(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

روند تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی پرندگان آبزی زمستان‌گذران تالاب‌های حوضه بختگان با استفاده از نتایج سرشماری نیمه‌زمستانه: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

- **فرهاد حسینی‌طایفه:** گروه تنوع‌زیستی و ایمنی‌زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران
- **منا ایزدیان*:** گروه تنوع‌زیستی و ایمنی‌زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران
- **سیدقاسم قربان‌زاده‌زعفرانی:** گروه تنوع‌زیستی و ایمنی‌زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران
- **صابر قاسمی:** گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- **لیلا جولایی:** اداره کل حفاظت محیط زیست فارس، شیراز، ایران
- **الهام ابراهیمی:** گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

تالاب‌های حوضه بختگان شامل کمجان، طشک و بختگان ازجمله مهم‌ترین زیستگاه‌های آبی درون سرزمینی پرندگان آبزی (آبزی و کنار آبزی) ایران هستند که در سال‌های اخیر به‌دلیل کاهش شدید تراز آبی و تغییرات زیستگاهی از کمیت و کیفیت آن‌ها برای پرندگان کاسته شده است. در این پژوهش روند تغییرات تنوع زیستی پرندگان آبزی تالاب‌های بختگان براساس مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای (شانون-وینر و سیمپسون)، غنا (مارگالف و منهینیک) و یکنواختی گونه‌ای (پیلو و سیمپسون E) با استفاده از نرم‌افزار SDR-IV طی دوره زمانی ۳۱ ساله (۱۳۹۶-۱۳۶۶) شامل دو بازه زمانی ده ساله (۱۳۹۶-۱۳۸۷ و ۱۳۸۶-۱۳۷۷) و یک بازه زمانی ۱۱ ساله (۱۳۷۶-۱۳۶۶) تشریح شده است. هم‌چنین مساحت سطح آبگیر تالاب‌ها در فصل مهاجرت پرندگان طی ماه‌های دی و بهمن هر سال با استفاده از تصاویر ماهواره LANDSAT محاسبه شد. مقایسه مقادیر شاخص‌های تنوع با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه در سه بازه زمانی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و شاخص غنای گونه‌ای پیلو در سه دهه مورد بررسی وجود ندارد (P>۰/۰۵، ۲/۱۳۲ پیلو، ۰/۹۹۵ سیمپسون، ۲/۰۸۲ شانون = $F_{۲,۲۸}$). کم‌ترین مقادیر شاخص مارگالف در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۷ بوده شده و تفاوت معنی‌داری با دهه قبل داشته است ولی با بازه زمانی ۱۳۷۶-۱۳۶۶ تفاوت معنی‌داری نداشته است. بیش‌ترین مقادیر شاخص غنای گونه‌ای منهنیک و سیمپسون E در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۷ بوده و تفاوت معنی‌داری با دهه‌های گذشته داشته است (P<۰/۰۵). مساحت سطح آبگیر تالاب در دهه ۶۰ و ۷۰ شمسی بیش‌ترین و در سال ۱۳۷۹ و در دهه اخیر کم‌ترین سطح را شاهد بوده است. به‌نظر می‌رسد نوسان تراز آبی و کاهش شدید پهنه‌های آبگیر تالاب‌های حوضه بختگان مهم‌ترین عامل تغییرات مقادیر شاخص‌های تنوع‌زیستی پرندگان آبزی تالاب‌ها بوده است. تامین حق‌آبه بوم‌شناختی، اجرای‌برنامه‌های مدیریت جامع تالاب و استقرار نظام مدیریت یک‌پارچه بوم‌سازگانی، از مهم‌ترین راهبردهای احیاء تنوع زیستی پرندگان آبزی تالاب‌های مورد مطالعه هستند.

کلمات کلیدی: تنوع زیستی، پرندگان آبزی، تنوع گونه‌ای، غنای گونه‌ای، یکنواختی گونه‌ای، تالاب بختگان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: izadian.mona@gmail.com

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

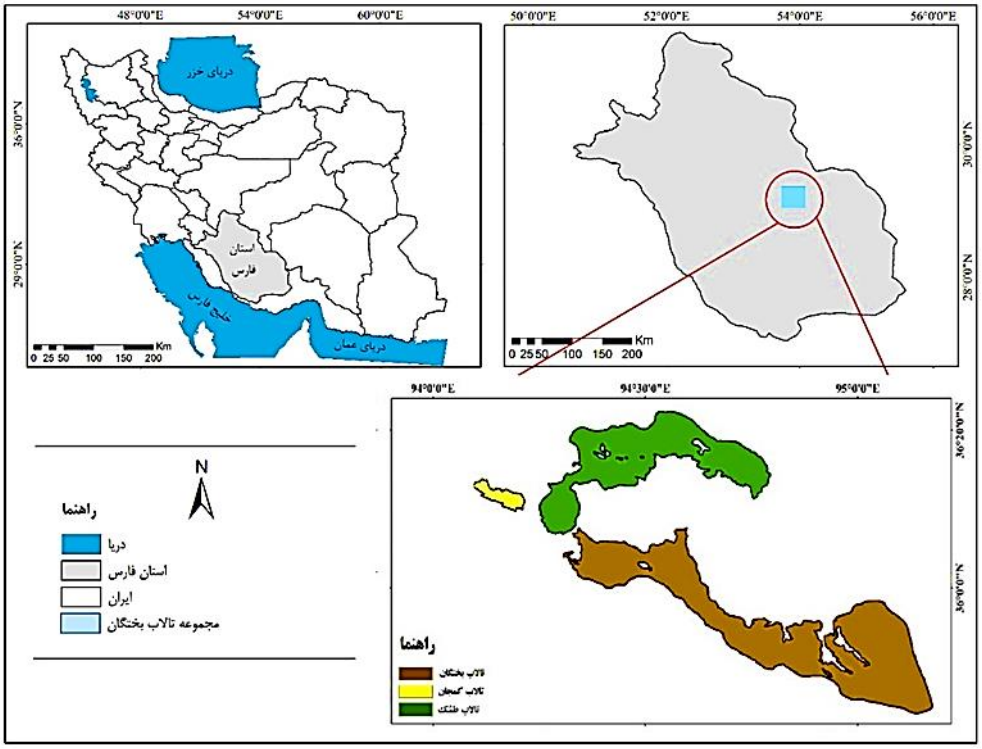
مقدمه

انجام مطالعات تنوع‌زیستی و ترکیب گونه‌ای برای الویت‌بندی و طراحی برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی در سطوح منطقه‌ای، ملی وبین‌المللی کاربرد دارد(Ohlmann و همکاران، ۲۰۱۹).واژه تنوع‌زیستی (Biological Diversity) یک پدیده چند بعدی است که دارای پیچیدگی‌های خاص خود بوده و ارائه تعریف روشن و دقیق از تنوع زیستی یکی از مسائل ضروری در مطالعات بوم‌شناختی بوده است (Hurlbert، ۱۹۷۱). تنوع زیستی در واقع فراوانی نسبی و تکرار گونه‌ها در یک سطح معین تعریف شده است (Tuomisto، ۲۰۱۰). ساده‌ترین روش برای محاسبه شاخص تنوع زیستی عبارت است از شمارش تعداد گونه‌های مشاهده شده و پراکنش تعداد افراد در بین گونه‌ها در یک زیستگاه که متأثر از اندازه سطح نمونه‌برداری است (Lioyd و Ghelardi، ۱۹۶۴؛ Krebs، ۱۹۹۴). مطالعات تنوع زیستی در مقیاس زمانی و مکانی، مدل‌سازی، تهیه نقشه پراکنش گونه‌ها، الگوهای تنوع زیستی و محاسبه شاخص‌های تنوع از جمله مهم‌ترین موضوعات مورد علاقه پژوهش‌گران هستند (Whittaker و همکاران، ۲۰۰۱). انتخاب یک شاخص مناسب که بتواند تنوع زیستی را به‌خوبی بیان نماید یک مرحله مهم در مطالعات تنوع زیستی بوده است. محاسبه شاخص تنوع زیستی از قرن ۱۹ میلادی به‌طور مداوم در سطح جهانی انجام شده است. Fisher در سال ۱۹۴۳، Hill در سال ۱۹۷۳، Hurlbert در سال ۱۹۷۳ و Peet در سال ۱۹۷۵ روابطی را برای محاسبه شاخص تنوع زیستی معرفی کرده‌اند (Magurran، ۲۰۰۴). روند محاسبه شاخص تنوع‌زیستی بیانگر اهمیت بالای این شاخص‌ها در مطالعات بوم‌شناختی می‌باشد. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد شاخص‌های تنوع گونه‌ای در سه سطح تنوع گونه‌ای (Species Diversity)، غنای گونه‌ای (Species Richness) و ضریب یکنواختی (Evenness Index) بیان شده‌اند (Magurran، ۲۰۰۴؛ Newton، ۲۰۰۷؛ MacDonald و همکاران، ۲۰۱۰). پرندگان آبزی و کنار آبزی که در این پژوهش به اختصار پرندگان "آبزی" آورده می‌شود اغلب به‌صورت دسته‌ها و اجتماعات کوچک و بزرگ در زیستگاه‌های تالابی دیده شده و تغییرات سالانه در تنوع، تعداد و پراکنش آن‌ها بستگی به منابع زیستگاهی و شرایط آب و هوایی دارد(Schreiber و Burger، ۲۰۰۲؛ Nilsson، ۲۰۰۸؛ Musilova و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی روند تغییرات تنوع زیستی پرندگان آبزی به‌عنوان یک شاخص زیستی می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت سلامت بوم‌سازگان‌های تالابی باشد(Amat و Green، ۲۰۱۰؛ Stolen و همکاران، ۲۰۰۵). محاسبه شاخص‌های تنوع پرندگان به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی وضعیت زیستگاهی و مدیریت تالاب‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (Schreiber و Burger، ۲۰۰۲؛ Butchart و همکاران، ۲۰۱۰؛ Van Strien و همکاران، ۲۰۱۶). شمارش پرندگان آبزی در سطح بین‌المللی یکی از قدیمی‌ترین و فراگیرترین برنامه‌های جاری پایش هماهنگ و هم‌زمان تنوع زیستی درجهان بوده و اطلاعات به‌دست آمده از این برنامه از ارزش قابل توجه علمی در محاسبه شاخص‌های تنوع‌زیستی پرندگان برخوردار است(Wetlands International، ۲۰۱۵). ایران همگام با بسیاری از کشورهای اروپایی و به‌عنوان اولین کشور غرب آسیا از سال ۱۳۴۶ به برنامه سرشماری بین‌المللی پرندگان آبزی International Waterbirds Census (IWC) پیوست (Scott، ۲۰۱۰). اولین سرشماری پرندگان آبزی در ایران در تالاب‌های استان فارس در دی ماه ۱۳۴۶ انجام گردید و در پنج دهه اخیر نیز ادامه یافته است.مطالعات شاخص‌های تنوع‌زیستی تالاب‌های استان فارس براساس نتایج برنامه‌های سرشماری برای تالاب‌های کافتر (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۸) دریاچه سد سیوند (بهروزی‌راد و همکاران، ۱۳۸۹)، تالاب ارژن (طبیعی و نصیری، ۱۳۹۲) و تالاب پریشان (طبیعی، ۱۳۸۸: گودرزیان و عرفانی‌فرد، ۱۳۹۰ و Goudarzian و Erfanifard، ۲۰۱۷) انجام شده است. علی‌رغم انجام مطلوب برنامه سرشماری پرندگان آبزی و شناسایی گونه‌ها تالاب‌های حوضه بختگان، تاکنون تجزیه و تحلیل جامع از تنوع‌زیستی پرندگان این تالاب‌ها انجام نشده و در تنها پژوهش منتشرشده توسط امینی‌نسب و رادمنش(۱۳۸۹) شاخص‌های تنوع‌زیستی پرندگان زمستان‌گذر شامل غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ای تالاب بختگان بین سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ را مقایسه نمودند. تالاب‌های بین المللی حوضه بختگان (بختگان، طشک و کمجان)به‌عنوان ذخیره‌گاه زیستکره در سال‌های اخیر به‌دلیل کاهش شدید سطح آبگیری و تغییرات زیستگاهی به‌شدت در معرض تهدید قرار گرفته است(حسینی‌طایفه و همکاران، ۱۳۹۸). این تالاب در حال حاضر به‌دلیل از دست دادن شرایط احراز معیارهای معاهده تالاب‌های بین‌المللی رامسر در فهرست تالاب‌های در معرض تهدید (مونترو) قرار گرفته‌است (باقرزاده‌کریمی، ۱۳۹۶). در این پژوهش شاخص‌های تنوع گونه‌ای پرندگان در سه سطح تنوع گونه‌ای (شانون-وینر Shannon-Wiener و سیمپسون Simpson D)،غنای گونه‌ای(مارگالف Margalef ومینهینیک Minhinick)وضریب یکنواختی (پیلو Pielou و سیمپسون Simpson E) و روند تغییرات آن‌ها از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ در یک دوره ۳۱ ساله محاسبه شده است. هم‌چنین روند تغییرات سطح آبگیر تالاب‌ها و ارتباط آن با تنوع پرندگان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه در مدیریت زیست‌بومی تالاب‌ها، تدوین برنامه احیاء و ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظتی تالاب‌ها کاربرد خواهد داشت.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی: موقعیت جغرافیایی تالاب‌های حوضه بختگان شامل کمجان، طشک و بختگان در شکل ۱ نشان داده شده است. تالاب‌های طشک و بختگان در سال‌های پرآبی دومین دریاچه پرآب و بزرگ داخلی کشور محسوب می‌شود و حوضه آبخیزی به وسعت ۲/۷ میلیون هکتار دارد. تالاب کمجان در بالادست دریاچه‌های طشک و بختگان قرار گرفته است و در حال حاضر کاملاً زهکشی می‌شود و شامل دو کانال آب و نی‌زارهای واقع اراضی مرطوب می‌باشد. تالاب‌های بختگان، طشک و تالاب کمجان در زمان پر آبی به‌هم می‌پیوندند و وسعتی معادل ۳۳۸ هزار هکتار را تحت پوشش قرار می‌دهند. مساحت دریاچه‌های طشک و بختگان به‌ترتیب ۴۱۰۰۰ هکتار و ۸۵۰۰۰ هکتار است که در ارتفاع ۱۵۲۵ از سطح دریاهای آزاد قرار دارد. حداکثر عمق دریاچه بختگان ۲ متر و تالاب طشک ۱/۳ متر برآورد شده است. عمق متوسط هر دو تالاب ۵۰-۳۰ سانتی‌متر محاسبه شده است. در مصب رودخانه و چشمه‌های ورودی به تالاب‌ها دارای آب شیرین بوده ولی شوری آب با گسترش دریاچه به سمت شمال‌شرقی تا شرق به‌تدریج افزایش می‌یابد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰: برنامه مدیریت جامع تالاب‌های بختگان، طشک و کمجان ۱۳۹۶). پارک ملی بختگان شامل دریاچه طشک و بختگان همراه با اراضی کوهستانی حاشیه آن در سال ۱۳۴۷ طی مصوبه شماره ۷ شورای عالی محیط زیست به‌عنوان منطقه حفاظت شده تحت مدیریت سازمان قرار گرفت و طی مصوبه شماره ۶۳ مورخ ۱۳۵۴ در سطحی در حدود ۳۲۷۸۲۰ هکتار تبدیل به پناهگاه حیات‌وحش شد. در سال ۱۳۵۴ بخش‌هایی از تالاب بختگان، کمجان و طشک به وسعت ۱۰۸ هزار هکتار در فهرست تالاب بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسید و براساس مصوبه شماره ۱۴۲ مورخ ۱۳۷۴ شورای عالی محیط زیست به دو منطقه به عناوین پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش بختگان تبدیل شد (برنامه مدیریت جامع تالاب‌های بختگان، طشک و کمجان ۱۳۹۶).



شکل ۱: موقعیت تالاب‌های حوضه بختگان شامل کمجان، طشک و بختگان در استان فارس

جمع‌آوری داده‌ها: در این پژوهش داده‌های ۳۱ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶) سرشماری پرندگان آبزی مهاجر زمستان‌گذران در تالاب‌های حوضه بختگان از دفتر حفاظت و مدیریت حیات‌وحش سازمان حفاظت محیط‌زیست دریافت شد. گرچه سرشماری پرندگان آبزی از سال ۱۳۴۶ در تالاب بختگان انجام شده است ولی طی سال‌های ۱۳۴۵ تا سال ۱۳۶۵ سرشماری‌ها تنها شامل مرغابی‌ها و چنگرها بوده است و از سال ۱۳۶۶ سایر گونه‌های پرندگان آبزی نیز به فهرست سرشماری اضافه شده‌اند (Scott، ۲۰۱۰). در این راستا تنها داده‌های محدوده زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۶ دارای گونه‌های مشابهی برای تجزیه و تحلیل آماری تنوع‌زیستی گونه‌ها بوده‌اند. هم‌چنین برای همسان‌سازی گونه‌های

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

مورد بررسی در این پژوهش تنها گونه‌های آبزی و کنارآبزی تجزیه تحلیل شده و گونه‌های همراه (Additional Species) گزارش شده در داده‌های سرشماری حذف شدند. داده‌های سرشماری نشان می‌دهد که تالاب‌های بختگان شامل بختگان، طشک و کمجان در ۲۳ سال به‌صورت مجزا و در هشت سال به‌صورت یکپارچه و تحت عنوان "بختگان و طشک" گزارش شده‌اند. هم‌چنین به‌دلیل هم‌جواری این تالاب‌ها و ارتباط بین جمعیت پرندگان آن‌ها مقرر گردید مجموع جمعیت هر سه تالاب به‌عنوان "تالاب‌های حوضه بختگان" مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. برای محاسبه مساحت سطح آبگیر از تصاویر ماهواره‌ای لندست (LANDSAT 1-9) و با استفاده از سنجنده‌های MMS, TM, ETM, OLI& TIR, OLI_2 & TIR_2 استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای از سایت www.earthexplorer.usgs.gov دریافت گردید. به‌دلیل اهمیت پهنه‌های آبی برای پرندگان آبزی و فصل مهاجرت پرندگان و هم‌چنین زمان شمارش آن‌ها و برای یکسان‌سازی خروجی تصاویر، محدوده زمانی برای هر سال اواسط دی تا اواسط بهمن انتخاب شد. این تصاویر برای سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۶ به‌دلیل وجود داده‌های سرشماری پرندگان آبزی مشخص شده است. سپس تصاویر مورد نظر دریافت و در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.7 تجزیه و تحلیل شد. به منظور بررسی وضعیت سطح آبگیر تالاب‌ها و تدقیق داده‌های سرشماری و تصاویر ماهواره‌ای چهار مرحله بازدید میدانی در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ انجام گردید.

روش‌های آماری

محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی: شاخص‌های تنوع پرندگان آبزی تالاب‌های حوضه بختگان با استفاده از نرم‌افزار SDR-IV (Species Diversity and Richness) محاسبه گردید (Magurran، ۲۰۰۴؛ Seaby و Henderson، ۲۰۰۶). این شاخص‌ها عبارتند از:

شاخص‌های تنوع گونه‌ای Species Diversity: اصلی‌ترین سطح تنوع آلفا به مفهوم تعداد گونه‌های موجود و فراوانی آن‌ها در یک محدوده جغرافیایی است که مقدار آن با افزایش تعداد گونه‌های موجود افزایش می‌یابد. شاخص‌های تنوع یکی از روش‌های ارزیابی تنوع گونه‌ای می‌باشند.

شاخص شانون–وینر (Shannon-Wiener Index): متداول‌ترین شاخص برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای بوده که در سال ۱۹۴۹ معرفی شد. مقدار این شاخص برای داده‌های بوم‌شناختی معمولاً بین ۱/۵ و ۳/۵ و به‌ندرت ۴/۵ قرار دارد. هر چه مقدار این شاخص بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تنوع بیش‌تر است (Shannon-Wiener، ۱۹۴۹).

$$H = -\sum_{i-1}^{S} p_i \log_e P \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

H: شاخص تنوع شانون، P_i: فراوانی نسبی هر یک از گونه‌ها یعنی نسبت افراد هر گونه به کل افراد آن جامعه، S: تعداد گونه‌ها یا به عبارت بهتر غنای گونه‌ای (Species richness)، n_i: تعداد افراد در گونه i ام، N: کل افراد در نمونه

شاخص سیمپسون D (Simpson's Index): این شاخص در واقع احتمال این که فرد دوم گرفته شده از جمعیت متعلق به همان گونه اول باشد را بیان می‌کند. در این شاخص فرض بر این است که کلیه گونه‌های موجود در جامعه، در نمونه‌های جمع‌آوری شده حضور دارند و این نمونه‌ها نماینده جامعه موردنظر محسوب می‌شوند. این شاخص به‌تغییرات گونه‌های فراوان‌تر حساس است. همانند شاخص شانون، هر چه مقدار محاسبه شده این شاخص نیز بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تنوع گونه‌ای است (Simpson، ۱۹۴۹). شاخص سیمپسون از معنی‌دارترین و قوی‌ترین شاخص‌های تنوع گونه‌ای است (Magurran، ۱۹۹۸).

$$C = \sum_{i}^{S} p_i^{۲} \qquad p_i = \frac{n_i(n_i - ۱)}{N(N - ۱)}$$

S: تعداد گونه‌های مشاهده شده، n_i: تعداد افراد در گونه i ام، N: کل افراد در نمونه

برای این که از شاخص سیمپسون به‌طریقی استفاده کرد که با بزرگ‌تر شدن شاخص، تنوع نیز بیش‌تر شود از شاخصی به‌نام D استفاده می‌شود که معادله آن به این شکل است: $D = \frac{۱}{C}$

شاخص‌های غنای گونه‌ای Species Richness: در این پژوهش از شاخص مارگالف و مینهینیک استفاده شده است.

شاخص مارگالف (Margalef): این شاخص تعداد گونه‌ها را نسبت به تعداد کل افراد در منطقه نشان می‌دهد، بنابراین برای مقایسه تنوع گونه‌ای بین دو منطقه نمونه‌برداری یا دو بازه زمانی استفاده می‌شود:

$$D = \frac{(S - ۱)}{\ln N}$$

S: تعداد کل گونه‌ها، N: تعداد کل افراد، ln: لگاریتم طبیعی

هر چه مقدار محاسبه شده این شاخص بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تنوع گونه‌ای بیش‌تر است.

شاخص مینهینیک (Menhinick Index): این شاخص تحت عنوان Dmn از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود (Whittaker، ۱۹۷۷):

$$Dmn = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

N: تعداد کل افراد در نمونه، S: تعداد گونه‌ها

شاخص‌های یکنواختی گونه‌ای Species Evenness: چهارده روش اندازه‌گیری Equitability یا Evenness توسط برنامه SDR-IV ارایه شده است. در حقیقت شاخص یکنواختی، چگونگی توزیع فراوانی افراد را بین گونه‌ها نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر یکنواختی بیان‌گر میزان تعادل در فراوانی گونه‌ها است. در بین جوامعی که دارای غنای گونه‌ای

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

یکسان هستند جامعه‌ای که یکنواخت‌تر (توزیع یکسان افراد بین گونه‌ها) باشد از هموژنیتی یا تنوع بیش‌تری برخوردار است و جوامعی که بیش‌تر هتروژن (توزیع بسیار متفاوت فراوانی گونه‌ها) باشند از تنوع پایین‌تری برخوردارند. در این پژوهش از دو شاخص پیلو Pielou و سیمپسون E استفاده شده است.

شاخص پیلو (All Sample) Pielou: در محاسبه این شاخص از شاخص شانون-وینر استفاده می‌شود. حداکثر مقدار این شاخص مساوی با log (S) است. مقدار این شاخص بین ۰-۱ می‌باشد و هنگامی‌که این مقدار به یک نزدیک‌شود به این معنی است که یکنواختی گونه‌ها زیاد می‌باشد و نسبت فراوانی گونه‌های مشخصی در یک منطقه مشخص بیش‌تر است (Pielou، ۱۹۷۵):

$$J = H/\log(S)$$

J: شاخص پیلو، H: شاخص تنوع گونه‌ای Shannon-Wiener، S: تعداد کل گونه‌ها

شاخص سیمپسون E (Simpson's Index): مقدار این شاخص بین ۰-۱ می‌باشد و هنگامی‌که این مقدار به صفر نزدیک شود به این معنی است که یکنواختی گونه‌ها به حداقل می‌رسد. این شاخص از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود (Simpson، ۱۹۴۹؛ Krebs، ۱۹۹۴):

$$E = \frac{1/D}{S}$$

D: شاخص سیمپسون، S: تعداد کل گونه‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری مقادیر شاخص‌های تنوع مقرر گردید میانگین مقادیر هر شاخص در دو بازه زمانی ده ساله (۱۳۹۶-۱۳۸۷ و ۱۳۸۶-۱۳۷۷) و یک بازه زمانی یازده ساله (۱۳۶۶-۱۳۷۶) قرار گرفته و با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) تفاوت میانگین مقادیر هر شاخص محاسبه شد. درصورت وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌ها در بازه‌های زمانی مشخص شده، تفاوت معنی‌داری میانگین هر شاخص با استفاده از آزمون معنی‌داری توکی (Tukey Significant Difference Test) مشخص شد. سطح معنی‌داری آزمون در این تحقیق α=۰/۰۵ در نظر گرفته شده و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS20 استفاده شده است.

نتایج

تنوع گونه‌ای پرندگان آبزی تالاب بختگان: براساس نتایج سرشماری نیمه‌زمستانه پرندگان آبزی طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۶ در مجموع تعداد ۸۸ گونه از ۱۷ خانواده ثبت‌کردید (جدول ۱).

جدول ۱: جمعیت و تعداد گونه پرندگان آبزی تالاب بختگان به تفکیک خانواده طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۶

سال	خانواده (تعداد گونه)	مرغابیان (۱۹)	کشیمیان (۴)	فلامینگوئیان (۱)	لک‌لکیان (۴)	اگرسانان (۸)	حواصیلیان (۸)	پلیکانیان (۲)	پالاکرئیان (۱)	پیلو پیلی (۴)	درنایان (۱)	صدف‌خوارئیان (۱)	نوک‌خنجریان (۴)	سلیمیان (۸)	آبچلیکیان (۱۸)	گلارپولیان (۱)	گاگانیان (۱۱)	پرستوک‌دریاییان (۳)	جمع کل	تعداد گونه‌ها
۱۳۶۶		۲۰۰۸۰۴	۰	۵۶۵۹۰	۲۲	۰	۵۳۳	۱۰	۲۳۰	۱۲۸۰	۲۹۷۳	۰	۴۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۰	۰	۰	۲۶۳۴۹۲	۲۰
۱۳۶۷		۱۷۷۵۱۷	۰	۷۳۴۳۰	۱۵۰	۴۵۰	۵۷	۰	۱۰۰	۰	۳۴۲۷	۰	۰	۰	۳۹۰۰	۰	۲۲۰۰	۰	۲۶۱۲۳۱	۱۵
۱۳۶۸		۶۴۲۸۲	۰	۰	۳۲۰	۴۷۰	۰	۰	۰	۷۰۰	۲۱۲۸	۰	۰	۸۰۰	۰	۰	۰	۰	۶۸۷۰۰	۱۴
۱۳۶۹		۲۷۶۵۳	۲۳۶	۳۲۰۰۰	۰	۰	۲۶۴	۶۷	۳۸	۵۰۰۸	۱۸۵۶	۶۳	۵۷	۰	۴۶۹	۰	۲۵۰۰	۰	۷۰۲۱۱	۳۰
۱۳۷۰		۹۹۰۷۴	۱۵۱	۵۰۴۰۰	۱۲۸	۱۲۵	۱۹۰	۰	۲۳۰	۷۸۰	۲۲۸۲	۰	۱۰۳۷	۵۵۵	۱۵۳۷	۰	۳۶۴	۲۱	۱۵۶۸۷۴	۳۶
۱۳۷۱		۱۸۱۹۸۸	۷۲۵	۵۳۹۸۵	۱۳	۲۵۰	۳۸۳	۰	۲۶۷	۰	۷۱۱	۰	۱۸۳۰	۵۴۰	۴۴۱۱	۰	۳۲۳۰	۰	۲۴۸۲۳۳	۳۴
۱۳۷۲		۱۲۴۷۹۸	۵۷۶	۴۷۲۵۱	۱۶۰	۱۱۶	۱۰۹۵	۳۳	۳۵۲	۱۹۷۹۰	۹۴۰	۰	۲۰۰	۱۳۱۳	۸۶۷۵	۰	۱۱۰۵۲	۰	۲۱۶۳۵۱	۴۶
۱۳۷۳		۶۳۲۵۱۰	۱۷۴	۶۲۵۰۰	۲۲۸	۱۳۰	۷۵۸	۰	۰	۵۲۹۲۰	۵۱۰	۰	۱۱۵۰	۶۶۰	۷۶۳۰	۰	۱۱۶۰	۰	۷۶۰۳۳۰	۲۶
۱۳۷۴		۵۳۶۶۲۹	۵۵۰	۴۱۸۳۰	۱۴	۳۰۵	۱۰۷۲	۰	۱۰۰۲	۱۴۲۸۵۲	۱۶۴۳	۰	۸۹	۲۱۱	۱۰۲۹۵	۰	۲۲۹۲	۳۱	۷۳۸۸۰۵	۴۰
۱۳۷۵		۳۵۳۰۴۷	۲۴۸۸	۹۱۵۳۳	۳۴	۲۰	۲۰۳	۰	۸۸۷	۲۴۶۴۷۵	۳۲۹۵	۰	۸۰	۱۶۳	۵۶۵	۰	۶۵۰	۱۷۴	۶۹۹۶۱۴	۴۲
۱۳۷۶		۱۱۱۱۵۱	۳۶۲	۱۰۹۹۵۳	۸	۲۲۷	۱۹۳	۰	۳۱۶	۳۷۸	۳۴۲	۰	۱۱۷	۴۴۴	۷۵۴	۰	۲۹۴	۰	۲۲۴۵۳۹	۴۰
۱۳۷۷		۱۷۱۶۱۸	۱۴۹۹۱	۹۳۱۵۰	۷	۱۳۶	۸۴	۰	۵۷۳	۳۴	۱۹۷۵	۰	۴۲۵۱	۲۷۴	۵۱۵۱	۰	۸۹۸۵	۲۱۵	۳۰۱۴۴۴	۴۲
۱۳۷۸		۲۲۱۲۸۷	۲۷۸۳	۸۰۱۰۰	۱۱۰	۴۱۳	۶۹۳	۰	۱۱۷۳	۴۹۴۴۴	۲۸۴۰	۰	۸۸۶	۱۴۱۰	۱۹۹۲	۱۲	۶۴۰۰	۰	۲۷۰۵۴۳	۴۶
۱۳۷۹		۱۵۱۰۹	۰	۱۹۲۸۵	۰	۰	۱۴۵	۰	۱۹	۰	۱۰۰۱	۰	۷۰	۰	۲۱۳	۰	۲	۰	۳۵۸۴۴	۲۱
۱۳۸۰		۲۱۸۹۰	۰	۲۶۵۰۰	۰	۰	۴۰۳	۰	۰	۰	۹۸۰	۰	۴۵۳	۸۹۲	۴۹۳	۰	۳۳۰	۰	۵۱۹۴۱	۲۱
۱۳۸۱		۱۳۲۹۲	۱۲۷	۵۸۹۵۰	۰	۰	۱۷۴	۰	۰	۱۷۰	۰	۰	۸۶۵	۹۸۲	۵۵۳	۰	۶۱۴	۰	۷۵۷۲۷	۳۰
۱۳۸۲		۱۳۵۰۷۲	۳۵۸	۶۷۸۸۷	۵۷	۱۳	۴۲۰	۰	۸۱	۳۱۸	۳۷	۰	۲۵۲	۱۷۸۴	۱۷۰۷	۰	۱۴۶۶	۰	۲۰۹۴۵۲	۴۵
۱۳۸۳		۷۲۷۲۰	۱۴۰۷	۱۰۲۶۷۵	۳۶۰	۰	۵۰۶	۰	۴۳۶	۲۴۴۱۲	۷۸۷	۰	۱۶۷	۲۹۰	۳۳۰	۰	۹۷۰۳	۰	۲۱۲۷۹۳	۴۰
۱۳۸۴		۸۳۴۶	۱۰۱۸	۴۵۸۱۷	۱۲۷	۰	۱۸۱	۰	۱۵۳	۱۸۹	۸۸۲	۰	۲۵۹	۱۷۱	۵۲۵	۰	۱۶۴۲	۰	۵۹۳۱۰	۲۸
۱۳۸۵		۱۲۳۵۸	۲۵	۹۲۹۴۴	۲۶	۰	۸۶	۰	۲۴	۲۶	۲۴۱	۰	۱۴۲	۱۴۱	۱۵۲	۰	۶۲	۰	۱۰۶۲۲۷	۳۱
۱۳۸۶		۱۳۷۹۰	۱۳۴	۲۷۸۲۰	۰	۰	۱۲۳	۰	۰	۲۴	۷۷۳	۰	۳۱	۴۵	۵۲	۰	۲	۰	۴۲۷۹۴	۱۸
۱۳۸۷		۲۹۴۷	۰	۴۸۱۵	۰	۰	۲	۰	۰	۲	۱۴۵	۰	۷	۳۰	۱۱۵	۰	۵	۰	۸۰۶۸	۲۰
۱۳۸۸		۳۲۷۶	۲۳	۹۰۰۳	۰	۰	۳	۰	۰	۳	۱۲۳	۰	۲	۰	۲۹	۰	۶	۰	۱۲۴۶۸	۱۳
۱۳۸۹		۶۰۸۴	۲	۴۰۰۰	۰	۰	۱۵۴	۰	۰	۰	۴۱۸	۰	۹۲	۹	۳۳۵	۰	۲۲	۰	۱۱۱۱۶	۲۲
۱۳۹۰		۲۵۵۶	۲	۱۱۰۰	۰	۰	۴۰	۰	۰	۰	۱۴۸	۰	۲۳	۰	۱۶	۰	۳	۰	۳۸۸۸	۱۶
۱۳۹۱		۳۲۴۲	۰	۱۲۲۴	۰	۰	۲۸	۰	۰	۰	۱۲۲۰	۰	۲۵۷	۱۳۵	۱۹	۰	۷	۰	۶۱۴۲	۱۸
۱۳۹۱		۱۰۰۸۰	۲	۲۰۴	۰	۰	۲۵۱	۰	۰	۷	۱۳۵۵	۰	۳۵	۱۷	۱۵۵	۰	۰	۰	۱۲۱۰۶	۱۸
۱۳۹۳		۱۵۴۵	۰	۳۵	۰	۰	۵	۰	۰	۱۲	۶۸۶	۰	۳۰	۰	۱۶	۰	۵۹	۰	۲۳۸۸	۱۷
۱۳۹۴		۱۱۳۵	۰	۴۹	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۶۷۴	۰	۲۱	۲۹	۶۲	۰	۱	۰	۱۹۷۸	۲۲
۱۳۹۵		۱۴۹۵	۲	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۴	۱۶۰۰	۰	۷۰	۴	۰	۰	۰	۰	۳۱۷۷	۱۱
۱۳۹۶		۳۳۵۶	۰	۰	۰	۲	۲	۰	۰	۰	۱۵۰۰	۰	۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹۱۱	۱۱

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

بیش‌ترین تعداد گونه در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ با ۴۶ گونه و کم‌ترین آن در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ با ۱۱ گونه بوده است. بیش‌ترین فراوانی گونه برای هر خانواده مربوط به خانواده‌های مرغابیان و آبچلیکیان به‌ترتیب با ۱۹ و ۱۸ گونه بوده و فلامینگویان، درناییان، صدف‌خواران، باکلانیان و گلاریولیان تنها دارای یک گونه بوده‌اند. بیش‌ترین جمعیت شمارش شده در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۳ به‌ترتیب با ۷۳۸۸۰۵ و ۶۹۹۶۱۴ فرد و کم‌ترین آن در سال ۱۳۹۶ با ۴۹۱۱ فرد بوده است. نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای (شانون-وینر و سیمپسون D)، غنا (مارگالف و منهینیک) و یکنواختی گونه‌ای (پیلو و سیمپسون E) تالاب بختگان در جدول ۲ و شکل ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر شاخص‌های مورد بررسی در ۳۱ سال گذشته نوسانات زیادی داشته و بالاترین مقادیر در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ شمسی مشاهده شده است. مقادیر شاخص‌های تنوع در سال ۱۳۸۶ و سال‌های اخیر تنوع گونه‌ای پایین‌تری را نشان داده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد، میانگین مقادیر شاخص‌های تنوع پرندگان در تالاب‌های حوضه بختگان تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک و شاخص یکنواختی گونه‌ای سیمپسون دارند و در سایر شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). میانگین مقادیر ده ساله شاخص‌های تنوع پرندگان در تالاب‌های حوضه بختگان در جدول ۴ آمده است. براساس نتایج آزمون معنی‌داری توکی، کم‌ترین مقادیر شاخص مارگالف در دهه ۱۳۹۶-۱۳۸۷ بوده و تفاوت معنی‌داری با دهه گذشته داشته است ($P<0/5$) ولی با بازه زمانی ۱۳۷۶-۱۳۶۶ تفاوت معنی‌داری نداشته است. بیش‌ترین مقادیر شاخص منهنیک نیز در ده سال اخیر بوده و به دهه‌های گذشته تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهد. هم‌چنین مقادیر شاخص یکنواختی گونه‌ای سیمپسون E در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۷ دارای کم‌ترین یکنواختی بوده و تفاوت معنی‌داری با دهه‌های گذشته داشته است ($P<0/5$).

جدول ۲: مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای تالاب بختگان: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

سال	شانون-وینر	سیمپسون D	مارگالف	منهینیک	پیلو	سیمپسون E
۱۳۶۶	۱/۷۵	۴/۳۱	۱/۵۲	۰/۰۴	۰/۳۷	۰/۲۲
۱۳۶۷	۱/۵۲	۳/۰۷	۱/۴۴	۰/۰۴	۰/۳۲	۰/۱۶
۱۳۶۸	۱/۴۶	۳/۵۰	۱/۱۷	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۱۸
۱۳۶۹	۱/۹۵	۴/۰۶	۲/۶۰	۰/۱۱	۰/۴۱	۰/۱۴
۱۳۷۰	۱/۸۳	۴/۴۰	۲/۹۳	۰/۰۹	۰/۳۸	۰/۱۲
۱۳۷۱	۱/۹۶	۵/۱۹	۲/۶۶	۰/۰۷	۰/۴۱	۰/۱۵
۱۳۷۲	۲/۳۵	۶/۹۳	۳/۶۶	۰/۱۰	۰/۴۹	۰/۱۵
۱۳۷۳	۱/۵۷	۳/۷۰	۱/۸۵	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۱۴
۱۳۷۴	۱/۸۴	۴/۹۸	۲/۸۹	۰/۰۵	۰/۳۹	۰/۱۲
۱۳۷۵	۱/۹۰	۴/۸۳	۳/۰۵	۰/۰۵	۰/۴۰	۰/۱۱
۱۳۷۶	۱/۶۱	۳/۳۸	۳/۱۷	۰/۰۸	۰/۳۴	۰/۰۸
۱۳۷۷	۲/۲۸	۶/۵۳	۳/۲۵	۰/۰۸	۰/۴۸	۰/۱۶
۱۳۷۸	۲/۳۱	۷/۵۰	۳/۵۱	۰/۰۸	۰/۴۹	۰/۱۶
۱۳۷۹	۱/۶۳	۳/۰۴	۱/۹۱	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۱۴
۱۳۸۰	۱/۷۰	۳/۲۱	۱/۸۴	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۱۵
۱۳۸۱	۱/۰۵	۱/۶۳	۲/۵۸	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۰۵
۱۳۸۲	۲/۰۲	۵/۳۵	۳/۵۹	۰/۱۰	۰/۴۲	۰/۱۲
۱۳۸۳	۱/۴۹	۳/۰۷	۳/۱۸	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۰۸
۱۳۸۴	۱/۰۱	۱/۶۵	۲/۴۶	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۰۶
۱۳۸۵	۰/۵۹	۱/۳۰	۲/۵۹	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰۴
۱۳۸۶	۱/۰۱	۲/۱۱	۱/۵۹	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱۲
۱۳۸۷	۱/۱۹	۲/۳۸	۲/۱۱	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۲
۱۳۸۸	۰/۹۵	۱/۸۳	۱/۲۷	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۱۴
۱۳۸۹	۱/۳۵	۲/۸۱	۲/۲۵	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۱۳
۱۳۹۰	۱/۴۶	۳/۶۵	۱/۸۲	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۳
۱۳۹۱	۱/۸۹	۵/۴۱	۱/۹۵	۰/۲۳	۰/۴۰	۰/۳۰
۱۳۹۱	۱/۶۴	۳/۶۳	۱/۸۱	۰/۱۶	۰/۳۴	۰/۲۰
۱۳۹۳	۱/۶۴	۳/۶۲	۲/۰۶	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۲۱
۱۳۹۴	۱/۸۰	۴/۴۲	۲/۷۷	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۲۰
۱۳۹۵	۱/۱۴	۲/۵۰	۱/۲۴	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۲۳
۱۳۹۶	۱/۵۹	۴/۳۴	۱/۱۸	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۳۹
شاخص کل نمونه‌ها	**۲/۲۱**	**۶/۲۲**	**۵/۶۹**	**۰/۰۴**	**۰/۴۶**	**۰/۰۷**
خطای معیار جک‌نایف	**۰/۰۸**	**۰/۴۷**	**۰/۲۸**	**۰/۰۰**	**۰/۰۲**	**۰/۰۱**

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

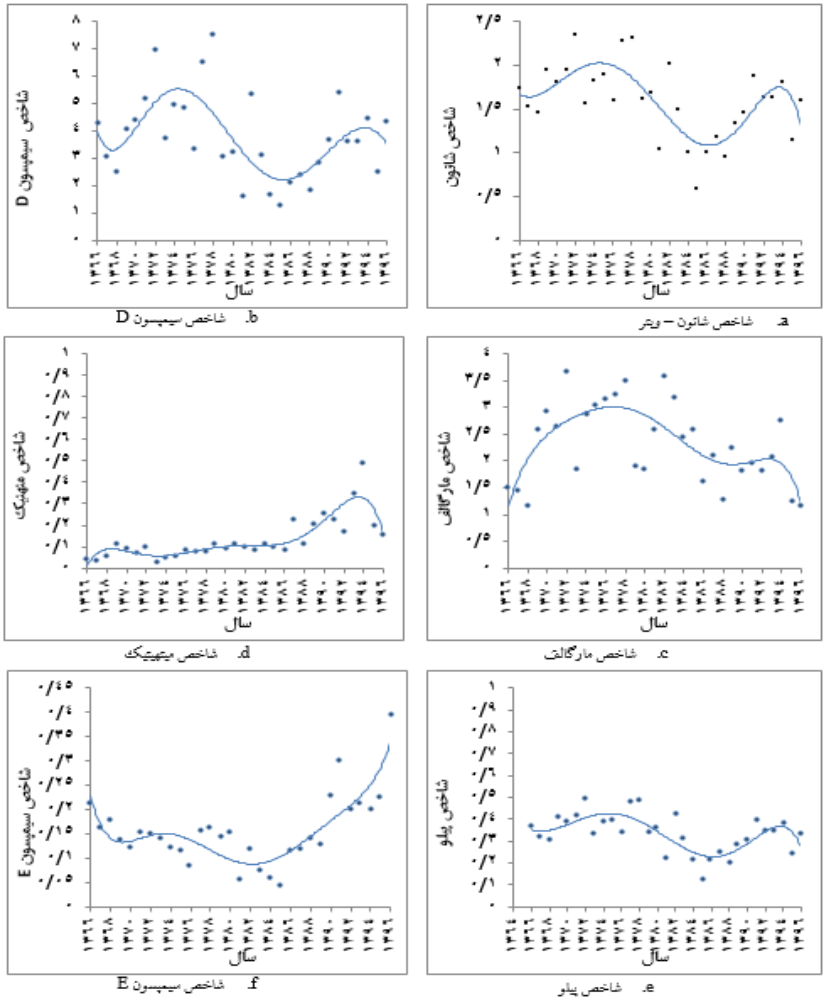
جدول ۳: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع پرندگان تالاب بختگان در سه دهه اخیر: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

شاخص	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
شانون	۰/۶۸۱	۲	۰/۳۴۰	۲/۰۸۲	۰/۱۴۴
سیمپسون	۴/۶۷۳	۲	۲/۳۱۹	۰/۹۹۵	۰/۳۹۷
مارگالف	۳/۵۱۹	۲	۱/۷۶۰	۳/۶۱۲	۰/۰۴۰
منهنیک	۰/۱۷۹	۲	۰/۰۸۹	۲۱/۹۵۹	۰/۰۰۰
پیلو	۰/۰۳۱	۲	۰/۰۱۶	۲/۱۳۲	۰/۱۳۷
سیمپسون E	۰/۰۶۲	۲	۰/۰۳۱	۸/۸۶۸	۰/۰۰۱

جدول ۴: مقادیر میانگین مقادیر شاخص‌های تنوع پرندگان تالاب پریشان در سه دهه اخیر: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

سال	شانون	سیمپسونD	مارگالف	منهنیک	پیلو	سیمپسون E
۱۳۶۶-۱۳۷۶	۱/۷۹۵±۰/۰۷۵a	۴/۳۰۵±./۳۶۳a	۲/۴۴۵±۰/۲۴۷a	۰/۰۶۵±۰/۰۰۸a	۰/۳۷۷±۰/۰۱۶a	۰/۱۴۴±۰/۱۰۵a
۱۳۷۷-۱۳۸۶	۱/۵۰۹±۰/۱۸۶a	۳/۵۳۹±۰/۶۸۹a	۲/۶۵۰±۰/۲۲۷a,b	۰/۰۹۷±۰/۰۰۴a	۰/۳۱۶±۰/۰۴۰a	۰/۱۰۸±۰/۱۴۷a
۱۳۸۷-۱۳۹۶	۱/۴۶۵±۰/۰۹۶a	۳/۴۵۹±۰/۳۴۶a	۱/۸۴۶±۰/۱۵۹a,c	۰/۲۴۰±۰/۰۳۴b	۰/۳۰۷±۰/۰۲۰a	۰/۲۱۶±۰/۲۶۴b

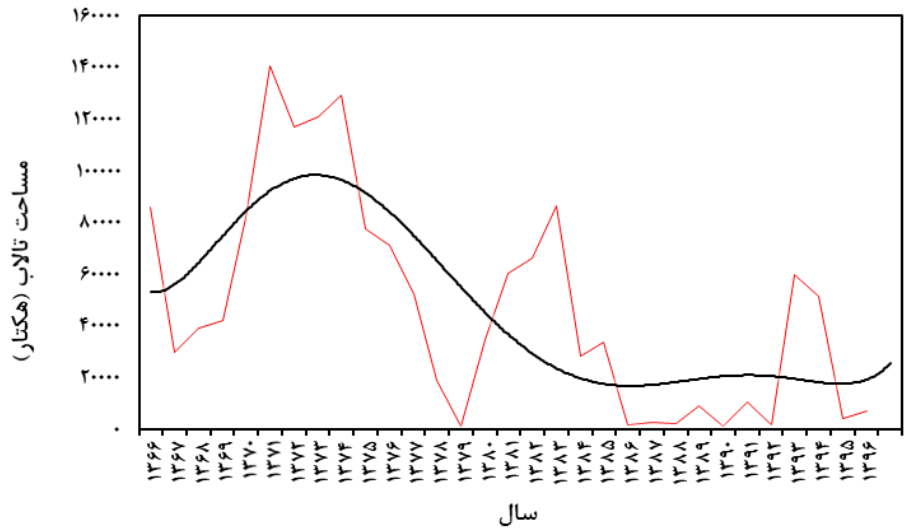
مقادیر شاخص‌ها با حروف نشان داده شده مشابه فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۵).



شکل ۲: مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی جمعیت پرندگان آبزی تالاب‌های حوزه بختگان: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

مساحت سطح آبگیری تالاب‌های حوضه بختگان: تغییرات مساحت پهنه‌های آبی تالاب‌های حوضه بختگان شامل کمجان، طشک و بختگان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد محدوده آبگیر تالاب دهه‌های ۶۰ و ۷۰ شمسی دارای بیش‌ترین مقادیر بوده و سال ۱۳۷۱ با حدود ۱۵۰۰۰۰۰ هکتار مساحت بالاترین سطح آبگیر را در دوره مطالعاتی داشته است. مساحت سطح آبگیر تالاب در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ در کم‌ترین مقدار خود بوده و سال ۱۳۹۰ با ۱۴۷۴ هکتار کم‌ترین سطح آبگیر را داشته است. علی‌رغم آبگیری مناسب تالاب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در سال‌های بعداز آن کاهش شدیدی نشان داده است و در سال ۱۳۹۵ به حدود ۴۰۰۰ هکتار کاهش یافته است. تصاویر ماهواره‌ای سطح آبگیر تالاب‌های حوضه بختگان نشان می‌دهد در پایین‌دست چشمه گمبان در همه سال‌ها کمابیش پهنه‌های آبی مشاهده می‌شود. در پیمایش میدانی پاییز و زمستان ۱۳۹۷ تنها بخش کوچکی تالاب طشک واقع در پایین‌دست چشمه گمبان و بخش‌هایی از تالاب بختگان دارای آب بوده و سایر عرصه‌های تالابی ازجمله تالاب کمجان کاملاً خشک بوده است.



شکل ۳: تغییرات مساحت محدوده آبی تالاب‌های حوضه بختگان: ۱۳۹۶-۱۳۶۶

بحث

تالاب‌های حوضه بختگان از جمله ارزشمندترین زیستگاه‌های تالابی درون سرزمینی ایران بوده و در سال‌های پرآبی از اندازه جمعیت مطلوب و تنوع زیستی بالای پرندگان (تنوع، غنای و یکنواختی گونه‌ای) برخوردار هستند (حسینی‌طایفه و همکاران، ۱۳۹۸). علی‌رغم انجام مطلوب برنامه پایش جمعیت، شناسایی گونه‌ها و سرشماری پرندگان آبزی در تالاب‌های حوضه بختگان، تاکنون تجزیه و تحلیل جامع از نتایج سرشماری بلندمدت در این تالاب‌ها انجام نشده است و پژوهش‌های منتشر شده نیز بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت و صرفاً در سال‌های دور بوده است. این پژوهش به تشریح روند تغییرات تنوع زیستی پرندگان آبزی (آبزی و کنار آبزی) تالاب‌های حوضه بختگان براساس مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای (شانون-وینر و سیمپسون D)، غنا (مارگالف و مینهینیک) و یکنواختی گونه‌ای (پیلو و سیمپسون E) و ارتباط آن با سطح آبگیر تالاب‌ها در فصل مهاجرت پرندگان (ماه‌های دی و بهمن هر سال) است.

تغییرات تنوع‌زیستی: در این پژوهش مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های حوضه بختگان در دو بازه زمانی کاهش دوره‌ای داشته است (جدول ۲ و شکل ۲). دوره اول طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۵ علی‌رغم انجام مطلوب برنامه سرشماری پرندگان با حضور پرنده‌شناسانی از کشور هلند با سطح پوشش زیستگاهی مناسب و دقت و صحت مناسب و دوره دوم در سال‌های اخیر بوده است. به‌نظر می‌رسد در هر دو دوره زمانی خشکی تالاب‌ها و از دست رفتن ارزش زیستگاهی برای بسیاری از گونه‌ها مهم‌ترین عامل کاهش مقادیر شاخص‌ها بوده است. در سال‌های اخیر خشک‌شدن کامل تالاب کمجان و کاهش شدید پیکره‌های آبی تالاب بختگان و طشک موجب کاهش سطح زیستگاه‌های تالابی و تنوع زیستگاه شده است. گرچه کاهش مقادیر برای بسیاری از شاخص‌ها دیده شده ولی تجزیه و تحلیل آماری دوره‌های ده ساله تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای پرندگان تالاب بختگان نشان نداده است. به‌نظر می‌رسد بخش کوچکی از زیستگاه مناسب در تالاب طشک در محدوده چشمه

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

گمبان در سال‌های کم آبی تنوعی از پرندگان زمستان‌گذران را در خود جای داده و بر روی مقادیر شاخص‌ها تأثیرگذار بوده است. مقادیر شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون در تالاب‌های حوضه بختگان در دهه اخیر کاهش داشته است (جدول ۴). تنوع گونه‌ای از مهم‌ترین سطوح تنوع زیستی بوده که دو شاخص غنای گونه‌ای و یکنواختی در آن نقش اساسی دارند. غنای گونه‌ای در واقع تعداد گونه‌ها در زیستگاه بوده و افزایش آن موجب پایداری بوم‌سازگان می‌شود (قاسمی و قاسمی، ۱۳۹۶؛ مهدی‌نسب، ۱۳۹۸). هم‌چنین ضریب یکنواختی گونه‌ها شاخص ساده‌ای است که نحوه پراکنش فراوانی افراد را در میان گونه‌های مشاهده شده اندازه‌گیری می‌کند (Tuomisto، ۲۰۱۰). کاهش تعداد گونه و در مواردی حذف گونه‌ها در تالاب‌های حوضه بختگان در کاهش مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای مؤثر بوده است. به‌عنوان مثال تعداد گونه از ۳۱ گونه در سال ۱۳۸۵ به ۱۸ گونه در سال ۱۳۸۶ رسیده (جدول ۱) و عدم افزایش تعداد گونه‌ها در سال‌های اخیر موجب کاهش تنوع و غنای گونه‌ای شده است. به‌دلیل وجود تنها زیستگاه باقی مانده در تالاب طشک در محدوده چشمه گمبان با وسعت و تنوع زیستگاهی به‌مراتب کم‌تر از سال‌های قبل و اشغال زیستگاه توسط گونه‌های مختلف به‌نظر می‌رسد رقابت درون گونه‌ای موجب کاهش تعداد افراد هر گونه شده و ضریب یکنواختی افزایش یافته است(Schreiber و Burger، ۲۰۰۲). مقادیر بالای ضریب یکنواختی در جوامع مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود فراوانی یکسان گونه‌ها از نظر تعداد افراد در زیستگاه مورد مطالعه بوده و سطح پائین این ضریب بیان‌کننده این است که گونه‌های مشاهده‌شده از نظر فراوانی تفاوت معنی‌دار و چشمگیری دارند (Magurran، ۲۰۰۴). شاخص‌های غنای گونه‌ای در واقع تعداد گونه نسبت به افراد کل جمعیت را نشان می‌دهد و کاهش تعداد گونه‌های ثبت‌شده بر مقادیر شاخص‌های غنای گونه‌ای و سایر شاخص‌ها تأثیرگذار است (Martinez-Almoyna و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده از افراد متبحر و با تجربه و هم‌چنین برنامه‌ریزی مدون سرشماری می‌تواند بر افزایش تعداد گونه‌ها و شاخص‌های غنای گونه‌ای تأثیر داشته باشد (Legras و همکاران، ۲۰۱۹). مقادیر شاخص‌های غنای گونه‌ای در زیستگاه‌های تالابی فارس به‌دلیل کم شدن تراز آبی و از دست رفتن تنوع زیستگاهی و حذف برخی گونه‌ها قابل پیش‌بینی بوده است (حسینی‌طایفه و همکاران، ۱۳۹۸). یکنواختی گونه‌ای نیز متأثر از فراوانی افراد هر گونه بوده که به‌نوبه خود به عوامل مربوط به برنامه سرشماری، وضعیت زیستگاهی و عوامل زیست‌شناختی گونه ارتباط دارد(طبیعی و بوستانی، ۱۳۹۴). کاهش مقادیر شاخص تنوع گونه‌ای را می‌توان به توزیع ناهمگن جمعیت پرندگان در بین گونه‌ها نسبت داد و این می‌تواند نشانه‌ای از تخریب زیستگاهی و عدم وجود زیستگاه مناسب برای بسیاری از گونه‌ها باشد (Schreiber و Burger، ۲۰۰۲). بررسی مطالعات انجام شده درخصوص تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های استان فارس نشان داد، مقادیر شاخص‌های تنوع در برخی تالاب‌های استان فارس ازجمله تالاب‌های کافتر، پریشان و تالاب‌های حوضه بختگان نیز کاهش یافته است (رحیمی و همکاران ۱۳۸۸؛ طبیعی، ۱۳۸۸؛ گودرزیان و عرفانی فرد، ۱۳۹۰؛ گودرزیان و همکاران، ۱۳۹۳). مهم‌ترین دلیل کاهش تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های فارس کاهش تراز آبی و خشک‌شدن تالاب‌ها بوده است. گرچه مطالعاتی درخصوص تالاب‌های حوضه بختگان انجام شده توسط امینی‌نسب و رادمنش (۱۳۸۹) انجام شده ولی این مطالعه در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت و قبل از سال ۱۳۹۰ بوده و پس از خشکی شدید تالاب‌های فارس نیاز به بررسی وضعیت بلند مدت تنوع زیستی پرندگان آبزی وجود داشته است.

تغییرات زیستگاهی: از سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ منطقه وسیعی از تالاب‌های استان فارس به‌دلیل وقوع پدیده‌های طبیعی نظیر خشکسالی اقلیمی از یک جهت و مصرف ناپایدار منابع آب‌های سطحی و زیر سطحی در وضعیت بحران بوم‌شناختی قرار گرفته است. هرچند خشک شدن تالاب‌ها در گذشته نیز اتفاق افتاده بود، ولی پدیده ادامه‌داری نبوده و به سرعت به وضعیت پایدار گذشته بازگشتند. وضعیت جدید نشان از پایداری نسبتاً دائمی خشک شدن تالاب‌های استان فارس دارد (برنامه مدیریت جامع تالاب‌های بختگان، طشک، کمجان، ۱۳۹۶). نتایج محاسبات سطح آبگیر تالاب‌های محدوده مطالعاتی در ۳۱ سال اخیر نشان داد کاهش پهنه‌های آبی در سال‌های بعد از سال ۱۳۸۶ تشدید شده است. تخریب و نابودی زیست‌بوم‌های تالابی به‌دلیل وابستگی پرندگان تالابی به این زیستگاه‌ها تأثیرات منفی بسیار زیادی بر جمعیت و تنوع پرندگان آبزی در سرتاسر جهان بر جای گذاشته است (Delany و Scott، ۲۰۰۶). استفاده زمستان‌گذران مهاجر از بوم‌سازگان‌های تالابی بستگی به عوامل و متغیرهای بوم‌شناختی مربوط به کمیت و کیفیت زیستگاه تالابی دارد (Ghasemi و Zakaria، ۲۰۱۱). هر یک از گروه‌های پرندگان تالابی بر اساس ساختار و ریخت شناسی منحصر به فرد خود نیازهای زیستگاهی خاصی داشته و برای برآوردن نیازهای زیستی به بخش‌هایی از تالاب وابسته هستند (Lantz و همکاران، ۲۰۱۱). براساس مشاهدات میدانی و نتایج این پژوهش مشخص شده است که کاهش منابع آبی و تخریب زیستگاه‌ها تاثیر زیادی بر تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های حوضه بختگان داشته است. تالاب بختگان و کمجان در برخی سال‌های اخیر کاملاً فاقد آب بوده و تالاب طشک نیز به‌جز منطقه پایین‌دست چشمه گمبان کاملاً خشک بوده است. طبیعی و بوستانی (۱۳۹۴) حداقل پهنه آبی تالاب کمجان را ۳۰ درصد، متوسط ۶۰ درصد و حداکثر پهنه آبی را به وسعت ۱۰۰ درصدی تالاب یعنی ۴۰۰۰ هکتار محاسبه نموده‌اند. درصورت افزایش

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

وسعت تالاب به ۱۰ هزار هکتار، تالاب کمجان به احتمال زیاد همانند گذشته به تالاب طشک می‌پیوندد. حداقل نیاز آبی تالاب‌های بختگان و طشک نیز حداقل ۱۰۰۰ میلیون متر مکعب در سال برای پر بودن حداقل ۳۳ درصد از مساحت تالاب‌های فوق محاسبه شده است. پوشش کامل این تالاب‌ها به حدود ۱۵۹۲ هزار مترمکعب آب در سال نیاز دارد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). برای تالاب‌های طشک و بختگان با افزایش پهنه‌های آبی، احتمال افزایش جمعیت و تنوع پرندگان مورد انتظار است، زیرا در گذشته نیز در سال‌های پرآب جمعیت تالاب‌ها به بیش‌ترین حد جمعیت و فراوانی گونه‌ها رسیده بود.

راهبرهای احیاء تنوع زیستی پرندگان: این پژوهش نشان داد تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های حوضه بختگان طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۸۶ کاهش یافته است. کاهش تراز آبی، خشک شدن پهنه‌های آبی و تغییرات شدید زیستگاهی از جمله مهم‌ترین عوامل کاهش جمعیت و تنوع پرندگان در سال‌های اخیر بوده است. با توجه به ارزش‌های چندگانه تالاب‌ها و به‌دلیل اهمیت وجود زیستگاه‌های متنوع و پهنه‌های زیستگاهی وسیع مورد نیاز لازم است برنامه‌های احیاء و حفاظت مستمر و اثربخش زنجیره‌ای از تالاب‌های حوضه بختگان در اولویت برنامه‌های حفاظت محیط زیست قرار گیرد. درهمین راستا، برآورد و تأمین نیاز آب زیست‌محیطی تالاب‌های مطالعاتی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. به‌عنوان مثال برای تالاب کمجان نیاز آبی بوم‌شناختی حداقل، متوسط و بهینه به‌ترتیب ۵۸، ۱۰۶ و ۱۶۲ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است (طبیعی و بوستانی، ۱۳۹۴). هم‌چنین بهینه نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب‌های طشک و بختگان ۱۵۹۲ میلیون متر مکعب در سال برآورد شد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). حفاظت، احیاء و بازسازی تالاب‌های تخریب شده ازجمله تالاب‌های مورد مطالعه مستلزم اختصاص آب مورد نیاز برای پایداری آن‌ها می‌باشد. به‌دلیل اهمیت مشارکت ذینفعان در برنامه‌های حفاظت و احیاء تالاب‌ها لازم است نیازهای انسانی با توجه به شرایط اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی در برآورد نیاز آبی تالاب‌ها لحاظ گردد. عمق آب عامل مهم دیگری است که در جداسازی آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها تأثیرگذار است و قطعاً باعث افزایش تنوع پرندگان می‌شود (طبیعی و بوستانی، ۱۳۹۴). استفاده پرندگان تالابی از یک بوم‌سازگان تالابی به‌مقدار زیادی وابسته به عمق آب در تالاب است و این نیاز برحسب هرگونه متفاوت است. در تالاب‌های حوضه بختگان تنوع عمق آب برای گونه‌های زمستان‌گذران از عمق کم برای درناها تا عمق زیاد برای اردک‌های غواص مورد نیاز است. تالاب‌هایی که بر اثر حوادث طبیعی نظیر سیل پر آب گشته‌اند و عمق آب در آن‌ها بالا رفته است لزوماً تالاب احیاء شده از نظر تنوع زیستی به‌ویژه پرندگان نمی‌باشند، زیرا هر گونه از پرندگان نیازهای زیستگاهی اختصاصی داشته و نیاز به عمق مناسب برای تغذیه و جوجه‌آوری دارند. در صورت افزایش بی‌رویه آب ورودی به تالاب‌ها و افزایش عمق آب در تمام پهنه‌های تالابی امکان کاهش تنوع گونه‌ها افزایش فراوانی بیش از حد و اشغال زیستگاه توسط برخی گونه‌های خاص وجود خواهد داشت (Schreiber و Burger، ۲۰۰۲؛ Lantz و همکاران، ۲۰۱۱؛ طبیعی و بوستانی، ۱۳۹۴). مجموعه تالاب‌های بختگان نیز از منابع رودخانه‌ای، چشمه‌ها و روان‌آب‌های سطحی از حوضه آبخیز و سیلاب تغذیه می‌کنند. برآورد شده است که ۱۰۰ میلیون مترمکعب از منابع آبی تالاب‌ها از بارش‌های جوی روی حوضه و منابع زیرزمینی تأمین شده و بقیه از رودخانه‌های کر و سیوند قابل تأمین است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۰). در حال حاضر ورودی رودخانه‌ها به این تالاب‌ها در حداقل ممکن و یا به صفر رسیده است. در تالاب طشک نیز تنها منبع مهم چشمه گمبان است که در حال حاضر بیش‌ترین تنوع و جمعیت پرندگان آبزی در این منطقه زمستان‌گذرانی و بقاء دارند. تنوع منابع تغذیه آب تالاب‌ها موجب تنوع زیستگاهی و ایجاد خرد زیستگاه‌ها با تنوعی از آشیان‌های بوم‌شناختی می‌شود. تنوع بیش‌تر زیستگاه باعث افزایش کیفیت زیستگاهی و دارا بودن تنوع بالاتری از گونه‌های پرندگان با نیازهای زیستگاهی مختلف می‌شود (Schreiber و Burger، ۲۰۰۲). یافته‌های این پژوهش حاکی از کاهش شاخص‌های تنوع زیستی پرندگان تالاب‌های حوضه بختگان طی سال‌های اخیر بوده است. به‌نظر می‌رسد کاهش تراز آبی، خشک شدن پهنه‌های آبگیر و تغییرات شدید متغیرهای زیستگاهی ازجمله مهم‌ترین عوامل کاهش جمعیت و تنوع پرندگان تالاب‌های حوضه بختگان در سال‌های اخیر هستند. با توجه به ارزش‌های چندگانه تالاب‌ها و به‌دلیل اهمیت وجود زیستگاه‌های متنوع و پهنه‌های زیستگاهی وسیع مورد نیاز لازم است احیاء و حفاظت مستمر و اثر بخش زنجیره‌ای از تالاب‌های حوضه بختگان در اولویت برنامه‌های حفاظت محیط زیست قرار گیرد. طرح مدیریت جامع تالاب‌ها با ارائه راهکارهای اجرائی در چارچوب ایجاد نظام مدیریت تلفیقی مبتنی‌بر مدیریت بوم‌سازگانی حوضه آبخیز برای کاهش تهدیدهای تنوع‌زیستی کاربرد دارد. هماهنگی بین دستگاه‌های اجرایی و ذینفعان در زمینه حفاظت از منابع آبی و الزام رعایت حقابه تالاب‌ها، بهره‌وری خردمندانه از منابع تالابی، تبیین راهبردهای توسعه پایدار و توسعه معیشت جایگزین، انجام پژوهش‌های کاربردی در خصوص حفاظت از تنوع زیستی تالاب‌ها و اجرای دقیق برنامه‌های پایش جمعیت و متغیرهای زیستگاهی ضروری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی و پشتیبانی پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار و اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس انجام

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

شده است. هم‌چنین از آقای مهندس ظهرابی معاون محترم محیط طبیعی سازمان حفاظت محیط زیست، آقای دکتر خرازیان مقدم مدیر کل، آقای مهندس امینی معاون دفتر و آقای مهندس حسینی مدیر گروه پرندگان و سایر همکاران محترم اداره کل حفاظت و مدیریت حیات‌وحش سازمان برای در اختیار قراردادن داده‌های سرشماری نیمه‌زمستانه پرندگان آبزی تشکر می‌گردد.

منابع

۱. **امینی‌نسب، م. و رادمنش، ن.، ۱۳۸۹.** مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی پرندگان زمستان‌گذر دریاچه بختگان بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ میلادی. دومین همایش ملی تالاب‌های ایران. اهواز. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

۲. **باقرزاده‌کریمی، م.، ۱۳۹۶.** تالاب‌های ایران (معرفی کارکردهای اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی تالاب‌ها و معرفی ارزش‌ها و مسائل تالاب‌های ایران). کنوانسیون رامسر

۳. **برنامه مدیریت جامع تالاب‌های بختگان، طشک، کمجان. ۱۳۹۶.** طرح بین‌المللی حفاظت از تالاب‌های ایران. سازمان حفاظت محیط زیست و استانداری استان فارس.

۴. **بهروزی‌راد، ب.؛ اسماعیلی، ح.؛ طبیعی ا. و جولایی، ل.، ۱۳۸۹.** بررسی تنوع گونه‌ای ماهیانه پرندگان آبزی و کنار آبچر تالاب دریاچه‌ای پشت سد سیوند استان فارس. دومین همایش ملی تالاب‌های ایران.

۵. **تیموری، ا.؛ پوراحمد، ا.؛ حبیبی، ل. و سالاروندیان، ف.، ۱۳۹۰.** تعیین حقابه زیست محیطی دریاچه‌های طشک و بختگان با استفاده از روش میانگین فازی C - طبقه‌بندی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره ۴۳، شماره ۷۷، صفحات ۲۱ تا ۳۷.

۶. **حسینی‌طایفه، ف.؛ بادام‌فیروز، ج.؛ قربانزاده‌زعفرانی، ق.؛ ایزدیان، م.؛ دهقانی، م.؛ ابراهیمی، ا. و ابراهیمی، ت.، ۱۳۹۸.** پایش و احیاء تنوع زیستی تالاب‌های حوضه بختگان و پریشان. پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار. سازمان حفاظت محیط زیست.

۷. **رحیمی، س.؛ طبیعی، ا. و جولایی، م.، ۱۳۸۸.** بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبزی و کنارآبچر تالاب کافتر استان فارس. اکوبیولوژی تالاب. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۷۰ تا ۸۰.

۸. **طبیعی، ا.، ۱۳۸۸.** بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان ابزی و کنار آبچر زمستان‌گذران در تالاب بین‌المللی پریشان. همایش ملی انسان، محیط زیست و توسعه پایدار.

۹. **طبیعی، ا. و بوستانی، ف.، ۱۳۹۴.** مطالعه تعیین نیاز آب اکولوژیکی تالاب بین‌المللی کمجان در استان فارس. اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس.

۱۰. **طبیعی، ا. و نصیری، م.، ۱۳۹۲.** بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبزی و کنارآبچر مهاجر زمستان‌گذران تالاب بین‌المللی ارژن در استان فارس. زیست‌شناسی جانوری. سال ۶، شماره ۱، صفحات ۲۹ تا ۴۰.

۱۱. **قاسمی، م. و قاسمی، ص.، ۱۳۹۶.** بررسی درصد فراوانی و تنوع زیستی پرندگان زمستان‌گذران در مناطق تالابی شرق استان هرمزگان. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۳، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۶.

۱۲. **گودرزیان، پ. و عرفانی‌فرد، ی.، ۱۳۹۰.** بررسی تغییرات دراز مدت تنوع گونه‌ای پرندگان مهاجر آبزی تالاب پریشان استان فارس. دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.

۱۳. **گودرزیان، پ.؛ عرفانی‌فرد، ی. و یزدانی، م.، ۱۳۹۳.** شناسایی پرندگان در معرض خطر انقراض تالاب پریشان و پایش طولانی مدت وضعیت آن‌ها با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری.

۱۴. **مهدی‌نسب، م.، ۱۳۹۸.** بررسی تنوع زیستی پرندگان آبزی و کنار آبزی زمستان‌گذران تالاب‌های پلدختر. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۲، صفحات ۱۰۵ تا ۱۱۴.

۱۵. **Amat, J.A. and Green, A.J., 2010.** Waterbirds as Bioindicators of environmental conditions, in: Hurford, C.; Scheider, M. and Cowx, I., (Eds.). Conservation Monitoring in freshwater habitats. A practical guide and case studies. The Netherlands. Springer. pp: 45-52.

۱۶. **Butchart, S.H.M.; Walpole, M.; Collen B.; Van Strien, A.; Scharlemann, J.P.W. and Watson, R., 2010.** Global biodiversity: indicators of recent declines. Science. Vol. 328, pp: 1164-1168.

۱۷. **Delany, S. and Scott, D., 2006.** Waterbird Population Estimates Fourth Edition, 2006: Wetlands International. Wageningen, The Netherland.

۱۸. **Ghasemi, S. and Zakaria, M., 2011.** Relative abundance and diversity of waterbirds in Rhizophora Mangrove Forest in Iran. Asia Life Science. Vol. 20, No. 1, pp: 210-238.

۱۹. **Goudarzian, P. and Erfanifard, S.Y., 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. Vol. 1, No. 2, pp: 41-45.

۲۰. **Hurlbert, S.H., 1971.** The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. Ecology. Vol. 52, pp: 577-586.

۲۱. **Krebs, C.J., 1994.** Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. New York: Harper Collins College Publishers.

۲۲. **Lantz, S.; Gawlik, D.E. and Cook, M.I., 2011.** The Effects of Water Depth and Emergent Vegetation on Foraging Success and Habitat Selection of Wading Birds in the Everglades. Waterbirds. Vol. 34, No. 4, pp: 439-447.

۲۳. **Legras, G.; Loiseau, N.; Gaertner, J.C.; Poggiale, J.C.; Ienco, D.; Mazouni, N. and Mérigot, B., 2019.** Assessment of congruence between co-occurrence and functional networks: A new framework for revealing community assembly rules. Scientific Reports. Vol. 9, No. 1, pp: 1-10.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

۲۴. **Lioyd, M. and Ghelardi, R.J., 1964.** A table for calculating the `equitability' component of species diversity. Journal of Animal Ecology. Vol. 33, No. 2, pp: 217-225.

۲۵. **Magurran, A.E., 2004.** Measuring Biological Diversity. Oxford: Blackwell Publishing.

۲۶. **Magurran, A.E., 1998.** Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton, NJ: Princeton University Press.

۲۷. **Martinez-Almoyna, C.; Thuiller, W.; Chalmandrier, L.; Ohlmann, M.; Foulquier, A.; Clément, J.C. and Münkemüller, T., 2019.** Multi-trophic β-diversity mediates the effect of environmental gradients on the turnover of multiple ecosystem functions. Functional Ecology. Vol. 33, No. 10, pp: 2053-2064.

۲۸. **McDonald, C.; Smith, R.; Scott, M. and Dick, J., 2010.** Using indices to measure biodiversity change through time. METMAV International Workshop on spatiotemporal modelling, University Santiago de Compostela.

۲۹. **Musilova´, Z.; Musil, P.; Pola´kova´, S. and Fuchs, R., 2009.** Wintering ducks in the Czech Republic: changes in their population trends and distribution. Wildfowl Special. Vol. 2, pp: 73-85.

۳۰. **Newton, A.C., 2007.** Forest Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques, New York: Oxford University Press.

۳۱. **Nilsson, L., 2008.** Changes in numbers and distribution of wintering waterfowl in Sweden during forty years, 1967-2006. Ornis Svecica. Vol. 18, pp: 135-236.

۳۲. **Ohlmann, M.; Miele, V.; Dray, S.; Chalmandrier, L.; O'Connor, L. and Thuiller, W., 2019.** Diversity indices for ecological networks: a unifying framework using Hill numbers. Ecology Letters. pp: 1-11.

۳۳. **Pielou, E.C., 1975.** Ecological Diversity. New York, Wiley Inter Science.

۳۴. **Schreiber, E. and Burger, J., 2002.** Biology of marine birds, Boca Raton. USA: Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

۳۵. **Scott, D.A., 2010.** Results of Mid-winter Waterbird Counts in Iran in the Early 1970s. Podoces. Vol. 5, No. 1, pp: 11-28.

۳۶. **Seaby, R.M. and Henderson, P.A., 2006.** Species Diversity and Richness version 4. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.

۳۷. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949.** The Mathematical Theory of Communication. University of Illions Press, Urbana, USA. pp: 1-117.

۳۸. **Simpson, E.H., 1949.** Measurement of diversity. Nature. Vol. 163, pp: 688.

۳۹. **Stolen, E.D.; Breininger, D.R. and Frederick, P.C., 2005.** Using waterbirds as indicators in estuarine systems: successes and perils, in: Bortone, S.A., (Ed.). Estuarine Indicators. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp: 409-422.

۴۰. **Tuomisto, H., 2010.** A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. Oecologia. Vol. 164, No. 4, pp: 853-860.

۴۱. **Van Strien, A.J.; Gmelig Meyling, A.W.; Herder, J.E.; Hollander, H.; Kalkman, V.J. and Turnhout, S., 2016.** Modest recovery of biodiversity in a western European country: The Living Planet Index for the Netherlands. Biol. Conserv. Vol. 200, pp: 44-50.

۴۲. **Wetlands International. 2015.** Report on the Conservation Status of Migratory Waterbirds in the Agreement Area - Sixth Edition (CSR6), UNEP/AEWA/MOP6.14. UNEP/AEWA, Bonn, Germany.

۴۳. **Whittaker, R.H., 1977.** Evolution of species diversity in land communities. Evolutionary Biology. Vol. 10, pp: 1-67.

۴۴. **Whittaker, R.J.; Willis, K.J. and Field, R., 2001.** Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. Journal of Biogeography. Vol. 28, No. 4, pp: 453-470.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.125587

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Trends of Changes in Waterbird Biodiversity Indices of the Bakhtegan Basin Wetlands Using Semi-wintering Census: 1988-2018

- **Farhad Hosseini Tayefeh:** Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Department of Environment, Tehran, Iran
- **Mona Izadian*:** Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Department of Environment, Tehran, Iran
- **Seyed Ghasem Ghorbanzadeh Zaferani**: Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Department of Environment, Tehran, Iran
- **Saber Ghasemi:** Department of Environment, Faculty of Natural Science, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
- **Lyla Jolaee**: Fars Provincial Office of Environment, Shiraz, Iran
- **Elham Ebrahimi**: Department of Environmental Sciences and Engineering, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: November 2019 Accepted: February 2020

Keyword: Biodiversity, Waterbirds, Species Diversity, Species Richness, Species Evenness, Bakhtegan Wetlands

Abstract

Bakhtegan wetland including Kamjan, Tashk and Bakhtegan are the most important aquatic habitats of waterbirds in the inland of Iran that in recent years, the severe decline in water level and habitat changes have reduced the quality and quantity of habitat for waterbirds. In this study, the trends of biodiversity changes are studied based on the values of waterbird species diversity indices (Shannon-Wiener & Simpson), Species richness indices (Margalef & Minhinick) and species evenness indices (Pielou & Simpson) using the SDR-IV software in the 31 years' period (2018-1998) including two ten-years and one 11-years' time frames. Moreover**,** the area of alive wetland in the migration season of waterbirds by calculated using the Landsat satellite imagery collected on November to December. Comparison of diversity indices using ANOVA (analysis of variance) at three time intervals showed that there is no significant difference between species diversity indices and Pielou species evenness index ($F_{2,28}$ = Shannon-Wiener 2.082, Simpson 0.995, Pielou 2.132, $P>0.05$). The lowest values of the Margalef index were found in the period of 2009–2009 that were significantly different with other previous decade but there was no significantly differences with periods of 1988–1998. The highest value of the richness index of Minhinick and Simpson E were found in the periods of 2009–2019 and were significantly different with previous decades ($P<0.05$). The highest of area of alive wetland in the 1990s and the lowest was in 2001 and in the last decade. It seems that fluctuation of water level and decreasing the alive area of Bakhtegan basin wetlands are the most important factors in the changing the values of waterbird diversity. Providing the environmental flow requirement, implementation of comprehensive wetland management programs and establishment of integrated ecosystem management system are the most important strategies for restoring the waterbird biodiversity of the studied wetlands.

* Corresponding Author's email: izadian.mona@gmail.com