از پرکامبرین تا کواترنر وجود دارد (شکل ۲).

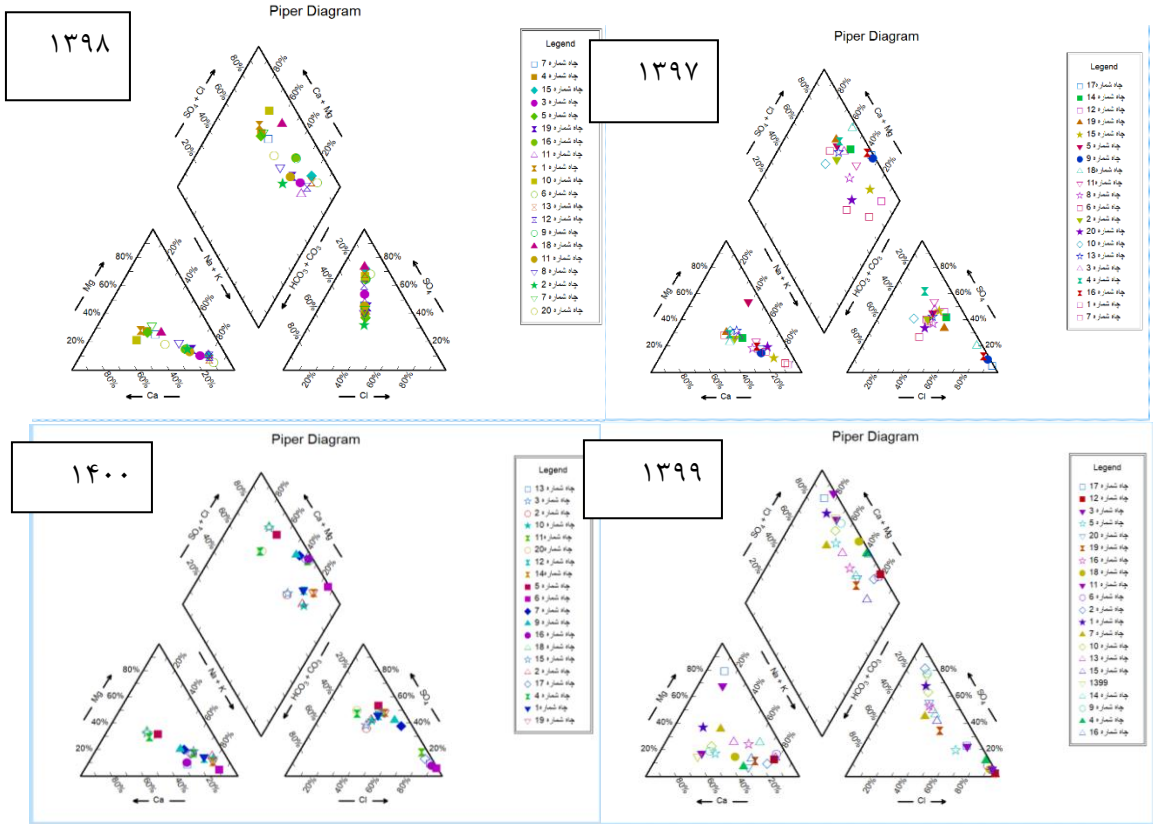


شکل ۲: زمین‌شناسی آبخوان سرخون

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان سرخون استان هرمزگان و تغییرات کیفیت آن در سال‌های ۱۳۹۷تا ۱۴۰۰ ابتدا اطلاعات کیفی مربوط به چاه‌های این منطقه از اداره آب منطقه‌ای استان هرمزگان اخذ گردید، که در مجموع ۸۰ نمونه که به تفکیک ۲۰ داده مربوط به سال ۱۳۹۷، ۲۰ داده مربوط به سال ۱۳۹۸، ۲۰ داده مربوط به سال ۱۳۹۹، ۲۰ داده مربوط به سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد و برای تجزیه و تحلیل‌های آماری و هیدروشیمیایی از نرم‌افزارهای اکسل و AQQA استفاده شد.

نتایج و بحث

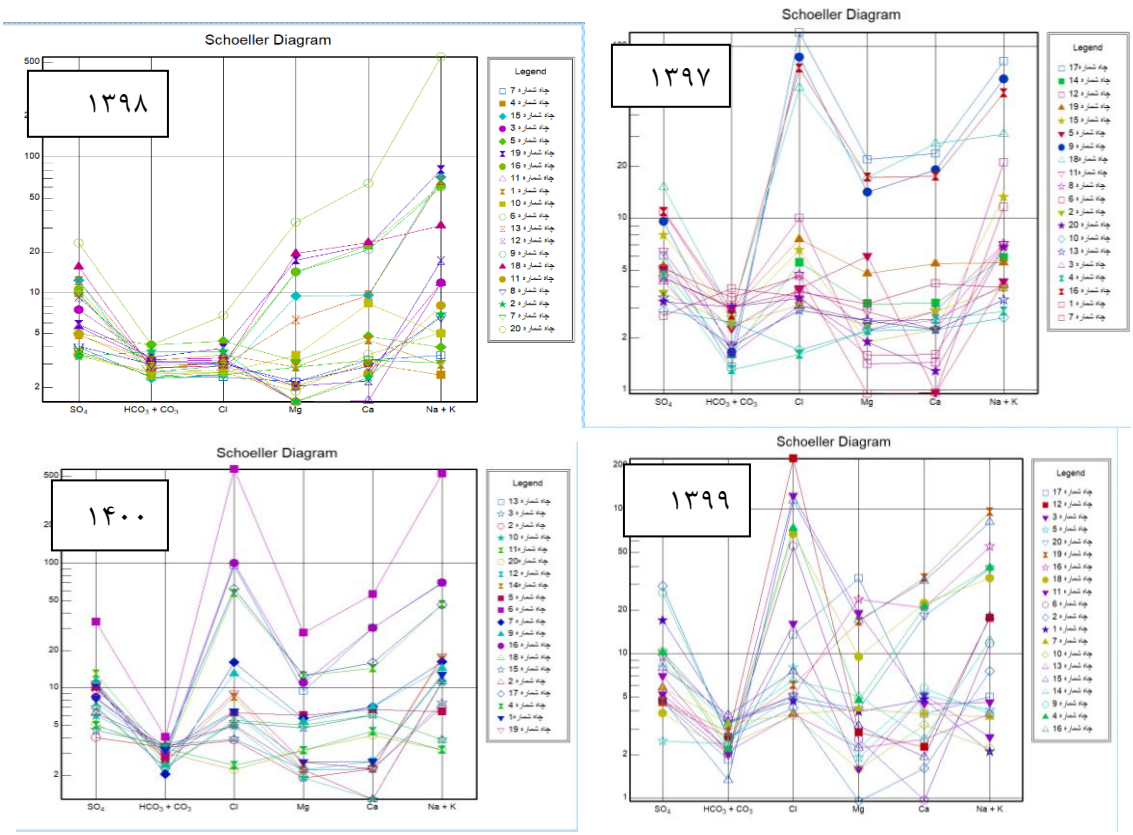
کل جامدات محلول مقادیرشان در سال ۱۳۹۷ در محدوده مطالعاتی بین ۴۵۳ تا ۳۳۶۹۰ و با میانگین ۳۱۲۶ میلی گرم بر لیتر، در سال ۱۳۹۸ در محدوده بین ۴۶۰ تا ۴۱۶۹ و با میانگین ۳۶۶۹ میلی گرم بر لیتر، در سال ۱۳۹۹ با ۴۱۰ تا ۳۹۷۹۰ و با میانگین ۲۸۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و د سال ۱۴۰۰ در محدوده ۷۰۵تا ۴۰۸۹ و با میانگین ۵۲۸۳ میلی‌گرم بر لیتر در تغییر بوده است. هدایت الکتریکی در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۷۵ درصد، ۶۰ درصد، ۶۰ درصد، ۶۵ درصد نمونه‌ها در وضعیت نامناسب قرار داشتند. خطر شوری که با دو پارامتر هدایت الکتریکی و جامدات محاسبه می‌شود همه نمونه چاه‌ها منطقه مطالعاتی در رده خطر شوری زیاد قرار دارند. سختی کل شاخصی از وجود یون‌های کلسیم و منیزیم در آب است. آب زیرزمینی با سختی بیش از ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در زمره آب‌های خیلی سخت محسوب می‌گردد. با توجه به این ۶۲/۵ درصد نمونه‌های آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه دارای سختی بیش از این مقدار است لذا در طبقه آب‌های خیلی سخت قرار می‌گیرند و برای مصارف خاص صنعتی ممکن است مشکل آفرین باشد. نتایج تجزیه و تحلیل نمونه‌ها از نظر کشاورزی نشان داد تقریباً ۸۳/۷۵ درصد داده‌ها در سال‌های ۱۳۹۷ تا۱۴۰۰ خطر منیزیم آنها بیش از حد استاندارد مورد نظر یعنی ۳۴ درصد است و این نشان‌دهنده نامناسب بودن آب زیرزمینی منطقه برای کشاورزی است. رخساره هر یک از نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه در نرم‌افزار AQQA مشخص شده است که نشان‌دهنده این است که ۵۱ درصد نمونه‌ها دارای رخساره Na-CL و ۴۸/۵ درصد نمونه‌ها دارای رخساره $Na\text{-}SO_4$ هستند که در گروه آب‌های شور مزه قرار دارند.



شکل ۳: نمودار پایپر نمونه چاه‌های آبخوان سرخون در ساهای مختلف

تمرکز نمونه‌ها در نمودار پایپر در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۷ نشان‌دهنده این مطلب است که کاتیون غالب اکثر نمونه‌ها سدیم (Na) و آنیون غالب در اکثر نمونه‌ها (Cl) و سپس (SO4) می‌باشد که بیانگر این است که ۵۱ درصد نمونه‌ها دارای رخساره‌ی Cl-Naو ۴۸/۵ درصد آنها دارای رخساره SO4-Na می‌باشند که در گروه آب‌های شور مزه قرار می‌گیرند. در واقع اکثریت نمونه‌ها در منطقه ۷ تقسیم‌بندی نمودار پایپر واقع شده بدین‌معنا نمونه‌ها که قلیایی غیرکربناتی بیش از ۵۰ درصد و غلبه با قلیایی‌ها و اسیدهای قوی‌تر است (شکل ۳).

باتوجه به نمودارهای شولر در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰بحرانی‌ترین یون‌ها با توجه به نمودار یون‌های CL و Na+K می‌باشد و بعد SO_4 گاهی در بعضی از نمونه بالاتر حد مجاز هم بوده است (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار شولر نمونه چاه‌های آبخوان سرخون

در این تحقیق پارامترهای نسبت جذب (SAR)، درصد سدیم (Na %) نسبت سدیم قابل تعویض (ESR)، خطر منیزیم (MZ)، پتانسیل شوری خاک (PS) به‌عنوان پارامترهای اصلی جهت بررسی کیفیت آب کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱: کلاس‌بندی آب‌های زیرزمینی برای اهداف کشاورزی براساس میزان سختی (TH)، هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)و درصد سدیم (Na%) در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰

پارامتر	محدوده	کلاس	مجموع تعداد نمونه‌ها
TH	۷۵>	نرم	۰
	۷۵-۱۵۰	نسبتاً سخت	۱
	۱۵۰-۳۰۰	سخت	۳۲
	۳۰۰<	خیلی سخت	۴۷
EC	۲۵۰>	عالی	۰
	۲۵۰-۷۵۰	خوب	۰
	۷۵۰-۲۲۵۰	مناسب	۵
	۲۲۵۰-۵۰۰۰	مشکوک	۵۲
	۵۰۰۰<	نامناسب	۲۳

پارامتر	محدوده	کلاس	مجموع تعداد نمونه‌ها
SAR	۱۰>	عالی	۵۳
	۱۰-۱۸	خوب	۱۹
	۱۸-۲۶	مشکوک	۵
	۲۶<	نامناسب	۳
Na٪	۰-۲۰	عالی	۱
	۲۰-۴۰	خوب	۲۴
	۴۰-۶۰	مناسب	۱۷
	۶۰-۸۰	مشکوک	۳۱
	۸۰<	نامناسب	۷

نتیجه‌گیری

براساس تجزیه و تحلیل نمونه چاه‌ها که از نرم‌افزار AQQA به‌دست آمد نتایج به‌صورت خلاصه در زیر ارائه شده است.

۵۱ درصد نمونه‌ها دارای رخساره Cl-Na و ۴۹ درصد آنها دارای رخساره SO4-Na می‌باشند که در گروه آب‌های شورمزه قرار دارند.

کیفیت آب زیرزمینی منطقه با اهداف شرب برای بیشتر نمونه‌ها در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۷ در وضعیت نامناسب قرار دارد.

آب زیرزمینی منطقه در ناحیه مرکزی آبخوان در وضعیت بهتری نسبت به سایر نقاط آبخوان دارد.

۵۱ درصد نمونه‌ها دارای رخساره Cl-Na و ۴۹ درصد آنها دارای رخساره SO4-Na می‌باشند که در گروه آب‌های شورمزه قرار دارند.

کیفیت آب زیرزمینی منطقه با اهداف شرب برای بیشتر نمونه‌ها در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۷ در وضعیت نامناسب قرار دارد.

آب زیرزمینی منطقه در ناحیه مرکزی آبخوان در وضعیت بهتری نسبت به سایر نقاط آبخوان دارد.

منابع

ایزدی، ک.، داوری، ک.، علیزاده، ا.، قهرمان، ب. ۱۳۸۷. **مدل داده‌های ترکیبی در پیش بینی سطح آب زیرزمینی**. مجله آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۲، شماره ۲.

پاک ز.، محسنی موحد، س.، مرادی، م. ۱۳۹۴. بررسی کیفی آب زیرزمینی دشت ساوه و پارامترهای تاثیرگذار بر روی آن، اولین همایش ملی کیفیت منابع آب و توسعه پایدار.

صادقی، ه.، آل بوعلی، ع. و قضاوی، ر.ف. ۱۳۹۵. **بررسی روند زمانی و مکانی تغیر پارامترهای کیفی آب دشت کاشان با استفاده از روش زمین امار**. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی).

صالحی ح.، ابراهیمی محمدی، ش. ۱۳۹۵. **ارزیابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از شبیه AqQa و تعیین مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی (مطالعه: شهرستان قروه، استان کردستان)**، مجله مهندسی منابع آب، سال نهم.

عیدی، م.، امیری، ف. ۱۴۰۰. **ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه دهر و تنگ ارم دشتستان با استفاده از شاخص کیفیت آب WQI**.

مسعودی، م.، حسینی، ع.، کریمی سه قلعه، ح.، اردمه، م. ۱۳۹۴. **بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از دیاگرام شولر و ویلکاکس برای مصارف شرب و کشاورزی (مطالعه موردی: دشت قاین).**

میرزایی، س.، نادری، م.، بیگی، ح.، محمدی، ج و مخمدی، ی. ۱۳۸۷. **بررسی پتانسیل آسیب پذیری آبخوان دشت شهرکرد با استفاده از مدل دراستیک**، انجمن علوم و مهندسی منابع ایران، دانشگاه تبریز، سال سوم.

Abdel-Satar, A., AI-Khabbas, A., Ahmad, W., Yousef, W., Alsomadi, R., Iqbal, T. 2017. **Quality assessment of groundwater and agricultural soil in Hail region**. Saudi Arabic, Egyptian Journal of Aquatic Research.

Gupta, R., Mirsa, A. 2016. **Groundwater quality analysis of quaternary aquifers in Jhajjar District, Haryana, India**: Focus on groundwater fluoride and health implicaations , Alexandria Engineering Journal.

Sappa, G., Ergul, S., Ferranti, F. 2014. **Water quality assessment of carbonate aquifers in southern Latium region, Central Italy: a case study for irrigation and drinking purposes**, Appl water.

Seckin, G., Yilaz, T., Sari, B.E. B.2010. **Groundwater hydrochemistry at the Mediterranean coastal plains The case of Silifke**. Turkey, Desalination.

Tiwari, A., Singh, A., Mahato, M. 2017, **Assessment of groundwater quality of Pratagarh district in India for suitability of drinking purpose using water quality index (WQI) and GIS technique**. Sustain Water Resour magma.

نویسندگان گرامی نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار

هماهنگی لازم با تعدادی از مجلات دانشگاه کردستان و دانشگاه علوم پزشکی کردستان جهت چاپ مقالات کنفرانس انجام شده است. لیست مجلات مذکور با آدرس صفحه اصلی آنها به شرح زیر می‌باشد:

1- Journal of Advances in Environmental Health Research https://jaehr.muk.ac.ir)

۲- محیط زیست و مهندسی آب (https://www.jewe.ir)

۳- پژوهش‌های نوین آبزیان ایران (https://ijar.uok.ac.ir)

٤- علوم و مهندسی طبیعت (https://nse.uok.ac.ir)

لازم به ذکر است که تصمیم گیری در مورد نیاز/عدم نیاز به داوری مجدد مقاله و در نهایت پذیرش/عدم پذیرش مقاله شما عزیزان در هر یک از مجلات ذکر شده بر عهده مدیر مسئول، سردبیر و کمیته داوران مجله بوده و دبیران کنفرانس در آن دخالتی نخواهند داشت اما مدیران مسئول و سردبیران مجلات قول مساعد داده-اند که کل فرآیندهای پذیرش و چاپ مقالات نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار در این مجلات تسهیل گردد.

با تجدید احترام و سپاس فراوان از مشارکت همه بزرگواران در کنفرانس

برگزاری شایسته نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار در تاریخ ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱٤۰٤ در دانشگاه کردستان و تلاش برای اشتراک‌گذاری آخرین دستاوردهای علمی، مدیریتی و اجرایی و ارتباط بیشتر بین مراکز علمی و تحقیقاتی، سازمان‌ها و ادارات اجرایی، مردم محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد (از طریق برگزاری پنل‌های تخصصی مطالعات محیطی زریبار، انتقال پیام‌های علمی به عامه مردم از طریق برگزاری نمایشگاه عکس تخصصی "زریبار از لنز دوربین تا آزمایشگاه"، تقدیر از مستندسازان، حافظان و خانواده شهدای محیط زیست زریبار، ارائه گزارش عملکرد ادارات اجرایی، ترویج فرهنگ پاسخگویی به مردم با برگزاری جلسه پرسش و پاسخ، بازدید میدانی در قالب تیم‌های مرکب از مراکز علمی، دستگاه‌های اجرایی و ذی‌نفعان، جمع‌بندی نظرات و یافته‌های مشارکت کنندگان در کنفرانس در قالب مصوبات کارگروه شهرستان مریوان) یک رویداد تاریخی و بی‌نظیر بود که نام و جایگاه تالاب بین المللی زریبار و ارتباط بین‌بخشی را ارتقا بخشید و یک گام رو به جلو در سیاست-گذاری، مدیریت و حفاظت از تالاب بین المللی زریبار خواهد بود. این مهم به لطف الهی، مشارکت و همکاری صمیمانه اساتید، محققین، کارشناسان، دانشجویان، NGOها و ذی‌نفعان، حمایت مادی و معنوی مدیران و سازمان‌ها و ارگان‌های اجرایی استان کردستان به سرانجام رسید که در زیر لیست شده‌اند. بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از زحمات بی‌دریغ و همکاری صمیمانه همه عزیزان با دبیران نخستین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار اعلام داشته و توفیق روزافزون همگان را از خداوند متعال خواستاریم.

حامیان اصلی کنفرانس

- استانداری استان کردستان
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کردستان
- اداره کل حفاظت محیط زیست استان کردستان
- شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان
- شرکت آب و فاضلاب استان کردستان
- اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان کردستان
- اداره کل هواشناسی استان کردستان
- سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان
- اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان
- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان
- امور شیلات و آبزیان استان کردستان
- ISC
- فرمانداری مریوان
- شهرداری مریوان
- شهرداری برده‌رەشه مریوان
- اداره حفاظت محیط زیست شهرستان مریوان
- اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان مریوان
- آب و فاضلاب شهرستان مریوان
- امور آب شهرستان مریوان
- هواشناسی شهرستان مریوان
- آموزش و پرورش شهرستان مریوان
- نماینده محترم شهرستان‌های مریوان و سروآباد در مجلس شورای اسلامی

حامیان علمی و معنوی کنفرانس (به ترتیب الفبایی):

- انجمن آبخیزداری ایران
- انجمن آبزی‌پروری ایران
- انجمن ژیوان مریوان
- انجمن سبز چیا
- پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
- دانشگاه ارومیه
- دانشگاه الزهرا
- دانشگاه ایلام
- دانشگاه بین المللی امام خمینی
- دانشگاه پیام نور استان کردستان
- دانشگاه تبریز
- دانشگاه تربیت مدرس
- دانشگاه تهران
- دانشگاه جامع علمی - کاربردی واحد استان کردستان
- دانشگاه جهرم
- دانشگاه خوارزمی
- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار
- دانشگاه زابل
- دانشگاه شهید باهنر کرمان
- دانشگاه شهید چمران اهواز
- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- دانشگاه فرهنگیان کردستان
- دانشگاه گیلان
- دانشگاه محقق اردبیلی
- دانشگاه ملی مهارت
- دانشگاه یزد

دبیران علمی کنفرانس: دکتر خالد اوسطی و دکتر شهرام کبودوندپور

دبیران اجرایی کنفرانس: دکتر حبیب الله محمدی و دکتر سالار کهزادی

اعضای کمیته علمی (به ترتیب الفبایی):

- دکتر ابراهیمی محمدی شیرکو (دانشگاه کردستان)
- دکتر امان‌الهی جمیل (دانشگاه کردستان)
- دکتر امینی عطا (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان)
- دکتر اوسطی خالد (دانشگاه کردستان)
- دکتر بایزیدی مطلب (دانشگاه آزاد واحد سنندج)
- دکتر بیننده مسعود (دانشگاه کردستان)
- دکتر پیرباوقار مهتاب (دانشگاه کردستان)
- دکتر توکلی محسن (دانشگاه ایلام)
- دکتر ثانی خانی هادی (دانشگاه کردستان)
- دکتر جباری نجم‌الدین (دانشگاه کردستان)
- دکتر حسینی وحید (دانشگاه کردستان)
- دکتر خالق پناه ناصر (دانشگاه کردستان)
- دکتر خسروی محمد (دانشگاه رازی)
- دکتر خوشخو یونس (دانشگاه کردستان)
- دکتر دارند محمد (دانشگاه کردستان)
- دکتر داوری مسعود (دانشگاه کردستان)
- دکتر رحمتی امید (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان)
- دکتر رحیمی آزاد (دانشگاه ملی مهارت)
- دکتر رستمی نورالدین (دانشگاه ایلام)
- دکتر زمانی وحید (دانشگاه کردستان)
- دکتر زندکریمی سوما (دانشگاه کردستان)
- دکتر شاهمرادی بهزاد (دانشگاه علوم پزشکی کردستان)
- دکتر شریفی زاهد (دانشگاه کردستان)
- دکتر صادقی آزاد (University of North Carolina)
- دکتر طاهری کمال (آب منطقه ای کرمانشاه)
- دکتر غفاری هانیه (دانشگاه کردستان)
- دکتر فاتحی پرویز (دانشگاه تهران)

- دکتر فتح الهی محمد (دانشگاه کردستان)
- دکتر فتحی پرویز (دانشگاه کردستان)
- دکتر فرج الهی اصغر (دانشگاه کردستان)
- دکتر قادری ناصح (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان)
- دکتر قربانی رسول (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
- دکتر قربانی فرشید (دانشگاه کردستان)
- دکتر قمرنیا هوشنگ (دانشگاه رازی)
- دکتر قهرمانی اسماعیل (دانشگاه علوم پزشکی کردستان)
- دکتر کبودوندپور شهرام (دانشگاه کردستان)
- دکتر کرمی پرویز (دانشگاه کردستان)
- دکتر کریمیان عرفان (دانشگاه کردستان)
- دکتر کهزادی سالار (دانشگاه کردستان)
- دکتر گرگین کرجی مهتاب (دانشگاه کردستان)
- دکتر مبارکی جلیل (آب منطقه ای کردستان)
- دکتر محمدپور کاوه (اداره کل حفاظت محیط زیست کردستان)
- دکتر محمدی امیر (دانشگاه فرهنگیان)
- دکتر محمدی بختیار (دانشگاه کردستان)
- دکتر محمدی حبیب اله (دانشگاه کردستان)
- دکتر مرادی رکابدارکلائی حمیدرضا (دانشگاه تربیت مدرس)
- دکتر مرادی مسعود (دانشگاه کردستان)
- دکتر مفاخری بهزاد (دانشگاه کردستان)
- دکتر ملکی لقمان (دانشگاه کردستان)
- دکتر مهدوی اسعد (دانشگاه کردستان)
- دکتر موحد علی (دانشگاه خوارزمی)
- دکتر نصرالهی زاده بهرام (دانشگاه کردستان)
- دکتر نیری هادی (دانشگاه کردستان)
- دکتر وفاخواه مهدی (دانشگاه تربیت مدرس)
- دکتر ولی پور احمد (دانشگاه کردستان)
- مهندس بابایی خالد (آب منطقه ای کردستان)
- مهندس صمدی تودار سید آرمان (دانشگاه تهران)

اعضای کمیته اجرایی:

- دکتر حبیب الله محمدی (دانشگاه کردستان)
- دکتر سالار کهزادی (دانشگاه کردستان)
- دکتر عطا مولودی صالح (دانشگاه کردستان)
- دکتر کاوه محمدپور (اداره کل حفاظت محیط زیست کردستان)
- مهندس مراد حمیدی (اداره کل حفاظت محیط زیست کردستان)
- فرشاد مولودی (دانشگاه کردستان)
- یاشار محمودی (دانشگاه کردستان)
- امیر کریمیان (دانشگاه کردستان)
- اشکان صالحی (دانشگاه کردستان)
- مهندس کاوه وارانی (دانشگاه کردستان)
- ژینو عزتی (دانشگاه کردستان)
- مسلم ساعدی (دانشگاه کردستان)
- مریم قوامی (دانشگاه کردستان)
- مریم ملکی (دانشگاه کردستان)
- هستی راست خدیو (دانشگاه کردستان)
- آرزو مصطفایی (دانشگاه کردستان)
- میترا مرادی (دانشگاه کردستان)
- میترا عبدی (دانشگاه کردستان)
- ادیب محمدی (دانشگاه کردستان)
- صهیب تبیره (دانشگاه کردستان)
- هانا محمدی (دانشگاه کردستان)
- سینا مومنی (دانشگاه کردستان)
- دانیال محمودی (دانشگاه کردستان)
- پیام عزیزپور (دانشگاه کردستان)
- سهیلا صولی (دانشگاه کردستان)
- آروین هادی (دانشگاه کردستان)
- مائده گل‌نما (دانشگاه کردستان)
- شهیره احمدی (دانشگاه کردستان)
- دنیا فلاحی (دانشگاه کردستان)

مصوبات کارگروه تخصصی دریاچه زریبار (تالاب زریبار)

پس از ارائه آخرین دستاوردهای علمی، مدیریتی و اجرایی و اشتراک‌گذاری نظرات و دیدگاه‌ها در سخنرانی‌ها، جلسات پرسش و پاسخ و بازدید میدانی، مباحث مطرح شده توسط کمیته علمی، مدیران و کارشناسان سازمان‌ها و ادارات دولتی، سازمان‌های مردم‌نهاد و ذی‌نفعان در کارگروه تخصصی دریاچه زریبار جمع‌بندی شد. کارگروه تخصصی دریاچه زریبار با حضور دادستان محترم شهرستان مریوان، نماینده محترم مردم شریف شهرستان‌های مریوان و سروآباد در مجلس شورای اسلامی، مدیران کل استانی و شهرستانی (یا نماینده ایشان) از اداره کل حفاظت محیط زیست استان کردستان، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان، شرکت آب و فاضلاب استان کردستان، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان کردستان، شهرداری مریوان، شهرداری برده‌رشه، دهیاران و شوراهای شهر مریوان و روستاهای اطراف دریاچه زریبار، اعضای کمیته علمی کنفرانس، ذی‌نفعان و نمایندگان NGOهای شهرستان مریوان در سالن اجتماعات فرمانداری مریوان برگزار گردید. موارد زیر به عنوان نقشه راهی برای مدیریت و حفاظت پایدار از تالاب بین‌المللی زریبار مصوب شد و اجرای آنها مورد تاکید قرار گرفت:

۱) رفع تمام تصرفات غیرمجاز (اعم از خانه، ویلا، خانه‌باغ، تبدیل اراضی ملی و ...) در حوضه دریاچه زریبار و مسدود کردن چاه‌های غیرمجاز آبخوان مریوان بدون هیچ شرط و شروطی به عنوان یکی از مهم‌ترین مصوبات مورد تاکید قرار گرفت.

۲) بررسی مجوزهای صادر شده برای تمام تاسیسات موجود در حوضه دریاچه زریبار (اعم از مهمانسراها، ساختمان‌های اداری و انتظامی، خانه، ویلا، خانه‌باغ و...) توسط تیم تخصصی مستقل و شناسایی و برخورد قاطع با تخلفات صورت گرفته در پروسه‌های صدور مجوزها

۳) برنامه‌ریزی برای توسعه گردشگری پایدار (گردشگری سلامت، گردشگری توریستی و ...) باید به عنوان اولویت اول درآمدزایی و اشتغال در حوضه زریبار و شهرستان مریوان مد نظر قرار گیرد. در گام اول بایستی بر توسعه زیرساخت‌ها تمرکز شود.

٤) لازم است در برنامه‌ریزی برای مهار و کنترل آتش‌سوزی و برخورد قاطعانه با مسببین آتس سوزی در اراضی ملی و نیزارها، مبارزه با قاچاق چوب و ذغال‌گیری و تخلفات مشابه در

حوضه زریبار تجدید نظر صورت گیرد. در گام اول، تشکیل کمیته برنامه‌ریزی متشکل از ادارات دولتی مرتبط و NGOها و فعالان محیط‌زیستی پیشنهاد می‌شود.

۵) بررسی و تعیین تکلیف تخصیص و انتقال آب گاران به حوضه دریاچه زریبار و پهنه آبی دریاچه توسط تیم تخصصی

٦) تخصیص آب آبیاری فضای سبز شهر مریوان از دریاچه زریبار به هیچ وجه قابل قبول نمی‌باشد و باید در اسرع وقت مجوزهای صادره حذف گردند. یکی از راه‌های جایگزین برای تامین کمبودهای نیاز آبی فضای سبز شهر مریوان، اخذ تخصیص از شبکه انتقال آب سد گاران می‌باشد.

۷) تشکیل کمیته علمی برای تعیین تکلیف بند قزلچه‌سو در اسرع وقت در دستور کار قرار گیرد. با توجه به رسوب بالای حوضه خصوصا در زمان وقایع سیلابی، پیشنهاد اولیه مسدود کردن مسیر انحراف آب از حوضه قزلچه‌سو به سمت دریاچه زریبار تا تعیین تکلیف نهایی آن است.

۸) بازنگری حریم اکولوژیکی و کیفی تالاب زریبار و برخورد سختگیرانه با متخلفات متجاوز به حریم دریاچه زریبار

۹) ورود فوری به مساله پمپاژ و برداشت فاضلاب از شبکه انتقال فاضلاب روستاهای ضلع غربی دریاچه زریبار به تصفیه‌خانه مریوان و برخورد قاطع با متخلفان

۱۰)حل مشکلات شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب روستاهای ضلع شرقی دریاچه زریبار

۱۱)تکمیل و تجهیز تصفیه‌خانه شهر مریوان و رفع مشکلات موجود آن

۱۲)تشکیل کمیته علمی برای تعیین تکلیف ماهی‌ریزی در دریاچه زریبار و پیگیری رفع موانع قانونی آن

۱۳)مقرر شد استفاده از قایق موتوری در دریاچه زریبار در اسرع وقت ممنوع شود و با قایق پدالی جایگزین گردد.

۱٤)مقرر شد مشکلات کمربندی کنار دریاچه زریبار بررسی و سریعا تعیین تکلیف شود.

۱۵)تلاش در راستای اصلاح برخی از قوانین و تبصرها و یا گرفتن تبصره و مجوزهای خاص به منظور رفع خلاءهای قانونی در راستای حفاظت و مدیریت پایدار دریاچه زریبار یکی از موارد مورد تاکید می‌باشد.

۱۶)پایش مستمر وضعیت دریاچه زریبار و حوضه بالادست آن: در چند دهه اخیرا مطالعات متعددی اما جسته و گریخته انجام شده است و به دلیل تفاوت در شرح خدمات، روش تحقیق، مقیاس زمانی و گام زمانی، تفاوت در مکان و تعداد نمونه‌ها و ... نمی‌توان روند زمانی و مکانی شرایط زیستی دریاچه زریبار را بررسی نمود. لذا پایش مستمر وضعیت دریاچه زریبار و حوضه بالادست آن بصورت یک پروژه مستمر ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

۱۷) با توجه به پرسش و پاسخ‌های انجام شده در کنفرانس مشهود بود ارتباط بیشتر بین بخشی و اطلاع‌رسانی ادارات ضعیف است و لازم است به منظور همکاری بهتر ذی‌نفعان،NGO ها و مردم محلی با ارگان‌های اجرایی، ارتباط بیشتر بین بخشی و اطلاع‌رسانی‌ها سریعا بهبود یابد.

۱۸)پیشنهاد می‌شود ادارات محیط زیست و منابع طبیعی جهت فرهنگ‌سازی، آموزش و تشویق به مشارکت جمعی بیشتر در حفاظت از تالاب زریبار، از تریبون‌های دولتی و غیردولتی قدرتمند استفاده نمایند.

۱۹)مقرر شد از تاریخ برگزاری این کارگروه، مطالعات و کلیات برنامه اجرایی هر فعالیت و پروژه اجرایی در حوضه دریاچه زریبار به تایید نمایندگان دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی استان کردستان، کلیه ارگان‌های دولتی مرتبط،NGO ها و همه ذی‌نفعان برسد سپس مجوز اجرا دریافت نماید.

۲۰)مقرر شد ساختار فعلی کارگروه استانی برنامه مدیریت جامع تالاب زریبار با اضافه شدن نماینده‌NGO ها و نماینده ذی‌نفعان و اصناف مختلف حوضه زریبار اصلاح شود.

۲۱)مقرر شد تمام افراد و ارگان‌های صاحب نفوذ از جمله استاندار، نماینده محترم شهرستان مریوان و سروآباد در مجلس شورای اسلامی، فرماندار مریوان و ... برای تامین بودجه پروژه‌های نیمه‌کاره بصورت مضاعف تلاش نمایند. در این راستا، سهم‌خواهی استان و شهرستان مریوان از بخشی از درآمدهای مرز باشماق توصیه می‌شود.

۲۲)مقرر شد در تمام پروژه‌های مرتبط با دریاچه زریبار، فاز مطالعاتی پروژه‌ها (یا حداقل نظارت فاز مطالعات) به دانشگاه‌های استان کردستان به ویژه گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار سپرده شود.

۲۳)مقرر شد با توجه به اهمیت استفاده از واژه‌های یکسان در اعتباربخشی و برندسازی، در تمام مکاتبات، نامه‌نگاری‌ها، اسناد رسمی، مقالات، کتب و انتشارات علمی از این پس از واژه‌های

دریاچه زریبار یا تالاب زریبار (با معادل انگلیسی Zrebar Lake و Zrebar Wetland) استفاده شود.

۲۴) مقرر شد تا زمانیکه گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار به پژوهشکده تبدیل شود و ردیف بودجه اختصاصی دریافت نماید بخشی از اعتبارات پژوهشی استان کردستان به گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار اختصاص یابد. همچنین اخذ مجوز کمیسیون ۲۳ برای تخصیص ردیف بودجه‌ای در قالب بودجه‌های سنواتی توسط نماینده محترم مردم شریف شهرستان‌های مریوان و سروآباد در مجلس شورای اسلامی پیشنهاد شد.

۲۵) مقرر شد دبیرخانه دائمی کنفرانس مطالعات محیطی دریاچه زریبار در دانشگاه کردستان تشکیل شود.

۲۶) مقرر شد نشست‌های گزارش عملکرد ادارات اجرایی در حوضه دریاچه زریبار و پرسش و پاسخ NGOها، فعالان محیط زیستی، فرهنگی و گردشگری بصورت سالانه در شهرستان مریوان برگزار شود.

۲۷) مقرر شد تا زمان برگزاری دومین کنفرانس ملی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، نشست‌های تخصصی در مورد مسائل مختلف دریاچه زریبار بصورت مستمر توسط گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار دانشگاه کردستان برگزار شود.

۲۸) مقرر شد مصوبات این کارگروه در اولین جلسه کارگروه استانی برنامه مدیریت جامع تالاب زریبار مد نظر قرار گیرد و تغییرات لازم در ترکیب اعضا، سیاست‌گذاری و راهبردهای کارگروه استانی انجام شود. همچنین برنامه‌ریزی مناسبی برای اجرای این مصوبات با تعیین وظایف مجریان و ناظران انجام شود.

۲۹) مقرر شد تمام فعالیت‌های آتی مدیریت و حفاظت از تالاب بین‌المللی زریبار و سیاست‌گذاری‌های مرتبط با دریاچه زریبار با توجه به این مصوبات و یا نتایج تحقیقات آتی انجام گردد. این مصوبات می‌تواند به عنوان نقشه راهی برای ارگان‌های دولتی، سازمان‌های مردم‌نهاد، مردم محلی و ذی‌نفعان مد نظر قرار گیرد.