

پهنه‌بندی کیفیت آب تالاب بامدژ (استان خوزستان) با رویکرد مکانی-زمانی کریجینگ

چکیده

تالاب‌ها از مهم‌ترین عرصه‌های محیط‌زیست‌اند که در حفظ و بهبود تنوع زیستی، بهبود کیفیت هوا و اقلیم‌های محلی نقش جدی ایفا می‌نمایند، اما با توسعه صنعتی شدن و گسترش شهرها در حاشیه طبیعت این دسته از مظاهر محیط‌زیست در تهدید نابودی قرار دارند. از این منظر، ارزیابی و پهنه‌بندی کیفی تالاب‌ها به‌منظور رسیدن به شناختی از مکانیسم طبیعی دارای اهمیت ویژه است. در این تحقیق، از یک رویکرد مکانی-زمانی کریجینگ برای بررسی الگوی کیفی حاکم بر تالاب بامدژ بر اساس شاخص کیفیت آبی ایالات‌متحده آمریکا، شاخص تجمعی کیفیت آبی مطابق با استاندارد کانادا و چند شاخص دیگر استفاده شد. تالاب بامدژ که یکی از تالاب‌های مهم واقع در شمال اهواز در استان خوزستان بوده و عمده‌ترین آورد آن از ودخانه شاور و پساب مزارع بالادست تأمین می‌شود. این تالاب در بالادست متأثر از بند تنظیمی شاور است که بده ورودی به تالاب را کنترل نموده و با توجه به خروجی در پایین‌دست، میزان مصارف به‌منظور کشاورزی و دامپروری را تعیین می‌نماید. این تحقیق در سال ۱۳۹۶، بر اساس نمونه‌برداری‌های ماهانه انجام‌شده در ۲۳ نقطه با بیش از ۲۰ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از تالاب در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. نتیجه این مطالعه به‌منظور درک بهتر رفتار کیفی تالاب هدف بر اساس شاخص‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفته و تطابق رویکردهای و شاخص‌های مختلف پهنه‌بندی کیفیت تالاب مورد سنجش قرار گرفته و نقشه‌های کیفیت تالاب با توجه به شاخص‌های مورد بررسی تهیه شد. نتایج نشان داد که شاخص NSF بین ۵۰ تا ۹۰ درصد در فروردین‌ماه می‌باشد در نتیجه بخش عمده تالاب دارای کیفیت متوسط تا خوب بود. همچنین، با توجه به مقدار شاخص NSF در خردادماه، کیفیت تالاب کاسته شده و در محدوده متوسط قرار گرفته است. حداکثر مقدار شاخص CCME نیز برابر با ۷۹ درصد و حداقل آن ۳۱/۴ درصد است در نتیجه وضعیت کیفی تالاب در محدوده نامناسب تا مناسب قرار دارد. در مجموع، با توجه به نقشه‌های کیفیت تهیه‌شده تالاب، می‌توان اذعان داشت که شاخص‌های کیفیت در شمال شرقی، غرب و در برخی مواقع در جنوب شرقی وضعیت بهتری قرار دارند.

واژگان کلیدی: تالاب بامدژ، زمین‌آمار، شاخص کیفیت آب، NSF، WQI، CCME.

مقدمه

با توجه به گستردگی عملکرد تالاب‌ها، این مظهر زیست طبیعی دارای تعاریف مختلفی است و در این راستا شاید نزدیک به ۵۰ تعریف به‌منظور تبیین آن در ادبیات فنی قابل‌شناسایی است. از جمله مهم‌ترین این تعاریف، تعریف کنوانسیون رامسر است که در کلاس تعاریف باز و گسترده جای گرفته و به دلیل سهولت اعمال و مزیت تشخیصی آن از مقبولیت فراگیری نیز برخوردار است. بر اساس این تعریف تالاب‌ها شامل "مناطق

محسن ناصری^۱

جواد منعم^۲

کاظم شاهوردی^{۳*}

محمود افسوس^۴

۱. استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران و مدیر طرح ملی تغییر آب‌وهوا، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران.

۲. استاد گروه مهندسی سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴. بخش مهندسی آب و محیط‌زیست، مهندسين مشاور سازه پردازی، تهران، ایران.

*مسئول مکاتبات:

k.shahverdi@basu.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۲۰۶۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.



مردابی، آبگیر، تورب‌زار (پیتزار) که به‌صورت طبیعی، مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن، جاری، شیرین، لب‌شور یا شور مشتمل بر آن دسته از آب‌های داخلی و دریایی است که عمق آب درکشد پائین از ۶ متر تجاوز نکند، است. بر مبنای این تعریف، تالاب‌های تحت پوشش کنوانسیون رامسر از نظر منشأ به ۵ دسته تقسیم می‌شوند که شامل مناطق دریاچه‌ای، رودخانه‌ای، مردابی، دریایی و مصبی هستند. تالاب‌ها از دیرباز در تأثیر و تأثر از فعالیت‌های انسانی قرار داشته‌اند و زندگی و شکل‌گیری جوامع انسانی را متأثر کرده‌اند. گاهی یک رودخانه، از میان چند منبع نقطه‌ای و یا گسترده آلاینده صنعتی و شهری گذر می‌کند که از منظر توان خود پالایی و الگوی کیفی حاکم بر آن دارای اهمیت ویژه‌ای خواهد بود. به همین علت برای تعیین وضعیت آب پیکره‌های آبی داخلی از گروهی از شاخص‌های تحت عنوان شاخص کیفیت آب استفاده می‌شود. این شاخص‌ها از مجموعه‌ای از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بهداشتی تشکیل شده که به‌تناسب نیازهای مختلف ساختار آن‌ها تعریف شده‌اند. خروجی ترکیبی این شاخص‌ها در نهایت در شاخص مربوطه تجمیع شده است. در جدول ۱، به برخی از شاخص‌های مهم کیفیت پیکره‌های آبی اشاره شده که در آن نحوه تجمیع پارامترهای فیزیکی تا رسیدن به شاخص کیفی نهایی ارائه شده است. همچنین تلاش‌های مختلفی برای ارزیابی کیفی پیکره‌های آبی تالاب‌ها صورت پذیرفته (Mladenović-Ranisavljević et al., 2018) که در ادامه به برخی از آن‌ها اختصار اشاره شده است.

شمسائی و همکاران (۱۳۸۴) با بهره‌گیری از شاخص‌های کیفیتی همچون شاخص کیفیت بریتیش کلمبیا (BCWQI British Columbia) و شاخص ملی کیفیت آب ایالات متحده (National Water Quality Index, NWQI) به پهنه‌بندی رودخانه کارون و دز پرداختند. نکته مهم استفاده از این شاخص بر اساس تغییرات بلندمدت در این دو رودخانه بود که دارای خصوصیتی کاملاً دینامیک بودند. فرض مبنایی در این مطالعه، وجود الگویی پایستار در شکل‌دهی هویت کیفی این دو رودخانه در مسیر خود بود.

جدول ۱: مشخصات فنی برخی از شاخص‌های مطرح (Abbasi, 2002).

ردیف	شاخص	تابع تجمع‌کننده	نحوه تجمیع
۱	Horton	تابع پلکانی	مجموع مضارب وزن‌دار
۲	Brown et al. (NSF WQI _a)	غیرخطی و ضمنی	مجموع وزن‌دار
۳	Landwehr (NSF WQI _m)	غیرخطی و ضمنی	مضروب وزن‌دار
۴	Parti et al.	غیرخطی و به‌صورت مجزا	مجموع وزن‌دار
۵	McDuffie and Haney	خطی	مجموع وزن‌دار
۶	Dinius	غیرخطی	مجموع وزن‌دار
۷	O'Connor's (FAWL, PWS)	غیرخطی و مستقیم	مجموع وزن‌دار
۸	Deininger and Landwehr (PWS)		مجموع وزن‌دار

با توجه به پیکره‌های آبی مختلف در رودخانه کارون، علل وقوع کیفیت‌های مختلف متنوع با ارائه شاخصی جدید، توسعه داده شد و در نهایت با شاخص‌های متنوعی کیفی در دنیا مورد مقایسه قرار گرفت. به‌منظور رسیدن به این شاخص، شش مؤلفه کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت نتایج گویای استفاده مطمئن و با دقت مناسب این روش در قبال رویکرد سنتی در طبقه‌بندی کیفی پیکره‌های آبی است (Babaei Semiromi et al., 2011).

سختابی و دوست‌شناس (۱۳۹۰) به بررسی کیفیت و طبقه‌بندی تالاب ساحلی حله بر اساس شاخص باسکارون تطبیقی (WQI_{BA}) (Bascaron Adapted Water Quality Index) پرداختند. برای این منظور از اطلاعات به‌دست‌آمده از هشت ایستگاه سنجش کیفیت در رودخانه و تالاب استفاده شد که در نهایت از ۱۴ فاکتور کیفی محیط همانند شوری، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، اسیدیته، فسفات، سولفات، کلرید، آمونیاک، کل مواد محلول، به‌صورت فصلی بهره‌گیری شد. در نهایت به‌منظور ارزیابی شاخص کیفیت نهایی رودخانه و تالاب

حله از شاخص WQI_{BA} بهره گرفته شد. بر اساس مطالعات، عمده دلایل آلودگی تالاب ورود آلودگی‌های کشاورزی و خانگی و ... در بدنه رودخانه است.

فتحی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی کیفیت آب تالاب چغاخور پرداختند. آن‌ها با سه دوره اطلاعات در ۱۰ ایستگاه به بررسی روند کیفیت آب در پهنه این تالاب با مساحتی بالغ بر ۱۵۰۰ هکتار اقدام نمودند. نویسندگان این مقاله شاخص ارزیابی زیستی خود را با استفاده از ترکیب عوامل زیستی همچون بی‌مهرگان کف زی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و رسوبات ورودی به تالاب توسعه دادند. نتایج گویای وجود دو کلاس آلودگی (از چهار کلاس پیش‌بینی شده در شاخص مزبور) در محدوده مطالعاتی تالاب چغاخور بود.

با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، شاخص کیفیت تالاب بامدژ با استفاده از شاخص کیفیت ایالات متحده (NSFWQI) بررسی و ارزیابی شد. آن‌ها با اطلاعات ثبت شده شش ماهه در ۲۹ ایستگاه در محدوده مطالعاتی تالاب به بررسی و ارزیابی کیفیت تالاب و پهنه تأثیر هر یک اقدام نمودند. گرگی زاده و همکاران به صورت مجموع وزن دار به استحصال شاخص کیفی بر اساس استاندارد NSFQI اقدام کردند (Gorgizade et al., 2014).

صمدی (۱۳۹۴) با به کارگیری روش‌های زمین‌آماري به منظور ارزیابی تغییرات کاربری اراضی به بررسی کیفیت آب تالاب چغاخور پرداخت. هدف از انجام این مطالعه بررسی الگوی اثرگذاری نحوه استفاده و بهره‌مندی از اراضی بر کیفیت آب این تالاب در مرور زمان بود که در نهایت از نتایج این تحقیق تدقیق سهم قابل ملاحظه بروز سیلاب و میزان بارش در مناطق منتهی به تالاب است.

در تحقیق (Mejia Ávila et al., 2019)، دینامیک مکانی-زمانی تالاب BSWC (Bajo Sinú Wetlands Complex) در شمال کالیفرنیا در سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۵ در دو فصل تر و خشک مدل‌سازی و تغییرات مشخصات مکانی-زمانی آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که در طول ۲۵ سال ظرفیت ذخیره تالاب ۵۶/۲ درصد و مساحت بدنه آب آن ۴۱ درصد کاهش یافته است و وضعیت آن در حال بدتر شدن است. چنین روندی در تحقیق (Pal and Saha, 2018) و (Angarita et al., 2018) در دوره‌های قبل‌تر نیز مشاهده شده است.

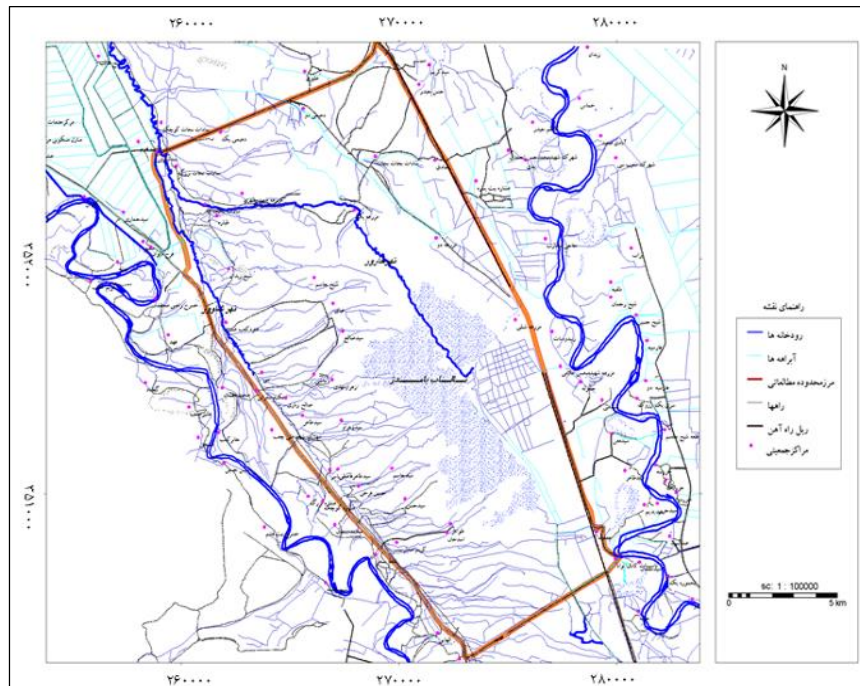
هدف از این تحقیق، پهنه‌بندی زمانی-مکانی کیفی تالاب بامدژ واقع در شمال شهر اهواز در استان خوزستان است. برای این منظور، نمونه‌برداری‌های ماهانه برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تالاب انجام شد. برای بررسی الگوی کیفی حاکم بر تالاب بامدژ، از شاخص کیفیت آبی ایالات متحده آمریکا (NSF)، شاخص تجمعی کیفیت آبی مطابق با استاندارد کانادا (CCME) و چند شاخص دیگر استفاده شد. مطالعه موردی بر روی تالاب بامدژ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این قسمت از مقاله به دو بخش مجزا تقسیم شده است. در ابتدا به توضیح محدوده مطالعاتی و معرفی اطلاعات برداشت شده اختصاص دارد. سپس در قسمت بعدی به ارائه رویکرد مورد استفاده در پهنه‌بندی کیفی تالاب پرداخته شده است.

تالاب بامدژ در محدوده جغرافیایی $33^{\circ} 48'$ و $39^{\circ} 48'$ طول شرقی و $41^{\circ} 31'$ و $31^{\circ} 47'$ عرض شمالی قرار دارد. این تالاب در محدوده استان خوزستان واقع بوده و شهر تاریخی شوش نزدیک‌ترین مرکز جمعیتی به آن است. از منظر هیدرولوژیکی نیز این تالاب در بخشی از بستر پایین دست رودخانه شاوور واقع شده است. سرچشمه این رودخانه در نزدیکی شمال دزفول و شهر اندیمشک واقع است و در مسیر حرکت خود در حفاصل رودخانه‌های کرخه و دز تا کانال توانا امتداد دارد. حوضه آبریز تالاب بامدژ از نظر تقسیم‌بندی حوضه‌های کلی کشور در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان واقع شده است. منطقه مطالعاتی این حوضه در محدوده جغرافیایی $48^{\circ} 10'$ و $48^{\circ} 40'$ طول شرقی و $38^{\circ} 31'$ و $32^{\circ} 3'$ عرض شمالی در شکل ۱، محدوده تالاب و منطقه مورد مطالعه ارائه شده و سطح حوضه آبریز تالاب بامدژ در محل کانال توانا

۹۷۶/۴ (انتهای تالاب) کیلومتر مربع تخمین زده می‌شود. در جدول ۲، به موقعیت ایستگاه‌های درون تالاب که در آن‌ها نمونه‌برداری شده، اشاره شده است. این مکان‌ها در بدنه تالاب بوده و البته در برخی از ماه‌های سال این نقاط خشک بوده و در برخی دیگر مرطوب و یا غرقاب است. برای این منظور به‌صورت کاملاً گسترده در بیست‌وسه نقطه از بدنه تالاب اطلاعات متناسب با اهداف این تحقیق برداشته شده است.



شکل ۱: موقعیت قرارگیری تالاب بامدژ در بالادست شهر اهواز.

جدول ۲: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تالاب بامدژ در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ (سال بررسی ۱۳۹۶).

شماره	موقعیت ایستگاه‌های پایش (UTM)	شماره	موقعیت ایستگاه‌های پایش (UTM)
۱	۲۶۸۸۳۲/۴۲, ۳۵۱۵۵۸۱/۸۵	۱۳	۲۷۳۹۰۲/۴۲, ۳۵۱۲۷۱۱/۵۳
۲	۲۷۰۲۸۰/۹۹, ۳۵۱۶۴۶۷/۰۹	۱۴	۲۷۳۳۱۲/۲۶, ۳۵۱۲۴۷۰/۱۰
۳	۲۷۱۲۱۹/۸۸, ۳۵۱۸۲۳۷/۵۷	۱۵	۲۷۲۶۶۸/۴۵, ۳۵۱۲۲۸۲/۳۲
۴	۲۷۲۵۰۷/۵۰, ۳۵۱۷۴۳۲/۸۰	۱۶	۲۷۳۳۶۵/۹۲, ۳۵۱۱۳۱۶/۶۱
۵	۲۷۱۳۰۰/۳۶, ۳۵۱۵۶۳۵/۵۰	۱۷	۲۷۲۵۳۴/۳۳, ۳۵۱۱۱۰۲/۰۱
۶	۲۷۰۳۰۷/۸۲, ۳۵۱۴۹۳۸/۰۴	۱۸	۲۷۴۸۹۴/۹۶, ۳۵۱۱۱۲۸/۸۳
۷	۲۷۳۸۷۵/۶۰, ۳۵۱۶۷۶۲/۱۷	۱۹	۲۷۳۸۷۵/۶۰, ۳۵۱۰۵۱۱/۸۵
۸	۲۷۱۹۹۹/۲۲, ۳۵۱۵۲۷۷/۳۲	۲۰	۲۷۲۷۲۲/۱۰, ۳۵۱۰۰۵۵/۸۱
۹	۲۷۱۰۳۲/۱۰, ۳۵۱۴۱۰۶/۴۵	۲۱	۲۷۶۰۲۱/۶۳, ۳۵۱۰۳۵۰/۸۹
۱۰	۲۷۱۷۵۶/۳۹, ۳۵۱۳۵۱۶/۲۹	۲۲	۲۷۵۷۵۳/۳۸, ۳۵۰۹۵۴۶/۱۳
۱۱	۲۷۳۲۰۴/۹۶, ۳۵۱۳۵۱۶/۲۹	۲۳	۲۷۴۵۷۳/۰۶, ۳۵۰۸۹۲۹/۱۵
۱۲	۲۷۰۸۷۲/۰۰, ۳۵۱۳۴۰۲/۰۰		

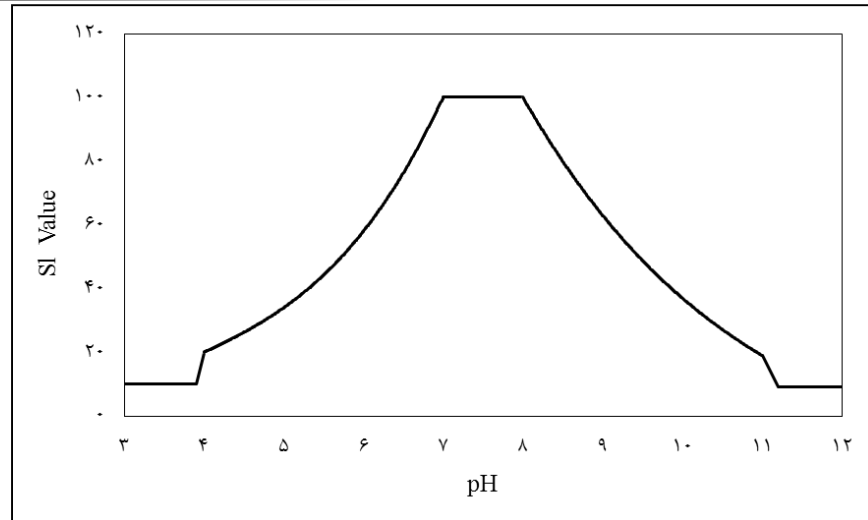
در ایستگاه‌های تعیین شده به منظور بررسی کیفیت منابع آب تالاب بامدژ برحسب نیاز مطالعات، نمونه‌برداری در ماه‌های مختلف سال انجام شد. شهریورماه به عنوان اولین نوبت نمونه‌برداری انتخاب شد که از ماه‌های کم‌آب تالاب برآورد می‌شود. در این راستا، به صورت عمومی یک الگوی غالب از منظر نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه مطرح است که با دوره نمونه‌برداری ماهانه (۱۲ مرتبه در سال) انجام می‌پذیرد. لازم به ذکر است که اخیراً استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی کیفیت تالاب‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی نیز ارائه داده است (Singh et al., 2020; Pal and Saha, 2018). در ارتباط با پارامترهای مورد نظر، لازم است پارامترهایی انتخاب شود که جامعیت لازم را ارائه نموده و پاسخگوی نیاز مطالعات باشند. این پارامترها شامل موارد ارائه شده در جدول ۳ است.

در میان اطلاعات برداشت شده، برخی از مؤلفه‌ها به نمایندگی از شش دسته مهم اطلاعات کیفی از جمله پارامترهای تغذیه گرای (فسفات، ارتوفسفات، فسفر کل و نیتروژن)، پارامترهای مرتبط با رژیم اکسیژن در تالاب (COD، BOD و DO)، سموم (سموم، فلزات سنگین و رادیو ایزوتوپ‌ها و ...)، پارامترهای فیزیکی (کدورت، جامدات کل، هدایت الکتریکی و دما ...)، پارامترهای میکروبی (کلی فرم‌های کل و مدفوعی، تخم انگل و ...) و پارامترهای شیمیایی (آنیون، کاتیون و ...) قابل تشخیص است که در پهنه‌بندی کیفی تالاب استفاده شد. این پارامترها با توجه به نوع شاخص مورد بررسی در ادامه مطالعات مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به منظور پایش و کنترل کیفیت آب در تالاب بامدژ و رسیدن به عرصه‌هایی جامع از منظر کیفی، از معیارهایی با عنوان شاخص کیفیت آب (Water Quality Index) استفاده شد. این شاخص‌ها معرف وضعیت کیفیت آب بر مبنای پارامترهای مختلف است.

جدول ۳: مشخصات کیفی نمونه‌برداری‌های انجام شده در تالاب بامدژ در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹

نوع نمونه‌برداری	توضیحات
پارامترهای فیزیکی	درجه حرارت، هدایت الکتریکی، اسیدیته (PH)، اکسیژن محلول (DO)، کدورت، TSS و TDS
پارامترهای شیمیایی	قلیائیت، سختی کل، فسفات (PO ₄)، نیترات (NO ₃)، نیتريت (NO ₂)، ازت کل، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD)، آمونیاک (NH ₃)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، آنیون‌ها (شامل: سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم) و کاتیون‌ها (شامل: کلراید، سولفات، کربنات، بیکربنات)
پارامترهای بیولوژیک	کل کلی فرم‌ها و فیکال کلی فرم‌ها (Total and Fecal Coliforms)، تخم انگل‌ها

در میان شاخص‌های مطرح کیفیت آب، شاخص NSFQWI (National Sanitation Foundation for Water Quality Index) با توجه به کثرت کاربرد به منظور ارزیابی کیفیت آب در انواع آب‌بندان‌ها دارای اهمیت است. این معیار ارزیابی کیفی، در سال ۱۹۷۰ با حمایت سازمان ملی بهداشت ایالات متحده آمریکا، توسط (Brown et al., 1970) به منظور توسعه یک شاخص ملی ارزیابی کیفیت آب ارائه شد و با وجود شاخص‌های مختلفی از این جنس، به عنوان شاخصی ملی برگزیده مورد استقبال قرار گرفت. اهمیت ملی و همچنین به کارگیری ساده و روان این شاخص و همچنین موقعیت ملی آن، جایگاه آن را در فضای کارشناسی کیفیت آب توسعه داد تا آنجا که به رغم زمان طولانی از توسعه این روش، همچنان کارایی و مورد توجه بودن خود را حفظ نموده است. در به کارگیری این شاخص ۹ دسته پارامتر گنجانده شده که پارامترهای اصلی همچون کدورت، DO، BOD، pH، کلی فرم مدفوعی، نیترات، نیتريت، دما و TSS از آن جمله است. ضمناً سموم نیز به عنوان شرط کنترلی با حدود قابل قبول به موازات اطلاعات فوق قابل بررسی است. این پارامترها با توجه به رأی فنی صاحب نظران در بازه‌ای بین صفر تا صد طبقه‌بندی گردیده است. شکل ۲ نحوه تغییرات اسیدیته (pH) را در بازه طبیعی آن نمایش می‌دهد. با استفاده از روش‌های مشابه تعیین حدود شاخص pH، سایر شاخص‌های کیفی نیز کمی شده است (Abbasi, 2002).



شکل ۲: نحوه تغییرات pH در شاخص کیفیت NSFQI.

به‌منظور تعیین شاخص نهایی، به هر یک از پارامترهای موردبررسی وزنی تخصیص داده‌شده و درنهایت با لحاظ اثرگذاری همگی آن‌ها، شاخص نهایی تعیین می‌شود. روابط ۱ و ۲ تعیین شاخص NSFQI را بر اساس دو رابطه عمومی جمع و ضرب ارائه می‌نماید،

$$NSFWQI_a = \sum_{i=1}^n Q_i I_i \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$NSFWQI_m = \prod_{i=1}^n Q_i I_i \quad \text{رابطه ۲:}$$

در رابطه‌های فوق n معرف تعداد کل متغیرهای کیفی، i مبین متغیر کیفی i ام، Q_i و I_i به ترتیب معرف مقدار و وزن تغییر کیفی i ام هستند. چنانچه در بررسی و تعیین شاخص پارامترهای موردبررسی، مقدار یکی از آن‌ها موجود نباشد، وزن پارامتر کیفی موردنظر به نسبت سایر شاخص‌ها به نسبت افزوده می‌شود. پس از تعیین مقدار کلی شاخص NSFQI بر اساس محدوده قرارگیری آن، کیفیت آن در نقطه مدنظر به شاخص‌های زبانی بسیار بد تا عالی تعبیر می‌شود (جدول ۴). در این روش، پارامترهای کیفی آب با حدود مطلوبیت مدنظر سنجیده شده و میزان تجاوز از آن تعیین می‌شود. این حدود که درواقع رهنمودهای توصیه‌شده به‌منظور حفظ قابلیت بهره‌برداری در هر منطقه و یا کشوری را در برمی‌گیرد، از مزایای استفاده از این روش است.

جدول ۴: تفسیر کیفی شاخص NSFQI.

مقدار شاخص کل	توصیف کیفی آب
۲۵-۰	بسیار بد
۵۰-۲۶	بد
۷۰-۵۱	متوسط
۹۰-۷۱	خوب
۱۰۰-۹۱	عالی

شاخص کیفی CCME (جدول ۵) نیز به عنوان یکی از شاخص های افزایشی، در سال ۱۹۹۵ توسط وزارت محیط زیست، پارک ها و اراضی کشور کانادا به منظور ارزیابی کیفیت آب ارائه شده است (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴). شاخص کیفی CCME این امکان را فراهم می کند تا بر اساس تمامی پارامترهای اندازه گیری شده موجود در هر استاندارد، طبقه بندی کیفیت آب صورت پذیرد. در این روش به منظور محاسبه شاخص نهایی کیفی از رابطه ۳ استفاده می شود:

$$\text{رابطه ۳: } \text{CCME} = 100 - \frac{\sqrt{\left(F_1^2 + F_2^2 + \left(\frac{F_3}{3}\right)^2\right)}}{1.732}$$

در رابطه فوق F_1 معرف درصد پارامترهایی است که از حد استاندارد تجاوز نموده، F_2 معرف تعداد دفعاتی و یا تواتری است که در مجموع از مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای مورد نظر از حد معین تجاوز نموده و به صورت درصدی از کل دفعات اندازه گیری شده بیان می شود و در نهایت F_3 بیشینه تخطی از حد معین و یا شدت (حد مشخص شده توسط استاندارد) این تخطی از حدود استاندارد است. درصد تخطی این شاخص کیفی در رابطه ۴ و ۵ ارائه شده است:

رابطه ۴: $F_1 =$ تعداد کل پارامترهای کیفی / ۱۰۰ × (تعداد پارامترهای کیفی خارج از حدود مجاز)

رابطه ۵: $F_2 =$ تعداد کل آزمون ها / ۱۰۰ × (تعداد آزمون ها با نتایج خارج از حدود مجاز)

باید توجه داشت که هرگاه مقدار مجاز به صورت کمینه و یا بیشینه باشد، نوع تابع معرف خطا متفاوت خواهد بود. در رابطه ۶ دودسته کلی رابطه به منظور تعیین درصد تخطی ارائه شده است،

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۶: } Ex_i &= (\text{failed test value} / \text{Objective}_i) - 1 && \text{حد مجاز مقدار بیشینه باشد,} \\ Ex_i &= (\text{Objective}_i / \text{failed test value}_i) - 1 && \text{حد مجاز مقدار کمینه باشد,} \end{aligned}$$

مقدار شاخص خطای کل (nse) برای کلیه مقادیر خارج از حدود مجاز به صورت میانگین مجموع Ex_i محاسبه خواهد شد. شاخص F_3 به صورت تابعی از مقدار شاخص خطای کل به صورت رابطه ۷ معرفی می شود:

$$\text{رابطه ۷: } F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

مقدار شاخص F_3 معرفی شده، در محدوده ۰ تا ۱۰۰ قرار دارد. در جدول ۵ تفسیر کیفی این شاخص متناسب با مقادیر مختلف آن ارائه شده است حدود این شاخص معرفی گردیده است.

جدول ۵: تفسیر کیفی شاخص CCME.

مقدار شاخص	توصیف کیفی آب
۹۵-۱۰۰	عالی
۸۰-۹۴	خوب
۶۵-۷۹	مناسب
۴۵-۶۴	آستانه (مناسب و نامناسب)
۰-۴۴	نامناسب

با توجه به مبانی تعیین شاخص کیفیت CCME، در خصوص برخی از پارامترهای کیفی که مقدار مجاز آن‌ها دارای حد پایین و بالاست است، در هر بازه از حدود و روش مربوطه آن می‌توان بهره گرفت. یکی از شاخص‌های با دو حد بالا و پائین شاخص اسیدیته (pH) است که معمولاً دارای آستانه پایین و بالا است. برای محاسبه شاخص نهایی کیفیت از جمع وزن‌دار شاخص پارامترهای کیفی مورد استفاده و برای این منظور در محیط MATLAB کد نویسی انجام گرفت.

پهنه‌بندی و شبیه‌سازی زمین‌آماری کیفیت تالاب بامدژ با رویکرد پهنه‌بندی آن در ۳ گام اصلی انجام شد. این سه گام عبارت‌اند از تعیین پهنه کمی و آگیری تالاب به صورت ماهانه و بررسی این پهنه و ارزیابی محدوده فوق با معیارهای ملی کیفیت آب در ایران است. در گام اول پهنه کمی تالاب در هر ماه انجام شد. این پهنه معرف حدودی از تالاب است که در فصول مختلف آگیری است. به منظور تعیین پهنه‌های ماهانه، نقاطی که دارای آب بوده و تالاب در آنجا گستردگی دارد، با مقدار شاخص یک و معرف صد در صد احتمال بروز آب‌گرفتگی و نقاط خشک با مقدار صفر (نبود پهنه آگیری تالاب) به مدل کریجینگ وارد شده است. به عبارت دیگر، مقادیر ارائه شده توسط این شاخص مبین احتمال (یا متغیری نزدیک به شاخص معرف احتمال آگیری) و معرف وقوع وضعیتی خاص بین آگیری کامل (۱ یا ۱۰۰ درصد) و یا خشکی کامل (۰) در نقطه مورد نظر است. در عرف مدل‌سازی مکانی-آماري به این روش کریجینگ بر مبنای شاخص (Indicator Kriging) اطلاق می‌شود که از روش مدل‌سازی کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) در آن استفاده می‌شود. طبقاً این پهنه، با فصول کشت و ماه‌های گرم و خشک و یا مرطوب و پرآب بستگی آماری داشته و علاوه بر آن با میزان رهاسازی آب در تالاب از سازه کنترلی شاور مرتبط است. به منظور تعیین فراگیری پهنه آبی تالاب، در هر ماه بر اساس وجود آب در نقطه مدنظر، انجام پذیرفته است.

در گام بعد، حدودی از گستره تالاب با شاخص معرف احتمال آگیری نقاط مختلف در هر ماه ارائه می‌شود. در بخش مرتبط با تعیین پهنه آگیری تالاب، علاوه بر تعیین شاخص احتمال آگیری در هر ماه و در محدوده تالاب، حدودی از تالاب که در آن می‌توان اعتماد نسبی (بر اساس نظر کارشناسی) به وقوع آگیری تالاب را نیز داشت، ارائه خواهد شد. این پهنه آگیری در سایر مدل‌سازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این احتمال به منظور تعیین حدود خشکی و محدوده آبدار تالاب در ماه‌های مختلف و تأثیر و تأثرات آن بر فرآیند کیفی حاکم بر تالاب، لازم است که به تعیین آن اقدام شده است. در گام بعد، تعیین مقدار شاخص کیفی ماهانه در منطقه مدنظر است. برای رسیدن به این منظور، از یک ساختار مکانی-زمانی (ماهانه) آماری استفاده شده که در آن تغییرات شاخص کیفی مورد نظر را در گستره تالاب تعیین خواهد کرد. این شاخص با توجه به گستره آگیری تالاب و یا احتمال آگیری در ماه‌های مختلف در روی پهنه تالاب محاسبه می‌شود. به منظور تخمین شاخص کیفی ماهانه، از دستورالعمل بنیاد ملی علوم امریکا (NSF= National Science Foundation) استفاده شد. از برهم نهی این دو پهنه، حدود کیفی مبتنی بر محدوده آگیری تالاب در هر ماه معین خواهد شد. در گام آخر نیز از شاخص کیفی کانادا (CCME) به منظور تعیین حدود کیفی تالاب در پهنه‌ی نهایی آگیری تالاب ارائه خواهد شد. مدل‌سازی موجود بر اساس رویکرد ساده مدل‌سازی زمانی-مکانی فرآیندهای طبیعی که توسط (Nasseri and Zahraie, 2011) ارائه شده انجام پذیرفته است. در این روش با فرض جدایی ناپذیری متغیرهای تغییر نما در محدوده زمان و مکان مطالعات صورت پذیرفته است. به منظور کسب اطلاع دقیق از این روش رجوع به مقاله مربوطه پیشنهاد می‌شود.

در میان اطلاعات موجود که به منظور ارزیابی با این روش مورد استفاده واقع شده، تنها شاخص فسفر از منظر نوع اطلاعات برداشتی با نوع اطلاعات مبنا مغایرت دارد. با توجه به عدم برداشت تمامی مشتقات مورد نیاز به منظور ارائه فسفر در فرآیند نمونه‌برداری، شاخص ارتوفسفات که کسری از مقدار فسفر کل است، در شاخص NSF مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به یادآوری است که با توجه به وزن ۱۰ درصد فسفر کل در شاخص NSF این جایگزینی، احتمالاً تأثیر بسزایی در تغییر نتایج نداشته و در حدود دقت پهنه‌بندی تأثیر قابل توجهی نداشته است. در جدول ۶ مشخصات به‌روز شده فاکتورهای کیفی بر اساس اطلاعات در دسترس ارائه شده‌اند. روش تعیین شاخص NSF با توجه به مستندات موجود، یکی از پرکاربردترین شاخص‌های تعیین کیفیت آب‌های سطحی است که در قالب زمان و مکان قابلیت تحلیل و ارزیابی دارد.

جدول ۶: اوزان فاکتورهای مورد استفاده در روش NSFQI.

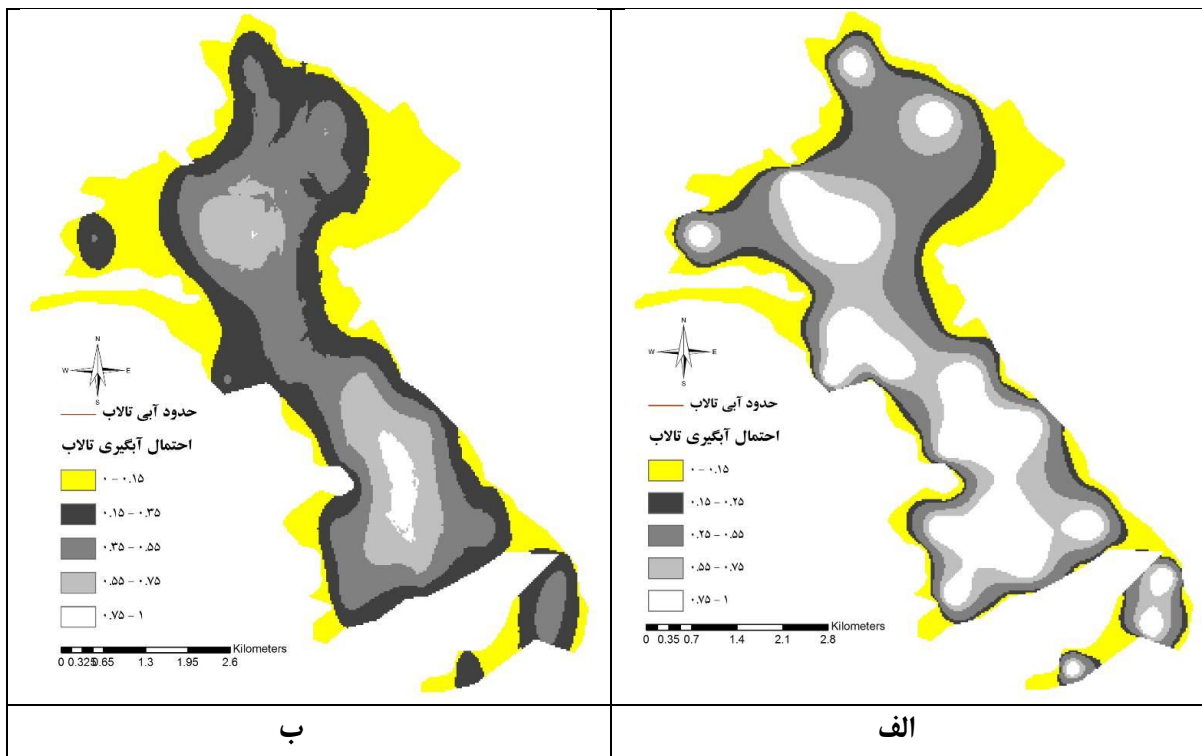
ردیف	متغیر کیفی	وزن فاکتور کیفی	
		حالت ناقص	حالت کامل
۱	اکسیژن محلول	۰/۱۹	۰/۱۷
۲	کلی فرم مدفوعی	۰/۱۷	۰/۱۶
۳	اسیدیته	۰/۱۲	۰/۱۱
۴	نیاز اکسیژن زیستی	۰/۱۱	۰/۱۱
۵	نیترات	۰/۱۱	۰/۱
۶	فسفر کل	۰/۱۱	۰/۱
۷	دما	۰/۱۱	۰/۱
۸	کدورت	-	۰/۰۸
۹	ذرات جامد غیر محلول	۰/۰۸	۰/۰۷

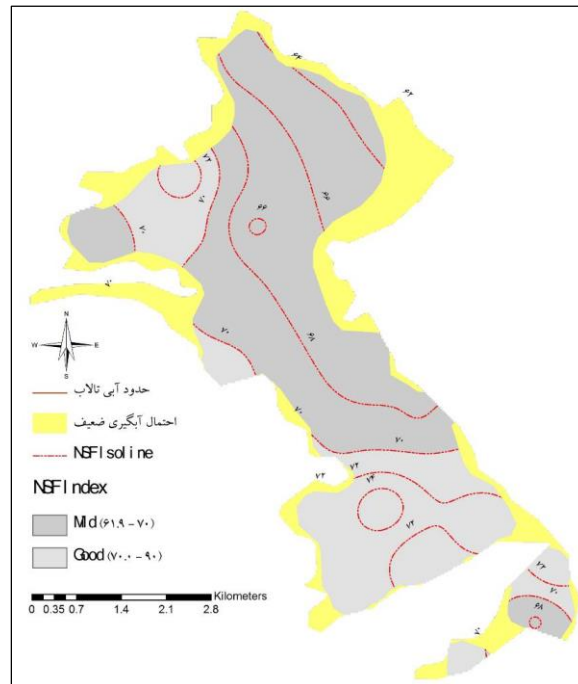
با توجه به تعدد اندازه‌گیری‌های صورت پذیرفته (۲۷ متغیر میکروبی، فیزیکی و شیمیایی) و به منظور ارائه الگوی دیگری از پهنه‌بندی شاخص کیفی دیگری متعلق به استاندارد کشور کانادا استفاده شده است. این شاخص برخلاف شاخص NSF که به پهنه‌بندی اطلاعات بر اساس خواص نقاط و ارزیابی مستقیم می‌پردازد، بر اساس نحوه تغییرات یک شاخص و تخطی آن از حدود استانداردهای کیفی پهنه حدود خویش را ارائه می‌نماید و به عبارت دیگر مبین حدود تخطی و انحراف کیفیت از چهارچوب استاندارد حاکم کیفی است. این روش دارای مزایا و معایبی است که به تفکیک مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از جدی‌ترین مزایای استفاده از این شاخص امکان به کارگیری استانداردهای ملی هر کشور و در هر دسته (استاندارد آب شرب، استاندارد استفاده گیاهی و جانوری و استفاده دومنظوره) است. این امکان با توجه به روح روش، به تناسب استانداردهای حاکم بر کشورهای مختلف امکان پهنه‌بندی بومی را فراهم می‌کند و درواقع امکانی است که در هر کشوری از این روش به منظور ارزیابی استاندارد آن کشور استفاده گردد. امکان به کارگیری شاخص بومی از جدی‌ترین نکات مثبت این روش است. همچنین مزیت دیگر این روش امکان به کارگیری هر تعداد متغیر کیفی در ارزیابی است و از این منظر بر تعداد و یا نوع خاصی از متغیرهای کیفی تأکید نداشته و دارای عمومیت است. در ادامه به بررسی نتایج به دست آمده بر اساس دو رویکرد روش تعیین شاخص کیفیت ملی ایالات متحده و کانادا پرداخته خواهد شد.

نتایج

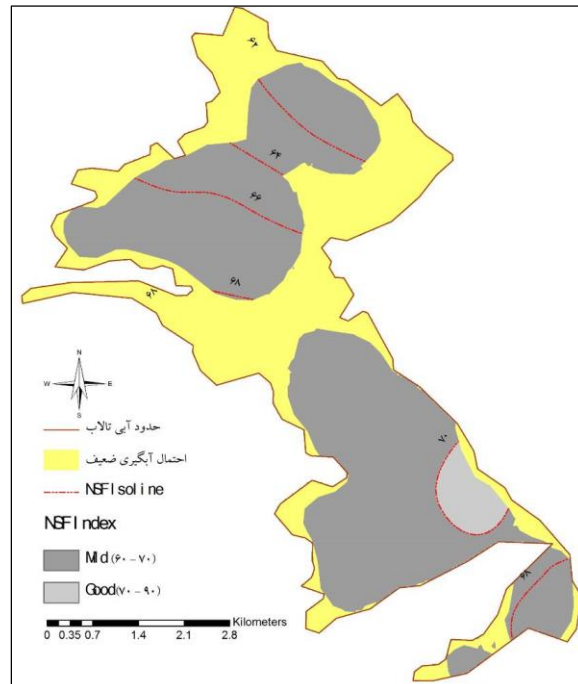
با توجه به تعداد زیاد شکل‌های حاصل از پهنه‌بندی تالاب، از ارائه تمامی آن‌ها در این مقاله اجتناب شده است، اما در ارائه نتایج و بحث، اثرات آن‌ها نیز بیان شده است. شکل ۳ شاخص آبیگری تالاب در دو ماه نمونه فروردین و خرداد را در تالاب بامدژ نشان می‌دهد. با توجه به پهنه‌های به دست آمده و با عنایت به دوره‌های پرآبی منطقه شامل ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت، ماه‌هایی با گستردگی پهنه تالاب همراه می‌باشند؛ اما این گستردگی در ماه‌های خرداد و تیر کاسته شده و به کمترین حد مورد نظر می‌رسد. این کاهش گسترده با توجه میزان تبخیر در منطقه در انتهای بهار و تابستان عادی و طبیعی به نظر می‌رسد. با اینکه تغییرات در گستردگی تالاب بامدژ در ماه‌های مختلف اتفاق افتاده است اما در تالاب هاریک در هند تغییرات در گستره تالاب در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ همراه با افزایش سطح تالاب و در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ همراه با کاهش سطح تالاب بوده است (Singh et al., 2020). نتیجه مشابهی در تحقیق (Zeng et al., 2012) در پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی تالابی در وولی یانگ سوهای در چین به دست آمده است به طوری که در تحقیق مذکور، گستره تالاب در ماهی و ژوئن (۱۲ اردیبهشت تا ۱۰ تیر) کاهش یافته و در نتیجه منجر به کاهش سطح آب تالاب نیز شده است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود مناطق مرکزی تالاب عمدتاً دارای احتمال آبیگری ۰/۷۵ تا ۱ در فروردین‌ماه است (که بارنگ سفید در شکل قابل مشاهده است) درحالی‌که مناطق مذکور در خردادماه عمدتاً تبدیل به مناطق با احتمال آبیگری ۰/۵۵ تا ۰/۷۵ شده است. شاخص NSF که در شکل‌های ۴ و ۵ برای ماه‌های فروردین و خرداد ارائه شده است، نتایج فوق را تأیید می‌کند. در شکل ۴ نواحی بارنگ طوسی روشن با احتمال ۹۰-۷۱ دارای شاخص کیفی خوب و نواحی بارنگ طوسی تیره با احتمال ۷۰-۵۱ دارای شاخص کیفی متوسط است. باین‌حال در خردادماه (شکل ۵) ناحیه شاخص کیفی خوب بسیار کمتر شده و مساحت نواحی با احتمال آبیگری کم، زیاد شده است. آن‌گونه که از نتایج پیداست، در ماه‌های اسفند و فروردین بخش قابل‌ملاحظه‌ای از پهنه تالاب در کیفیت مناسب و یا متوسط واقع است. در اردیبهشت‌ماه آب تالاب در اکثریت قریب به اتفاق پهنه تالاب در شرایط کیفی مناسب است اما در سایر اوقات (به‌جز خرداد، تیر و دی) این شاخص پهنه متوسط را برای تالاب بیان می‌دارد. نتایج تحقیق حاضر با تحقیق (Gorgizade et al., 2014) که در آن کیفیت متوسط برای تالاب بامدژ برای تمامی ماه‌ها به‌جز ماه ژوئن (۱۲ خرداد تا ۱۰ تیر) گزارش شده است، همخوانی دارد. احتمالاً یکی از دلایل مشاهده چنین تغییرات کیفی مربوط به گرمای هوا و عدم وجود گیاهان در زمین است؛ زیرا برخی گیاهان می‌توانند در بهبود کیفیت آب نقش مهمی داشته باشند (Xing et al., 2020). در شکل ۵، پهنه کیفی بر لایه آبیگر بیش از ۱۵ درصد در چهار ماه فروردین، اردیبهشت، خرداد و بهمن‌ماه ارائه شده است. یکی از موارد قابل‌ذکر در این پهنه‌بندی، مناطق زردرنگ با حدود شاخص آبیگری ۰/۱۵ و کمتر است. این مرز به‌منظور تشخیص واقعی حدود آبیگری طبیعی در تالاب در ماه‌های مختلف بکار گرفته شده که تعبیر فیزیکی آن احتمال و یا شاخص آبیگری کمتر از ۱۵ درصد مواقع در هرماه است. با توجه به تعداد ایستگاه‌های سنجش و همچنین عدم تکرار و توالی در سال‌های متعدد، از منظر کارشناسی این شاخص حد واقعی و کاربردی مناسبی را به‌عنوان پهنه آبیگری تالاب بیان می‌دارد. این حد زردرنگ صرفاً جهت درک بیشتر پویایی مکانی تغییرات پهنه آبیگر تالاب و به‌عنوان شاخص مؤثر آبیگری انتخاب شده است.





شکل ۴: پهنه و احتمال وقوع آبیگری تالاب بامدژ در فروردین ماه ۱۳۸۹.



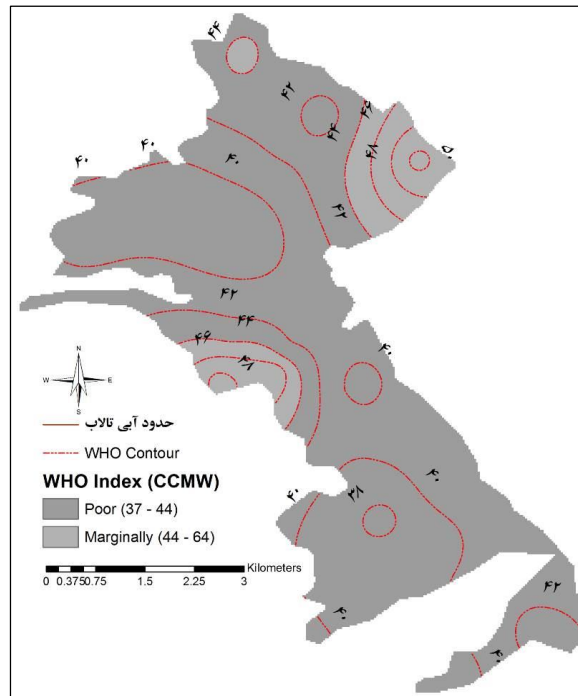
شکل ۵: پهنه و احتمال وقوع آبیگری تالاب بامدژ در خردادماه ۱۳۸۹.

معیار دوم مورد استفاده در این تحقیق، معیار ارائه شده به منظور ارزیابی تغییرات کیفی توسط وزارت محیط زیست کشور کانادا است. این شاخص خود معرف هیچ نوع معیار کیفی خاصی نیست، بلکه صرفاً رویکردی است که می‌توان به وسیله آن معیارها و شاخص‌های مختلفی را در طول زمان (یا حتی نمونه‌برداری‌های متعدد در بازه‌ای معین) با یکدیگر تلفیق نمود و به یک شاخص کیفی نهایی و کلی رسید. آنچه در این معیار دارای اهمیت است، تنوع و فرکانس تخطی از محدوده قابل قبول هر یک از اجزاء کیفی آب است. در جدول ۷، حدود بحرانی (با توجه به اینکه آب تالاب بامدژ عمدتاً صرف کشاورزی و در برخی مواقع به منظور پرورش ماهی و دام‌پروری استفاده می‌شود، حدود بیشینه پارامترهای مذکور ارائه شده است) برخی پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده که در شاخص‌های مختلف بین‌المللی استفاده شده، ارائه شده است.

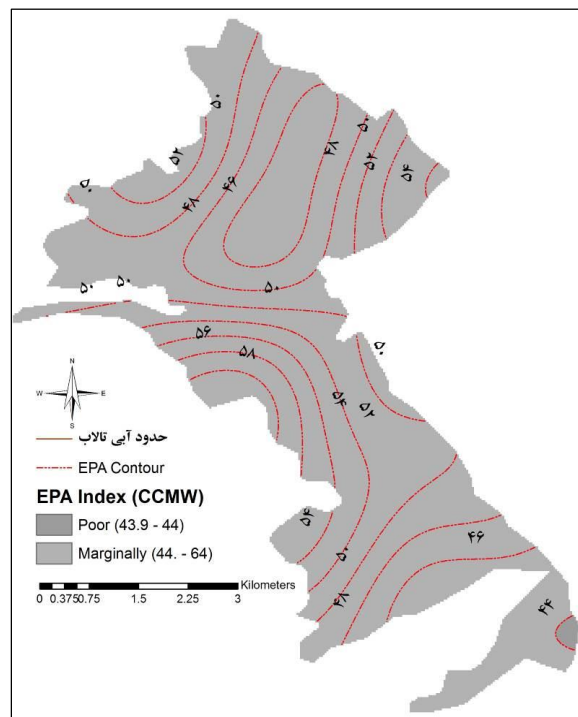
در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ به ترتیب نتایج پهنه‌بندی کیفی سالانه تالاب بامدژ با استفاده از روش CCME و شاخص‌های WHO، EPA، IRNDOE و FAO ارائه شده است. با توجه به شاخص WHO، پهنه کیفی تالاب عمدتاً ضعیف بوده و دارای شاخص ۳۷-۴۴ درصد است. فقط در بخش کوچکی از غرب و شمال غرب تالاب، کیفیت در وضعیت آستانه‌ای (مرز بین مناسب و نامناسب) با مقدار شاخص ۴۴-۶۴ درصد قرار دارد؛ بنابراین وضعیت کیفی تالاب از نظر بهداشتی، غیرقابل قبول است. این موضوع در مورد شاخص EPA نیز صادق است و پهنه کیفی عمدتاً ضعیف و با مقدار شاخص ۴۴-۴۳/۹ است. از نظر شاخص IRNDOE، در مناطق غرب و شمال شرق کیفیت مناسب نشان داده است و در بقیه مناطق، شاخص نهایی کیفیت در وضعیت آستانه‌ای قرار دارد. نتیجه مشابهی برای شاخص FAO حاصل شده است.

جدول ۷: حدود بحرانی برخی پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در معیارهای شاخص بین‌المللی (حاج رسولی‌ها، ۱۳۸۲).

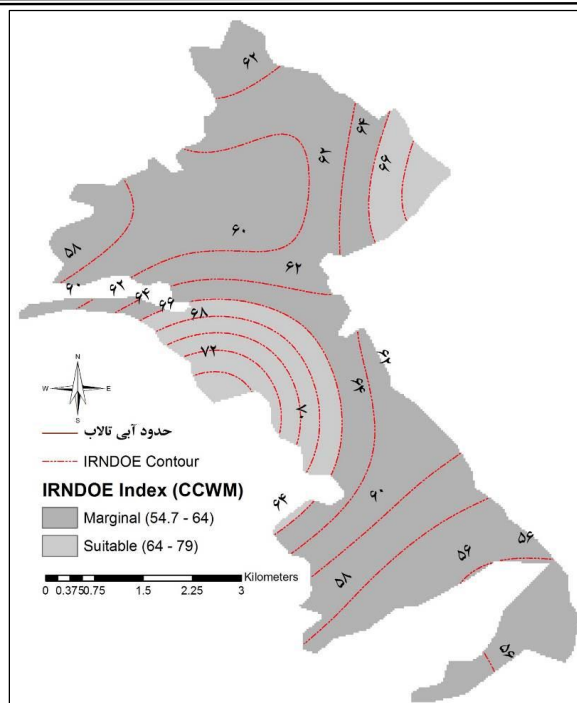
پارامتر کیفی	شاخص کیفی	سدیم	منیزیم	کلسیم	کل جامدات محلول	املاح محلول	کدورت	بی‌اچ	هدایت الکتریکی	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی	اکسیژن محلول	نیتريت	نترات	توتال کلیرم	فیکال کلی فرم	تخم انگل	تعداد پارامتر کیفی
WHO	۶۹					۴۵۰		۸/۶-۵	۰/۷					۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱	۸
EPA	۶۹			۲۰۰	۵		۲	۶-۵ ۸/۴	۰/۷	۱۲۰	۳۰		۳۰		۲۰۰		۱	۱۱
IRNDOE		۱۰۰			۱۰۰		۵۰	۸/۶-۵		۲۰۰	۱۰۰	۲			۱۰۰۰	۴۰۰	۱	۱۰
FAO						۴۵۰		۶-۵ ۸/۵	۰/۷					۵	۱۰۰۰		۱	۶



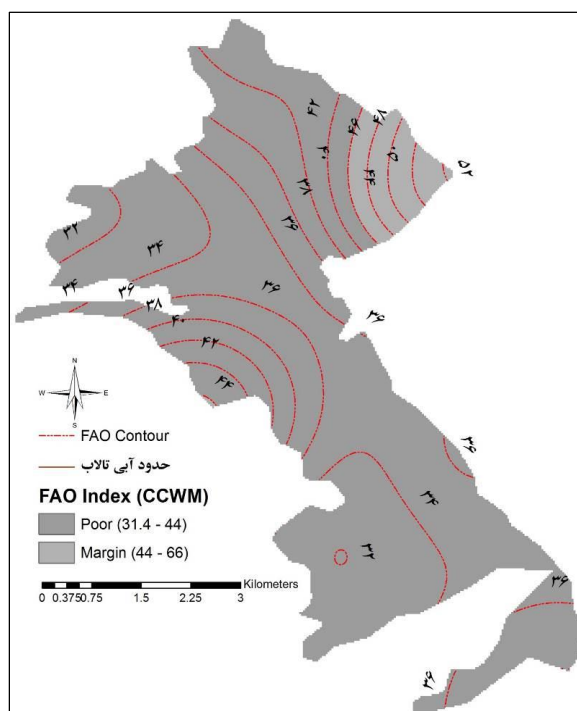
شکل ۶: پهنه کیفی سالانه تالاب بامدژ با استفاده از روش CCME و شاخص WHO.



شکل ۷: پهنه کیفی سالانه تالاب بامدژ با استفاده از روش CCME و شاخص EPA.



شکل ۸: پهنه کیفی سالانه تالاب بامدژ با استفاده از روش CCME و شاخص IRNDOE.



شکل ۹: پهنه کیفی سالانه تالاب بامدژ با استفاده از روش CCME و شاخص FAO.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پهنه‌بندی زمانی-مکانی کیفی تالاب بامدژ واقع در شمال اهواز در استان خوزستان انجام شد. برای این منظور، ۲۰ خصوصیت فیزیکی و شیمیایی تالاب در ۲۳ ایستگاه نمونه‌برداری ماهانه شده است. برای بررسی الگوی کیفی حاکم بر تالاب بامدژ، با استفاده از معیارهای کیفیت آب در داخل (IRNDOE) و خارج از کشور (EPA, WHO و FAO) که به‌منظور ارزیابی آب برای کشاورزی و آبیاری و همچنین پرورش ماهی توسعه پیدا کرده‌اند، جهت ارزیابی نحوه پهنه‌بندی کیفی و از شاخص‌های کیفیت آبی ایالات‌متحده آمریکا (NSF)، تجمعی کیفیت آبی مطابق با استاندارد کانادا (CCME) و ... استفاده شد.

نتایج نشان داد که مقدار شاخص NSF بین ۵۰ تا ۹۰ درصد در فروردین‌ماه است در نتیجه بخش عمده تالاب دارای کیفیت متوسط تا خوب بود. همچنین، با توجه به مقدار شاخص NSF در خردادماه، کیفیت تالاب کاسته شده و در محدوده متوسط قرار گرفته است. حداکثر مقدار شاخص CCME نیز برابر با ۷۹ درصد و حداقل آن ۳۱/۴ درصد است در نتیجه وضعیت کیفی تالاب در محدوده نامناسب تا مناسب قرار دارد.

آنچه از پهنه‌بندی فوق قابل استنتاج است، معرف سه پهنه کلی کمی در تالاب و توسعه سایر مناطق تالاب در پیرامون آن نقاط است. این مناطق دارای پراکندگی در حدود شمال غربی، مرکز و گوشه‌ای از جنوب شرقی تالاب بامدژ است که استخوان‌بندی کیفیت آب این پیکره آبی را تشکیل می‌دهند. این گستره‌های اصلی تالاب با توجه به نقشه‌های آگیری اشاره‌شده در ماه‌های مختلف و وجود مناطقی با احتمال آگیری نسبتاً بالا قابل تشخیص است. آن گونه که از نتایج پیداست، در ماه‌های اسفند، فروردین بخش قابل‌ملاحظه‌ای از پهنه تالاب در کیفیت مناسب و یا متوسط واقع است. نتیجه مشابهی در تحقیق (Gorgizade et al., 2014) به‌دست‌آمده است که در آن شاخص NSFQI بین ۶۲ تا ۶۹ گزارش شده است. این محدوده نشانگر کیفیت متوسط برای تالاب بامدژ است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در اردیبهشت‌ماه کیفیت مناسب آب تالاب در اکثریت قریب به‌اتفاق پهنه تالاب گسترش می‌یابد، اما در سایر اوقات (به‌جز خرداد، تیر و دی) این شاخص پهنه متوسط را برای تالاب بیان می‌دارد.

از موارد قابل توجه و اثرگذار در تغییرات کیفیت آب تالاب، رهاسازی پساب کشاورزی و تغییرات رهاسازی آب از بند شاور است. به این مفهوم با شروع فصول تر تالاب و افزایش میزان ورودی انتظار می‌رود تغییرات کیفی سمت مناسبی را در پیش گرفته و وضعیت بهتری را رقم بزند و این در حالی است که اندازه‌گیری‌های موجود چنین فرآیندی را نشان نمی‌دهد. دلیل مشاهده چنین امری، احتمالاً افزایش تأثیر پساب‌های کشاورزی ورودی به تالاب، در نتیجه کاهش رهاسازی آب از بند شاور باشد؛ زیرا کیفیت آب‌های سطحی که به تالاب وارد می‌شوند، بر روی کیفیت آب در تالاب تأثیر می‌گذارند. نتایج تحقیق (Mirzaei et al., 2016) نشانگر صحت این ادعا است. در تحقیق فوق‌الذکر اثر کیفیت آب‌های سطحی بر روی منابع پائین‌دست موردبررسی قرار گرفته است و نتایج آن بیانگر کاهش کیفیت آب رودخانه در طول مسیر و تأثیر منفی آن بر منابع آبی پائین‌دست می‌باشد. در تحقیق (Singh et al., 2020)، کاهش کیفیت آب تالاب هایریک در هند، در اثر منابع آب ورودی به آن از جمله کاهش آب‌های زیرزمینی، مشاهده شده است.

درمجموع با توجه به نقشه‌های کیفیت تهیه‌شده تالاب، می‌توان اذعان داشت که شاخص‌های کیفیت در شمال شرقی، غرب و در برخی مواقع در جنوب شرقی معرف وضعیت بهتری قرار دارند. بعلاوه در برخی از ماه‌ها، با توجه به تغییرات مصنوعی در رژیم آبی تالاب الگوی حاکم بر کیفیت آن دچار تغییرات ملموسی شده است. به‌عنوان مثال، نحوه آگیری تالاب در اردیبهشت، خرداد و تیرماه معرف تغییراتی قابل توجه شاخص کیفیت NSF در دامنه زمان نسبت به مکان است. الگوی کشت، رهاسازی متنوع و بر اساس نیاز کشت و نه هماهنگ با تغییرات اقلیمی وضعیتی این چنین را در شاخص کیفی به همراه داشته است. تأثیر نوع گیاه کشت‌شده و سطح کشت آن (الگوی کشت) بر روی کیفیت آب تالاب‌ها در تحقیق (Xing et al., 2020) نیز گزارش شده است.

پهنه‌های فوق لزوم توجه بیشتر به کاربری‌های ملازم با مناطقی با کیفیت نامناسب را در اطراف تالاب خاطر نشان می‌سازد. در مجموع، با توجه به نقشه‌های کیفیت تهیه شده تالاب، می‌توان اذعان داشت که شاخص‌های کیفیت در شمال شرقی، غرب و در برخی مواقع در جنوب شرقی وضعیت بهتری قرار دارند.

سپاسگزاری

در انتها از شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان که تأمین کننده مالی مطالعات تعیین حد بستر و حریم تالاب بامدژ را بر عهده داشته و مقاله حاضر بخشی از اقدامات انجام شده در قالب این پروژه پس از تصویب است قدردانی می‌شود. ضمناً از مهندسین مشاور سازه پردازی ایران که اطلاعات مربوطه را در اختیار محققین این مقاله قرار داده، تشکر می‌شود.

منابع

- حاج رسولی‌ها، ش.، ۱۳۸۲. کیفیت آب برای کشاورزی. مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۲۶۴ ص.
- صمدی، ج.، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر مکانی - زمانی کاربری اراضی بر کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص IRWQI و روش‌های آماری. مجله مدیریت منابع آب ایران، سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۱۷۱-۱۵۹.
- سختای، ن. و دوست‌شناس، ب.، ۱۳۹۰. طبقه‌بندی کیفیت آب تالاب حله با استفاده از نظام شاخص کیفیت آب Bascarón Adapted Water Quality Index (WQIBA). مجله تالاب (دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)، سال ۲، صفحات ۵۱-۴۵.
- شمسایی، ا.، اورعی زارع، ص. و سارنگ، ا.، ۱۳۸۴. بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون و دز. مجله آب و فاضلاب، سال ۱۶، شماره ۳، صفحات ۴۸-۳۹.
- فتحی، پ.، ابراهیمی، ع.، میرغفاری، ن. و اسماعیلی، ع. ر.، ۱۳۹۲. ارزیابی کیفی آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص‌های ASPT و BMWP. نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران)، سال ۶۶، شماره ۱، صفحات ۹۳-۸۱.
- Abbasi, S. A., 2002. Water quality indices, state of the art, centre for pollution control and energy technology. [www.nih.ernet.in/general/Water Quality Indices.doc](http://www.nih.ernet.in/general/Water%20Quality%20Indices.doc).
- Angarita, H., Albertus, J., Wickel, J. S., Chavarro, J., Maldonado-Ocampo, J. A., Guido A. H., Delgado, J. and David, P., 2018. Basin-Scale Impacts of Hydropower Development on the Mompós Depression Wetlands, Colombia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(5): 231-245.
- Babaei, S. F., Hassani, A. H., Torabian, A., Karbassi, A. R. and Hosseinzadeh, L. F., 2011. Evolution of a new surface water quality index for Karoon catchment in Iran. *Water Science and Technology*, 64(12): 2483-2491.
- Brown, R. M., McClelland, N. I. and Tozer, R. G., 1970. A water quality index: do we dare? *Water and Sewage Works*, 117: 339-343.
- Gorgizade, A., Bagherian Marzouni, M., Jafarzade Haghighifard, N., Rafiei, M. and Esmaeili, M. 2014. Water Quality Evaluation of Bamdezh Wetland Using Combination of NSFQI and Geographic Information System. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(5): 1454-1467.
- Mladenović-Ranisavljević, I. I., Takić, L. and Nikolić, Đ., 2018. Water quality assessment based on combined multi-criteria decision-making method with index method. *Water Resour Management*, 32: 2261-2276.
- Mejia Ávila, D., Soto Barrera, V. C. and Martínez Lara, Z., 2019. Spatio-temporal modelling of wetland ecosystems using Landsat time series: case of the Bajo Sinú Wetlands Complex (BSWC)-Córdoba-Colombia. *Annals of GIS*, 25(3): 231-245.
- Mirzaei, M., Solgi, E. and Salman-Mahiny, A., 2016. Evaluation of surface water quality by NSFQI index and pollution risk assessment, using WRATIC index in 2015. *Archives of Hygiene Sciences*, 5(4): 264-277.
- Nasseri, M. and Zahraie, B., 2011. Application of Simple Clustering on Space-Time Mapping of Cumulative Mean Monthly Rainfall Patterns. *International Journal of Climatology*, 31: 732-741.

Pal, S. and Saha, T. K., 2018. Identifying Dam-Induced Wetland Changes Using an Inundation Frequency Approach: The Case of the Atreyee River Basin of Indo-Bangladesh. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 18(1): 66–81.

Singh, S., Bhardwaj, A. and Verma, V. K., 2020. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of Environmental Management*, 262: 1-10.

Zeng, Q., Zhang, Y., Jia, Y., Jiao, S., Feng, D., Bridgewater, P. and Lei, G., 2012. Zoning for management in wetland nature reserves: a case study using Wuliangsu Nature Reserve, China. *SpringerPlus*, 1(1): 1-10.

Xing, W., Han, Y., Guo, Z. and Zhou, Y., 2020. Quantitative study on redistribution of nitrogen and phosphorus by wetland plants under different water quality conditions. *Environmental Pollution*, 261: 1-9.

