بوم‌شناسی کاربردی/ سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/ صفحات ۳۱ تا ۴۴

تنوع و فراوانی پرندگان مهاجر تالاب بند علیخان ورامین و ارتباط آن با نوسانات آب تالاب و خشکسالی

مهسا عبدالله‌آبادی[۱]، منصوره ملکیان[۲*] و سعید پورمنافی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰)

چکیده

تالاب‌ها یکی از منحصر به فردترین اکوسیستم‌های سطح زمین هستند که تغییرات مستقیم و غیرمستقیم انسانی عامل از بین رفتن آنها است. مطالعه حاضر به بررسی فراوانی و تنوع پرندگان تالاب بند علیخان ورامین و ارتباط آن با تغییرات سطح آب و خشکسالی تالاب در بازه ۱۰ ساله (۱۴۰۰-۱۳۹۰) می‌پردازد. داده‌های سرشماری پرندگان گردآوری و شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای محاسبه شد. تغییرات آب تالاب با استفاده از شاخص تفاضل نرمال شده آب (Normalized Difference Water Index, NDWI)، به کمک تصاویر ماهواره‌ی لندست تعیین شد. داده‌های بارش، دما و شاخص خشکسالی با استفاده از داده‌های هواشناسی استخراج و همبستگی بین آنها تحلیل شد. نتایج نشان داد که به ترتیب گونه‌های خوتکا (*Anas crecca*) و اردک سرسبز (*Anas platyrhynchos*) فراوان‌ترین پرندگان منطقه بوده و بیشترین مقادیر شاخص تنوع و غنای گونه‌ای در پرآب‌ترین سال (۱۳۹۸) بدست آمد. رگرسیون خطی نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین NDWI با تعداد گونه (R^2 = ۰/۷۲) و فراوانی (R^2 = ۰/۷۴) پرندگان وجود دارد. رابطه معنی‌داری بین شاخص خشکسالی و تعداد گونه‌های پرندگان (R^2 = ۰/۶۲) مشاهده شد. به منظور حفظ تنوع و فراوانی پرندگان تالاب، جلوگیری از نوسانات زیاد سطح آب تالاب که موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه پرندگان می‌شود، ضروری است.

واژه‌های کلیدی: تنوع گونه‌ای، تغییرات اقلیمی، شاخص NDWI، شاخص خشکسالی

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mmalekian@iut.ac.ir

مقدمه

تالاب‌ها از مهمترین اکوسیستم‌های سطح زمین به شمار می‌آیند که مشخصه‌ی اصلی آنها وجود آب به صورت غرقاب یا به حالت اشباع در خاک می‌باشد. تالاب‌ها تنها ۶ درصد از سطح زمین را در برگرفته اند ولی ۴۰ درصد از کل تنوع گیاهی و جانوری را در خود جای داده اند (۲۵). امروزه این اکوسیستم‌ها با تهدیدات و چالش‌های زیادی مواجه هستند که به تخریب و نابودی آن‌ها منجر شده است (۱۷). تغییرات اقلیمی با تغییر در الگوی بارش، افزایش دما و تغییر در آب و هوا، اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های تالابی داشته است. همچنین تخریب و تبدیل تالاب به سایر کاربری‌ها نظیر ایجاد زمین‌های شهری، کشاورزی و صنعتی باعث نابودی تالاب‌ها و کاهش مساحت آن‌ها در نقاط مختلف جهان، از جمله مناطق خشک و نیمه خشک شده است (۲۲).

تالاب‌های مناطق خشک، که به عنوان تالاب‌های بیابانی نیز شناخته می‌شوند، اکوسیستم‌های منحصر به فردی هستند که در مناطقی با بارندگی سالانه کم یافت می‌شوند. در این مناطق، تالاب‌ها به عنوان یک منبع آب بسیار ارزشمند برای انسان و حیات وحش به شمار می‌آیند که به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آب، تغییرات اقلیمی و کمبود بارش، با مشکلات متعددی همانند کاهش حجم آب، تغییر در کیفیت آب و کاهش وسعت زیستگاه‌های حیات وحش مواجه شده‌اند (۳۰).

تغییرات آب و هوایی تأثیر قابل توجهی بر تالاب‌ها دارد. تغییر در الگوهای بارش از پیامدهای تغییرات آب و هوایی است که منجر به سیل یا خشکسالی می‌شود. این امر موجب نوسان شدید سطح آب و از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری تالاب شده که در نهایت موجب تغییر در ساختار و عملکرد اکوسیستم تالاب می‌شود (۲۲). از بین رفتن تالاب‌های مناطق خشک، می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر جوامع محلی داشته باشد. تالاب‌ها خدمات ضروری دیگری مانند تأمین آب و کنترل فرسایش را نیز ارائه می‌دهند. از بین رفتن این اکوسیستم‌ها با تشدید کمبود آب و کاهش کیفیت آب، سلامت و معیشت انسان را تحت تاثیر قرار می دهد (۳۳).

یکی دیگر از قربانیان کاهش سطح تالاب‌ها در نواحی خشک و نیمه‌خشک، حیات‌وحش و به‌ویژه پرندگان وابسته به تالاب هستند. بسیاری از پرندگان مهاجر از تالاب‌ها به عنوان محل استراحت و تغذیه در مسیر مهاجرت خود استفاده می‌کنند و با کاهش سطح تالاب‌ها، کاهش جمعیت پرندگان وابسته به آن‌ها نیز دور از انتظار نخواهد بود. تغییرات دمایی، الگوی بارندگی و وسعت آب بر دسترسی به غذا، مکان آشیانه سازی و موفقیت جوجه‌آوری پرندگان تأثیر می‌گذارد (۸). به عنوان مثال، در مطالعه‌ای در ایالات متحده نشان داده شد که گریت سالت لیک (Great Salt Lake)، که محل زندگی میلیون‌ها پرنده مهاجر است، به دلیل خشکسالی و انحراف آب در حال کوچک شدن است و بقای بسیاری از گونه‌ها با تهدید مواجه شده است (۱۳).

به دلیل تهدیدات روز افزونی که اکوسیستم‌های تالابی با آن مواجه هستند، شناخت شرایط محیط زیستی تالاب‌ها نقش مهمی در مدیریت و حفاظت از آنها ایفا می‌کند. تغییر وسعت تالاب یکی از عوامل اصلی در مدیریت و حفاظت از تالاب است (۲۲). امروزه با توسعه سنجش از دور ماهواره‌ای و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات لازم برای تدوین طرح‌های مدیریت و حفاظت تالاب‌ها فراهم گردیده است. با تفسیر و تحلیل این اطلاعات می‌توان شناخت جامعی از تغییراتی که یک تالاب در طول سال‌های گذشته متحمل شده و همچنین تغییراتی که ممکن است در سال‌های آینده با آن مواجه شود، به‌دست آورد (۱۱). در مطالعات متعدد به بررسی وسعت و تغییرات سطح تالاب‌ها با استفاده از فناوری سنجش از دور در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی پرداخته شده است به عنوان مثال تهیه نقشه تالاب‌ها در مقیاس ملی در چین و تغییرات سطح تالابها و کاربری اراضی در کشور فرانسه با استفاده از فناوری سنجش از دور انجام شد (۲۱, ۲۷). در ایران، به عنوان مثال، در تالاب میانگران خوزستان، نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بیانگر خشک شدن و

کاهش سطح تالاب در سال‌های مختلف بوده است (۲۹). در مجموعه تالاب‌های ایران و عراق (هورالعظیم) توسعه اراضی کشاورزی از جمله مهمترین تغییرات کاربری اراضی است که به از بین رفتن اراضی تالابی منجر شده است (۱۲). بررسی تغییرات تالاب انزلی نشان داد که وسعت این تالاب به واسطه عوامل طبیعی و انسانی به سرعت در حال کاهش است (۱). مطالعات مشابه دیگر در سایر نواحی ایران، نشان داده است که کاهش بارش، ضعف مدیریت منابع آب و تغییر کاربری اراضی باعث از بین رفتن بخش‌های زیادی از گستره‌ی تالاب‌های ایران شده است (۳, ۱۹).

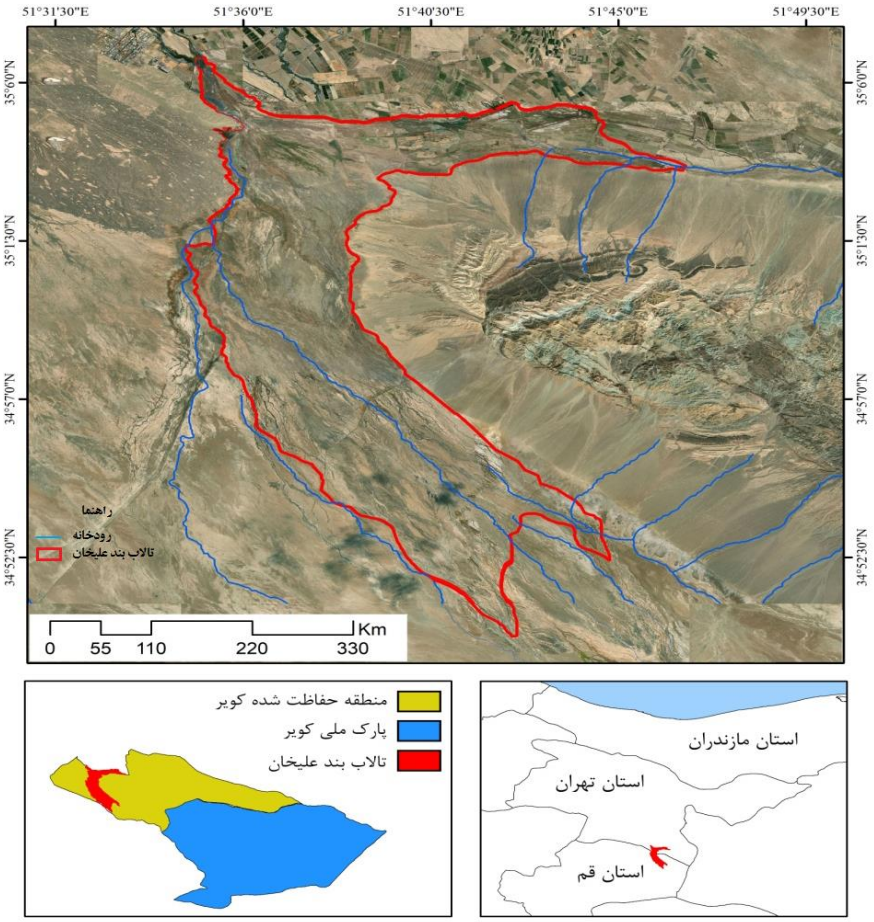
برآورد فراوانی و تنوع گونه‌های پرنده در یک تالاب و پایش روند تغییرات آن، از جمله شاخص‌های مهم دیگری است که می‌تواند به مدیریت تالاب‌ها کمک می‌کند (۱۰). مشاهده پرندگان و برآورد جمعیت آنها در سال‌های مختلف، معیاری غیرمستقیم برای ارزیابی سلامت تالاب‌ها است (۵). مطالعات نشان داده است که فراوانی و تنوع پرندگان در تالاب، معیاری از کیفیت آن اکوسیستم است (۸). تغییر مشخصه‌های یک تالاب، نظیر وسعت پهنه آبی آن در طول زمان بر فراوانی و تنوع پرندگان تاثیرگذار است (۶, ۳۶). به عنوان مثال، با کاهش سطح آب یک تالاب، فراوانی و تنوع پرندگان نیز روند کاهشی خواهد داشت (۷). این تأثیر به طور ویژه روی پرندگان آبزی و کنار آبزی تالاب مشهود است (۱۸) خشکسالی، مدیریت نامناسب منابع آبی و تغییر کاربری تالاب، به دلیل توسعه زمین‌های کشاورزی و شهری، باعث تغییر ویژگی های طبیعی در بسیاری از تالاب‌های ایران از جمله تالاب بین المللی انزلی (۲۳)، تالاب‌های استان خوزستان (۱۸) و استان فارس (۱۶) شده که با کاهش تعداد و تنوع گونه‌های پرندگان آبزی و کنارآبزی آنها همراه بوده است. تغییرات هیدرو–اقلیمی تالاب، که مشتمل بر نوسانات زیاد در رژیم بارش و دما است، نیز تهدیدی جدی برای موجودیت تالاب‌ها در نواحی خشک و نیمه‌خشک است. این امر منجر از بین رفتن برخی از گونه‌های گیاهی و جانوری تالاب، تغییر در ترکیب گونه‌ای و در نتیجه باعث تغییر ساختار و عملکرد اکوسیستم تالاب می‌شود (۲۶).

طبق برآوردهای انجام شده، ایران در قرن گذشته، بیش از ۵۰ درصد از تالاب‌های خود را به دلایل مختلفی از جمله سدسازی، گسترش کشاورزی، شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی از دست داده است و تنها حدود ۱/۲ میلیون هکتار (از ۲/۵ میلیون هکتار در اوایل دهه ۱۹۰۰) از اراضی تالابی باقی مانده است (۳۴). علی رغم مطالعات گسترده‌ای که روی تنوع پرندگان تالابی در ایران صورت گرفته است، ارتباط بین مشخصه‌های یک تالاب نظیر تاثیر تغییرات سطح آب تالاب و متغیرهای هیدرو–اقلیمی (نظیر دما و بارش) بر تنوع و فراوانی پرندگان کمتر مطالعه شده است. علاوه بر آن، تالاب فصلی بند علیخان در حاشیه کویرمرکزی ایران واقع شده که بدلیل خشکسالی‌های پیاپی و عدم آبگیری مناسب تالاب، در سال های اخیر، به کانون تولید ریزگرد در استان تهران تبدیل شده است. اطلاعات اندکی در مورد وضعیت تالاب‌های پیرامونی کویر مرکزی ایران، از جمله تالاب بند علیخان ورامین وجود دارد. بنابراین، در این مطالعه تغییرات فراوانی و تنوع گونه‌های پرنده آبزی و کنار آبزی تالاب بندعلیخان در بازه ۱۰ ساله (۱۳۹۰–۱۴۰۰) بررسی شده است. ارتباط بین مشخصه‌های تالاب نظیر تاثیر سطح آب تالاب، متوسط دما و میزان بارش بر فراوانی و تنوع پرندگان نیز به عنوان معیاری از ارزیابی سلامت تالاب تحلیل شده است که به مدیریت و حفاظت از تالاب کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در تالاب بند علیخان با مساحت تقریبی ۵۷۹۰ هکتار انجام شده که در ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان ورامین در بین دو استان قم و تهران واقع شده است (شکل ۱). این تالاب فصلی در شمال غربی پارک ملی کویر قرار دارد که از جنوب به دشت مسیله و دریاچه نمک محدود می شود. وجود تالاب فصلی بند علیخان از پیشروی کویر و ورود ریزگردها به



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مناطق مسکونی جلوگیری می‌کند. بارش‌های اندک و عدم تخصیص حق‌آبه تالاب از رودخانه شور و شیرین ورامین، روند خشکی آن را تسریع کرده است. متوسط بارندگی این تالاب کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است که معمولاً در اواخر فصل زمستان و ابتدای فصل بهار صورت می‌گیرد. آب این تالاب، برای آبیاری بخش‌هایی از اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران، استفاده می‌شود.

پوشش گیاهی اطراف تالاب بندعلی‌خان شامل درختچه های گز (*Tamarix* sp) است. در گذشته در اطراف تالاب نیزار وجود داشته است که با توجه به خشکسالی‌هایی که در منطقه وجود داشته اشت، وسعت نیزارها بسیار کاهش پیدا کرده و تقریباً از بین رفته است. ایجاد جنگل‌های دست کاشت تاغ از محل اعتبارات صندوق توسعه ملی و توسعه پوشش گیاهی منطقه، در دست اجرا است.

سرشماری پرندگان و برآورد شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای

در این پژوهش تنوع پرندگان آبزی و کنارآبزی در طی ۱۰ سال در تالاب بند علیخان مورد بررسی قرار گرفت. از مجموعه گزارش های پیمایش میدانی و سرشماری پرندگان زمستان گذر اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران برای تهیه آمار حضور و فراوانی پرندگان تالاب بین سال های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ استفاده شد. سرشماری سالانه پرندگان در تالاب بند علیخان در اواسط دی ماه صورت می‌گیرد. برای ثبت تعداد و فراوانی پرندگان از چک لیست تهیه شده توسط انجمن تالاب‌های بین‌المللی برای پرندگان جنوب غرب آسیا استفاده شده است (۳۵).

داده‌های مربوط به پیمایش‌های میدانی و سرشماری پرندگان زمستان گذر تالاب بندعلیخان در سال های ۱۳۹۰ تا

۱۴۰۰ بررسی شد. در برخی سال ها تالاب بندعلیخان به طور کامل خشک بوده و یا آمار فراوانی به صورت کلی گزارش شده و تفکیک گونه ای وجود نداشت. به عنوان مثال، در سال ۱۳۹۱ تعداد ۴۰۰ فرد بدون ذکر نام گونه به ثبت رسیده بود. در سال ۱۴۰۰ نیز با توجه به کمبود نزولات جوی، تالاب بندعلیخان آبگیری نشده و پرنده ای در محدوده تالاب ثبت نشده و فقط تعدادی پرنده کنارآبزی در حاشیه رودخانه شور و شیرین گزارش شده بود، که با توجه به متفاوت بودن محدوده مورد بررسی، مورد استفاده قرار نگرفت. بنابراین، جهت مقایسه تنوع و فراوانی پرندگان آبزی تالاب بند علیخان، اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ قابل استفاده تشخیص داده شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع، از فراوانی کل گونه‌های تالاب استفاده شد. دو شاخص تنوع گونه‌ای شامل شانون–وینر (*Shannon–Wiener index*) و تنوع بریلوین (Brillouin index)، دو شاخص غنای گونه‌ای شامل شاخص غنای مارگالف (Margalef index) و منهنیک (Menhinick index) و دو شاخص همگنی شامل نمایه سیمپسون (Simpson index) و شاخص غالبیت (Simpson dominance index) با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology نسخه ۷/۲ محاسبه گردید (۲۸).

شاخص تنوع شانون–وینر و شاخص بریلوین، دو شاخص مرسوم و پرکاربرد در بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای می باشند. در شاخص تنوع شانون–وینر (رابطه ۱) فرض براین است که تمام افراد به صورت تصادفی از یک جامعه بزرگ انتخاب شده و از تمامی گونه‌های آن جامعه در نمونه وجود دارد.

$$H' = \sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \qquad (۱)$$

در این معادله H' شاخص شانون–وینر، Pi احتمال حضور گونه i و n تعداد مشاهده شده است. در شرایطی که احتمال اریبی در مشاهده برخی از گونه‌های بزرگ نسبت به کوچک وجود دارد، شاخص بریلویین نتایج به مراتب صحیح‌تری تولید می‌کند (رابطه– ۲). در این رابطه B شاخص بریلویین، $n_i!$ تعداد افراد گونه i و $N!$ تعداد کل افراد جامعه است.

$$B = \frac{1}{N}\left[\ln(N!) - \sum_{i=1}^{n} n_i!\right] \qquad (۲)$$

شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف (R_1) و منهینیک (R_2): این دو شاخص به ترتیب با استفاده از روابط ۳ و ۴ محاسبه شد. در این روابط، N تعداد کل افراد حاضر در نمونه وS تعداد کل افراد مشاهده شده است.

$$R_1 = \frac{S-1}{\ln N} \qquad (۳)$$

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}} \qquad (۴)$$

شاخص سیمپسون و شاخص غالبیت نیز محاسبه شد. این شاخص‌ها نشان می دهند که با چه احتمالی دو فرد برداشت شده به صورت کاملا تصادفی از جامعه، مربوط به یک گونه می باشد. شاخص سیمپسون از طریق رابطه ۵ محاسبه شد که در آن معادله γ شاخص سیمپسون، P_i احتمال حضور گونه i و n تعداد مشاهده شده است. شاخص غالبیت (D) نیز با کسر شاخص سیمپسون (γ) از ۱ محاسبه گردید (روابط ۵ و ۶).

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} P_i^2 \qquad (۵)$$

$$D = 1 - \gamma \qquad (۶)$$

داده‌های ماهواره ای و محاسبه شاخص آب

در این مطالعه از تصاویر ماهواره ای لندست برای بررسی شرایط محیطی منطقه در زمان سرشماری پرندگان استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ از سنجنده OLI (Operational Land Imager) و لندست ۵ از سنجنده TM (Thematic Mapper) به‌دست آمد که در درگاه https://glovis.usgs.gov قابل دسترس هستند. این تصاویر در بازه سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ به صورت بصری مورد بررسی قرار گرفته و تصاویری که در فصل زمستان (زمان سرشماری پرندگان) پوشش ابر محسوسی روی تالاب نداشتند، از سامانه بارگیری شدند. برای مقایسه تصاویر، تفسیر و تحلیل آن‌ها بین زمان‌های مختلف، ابتدا لازم است تا مقادیر بازتاب تمام پدیده‌های سطح زمین در هر تصویر به مقدار واقعی آن‌ها

تبدیل شود تا بتوان تحلیل‌های صورت گرفته را با اطمینان بیشتری بین سال‌های مختلف مقایسه کرد. به منظور مقایسه شرایط سطح آبگیر تالاب بین سال‌های مختلف (زمستان ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰)، مقادیر خام سلول‌های تصاویر لندست ۸ ابتدا با استفاده از پیش پردازش‌های رادیومتریک و اتمسفری تصحیح شد تا تمامی تصاویر به یک مقیاس بازتابی شبیه به هم تبدیل شوند.

در این مطالعه از شاخص تفاضل نرمال شده آب (Normalized Difference Water Index, NDWI) برای بررسی تغییرات آب در تالاب، استفاده شد که یکی از معروف‌ترین شاخص‌ها برای مطالعه سطوح آبی به شمار می‌آید (۴) . این شاخص بین ۱- تا ۱+ متغیر است. برای بررسی کمّی این شاخص از طبقه‌بندی سامانه رصد زمین (The Earth Observing System) استفاده شد که در آن مقدار شاخص در محدوده بین ۰/۳- تا ۱- ، سطح خاک به شدت خشک و عاری از رطوبت را نشان داده؛ صفر تا ۰/۳-، نماینده‌ی وجود خاک خشک و اعداد بیشتر از صفر معمولاً شامل خاک‌هایی با رطوبت بالا هستند و در مقادیر بیشتر از ۰/۲ آب سطحی روی خاک قرار گرفته است. برای ارزیابی صحت، نقاط مرجع بر اساس آشنایی قبلی با منطقه و همچنین استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا در گوگل ارث (Google Earth) برداشت شد و ماتریس خطا تهیه شد. علاوه بر آن، در این مطالعه از ضریب کاپا برای برآورد دقیق‌تر صحت استفاده شد.

داده‌های اقلیمی و تحلیل همبستگی

برای بررسی روند تغییرات دما و بارندگی در بازه مورد مطالعه (۱۴۰۰-۱۳۹۰) و همچنین تاثیر خشکسالی بر پرندگان مهاجر، بارش ثبت شده در فصل زمستان، متوسط دما در فصل زمستان و همچنین شاخص خشکسالی (Standardized Precipitation Index, SPI) در ۱۰ سال گذشته با استفاده از داده‌های هواشناسی سازمان هواشناسی کشور در نرم افزارDrinC (Drought Indices Calculator) نسخه۱/۷ محاسبه شد. مقادیر منفی این شاخص نشان دهنده خشکی تالاب است و مقادیر مثبت، شرایط مرطوب تالاب را نشان می دهد. بررسی همبستگی شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌های پرندگان مهاجر با شاخص خشکسالی، مجموع بارش، میانگین دما و شاخص NDWI با استفاده از رگرسیون خطی در محیط نرم‌افزاری R v3.2. انجام شد. مبنای مقایسه و قدرت پیش بینی هر یک از مدل‌ها نیز با استفاده از آماره ضریب تبیین (R^2) مشخص گردید.

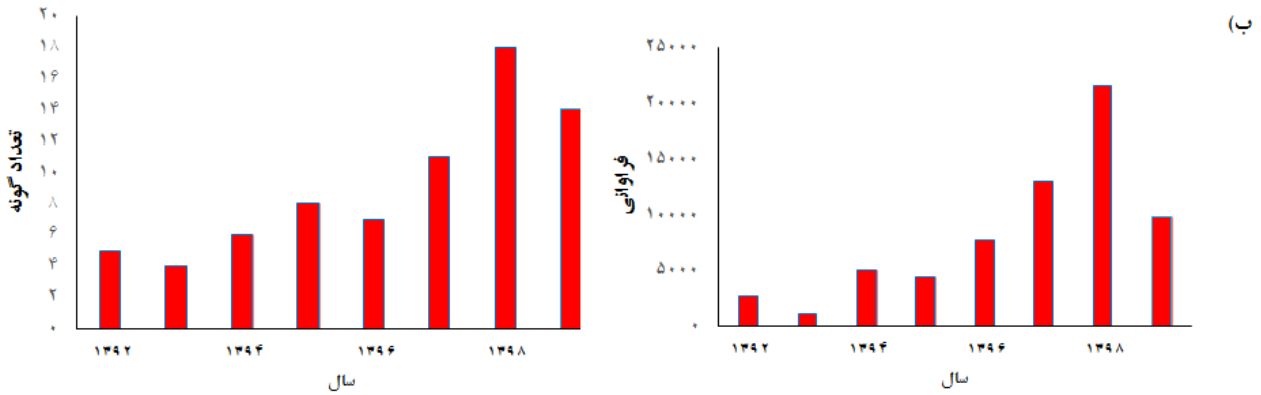
نتایج

فراوانی و تنوع پرندگان

اطلاعات گونه های پرندگان ثبت شده در تالاب بین سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۹ در جدول ۱ ارائه شده است. از بین پرندگان (جدول ۱)، به ترتیب خوتکا (*Anas crecca*) و اردک سرسبز (*Anas platyrhynchos*)، فراوان‌ترین پرندگان منطقه بودند. خوتکا تنها پرنده ای بود که در تمامی سال‌های سرشماری شده در تالاب مشاهده شده است. بیشترین تعداد پرنده مشاهده شده در تالاب مربوط به زمستان‌گذارنی بیش از ۲۱۵۰۰ قطعه پرنده آبزی در سال ۱۳۹۸ بود (شکل ۲). در سال ۱۳۹۳، پرندگان پایین ترین رتبه را از نظر تعداد گونه و فراوانی داشتند (شکل ۲، الف و ب). در سال ۱۳۹۳، تنها چهار گونه با جمعیت کم در تالاب ثبت شد که شامل خوتکا، آنقوت (*Tadorna ferruginea*)، درنای معمولی (*Grus grus*) و غاز خاکستری (*Anser anser*) بودند. تغییرات شاخص‌های تنوع، غنا و همگنی برآورد شده برای جمعیت پرندگان این تالاب در سال‌های مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. شاخص‌های برآورد شده، روند تغییرات مشابهی را در طول سال‌های مورد مطالعه نشان دادند. به عنوان مثال کمترین مقدار شاخص‌های تنوع شانون-وینر و شاخص بریلیون در سال ۱۳۹۳ (به ترتیب برابر با ۰/۳۴ و ۰/۵۶) و حداکثر مقدار آن‌ها در سال ۱۳۹۸ (به ترتیب برابر با ۱/۳۶ و ۱/۶۲) محاسبه شد (شکل ۳).

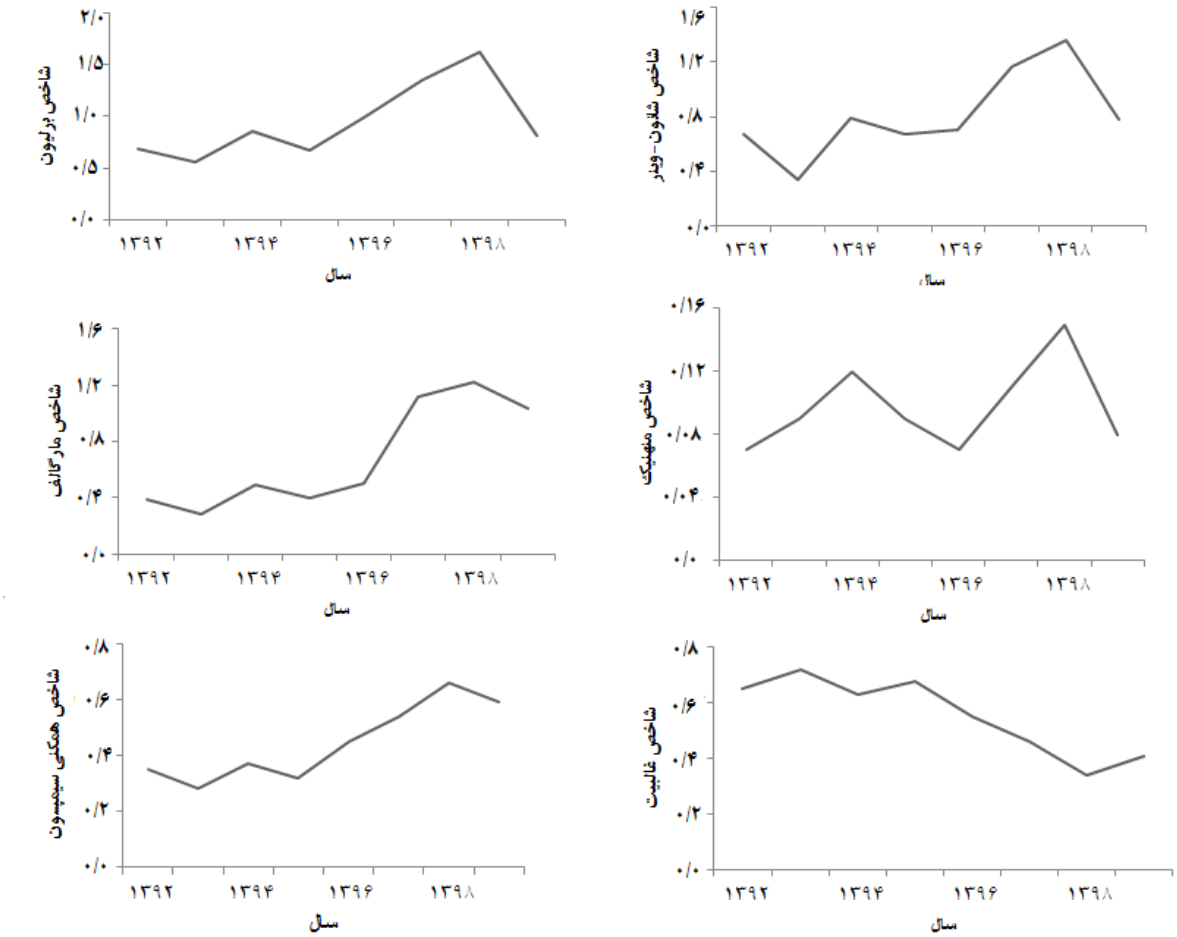
جدول ۱. نام پرنده، نام علمی و فراوانی پرندگان آبزی و کنارآبزی مشاهده شده در زمستان سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹

نام پرنده	نام علمی	فراوانی در سال							
		۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹
خوتکا	*Anas crecca*	۱۴۵۰	۵۹۶	۳۵۵۰	۳۰۰۰	۴۸۰۰	۶۸۰۰	۱۱۱۵۰	۵۴۰۰
اردک سرسبز	*Anas platyrhynchos*	۵۹۰	۴۷۰	۸۷۰	۷۸۰	۹۸۰	۴۵۰۰	۸۵۰۰	۲۷۶۰
اردک نوک پهن	*Anas clypeata*	–	–	–	–	–	–	۱۸۲	۱۰
تنجه	*Tadorna tadorna*	–	–	۱۲	۲	۱۰	–	۱۲	–
آنقوت	*Tadorna ferruginea*	۵۷۲	۳۴	۶۴۰	۵۵۰	۶۵۰	۷۶۰	۴۵۲	۳۶۶
غاز خاکستری	*Anser anser*	۷۰	–	–	۲۰	۷۰	۲۳۰	۵۹۰	۶۰۵
حواصیل خاکستری	*Ardea cinerea*	–	–	–	–	–	۵۵	۳۲	۱۸
اگرت بزرگ	*Casmerodius albus*	–	–	–	–	–	–	۴	۲
اگرت کوچک	*Egretta garzetta*	–	–	۱۰	۶	۱۸	۴۲	۱۰	۱۰
گاوچرانک	*Bubulcus ibis*	–	–	–	–	–	–	۱۲	–
درنای معمولی	*Grus grus*	۴۸	۲۰	۱۷	۱۲	۴۰	۵۰	۷۰	۳۵
چنگر معمولی	*Fulica atra*	–	–	–	–	–	–	۴۰۰	۸۹۰
چوب پا	*Himantopus himantopus*	–	–	–	۸	–	۴۲	۷۰	۸
خروس کولی	*Vanellus vanellus*	–	–	–	–	–	–	۸	۴۵
پاشلک معمولی	*Gallinago gallinago*	–	–	–	–	–	–	۲	۲
آبچلیک پاسبز	*Tringa nebularia*	–	–	–	–	–	۲۵	۱۰	۶
آبچلیک پاسرخ	*Tringa totanus*	–	–	–	–	–	۲	۴	–
کاکایی خزری	*Larus cachinnans*	–	–	–	–	–	–	۵	–



شکل ۲. روند تغییرات تعداد گونه (الف) و فراوانی (ب) پرندگان مشاهده شده در تالاب بندعلیخان بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹.

مقادیر شاخص NDWI در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ به طور میانگین کمتر از صفر بوده است؛ به این معنا که سطح آبگیر منطقه مورد مطالعه به طور دائم خشک و فاقد پوشش آب لازم برای جذب پرندگان مهاجر بوده است. در سال ۱۳۹۲ متوسط شاخص NDWI در کمترین مقدار ممکن و خشک‌ترین حالت قرار داشته است (۰/۱۵-) که به تدریج در سال‌های ۱۳۹۳ و



شکل ۳. تغییرات شاخص های تنوع شانون-وینر و تنوع بریلیون، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک و شاخص همگنی سیمپسون و شاخص غالبیت پرندگان تالاب بندعلیخان بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹.

۱۳۹۴ افزایش یافته و در سال ۱۳۹۵، مقادیر شاخص به مقدار ۰/۰۴+ رسیده است. در سال ۱۳۹۶ نیز مقادیر شاخص NDWI نزدیک به صفر (۰/۰۱+) بوده و سال خشکی را تجربه کرده است. در سال ۱۳۹۷ بارش زمستان در این تالاب باعث شد تا متوسط شاخص NDWI در ماه بهمن به بالاتر از صفر برسد (۰/۰۶). افزایش بارندگی در زمستان ۱۳۹۷ و اوایل بهار ۱۳۹۸ نیز باعث شد تا مقدار شاخص NDWI برای اولین بار در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه به حدود ۰/۲ برسد که طی آن بخش‌های وسیعی از سطح آبگیر تالاب به زیر آب رفته است. تجمع آب حاصل از بارندگی در سال در اواخر سال ۱۳۹۸ و ابتدای سال ۱۳۹۹ باعث شده تا مجدداً آب تالاب در محدوده مثبت قرار گیرد. اما متأسفانه به دلیل عدم استمرار بارندگی، مقدار شاخص در سال ۱۴۰۰ به کمتر از صفر تنزل پیدا کرده و تالاب خشک شده است (جدول ۲). میزان صحت کلی و ضریب کاپا برای جداکردن سطوح آبی به ترتیب ۰/۹۱۶ و ۰/۸۸۹ محاسبه شد. در طبقه بندی سطح آبی، میزان خطای حذفی ۶/۸۵ درصد و مقدار خطای جمعی آن ۸/۹ درصد (کمتر از ۱۰ درصد) محاسبه شد که نشان از دقت قابل قبول روش مورد استفاده برای جداسازی و تفکیک سطوح آبی است.

ارتباط بین تغییر مشخصه‌های تالاب و فراوانی و تنوع پرندگان

نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین مقادیر شاخص NDWI با

جدول ۲. متوسط دما، بارش، متوسط شاخص NDWI و شاخص خشکسالی در تالاب بند علیخان در سال های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

سال	متوسط دمای فصل زمستان (سلسیوس)	بارش ثبت شده در فصل زمستان (میلی‌متر)	شاخص NDWI	شاخص خشکسالی
۱۳۹۰	۱/۵	۵	−۰/۱۲	−۲/۱۲
۱۳۹۱	۴/۸	۲	−۰/۱۰	−۲/۰۸
۱۳۹۲	۲/۶	۲	−۰/۱۵	−۲/۴۷
۱۳۹۳	۱/۰	۶	+۰/۰۲	−۰/۲۷
۱۳۹۴	۱/۵	۱۸	+۰/۰۳	−۰/۲۰
۱۳۹۵	۲/۶	۱۲	+۰/۰۴	۰−/۱۵
۱۳۹۶	۲/۶	۷	+۰/۰۱	−۰/۰۱
۱۳۹۷	۳/۹	۵۰	+۰/۰۶	۰/۰۴
۱۳۹۸	۴/۳	۵۸	+۰/۱۸	۰/۰۱
۱۳۹۹	۲/۳	۵۱	+۰/۰۵	۰/۱۱
۱۴۰۰	۱/۸	۸	−۰/۰۱	−۱/۱۰

تعداد گونه و فراوانی نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد گونه و فراوانی آن‌ها با این شاخص وجود دارد. فراوانی و تعداد پرندگان را می‌توان بر اساس متوسط شاخص NDWI در فصل زمستان تا حد قابل قبولی پیش بینی کرد. ضریب تشخیص مدل برای مقادیر این شاخص با تعداد گونه و فراوانی آن‌ها به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۷۴ محاسبه شد (جدول ۳). این اطلاعات نشان می‌دهد که فراوانی و تعداد گونه‌هایی که در زمستان هر سال در تالاب حضور دارند، معیاری مستقیم و خطی از رطوبت سطحی خاک است.

متوسط دمای فصل زمستان در منطقه مورد مطالعه بالاتر از صفر و اکثراً بین محدوده‌ی ۱ تا ۲ درجه سلسیوس قرار داشت (جدول ۲). حال آنکه در برخی از سال‌ها، این مقدار به بیش از ۴ درجه نیز رسیده است. به عنوان مثال در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۸ دمای فصل زمستان به ترتیب ۴/۸ و ۴/۳ درجه سلسیوس بوده است. از نظر میزان بارش در فصل زمستان، منطقه مورد مطالعه، منطقه بسیار خشک بوده است. زیرا به جز سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ که مقدار بارش کمی بیش از ۵۵ میلی‌متر بوده است، در مابقی سال‌ها بارش به شدت کم شده و تا حدی به صفر نزدیک شده است.

بررسی ارتباط بارش، دما و شاخص خشکسالی با تعداد گونه های پرندگان و فراوانی آنها (جدول ۳) نشان داد که رابطه معنی داری بین دما در فصل زمستان با تعداد و فراوانی گونه‌های پرندگان وجود ندارد. اما هم میزان بارش و هم شاخص خشکسالی ارتباط مثبت و معنی‌داری با تعداد گونه و فراوانی پرندگان نشان دادند. درخصوص بارش، ضریب تشخیص مدل برای تعداد گونه های پرندگان برابر با ۰/۵۷ و برای فراوانی گونه های پرندگان برابر با ۰/۴۷ محاسبه شد. در خصوص شاخص خشکسالی نیز این مقدار ارتباط برای تعداد گونه های پرندگان برابر با ۰/۶۲ و و برای فراوانی آنها برابر با ۰/۵۱ محاسبه شد. مقایسه همبستگی بین شاخص ها نشان می‌دهد که استفاده از شاخص NDWI می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از حضور و فراوانی گونه‌ها در تالاب بند علیخان داشته باشد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع و فراوانی پرندگان تالاب بند علیخان نوسانات زیادی داشته اند. در زمان پر آبی تالاب، مانند سال ۱۳۹۸، تعداد ۱۸ گونه پرنده آبزی در این تالاب مشاهده شد.

جدول ۰۳. ضریب تبیین و معنی داری رابطه بین تعداد گونه ها و فراوانی پرندگان تالاب بند علیخان نسبت به شاخص سطح آب (NDWI)، دما، بارش و شاخص خشکسالی (SPI)

شاخص	تعداد گونه		فراوانی پرنده	
	R^2	p	R^2	p
متوسط NDWI	۰/۷۲	۰/۰۱	۰/۷۴	۰/۰۱
متوسط دما	۰/۰۱	۰/۳	۰/۰۸	۰/۴
بارش ثبت شده	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۴۷	۰/۰۲
شاخص خشکسالی	۰/۶۲	۰/۰۱	۰/۵۱	۰/۰۱

درحالی که در شرایط آبی نامناسب تالاب، تعداد گونه‌های پرندگان آبزی و کنار آبزی به شدت کاهش یافت. نوسانات شدید محیطی نظیر تغییرات سطح آب تالاب، مطلوبیت زیستگاه برای پرندگان را در بلند مدت کاهش می دهد (۶ و ۱۶). مطالعات مختلفی نشان دادند که تغییرات مطلوبیت زیستگاه‌های تالابی می تواند بر تنوع و فراوانی پرندگان تأثیر بسزایی داشته باشد (۹). در دلتای رود گنگ در هند، تغییرات فصلی و سالانه سطح آب، که عموماً تحت‌تأثیر جریانات ورودی به آن تغییر می‌کند، بر مطلوبیت زیستگاه و در نتیجه حضور و فراوانی پرندگان آبزی و کنار آبزی به شدت تأثیر گذاشته است. درآن تالاب، قوها و پلیکان‌های مهاجر پس از ارزیابی اولیه زیستگاه در اوایل زمستان و عدم وجود آب کافی در آن ناحیه، به سمت تالاب‌های دیگر مهاجرت نمودند (۲۰). در تالاب میانگران در استان خوزستان، تغییرات وسعت و عمق آب، تنوع و فراوانی پرندگان تالاب را تحت تاثیر قرار داد و باعث کاهش گونه‌های آبزی و افزایش فراوانی برخی از پرندگان کنارآبزی شد (۱۸). اینگونه مطالعات نشان می دهد که با ادامه روند کنونی و شرایط غیر قابل پیش‌بینی موجود در تالاب، ممکن است بخشی از مسیر مهاجرت پرندگان تغییر کند. از این رو، مدیریت یکپارچه تالاب‌ها برای حفظ شرایط طبیعی آنها در طول سال‌های مختلف لازم و ضروری است.

شاخص‌های تنوع، همگنی و غالبیت، روند تغییرات مشابهی را در سال‌های مورد مطالعه نشان دادند. به این صورت که در سال‌های کم آب مانند سال ۱۳۹۳ این شاخص‌ها حداقل مقدار خود و در سال‌های پر آب مانند سال ۱۳۹۸ حداکثر مقدار خود را داشته اند. به دلیل افزایش تعداد پرندگان برخی از گونه‌ها در سال‌های پرآب مانند اردک سرسبز، آنقوت و خوتکا، شاخص‌هایی مانند همگنی نیز روند کاهشی را نشان دادند. این نشان می دهد که برخی گونه‌ها، فراوانی بیشتری داشته اند. چنین روند تغییرات در شاخص‌های تنوع، غالبیت و همگنی در دیگر مطالعات نیز مشاهده شده است (۱۰, ۲۶).

با استفاده از شاخص NDWI، شرایط آبی تالاب بند علیخان در تمام سال‌های مورد مطالعه بررسی شد. تالاب بند علیخان در طول سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به طور دائم خشک و فاقد پوشش آبی لازم (حتی به صورت خاک اشباع) برای جذب پرندگان بوده است. روند بهبود شرایط تالاب را می‌توان از سال ۱۳۹۵ مشاهده کرد که به دلیل افزایش بارندگی در حوضه، مقدار آب ورودی به تالاب افزایش و مقدار شاخص NDWI نیز به مقدار چشمگیری افزایش یافته است. این نتایج همسو با اطلاعات بارش ثبت شده از منطقه مورد مطالعه است. بر اساس نتایج حاصل از ایستگاه‌های بارندگی در منطقه مورد مطالعه، در نیمه دوم دهه ۱۳۹۰، مقدار بارش افزایش یافته و در برخی سال‌ها به بیش از ۵۰ میلیمتر در سال نیز رسیده است. بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه، اگرچه تالاب در برخی از سال‌ها شرایط آبی خوبی را نشان می‌دهد اما به صورت کلی، شرایط تالاب از نظر آبی در وضعیت مطلوب قرار ندارد. علاوه برآن، با وجود بارش در فصل زمستان، میزان آب تالاب در فصول گرم سال به طور کامل از بین می‌رود. علاوه بر آن، با

افزایش میزان آب در تالاب، این آب از طریق کانال برای آبیاری و تولید محصولات کشاورزی نیز استفاده می شود. ارتباط همسوی بین برداشت آب و افزایش فعالیت‌های کشاورزی بر مطلوبیت زیستگاه و جذب پرندگان مهاجر در طول سال‌های متوالی، اثر منفی دارد (۱۴). از این رو برای حفاظت و مدیریت بهتر تالاب در سال‌هایی که بارندگی اندک است، جلوگیری از انتقال آب تالاب برای فعالیت‌های کشاورزی لازم و ضروری می باشد. به عبارت دیگر، جلوگیری از هدر رفت آب می‌تواند میزان آب تالاب را برای مدت زمان بیشتری حفظ کرده و در نتیجه با کاهش تغییر پذیری سالانه آب تالاب، موجب افزایش مطلوبیت زیستگاهی پرندگان مهاجری شود که در طول سالیان متعدد از این تالاب استفاده می‌کنند (۲۴). این شیوه مدیریت تالاب که در آن حق آبه تالاب مشخص شده و سپس مازاد آن برای سایر فعالیت‌ها اختصاص داده می‌شود در سایر نقاط جهان متداول بوده و نتایج مطلوبی بهمراه داشته است (۲). بر اساس نتایج حاصل، چنانچه محدودیت‌های بهره برداری از آب تالاب صورت گیرد، میزان آب تالاب در برخی از سال‌ها مانند سال کم بارش ۱۳۹۶، می‌تواند تاحدی شرایط را برای پذیرایی از پرندگان مهاجر فراهم آورد.

در این مطالعه، رابطه شاخص سطح آب و سه متغیر اقلیمی دما، بارش و شاخص خشکسالی برای پیش‌بینی فراوانی و تنوع گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین رابطه مثبت معنی‌دار بین متوسط سالانه شاخص سطح آب تالاب با فراوانی و تنوع پرندگان منطقه بود. نوسانات سطح آب تالاب به عنوان یکی از مهمترین عوامل موثر بر حضور و تنوع پرندگان آبزی و کنار آبزی شمرده می شود (۳۲). در دیگر مطالعات، همبستگی معنی‌داری بین فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان زمستان‌گذران با اندازه، شکل و عمق تالاب نشان داده شده است (۶, ۲۶). علاوه بر شاخص NDWI، شاخص خشکسالی هم همبستگی معنی‌داری با تعداد گونه‌ها و فراوانی پرندگان تالاب نشان داد. تغییر در رژیم و میزان بارش می تواند موجب کاهش وسعت سطح آب در دسترس تالاب شده که بر تنوع و فراوانی پرندگان آبزی و کنار آبزی تاثیرگذار می باشد (۱۵, ۳۱). در مطالعات مشابه، سه متغیر سطح آب تالاب، خشکسالی و میزان بارش سالیانه در حضور پرندگان آبزی و کنار آبزی در تالاب و فراوانی آنها نقش مهمی داشته اند (۱۸).

به طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به برآورد شاخص NDWI در هر زمان از سال، می‌توان به برآوردی سریع و ارزان از میزان آب و شرایط محیطی تالاب دست یافت. زمانی که مقدار این شاخص به بیش از صفر برسد، می‌توان انتظار داشت که تعداد پرندگان مهاجر به این تالاب نیز به صورت مستقیم افزایش خواهند یافت. از این رو، شاخص NDWI را می‌توان به عنوان یک زنگ هشدار در نظر گرفت که تغییرات آن در طول ماه‌ها و سال‌های مختلف، تصویری جامع از شرایط تالاب ارائه می‌دهد. به منظور حفظ تنوع و فراوانی پرندگان تالاب باید نوسان زیاد آب در تالاب بند علیخان، که موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه برای پرندگان می‌شود، را مدیریت نمود. در این راستا تعیین حق‌آبه آب تالاب و جلوگیری از تولید محصولات کشاورزی که مصرف آب بالایی دارند، ضروری است. توسعه فعالیت‌های جایگزین کشاورزی در منطقه و توسعه گردشگری نظیر طبیعت‌گردی و پرنده‌نگری می‌تواند موجب حفاظت بیشتر از تالاب و افزایش مشارکت عمومی برای بهبود شرایط تالاب گردد.

یکی از مهمترین محدودیت های این مطالعه، تهیه آمار دقیقی از پرندگان مهاجر این تالاب بود. محدودیت‌های مدیریتی شامل کمبود نیروی متخصص و تفاوت تبحر، نتایج سرشماری پرندگان را نیز تحت تاثیر قرار داده و نقص و خطاهایی را در مقایسه آمار در سال‌های مختلف ایجاد می کند. علاوه بر آن، سرشماری سالیانه سازمان حفاظت محیط زیست از پرندگان محدود به چند روز از ماه است که این پایش کوتاه مدت ممکن است به دلیل شرایط جوی و امنیتی منطقه در زمان سرشماری، منعکس کننده اطلاعات آمار واقعی ماهیانه و فصلی پرندگان نباشد. لذا باید در تفسیر نتایج این ملاحظات را مد نظر قرار داد. بنابراین تکرار پایش وضعیت پرندگان این تالاب در طول فصل مهاجرت و به صورت طولانی مدت، می تواند اطلاعات دقیق تری را ارائه دهد.

سپاسگزاری

ورامین، در مراحل مختلف این پژوهش، سپاسگزاری می شود.

از همکاری ارزشمند اداره حفاظت محیط زیست شهرستان

منابع مورد استفاده

1. Abdoli, M. and M. Panahandeh. (2020). Investigating the trends of Anzali wetland connected domain coverage using remote sensing techniques and DPSIR conceptual framework. *Environmental Sciences* 18(4): 125-140.(In Persian)
2. Akouwerabou, D. B. (2023). Effect of agricultural extension on cotton farmer's efficiency in arid and semi-arid areas of Burkina Faso. *Natural Resources Forum* 47(1): 42-59.
3. Ansari, A. and M. H. Golabi. (2019). Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for desert wetlands – A case study: Meighan wetland, Iran. *International Soil and Water Conservation Research* 7(1): 64-70.
4. Ashok, A., H. P. Rani and K. V. Jayakumar. (2021). Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 23: e100547.
5. Barbaree, B. A., M. E. Reiter, C. M. Hickey, K. M. Strum, J. E. Isola, S. Jennings, L. M. Tarjan, C. M. Strong, L. E. Stenzel and W. D. Shuford. (2020). Effects of drought on the abundance and distribution of non-breeding shorebirds in central California, USA. *PloS One* 15(10): e0240931.
6. Baschuk, M., N. Koper, D. Wrubleski and L. Goldsborough. (2012). Effects of water depth, cover and food resources on habitat use of marsh birds and waterfowl in boreal wetlands of Manitoba, Canada. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology* 35: 44-55.
7. Behroozi-Rad, B. (2017). Study of diversity and population of terrestrial birds on the edge of Miangaran wetland in winter and spring. *Iranian Journal of Natural Ecosystems* 8(3): 21-34. (In Persian)
8. Donnelly, J. P., S. L. King, N. L. Silverman, D. P. Collins, E. M. Carrera-Gonzalez, A. Lafón-Terrazas and J. N. Moore. (2020). Climate and human water use diminish wetland networks supporting continental waterbird migration. *Global Change Biology* 26(4): 2042-2059.
9. González, A., P. Victoriano and R. Schlatter. (2009). Waterbird assemblages and habitat characteristics in wetlands: influence of temporal variability on species-habitat relationships. *Waterbirds* 32(2): 225-233.
10. Goudarzian, P. and S. Y. Erfanifard. (2017). The efficiency of indices of richness, evenness and biodiversity in the investigation of species diversity changes (case study: migratory water birds of Parishan international wetland, Fars province, Iran). *Biodiversity International Journal* 1(2): 41–45.
11. Gxokwe, S., T. Dube and D. Mazvimavi. (2020). Multispectral remote sensing of wetlands in semi-arid and arid areas: a review on applications, challenges and possible future research directions, *Remote Sensing* 12(24): e4190.
12. Halabian, A. H. and M. Shabankari. (2017). Study the trend of temporal- spatial variation in mesopotamian marshlands and effective factors. *Human & Environment* 14(4): 9-24. (In Persian)
13. Hassan, D., S. Burian, R. Johnson, S. Shin and M. Barber. (2022). The Great Salt Lake water level is becoming less resilient to climate change. *Water Resources Management* 37: 2697-2720.
14. Hdidou, M., M. C. Necibi, J. Labille, S. El Hajjaji, D. Dhiba, A. Chehbouni and N. Roche. (2021). Potential use of constructed wetland systems for rural sanitation and wastewater reuse in agriculture in the Moroccan context. *Energies* 15 (1): 156-181.
15. Herrando, S., N. Titeux, L. Brotons, M. Anton, A. Ubach, D. Villero, E. García-Barros, M. L. Munguira, C. Godinho and C. Stefanescu. (2019). Contrasting impacts of precipitation on Mediterranean birds and butterflies. *Scientific Reports* 9(1): e5680.
16. Hosseini Tayefeh, F., M. Izadian, A. Ashoori, l. Jolaee and E. Ebrahimi. (2021). Trends of waterbirds population changes in Fars province wetlands 1988-2018. *Environmental Sciences* 19(1): 177-196. (In Persian)
17. Janse, J. H., A. A. van Dam, E. M. A. Hes, J. J. M. de Klein, C. M. Finlayson, A. B. G. Janssen, D. van Wijk, W. M. Mooij and J. T. A. Verhoeven. (2019). Towards a global model for wetlands ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 36: 11-19.
18. Malekian, M., R. Salarpour and M. Ranaie. (2022). Wetland characteristics affect abundance and diversity of wintering birds: A case study in South-Western Iran. *Ecology and Evolution* 12(11): e9558.
19. Manaffar, R., H. Jabari, B. Feyzi, K. Zeynal zadeh and S. Moradkhani. (2022). survey of temporal and spatial changes of vegetation and water of Kani Barazan wetland using Landsat 8 satellite images in the period of 2013-2016. *Journal of Aquatic Ecology* 12(1): 17-26. (In Persian)
20. Mandal, M. H., B. Yasmin, A. Roy, S. Ghosh and G. Siddique. (2022). Investigating present status of foodplain wtlands as habitat of water birds and its determinants: an experience from lower part of Deltaic West Bengal, India.

Wetlands 42(7): 70-84.
21. Mao, D., Z. Wang, B. Du, L. Li, Y. Tian, M. Jia, Y. Zeng, K. Song, M. Jiang and Y. Wang. (2020). National wetland mapping in China: A new product resulting from object-based and hierarchical classification of Landsat 8 OLI images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 164: 11-25.
22. Moomaw, W. R., G. L. Chmura, G. T. Davies, C. M. Finlayson, B. A. Middleton, S. M. Natali, J. E. Perry, N. Roulet and A. E. Sutton-Grier. (2018). Wetlands in a changing climate: science, policy and management. *Wetlands* 38(2): 183-205.
23. Nazari, N., B. S. Esfandabad, J. Varvani, A. Ahmadi and H. Toranjzar. (2022). Land use changes around the wetland and diversity of waterfowl and shorebirds in Anzali, Almagol, Alagol, and Ajigol international wetlands (Iran). *Journal of Water and Soil Management and Modeling* 2(3): 27-39. (In Persian)
24. Newton, A., J. Icely, S. Cristina, G. M. Perillo, R. E. Turner, D. Ashan, S. Cragg, Y. Luo, C. Tu and Y. Li. (2020). Anthropogenic, direct pressures on coastal wetlands. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: e144.
25. Pritchard, D. (2022). The 'ecological character' of wetlands: a foundational concept in the Ramsar Convention, yet still cause for debate 50 years later. *Marine and Freshwater Research* 73(10): 1127-1133.
26. Rajpar, M. N. and M. Zakaria. (2011). Effects of water level fluctuation on waterbirds distribution and aquatic vegetation composition at natural wetland reserve, Peninsular Malaysia. *ISRN Ecology* 2011: e324038.
27. Rapinel, S., L. Panhelleux, G. Gayet, R. Vanacker, B. Lemercier, B. Laroche, F. Chambaud, A. Guelmami and L. Hubert-Moy. (2023). National wetland mapping using remote-sensing-derived environmental variables, archive field data, and artificial intelligence. *Heliyon* 9(2): e13482.
28. Roswell, M., J. Dushoff and R. Winfree. (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos* 130(3): 321-338.
29. Salarpour, R., M. Malekian and O. Ghadirian. (2021). Monitoring changes and ranking threat factors of Miangharan wetland, Khuzestan Province. *Journal of Natural Environment* 74(1): 83-95. (In Persian)
30. Salimi, S., S. Almuktar and M. Scholz. (2021). Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. *Journal of Environmental Management* 286: 112160.
31. Spooner, F. E. B., R. G. Pearson and R. Freeman. (2018). Rapid warming is associated with population decline among terrestrial birds and mammals globally. *Global Change Biology* 24(10): 4521-4531.
32. Tavernia, B., T. Meehan, J. Neill and J. Luft. (2021). Hydrology affects shorebirds, waterfowl, and other waterbirds at Bear River Bay, a globally important bird area. *Journal of Field Ornithology* 92(4): 388–401.
33. Tooth, S. (2018). The geomorphology of wetlands in drylands: Resilience, nonresilience, or …? *Geomorphology* 305: 33-48.
34. Van Roomen, M., E. van Winden and H. van Diek. (2008). Iran-Dutch Cooperation in Waterbird Monitoring 2004-2007 The Netherlands: DoE, Islamic Republic of Iran. 32 pp.
35. Wetlands International. (2010). Guidance on waterbird monitoring methodology: Field protocol for waterbird counting. available at: https://www.wetlands.org/publications/iwc-guidance-field-protocol-for-waterbird-counting/. Accessed on 25 January 2020.
36. Xu, Q., L. Zhou, S. Xia and J. Zhou. (2022). Impact of urbanisation intensity on bird diversity in river and wetlands around Chaohu Lake, China. *Animals* 12(4): e473.

Diversity and Abundance of Migratory Birds in Bandalikhan Wetland in Relation to Water Fluctuations and Drought

M. Abdollahabadi[1], M. Malekian[2*] and S. Pourmanafi[2]

(Received: March 12-2024; Accepted: May 19-2024)

Abstract

Wetlands are one of the most unique ecosystems on earth, and their destruction is a result of direct and indirect human interactions. This study examines the abundance and diversity of birds in the Bandalikhan wetland and their relationship with water fluctuations and drought over a 10-year period (2012-2022). Bird census data was collected, and species richness and diversity indices were calculated. The changes in the water level were determined using the normalized water difference index (NDWI) and Landsat images. Rainfall, temperature, and drought index were extracted from meteorological records, and their correlation was analyzed. Results showed that common teal (*Anas crecca*) and mallard (*Anas platyrhynchos*) were the most abundant birds, and the highest values of species diversity and richness indices were obtained for the wettest year (2019). Linear regression revealed a positive and significant relationship between NDWI and the number of bird species (R^2 = 0.72) and abundance (R^2 = 0.74) of birds. A significant relationship was found between the drought index and the number of species (R^2 = 0.62). To conserve the diversity and abundance of wetland birds, it is necessary to prevent large fluctuations in the water level, as this reduces the habitat suitability for birds.

Keywords: Species diversity, Climatic changes, NDWI index, Drought index

1. Graduate Student of Environmental Sciences, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Associate professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mmalekian@iut.ac.ir