بوم‌شناسی کاربردی/ سال چهاردهم / شماره سوم / ۱٤۰٤/ صفحات ۸۵ تا ۱۰۰

اثر سنجه‌های سیمای سرزمین بر فراوانی و غنای پرندگان ساحلی در استان هرمزگان

شیرکو شکری* [۱]، محمودرضا همامی[۲]، ایمان ابراهیمی[۳]، میثم قاسمی[٤]، فاطمه کاظمی[٥]، فهیمه گودرزی[٦]، سعید پورمنافی[۷] و محسن احمدی[۸]

(تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۱۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۰۲/۲۳)

چکیده

اکوسیستم‌های ساحلی از زیستگاه‌های کلیدی پرندگان مهاجر، به‌ویژه در مناطقی هستند که نواحی جزرومدی با جنگل‌های مانگرو همپوشانی دارند. این زیستگاه‌ها شرایط مناسبی برای استقرار و تغذیه پرندگان ساحلی فراهم می‌کنند. با این حال، نقش سنجه‌های سیمای سرزمین در تبیین الگوهای غنا و فراوانی این پرندگان هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های سرشماری پرندگان ساحلی و تصاویر ماهواره‌ای **Sentinel-2**، اثر سنجه‌های سیمای سرزمین مرتبط با جنگل‌های مانگرو و نواحی جزرومدی بر غنا و فراوانی پرندگان ساحلی در ۲۳ سایت استان هرمزگان طی سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲ بررسی شد. پس از استخراج نقشه‌های مانگرو و پهنه‌های جزرومدی، سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه و روابط آن‌ها با جوامع پرندگان با استفاده از مدل‌های ترکیبی خطی تعمیم‌یافته بیزین تحلیل شد. نتایج نشان داد میانگین فراوانی پرندگان در نواحی جزرومدی دارای مانگرو به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایت‌های فاقد مانگرو بود ($p<۰/۰۵$) و این مناطق از نظر ترکیب جوامع پرندگان نیز متمایز بودند. طول نواحی جزرومدی و تراکم حاشیه‌ای لکه‌های مانگرو اثر مثبت و معنی‌داری بر فراوانی و غنای پرندگان داشت، در حالی که اندازه لکه‌های مانگرو تأثیر معنی‌داری نشان نداد. این یافته‌ها اهمیت ساختار و آرایش فضایی زیستگاه‌ها را در حفاظت از پرندگان ساحلی خلیج فارس نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: اکوسیتم‌های مانگرو،اندازه لکه، نواحی جزر و مدی، مدل بیزین

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
۲. استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
۳. عضو انجمن حفاظت از پرندگان آوای بوم ، ایران
٤. معاون محیط طبیعی اداره محیط زیست استان هرمزگان، ایران
۵. عضو انجمن حفاظت از پرندگان آوای بوم ، ایران
٦. رییس اداره حیات وحش اداره محیط زیست استان هرمزگان، ، ایران
۷. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
۸. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: s.shokri@na.iut.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

مقدمه

اکوسیستم‌های ساحلی به‌عنوان نواحی حدواسط (اکوتون) میان خشکی و دریا، از جمله پرتولیدترین اکوسیستم‌های کره زمین به شمار می‌روند (٤ و ۳۸). ماهیت اکوتونی این اکوسیستم‌ها سبب شده است که از سطوح بالایی از تنوع زیستی برخوردار باشند (۵ و ٤٤). جنگل‌های مانگرو، به‌ویژه در مناطقی که با پهنه‌های جزرومدی همپوشانی دارند، از ارزشمندترین زیستگاه‌های ساحلی برای پرندگان، به‌ویژه گونه‌های مهاجر و زمستان‌گذران، محسوب می‌شوند. این زیستگاه‌ها در کنار مناطق مصبی و باتلاق‌های ساحلی، با ایجاد تنوع بالای زیستگاهی، شرایط مناسبی برای استقرار، تغذیه و بقای پرندگان فراهم می‌کنند (۲۲، ۳۲ و ٤۹).

با این حال، در دهه‌های اخیر، افزایش فعالیت‌های انسانی نظیر توسعه شهری در نواحی ساحلی، آبزی‌پروری و انواع آشفتگی‌های انسانی از جمله تردد کشتی‌های تجاری، موجب تسریع روند تخریب جنگل‌های مانگرو شده است (۲۱). مطالعات جهانی نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۰ حدود ۲۲ درصد از سطح جنگل‌های مانگرو در جهان از بین رفته است (۲٦). این روند تخریب در آسیا حتی فراتر از میانگین جهانی گزارش شده است (۲۱). از دست رفتن جنگل‌های مانگرو در اکوسیستم‌های ساحلی می‌تواند پیامدهای جدی برای جوامع پرندگان وابسته به این زیستگاه‌ها به همراه داشته باشد و منجر به کاهش فراوانی و تنوع آن‌ها شود (۳۲).

نگرانی‌ها پیرامون اکوسیستم‌های ساحلی تنها به تخریب جنگل‌های مانگرو محدود نمی‌شود، بلکه نواحی جزرومدی فاقد پوشش مانگرو که نقش کلیدی به‌عنوان زیستگاه‌های تغذیه‌ای پرندگان ساحلی ایفا می‌کنند نیز با نرخ بالایی در حال تخریب هستند (۳). بر اساس بررسی‌های جهانی، طی سه دهه اخیر عواملی همچون توسعه فزاینده نواحی ساحلی، کاهش ورود رسوبات رودخانه‌ای به دریا، افزایش فرسایش ساحلی و بالا آمدن سطح آب دریا در اثر تغییرات اقلیمی، منجر به از بین رفتن بیش از ۱٦ درصد از پهنه‌های جزرومدی شده‌اند (۲۱ و ۳۷). این نواحی که به‌طور مداوم تحت تأثیر چرخه‌های جزر و مد قرار دارند، زیستگاه‌های تغذیه‌ای مهمی برای گونه‌هایی نظیر سلیم‌ها و آبچلیک‌ها محسوب می‌شوند (۲٤). ازاین‌رو، کاهش سطح این زیستگاه‌ها می‌تواند اثرات منفی قابل‌توجهی بر جمعیت پرندگان ساحلی، به‌ویژه پرندگان زمستان‌گذران، داشته باشد (۱۱ و ٤۲). با توجه به نقش کلیدی زیستگاه‌های ساحلی، به‌ویژه مانگروها و نواحی جزرومدی، در حمایت از پرندگان مهاجر و نیز نگرانی‌های جهانی نسبت به تخریب روزافزون آن‌ها، درک دقیق تأثیر تغییرات این زیستگاه‌ها بر ترکیب جوامع پرندگان، برای اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی، امری ضروری است (۱۱ و ۳۵).

مطالعات نسبتاً قابل توجهی به بررسی اثرات سنجه‌های سرزمین بر فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی در زیستگاه‌های مانگرو پرداخته‌اند (۱، ۱۸، ۳۲ و ۳۵). در مقابل، پژوهش‌های کمتری به بررسی این اثرات بر جوامع پرندگان در نواحی جزرومدی اختصاص یافته است (۱۱). این کمبود مطالعات می‌تواند ناشی از پویایی بالای نواحی جزرومدی و در نتیجه پیچیدگی بیشتر در نقشه‌سازی و پایش تغییرات این زیستگاه‌ها نسبت به جنگل‌های مانگرو باشد (۳ و ۵۰). با این وجود، پیشرفت‌های اخیر در حوزه تحلیل‌های پیشرفته سنجش از دور، امکان شناسایی و بارزسازی دقیق‌تر نواحی جزرومدی را فراهم کرده است (۱۲ و ۱٦). علی‌رغم این پیشرفت‌ها، همچنان مطالعات اندکی به بررسی جوامع پرندگان در اکوسیستم‌های جزرومدی و به‌ویژه تعامل آن‌ها با زیستگاه‌های مانگرو پرداخته‌اند (۳٤). افزون بر این، نتایج مطالعه باولو و همکاران (۲۰۱۷) نشان می‌دهد که ترکیب و چیدمان لکه‌های زیستگاهی در اکوسیستم‌های ساحلی نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری جوامع پرندگان دارد. با این حال، درک جامعی از نحوه تأثیر همزمان ترکیب و آرایش لکه‌های مانگرو و نواحی جزرومدی بر فراوانی و غنای پرندگان ساحلی همچنان وجود ندارد (۷).

اکوسیستم‌های ساحلی خلیج فارس با دارا بودن بیش از ۱۳٤ کیلومتر مربع جنگل مانگرو و حدود ۱٤۰۰ کیلومتر خط ساحلی جزرومدی، زیستگاه‌های ارزشمندی برای گونه‌های متنوع

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

جانوری فراهم کرده‌اند (۵۵). گونه‌هایی نظیر حرا (*Avicennia marina*) و چندل (*Rhizophora mucronata*) از مهم‌ترین گونه‌های درختی جنگل‌های مانگرو این منطقه محسوب می‌شوند (٤٤). اهمیت خلیج فارس برای پرندگان مهاجر زمستان‌گذران، به‌ویژه به دلیل قرارگیری آن در مسیر دو کریدور مهاجرتی مهم جهانی شامل آسیای مرکزی و شرق آفریقا–اوراسیا، دوچندان است (۳۰ و ۳۹). از جمله پرندگان شاخص این منطقه می‌توان به انواع گیلانشاه‌ها، آبچلیک‌ها، سلیم‌ها و گونه‌هایی نظیر تلیه بزرگ (*Calidris tenuirostris*) و سلیم خاکستری (*Pluvialis squatarola*) اشاره کرد که بسیاری از آن‌ها از اهمیت حفاظتی بالایی برخوردارند. همچنین، سواحل خلیج فارس زیستگاه مناسبی برای پرندگان شکاری نظیر کرکس مصری (*Neophron percnopterus*)، عقاب خالدار بزرگ (*Aquila clanga*) و عقاب شاهی (*Aquila heliaca*) فراهم کرده است که همگی با کاهش جمعیت و نگرانی‌های حفاظتی جهانی مواجه‌اند (۱۸).

بیش از ۹۰ درصد از جنگل‌های مانگرو ایران در استان هرمزگان قرار دارند (۱۹). وجود تالاب‌ها، خورهای ساحلی، پهنه‌های جزرومدی و جنگل‌های مانگرو، این استان را به یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های ساحلی خلیج فارس برای پرندگان تبدیل کرده است (۱۸). با این حال، در سال‌های اخیر عواملی مانند تغییرات اقلیمی، صید ترال و آشفتگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی، از جمله تردد قایق‌ها، موجب تخریب زیستگاه و افزایش ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین، به‌ویژه در لکه‌های مانگرو، شده‌اند؛ پدیده‌ای که می‌تواند فراوانی و غنای پرندگان ساحلی را کاهش دهد (۱۸ و ۱۹). این فشارها می‌توانند با تخریب زیستگاه و افزایش ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین، به‌ویژه در جنگل‌های مانگرو، فراوانی و غنای پرندگان ساحلی را تحت تأثیر قرار دهند (۱۸ و ۱۹). ازاین‌رو، شناخت نقش ساختار و آرایش فضایی زیستگاه‌های مانگرو و نواحی جزرومدی در شکل‌گیری جوامع پرندگان، برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی ضروری است. با وجود مطالعات انجام‌شده درباره پرندگان سواحل خلیج فارس، نقش ویژگی‌های سیمای سرزمین و پوشش مانگرو در الگوهای پراکنش و تنوع پرندگان این منطقه کمتر مورد توجه قرار گرفته است

در این مطالعه، با بهره‌گیری از داده‌های سرشماری پرندگان آبزی و کنارآبزی سواحل استان هرمزگان در سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲، پایش ۲۳ سایت تالابی ساحلی و جوامع پرندگان وابسته به آن‌ها انجام شد. هدف اصلی پژوهش، بررسی تأثیر سنجه‌های سیمای سرزمین مرتبط با جنگل‌های مانگرو، پهنه‌های جزرومدی و نواحی باتلاقی بر فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی استان هرمزگان است. به‌طور مشخص، این پژوهش در پی پاسخگویی به این پرسش‌ها است: (۱) آیا تفاوت معنی داری بین ترکیب جوامع پرندگان در نواحی جزرومدی دارای پوشش مانگرو با سایت‌های فاقد مانگرو وجود دارد؟ (۲) آیا نواحی جزرومدی همراه با پوشش مانگرو از فراوانی بالاتری از پرندگان نسبت به سایت‌های بدون مانگرو برخوردارند؟ (۳) کدام‌یک از سنجه‌های سیمای سرزمین بیشترین تأثیر را بر فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی دارند؟

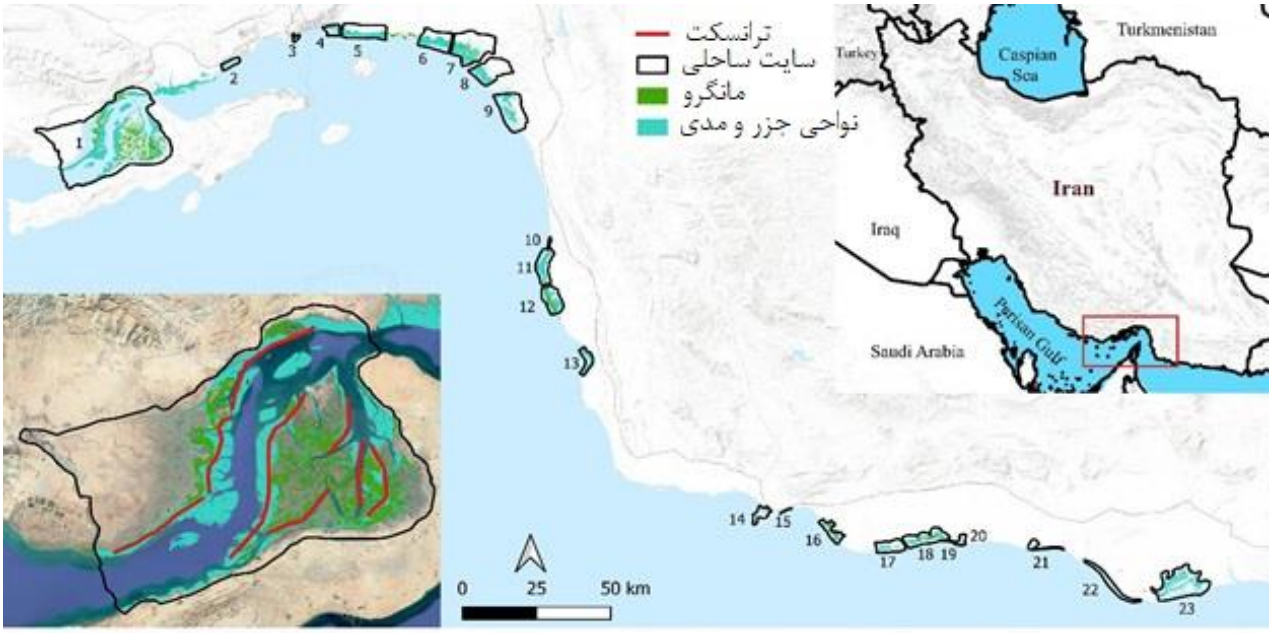
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در نوار ساحلی استان هرمزگان و در امتداد خلیج فارس قرار دارد؛ ناحیه‌ای که به‌دلیل تنوع بالای اکوسیستم‌های ساحلی، شامل پهنه‌های جزرومدی، خورها، مصب رودخانه‌ها و جنگل‌های مانگرو (حرا)، از اهمیت اکولوژیکی بالایی برخوردار است. جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان که عمدتاً توسط گونه حرا (*Avicennia marina*) شکل گرفته‌اند، از مهم‌ترین زیستگاه‌های ساحلی ایران محسوب می‌شوند و نقشی اساسی در پایداری اکولوژیکی، تثبیت رسوبات، تولید اولیه و تأمین منابع غذایی ایفا می‌کنند (٦). این جنگل‌ها در تعامل با نواحی جزرومدی پیرامون خود، موزاییکی از زیستگاه‌های متنوع را ایجاد کرده‌اند که برای بسیاری از گونه‌های جانوری، به‌ویژه پرندگان ساحلی، حیاتی است. اقلیم منطقه گرم و خشک بوده و میانگین دمای سالانه در نوار ساحلی هرمزگان حدود ۲٦ تا ۲۸

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]



شکل ۱. سایت‌های مورد مطالعه در استان هرمزگان (سایت‌ها: ۱. منطقه حفاظت‌شده حرا، ۲. کشتی‌سازی ۳. سورو ٤. شرق بندرعباس ۵. رود شور ٦. خور خرگی ۷. میناب ۸. سایت کلاهی ۹. سایت کرگان ۱۰. ساحل سیرک ۱۱. رودخانه گز ۱۲. خور آذینی ۱۳. خور خرگوشی ١٤. ساحل جاسک ۱۵. اسکله بهل ١٦. خور خلاصی ۱۷. خور سورگلم ۱۸. خور حد ۱۹. ساحل سیم ۲۰. خور کاشانی ۲۱. سدیچ- عبد ۲۲. خور ونک ۲۳. خور میدانی)

درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارش سالانه کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر بوده و عمدتاً در فصول سرد سال رخ می‌دهد. این شرایط اقلیمی، در کنار پویایی بالای جزرومدی، ساختار زیستگاهی منحصربه‌فردی را در سواحل این استان شکل داده است (۵۵). سواحل و تالاب‌های هرمزگان زیستگاه گونه‌های شاخصی از پرندگان نظیر فلامینگوها، حواصیل‌ها، اگرت‌ها، گیلانشاه‌ها، آبچلیک‌ها، کاکایی‌ها و انواع پرستوهای دریایی است و به‌عنوان زیستگاه‌های زمستان‌گذرانی و توقف‌گاه‌های مهاجرتی در مسیر پرواز آسیای مرکزی–آفریقا از اهمیت بالایی برخوردارند (۱۸).

در این پژوهش، ۲۳ سایت تالابی ساحلی شامل مناطق حفاظت‌شده، تالاب‌های ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر و خورهای ساحلی انتخاب شد. از مهم‌ترین این سایت‌ها می‌توان به منطقه حفاظت‌شده حرا، منطقه حفاظت‌شده تیاب و میناب، تالاب بین‌المللی رود شور و تالاب بین‌المللی رود گز اشاره کرد؛ مناطقی که نقشی کلیدی در حفاظت از تنوع زیستی پرندگان ساحلی خلیج فارس ایفا می‌کنند (شکل ۱).

پایش میدانی پرندگان

پایش میدانی پرندگان در قالب یک طرح مشترک میان اداره کل حفاظت محیط زیست استان هرمزگان و انجمن آوای بوم، طی بهمن ماه سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲ انجام شد. شمارش پرندگان در طول ترانسکت‌های خطی انجام گرفت. به‌منظور کاهش خطاهای شمارش و جلوگیری از هم‌پوشانی داده‌ها، ترانسکت‌ها به‌گونه‌ای طراحی شدند که فاصله آن‌ها از یکدیگر و از سایت تالابی مجاور حداقل ۲ کیلومتر باشد. در هر نوبت پایش، دو تا سه تیم شمارش تشکیل شد که هر تیم شامل یک پرنده‌شناس مجرب به‌همراه دو نفر همکار برای ثبت داده‌ها بود. شناسایی و شمارش پرندگان با استفاده از دوربین دوچشمی و تلسکوپ انجام گرفت (۱۸). پایش‌ها در شرایط آب‌وهوایی مناسب صورت گرفت و سرشماری پرندگان از ساعات اولیه صبح (حدود ساعت ٦) آغاز شده و تا غروب آفتاب ادامه داشت.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

جدول ۱. سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در این مطالعه (۲۳)

سنجه	نام انگلیسی	توصیف
اندازه لکه	Patch Area	وسعت هر لکه از یک نوع پوشش زمین.
محیط لکه	Patch Perimeter	طول مرز هر لکه.
نسبت شکل	Shape Index	نسبت محیط لکه به محیط یک دایره هم‌مساحت؛ بیانگر پیچیدگی شکل لکه.
تراکم لکه‌ها	Patch Density	تعداد لکه‌ها در واحد سطح.
شاخص پیوستگی	Contagion Index	میزان تجمع یا تکه‌تکه بودن لکه‌ها در سیمای سرزمین.
شاخص تنوع شانون	Shannon Diversity Index	میزان تنوع انواع پوشش زمین در یک منطقه.
شاخص یکنواختی	Evenness Index	میزان یکنواختی پراکندگی انواع پوشش زمین.
فاصله میان لکه‌ها	Mean Patch Distance	میانگین فاصله فضایی بین لکه‌ها.
تراکم حاشیه‌ها	Edge Density	نسبت مجموع طول حاشیه لکه‌ها به مساحت کل منطقه.

داده‌های سنجش از دور و سنجه‌های سیمای سرزمین

برای تهیه نقشه جنگل‌های مانگرو، از ترکیب داده‌های جهانی مانگرو (Global Mangrove Watch) و شاخص طیفی NDVI بهره گرفته شد. در این مطالعه، تصاویر Sentinel-2A Level-2A با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ از پایگاه Google Earth Engineدریافت شد و پس از اعمال تصحیحات اتمسفری، شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) محاسبه گردید. سپس نقشه‌های جهانی مانگرو با استفاده از NDVI و بازبینی بصری تصاویر ماهواره‌ای اصلاح و به‌روزرسانی شدند(۵۱). به‌منظور استخراج پهنه‌های جزرومدی، از رویکرد پیشنهادی Jia و همکاران (۲۰۲۱) استفاده شد. در این روش، ترکیبی از شاخص طیفی حداکثر و الگوریتم آستانه‌گذاری اتسو به‌کار گرفته می‌شود که یکی از روش‌های کارآمد برای تفکیک نواحی جزرومدی از پهنه‌های آبی و پوشش مانگرو در تحلیل‌های سنجش از دور به‌شمار می‌رود (۱۶). این الگوریتم با تحلیل هیستوگرام مقادیر شدت پیکسل‌ها، آستانه‌ای بهینه را تعیین می‌کند که واریانس بین‌کلاسی را بیشینه و واریانس درون‌کلاسی را کمینه می‌سازد. در این مطالعه، تصاویر Sentinel-2 مربوط به ماه بهمن سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ پس از انجام اصلاحات اتمسفری و حذف پوشش ابری، برای محاسبه شاخص‌های تشخیص آب مورد استفاده قرار گرفتند. سپس با اعمال الگوریتم اتسو، پیکسل‌ها به دو کلاس «آب جزرومدی» و «خشکی ساحلی» تفکیک شدند (۱۲ و ۲۵). تکرار این فرایند در چندین تاریخ زمانی، امکان تعیین فرکانس آب‌شدگی و شناسایی دقیق محدوده پهنه‌های جزرومدی را فراهم کرد. تمامی تحلیل‌های مربوط به پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محیط Google Earth Engine انجام شد. پس از تهیه لایه‌های مکانی جنگل‌های مانگرو و پهنه‌های جزرومدی برای سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، سنجه‌های سیمای سرزمین برای لکه‌های مانگرو و نواحی جزرومدی فاقد مانگرو محاسبه شدند. فهرست و توصیف سنجه‌های مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. محاسبه این سنجه‌ها با استفاده از پکیج landscapemetrics در نرم‌افزار R انجام گرفت (۲۳). به‌منظور جلوگیری از اثر هم‌خطی، آزمون همبستگی میان سنجه‌ها انجام شد و متغیرهایی که همبستگی بالایی با سایر سنجه‌ها داشتند، از تحلیل نهایی حذف شدند (جدول ۱).

روش‌های آماری

برای بررسی تفاوت ساختار جوامع پرندگان میان نواحی جزرومدی دارای پوشش مانگرو و نواحی جزرومدی بدون مانگرو، از روش چندمتغیره و غیرپارامتری مقیاس‌بندی چندبعدی غیرطولی (Non-metric multidimensional scaling (NMDS))

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

استفاده شد. این روش، الگوهای شباهت میان نمونه‌ها را بر اساس ماتریس عدم شباهت (شاخص Bray–Curtis) تحلیل می‌کند و برای داده‌های اکولوژیکی با توزیع غیرنرمال مناسب است. تحلیل NMDS با استفاده از پکیج vegan و تابع metaMDS در نرم‌افزار R انجام شد. جدایی گروه‌ها در فضای دوبعدی نشان‌دهنده تفاوت در ترکیب جوامع پرندگان میان زیستگاه‌ها است (۱۳ و ٤۰). همچنین، برای مقایسه میانگین تعداد پرندگان شمارش‌شده در نواحی جزرومدی و مانگرو، از آزمون t مستقل استفاده شد. این آزمون با توجه به نرمال بودن داده‌ها و استقلال نمونه‌ها انتخاب شد و امکان بررسی تفاوت معنی‌دار آماری در فراوانی پرندگان میان دو زیستگاه را فراهم کرد (٥٦).

به‌منظور آزمون فرضیه‌های مربوط به اثر سنجه‌های سیمای سرزمین بر فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی استان هرمزگان، از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته بیزی با اثرات ترکیبی، پیاده‌سازی‌شده در پکیج brms در نرم‌افزار R استفاده شد (۱۰). دو مدل مجزا شامل مدل فراوانی پرندگان ساحلی و مدل غنای گونه‌ای پرندگان ساخته شد. قبل از انجام تحلیل‌ها، همبستگی متغیرها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون (Pearson) بررسی گردید. در مواردی که $|\rho| \geq ۰/۷$ بود، به‌منظور کاهش اثر هم‌خطی، از هر جفت متغیر تنها متغیری که از دیدگاه بوم‌شناختی اهمیت بیشتری داشت، برای ورود به مدل انتخاب شد (۱۵).

فرایند مدل‌سازی با ساخت مدل‌های تک‌متغیره آغاز شد تا اثر مستقل هر سنجه بر متغیرهای وابسته (فراوانی و غنا) ارزیابی شود. سپس مدل‌ها بر اساس معیار اعتبارسنجی متقابل Leave-One-Out (LOO-CV) رتبه‌بندی شدند. ین روش به دلیل مناسب‌بودن برای مدل‌های بیزین، دقت بالا در برآورد توان پیش‌بینی مدل و کارایی مناسب در حجم نمونه محدود، به‌عنوان معیار اصلی ارزیابی مدل‌ها انتخاب شد. پس از شناسایی متغیرهای مؤثر با رتبه بهتر، مدل‌های چندمتغیره با افزودن تدریجی متغیرها توسعه یافتند (۲۸ و ٤۸). مدل‌ها با توزیع‌های پواسون و دوجمله‌ای منفی برازش شدند (۲۹ و ٥۲). در این چارچوب، فرض شد که فراوانی و غنای پرندگان (C_{it}) می‌تواند در میان سایت‌ها (i) و سال‌ها (t) متغیر باشد. به‌منظور کنترل نوسانات ناشی از تفاوت‌های مکانی و زمانی و کاهش خطاهای احتمالی شمارش، سایت ساحلی به‌عنوان اثر تصادفی (1 | site) و روند سالانه به‌صورت شیب تصادفی سایت–محور وارد مدل‌ها شد. این ساختار امکان عدم همبستگی شیب‌ها در میان سایت‌ها و سال‌های مختلف را فراهم می‌کند (۲۷ و ٥۳). از آنجا که داده‌های پایش شامل برآورد احتمال کشف نبودند، مدت‌زمان پایش در هر سایت به‌عنوان متغیر offset در مدل‌ها لحاظ شد تا اثر ناشی از تفاوت در زمان صرف‌شده برای شمارش پرندگان به حداقل برسد (۲۹). در نهایت، برازش و اعتبار مدل‌ها با استفاده از نمودارهای زنجیره مارکوف مونت‌کارلو (Markov chain Monte Carl) و آزمون‌های posterior predictive checks ارزیابی شد (۹ و ۲۰).

نتایج

در مجموع، طی پایش‌های انجام‌شده در سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲، تعداد ۹۰ گونه پرنده ساحلی در ۲۳ تالاب ساحلی استان هرمزگان ثبت شد. بیشترین فراوانی پرندگان به منطقه حفاظت‌شده حرا اختصاص داشت، به‌طوری که تعداد پرندگان شمارش‌شده در این منطقه بین ۱۰ تا ۱٥ هزار فرد نوسان داشت. پس از آن، تالاب‌های ساحلی شرق بندرعباس و میناب با میانگین فراوانی حدود ۷٤۰۰ و ٥۲۰۰ پرنده در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین جمعیت گونه‌های شاخص پرندگان ساحلی از جمله تلیله بزرگ، سلیم شنی کوچک، تلیله بلوطی و سلیم خاکستری، و همچنین پرندگان شکاری نظیر کرکس مصری، عقاب شاهی و عقاب خالدار بزرگ، عمدتاً در مناطق حفاظت‌شده حرا، شرق بندرعباس، تالاب رود شور و میناب ثبت شده‌اند. تمامی این گونه‌ها در فهرست گونه‌های تهدیدشده قرار دارند و از اولویت حفاظتی بالایی برخوردارند. از نظر غنای گونه‌ای، تالاب‌های میناب و شرق بندرعباس به‌ترتیب با ثبت ٦۳ و ٥۸ گونه پرنده، بیشترین تنوع گونه‌ای را در میان سایت‌های مورد مطالعه نشان دادند.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

جدول ۲. مساحت مانگرو و نواحی جزومدی و فراوانی و غنای پرندگان در سایت‌های مورد مطالعه

سایت	مساحت کل (کیلومتر مربع)	مساحت مانگرو (کیلومتر مربع)	مساحت ناحیه جزومدی (کیلومتر مربع)	غنا		فراوانی	
				۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۲	۲۰۲۳
منطقه حفاظت شده حرا	۸۲۵۹٤/۵۱۹	۷۰۸۳/۷۱۳	۱۳۷۱۹/٤۱٦	۵۰	٤۷	۱۵۱۳۲	۱۰۸٤۵
کشتی‌سازی	۱۳۷۲/۵٦۹	۰	۵۱۳/۹٤۹	-	۳۲	-	۹۰٦
سورو	٤۱۰/۵۵۳	۲/۱۰۲	۱۱۹/۰٦۱	۳۹	-	۱۷۷۵	-
شرق بندرعباس	۱۹۵۰	٦٦/۳۲٦	٤۱۹	۵۸	۵۸	۷۳۰۰	۵۲۵۵
رودشور	۷۲٤٤/۹	٦٤/۱۲۵	۲۲۷۸/۹۵۹	-	۳۷	-	۵۲۰۲
خورکراگی	٦۳۹۵/٤۷۵	۲۹/۰٦۱	۲۱۹٦/۰۹۰	-	۳۵	-	۳۵۵۲
میناب (خور نمکی و تیاب)	۱۲۰۲۸/۰۵۵	٤٤۰/۹۹٤	۲۱۸۵/۵۰٦	٦۳	٤۵	۵۳۹۷	۲۷۷۵
خور کلاهی	۷۸۱۸/۹۱۳	۱٤/۰۰۹	۱۷۰۹/٦۲۰	۲۷	۲۱	٦٤٦	۱۵٤
خور کراگان	۹٤۸۲/۱٤۵	٤٤/۷۹٤	۱۳۲۳/٦٤٦	۳۵	۳۸	۱۱۸۱	۱۳۷۲
ساحل سیرک	۲۳۱/٤٤۹	۰	۲٦/٦٤۵	۲۸	-	٤۰۳	-
رودگز	٤۸۵٦/۸٤٦	٦۹/۹٤٤	۱۱۲۷/۳۳۰	۳٤	-	۵۰۸	-
خور آذینی	٤۹۱۳/۱۷۸	۷٤۰/٦۹٦	٦۹۱/۳۲۹	٤۹	٤٤	۳۷۷۰	۱۷۲۳
خور خرگوشی	۲۲۹۱/٦۵٤	۰	۹۳۳/٦۸۹	٤۸	٤۱	۲٦۷۰	۱٦۲۳
جاسک	۱۹۸۷/۱٤۸	۷۵/۱۲۸	۲٤۷/۱۰۵	۳۸	٤۵	۳۱۲۲	۲۵۸۵
اسکله بهل	۸۰/۹۳٦	۰	۱۱/٤۷۵	-	۷	-	۲۹۲۳
خور خلاصی	۲۷۵۷/۲٦۵	۳۹۵/٦۰۹	۹٦۸/۹۸۹	۵۰	۵۰	۳٦۲۱	۳۲۰۷
سورگلم	۳٦۵۰/٤٦۵	۷۱/٦۷۳	۷۸٦/٤۳۳	٤٦	۳٦	۲٤۵۵	۱۰۰٦
حد (خورهای نیازی، پهنو و حد)	۵۷۷٦/۷۳۱	۳۹۲/۹۲٦	۱۷۹۷/۲۱۵	٤۷	-	۳۵٦٤	-
ساحل سیم	۱۳۱/۱۷۲	۰	۱۸/۱۳۹	۲۹	۲۲	٤۲٦	۱۲۷۲
خور کاشانی	۹۷۵/۰۳۸	۰	۱۳۵/۱٤۱	۲۲	-	٦۷٦	-
سدیش	۱۲۹۱/۳٦۳	۰	۱۱۷/۳۵۳	-	۳۷	-	۸۰۰
ونک	۳۳۳۵/۷۱۷	۰	۲۰۷/۰٦۳		۲۷		۱۲۱۷
خور میدانی	۱۳۷۵٤/۰۹۱	۹/۷۱٦	۲۳۱۰/۵٦۲		٤۲		۲٤۳۳

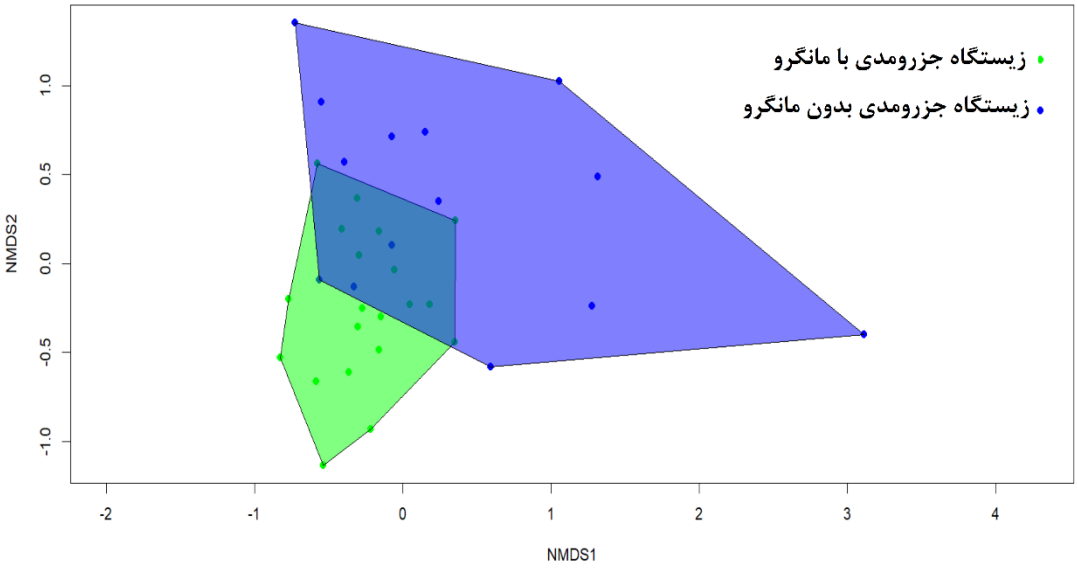
مقایسه داده‌های دو سال پایش، به‌ویژه در سایت‌هایی که در هر دو سال مورد بررسی قرار گرفتند، بیانگر کاهش تعداد پرندگان شمارش‌شده در سال ۱٤۰۲ نسبت به سال ۱٤۰۱ بود در مقابل، خورهای بهل، کلاهی، سیرک و سیم کمترین میزان فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی را به خود اختصاص دادند.

نتایج تحلیل‌های سنجش از دور نیز نشان داد که بیشترین سطح پوشش مانگرو در سایت‌های منطقه حفاظت‌شده حرا، خور میدانی و خور آذینی مشاهده شد (جدول ۲).

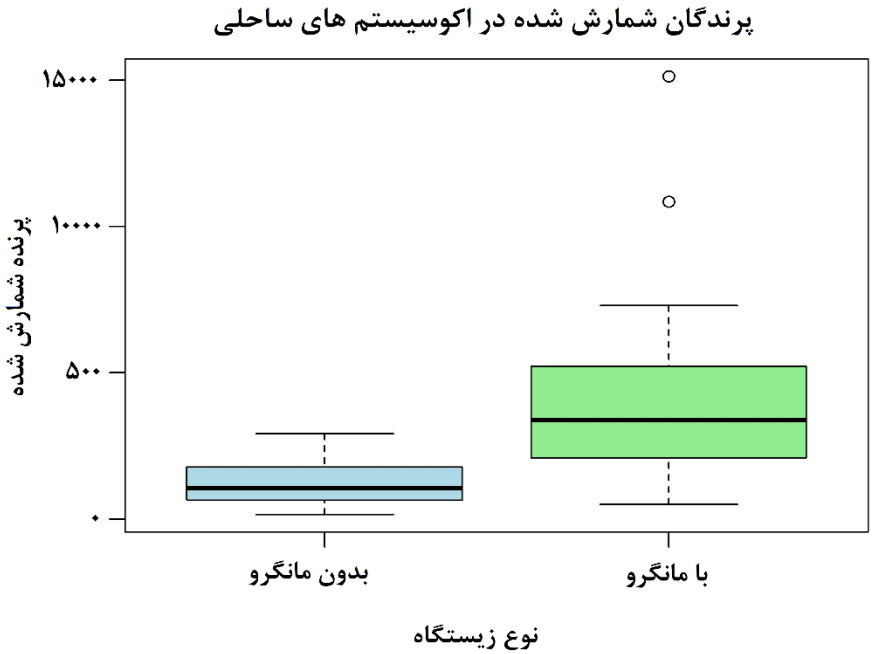
نتایج تحلیل مقیاس‌بندی چندبعدی غیرطولی (NMDS) نشان داد که ترکیب جوامع پرندگان بین سایت‌های دارای نواحی جزرومدی همراه با پوشش مانگرو و سایت‌های جزرومدی فاقد مانگرو حدود ۲۰ درصد تفاوت دارد. این میزان جدایی حاکی از آن است که حضور مانگروها منجر به تغییر قابل‌توجهی در ساختار جوامع پرندگان می‌شود. اگرچه این دو نوع زیستگاه تا

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]



شکل ۲. میزان هم پوشانی زیستگاه جزومدی با مانگر و بدن مانگر در رابطه با جوامع پرندگان ساحلی



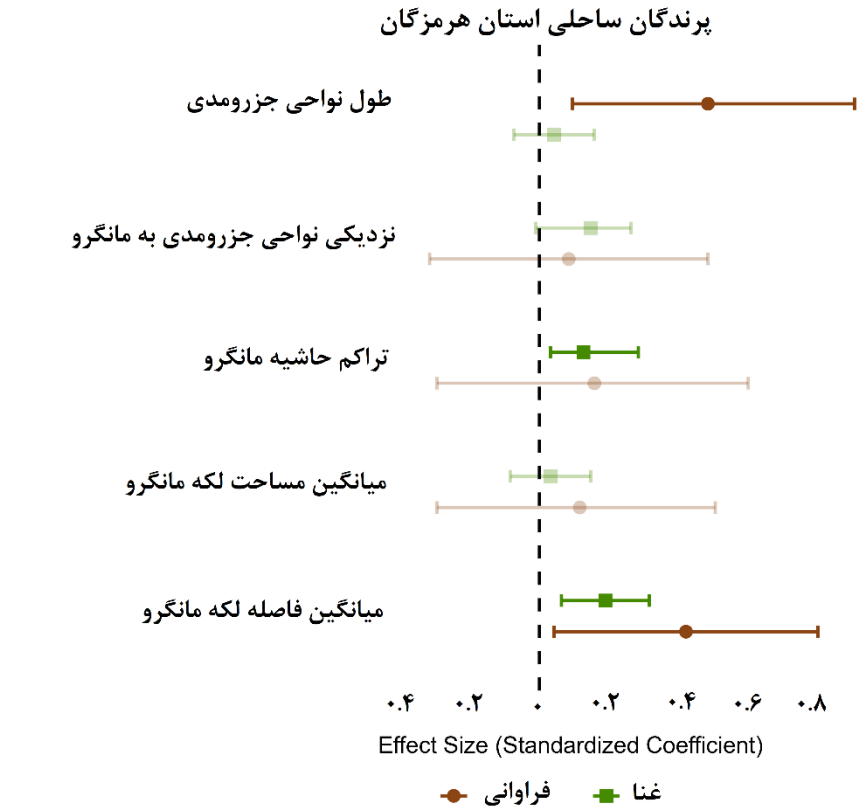
شکل ۳. تفاوت معنی دار تعداد پرندگان شمارش شده در دو زیستگاه ساحلی در حمایت از پرندگان

حدی همپوشانی دارند، اما هر یک جوامع نسبتاً متمایزی از پرندگان ساحلی را پشتیبانی می‌کنند که بیانگر نقش اکولوژیکی مانگروها در افزایش تنوع زیستی است (شکل ۲). همچنین، نتایج آزمون t مستقل نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین تعداد پرندگان شمارش‌شده در نواحی جزرومدی همراه با مانگرو و نواحی جزرومدی بدون مانگرو وجود دارد ($p <$ ۰/۰۵). این یافته نشان می‌دهد که نوع زیستگاه اثر قابل‌توجهی بر فراوانی پرندگان ساحلی دارد (شکل ۳).

بر اساس نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته بیزین، غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی استان هرمزگان رابطه مثبت و معنی‌داری با سنجه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]



شکل ٤. پاسخ غنا و فراوانی پرندگان ساحلی هرمزگان به سنجه‌های سیمای سرزمین

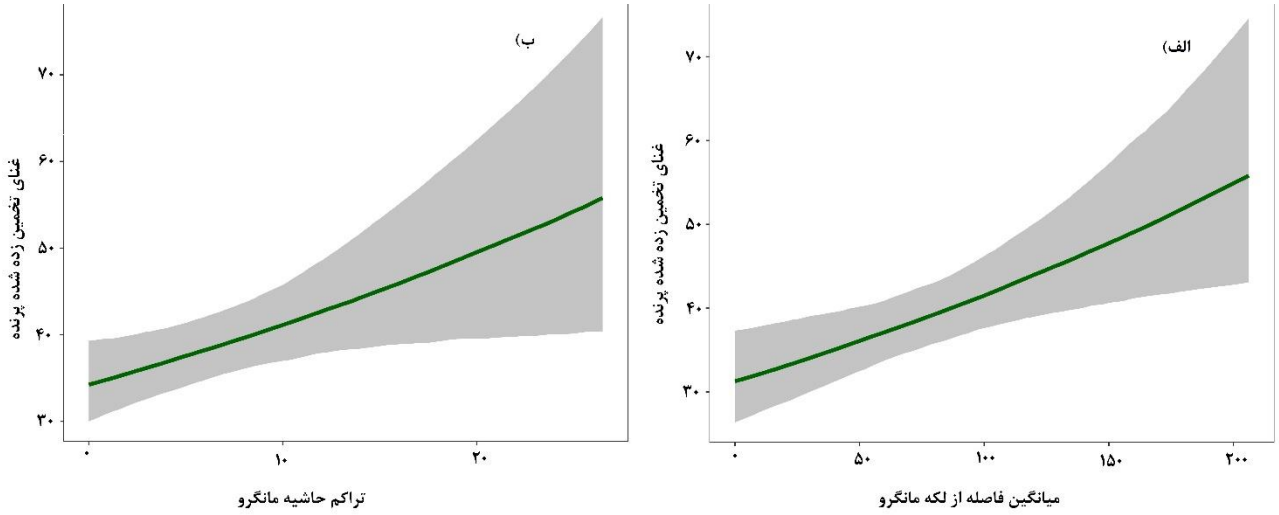
چگالی حاشیه‌ای لکه‌های مانگرو داشت (، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۰۳ تا ۰/۲٦). در مقابل، برخلاف انتظار اولیه، سنجه اندازه لکه‌های مانگرو اثر معنی‌داری بر غنای گونه‌ای نشان نداد (= β ۰/۰۳، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۰۸ تا ۰/۱٤) (اشکال ۳-۲ و ٤-۲). نتایج این مدل همچنین نشان داد که افزایش میانگین فاصله بین لکه‌های مانگرو با افزایش غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی همراه است (β = ۰/۱۸، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۰٦ تا ۰/۳۰) (اشکال ٤ و ۵).

در مدل مربوط به فراوانی پرندگان، طول پهنه‌های جزرومدی اثر مثبت و معنی‌داری بر فراوانی پرندگان ساحلی در استان هرمزگان داشت (β = ۰/٤۳، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۱٦ تا ۰/۷۳). افزون بر این، سنجه میانگین فاصله بین لکه‌های مانگرو نیز رابطه مستقیم و معنی‌داری با فراوانی پرندگان ساحلی نشان داد (۰/۳۹ = β، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۱٦ تا ۰/٦٤) (شکل ۵-۲). به بیان دیگر، افزایش فاصله بین لکه‌های مانگرو با افزایش تعداد پرندگان ساحلی همراه بوده است. در مقابل، سنجه نزدیکی نواحی جزرومدی به مانگروها، به‌عنوان شاخصی از چیدمان و ترکیب سیمای سرزمین، اثر معنی‌داری بر فراوانی پرندگان ساحلی نشان نداد (β = ۰/۰۸، بازه اعتباری ۹۵٪ = ۰/۲۲ تا ۰/٤۰) (اشکال ٤ و ٦).

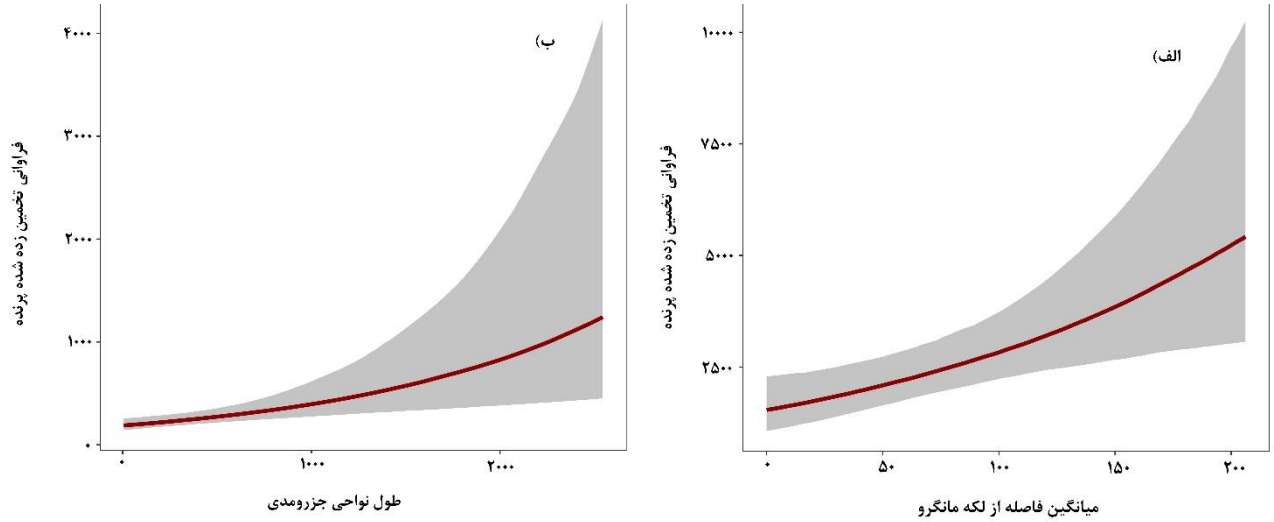
بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، با تلفیق داده‌های سنجش از دور، سنجه‌های سیمای سرزمین و مدل‌های خطی تعمیم‌یافته بیزی، اثر ساختار و ترکیب زیستگاه‌های ساحلی بر فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان ساحلی استان هرمزگان بررسی شد. نتایج این پژوهش سه یافته اصلی را برجسته می‌کند: (۱) برخی سایت‌ها از جمله منطقه حفاظت‌شده حرا، میناب، رود شور و شرق بندرعباس بیشترین نقش را در حمایت از جوامع پرندگان ساحلی ایفا می‌کنند؛ (۲) نواحی جزرومدی همراه با پوشش مانگرو نه‌تنها از نظر فراوانی

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]



شکل ۵. منحنی پاسخ غنای پرندگان ساحلی به و میانگین فاصله لکه‌های مانگرو (الف) و تراکم حاشیه‌ای لکه‌های مانگرو (ب)



شکل ٦. منحنی پاسخ فراوانی پرندگان ساحلی به میانگین فاصله لکه‌های مانگرو (الف) و طول نواحی جزومدی (ب)

و غنای گونه‌ای غنی‌تر هستند، بلکه ترکیب جوامع پرندگان در آن‌ها با نواحی فاقد مانگرو تفاوت معناداری دارد (۳). برخلاف انتظار اولیه، اندازه لکه‌های مانگرو اثر معناداری بر فراوانی و غنای پرندگان نداشت، در حالی که سنجه‌های مرتبط با چیدمان فضایی، از جمله فاصله بین لکه‌ها، تراکم حاشیه‌ای مانگرو و طول نواحی جزرومدی، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری جوامع پرندگان داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که صرف بزرگی یا کوچکی لکه‌های مانگرو برای حمایت از تنوع پرندگان کافی نیست و ترکیب و آرایش فضایی این لکه‌ها با زیستگاه‌های مجاور اهمیت بیشتری دارد (۸).

نخستین یافته مهم این مطالعه نشان داد که در میان ۲۳ سایت ساحلی بررسی‌شده، منطقه حفاظت‌شده حرا، شرق بندرعباس، میناب و رود شور نه‌تنها بیشترین غنای گونه‌ای و فراوانی پرندگان ساحلی را در خود جای داده‌اند، بلکه در حفاظت از گونه‌های شاخص و در معرض تهدید نظیر تلیله بزرگ، سلیم خاکستری و پرندگان شکاری همچون کرکس مصری و عقاب‌های خالدار

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

بزرگ و شاهی نیز از اهمیت بالایی برخوردارند. این نتیجه با مطالعات پیشین، به‌ویژه قاسمی و همکاران (۲۰۱۲)، که بر نقش کلیدی منطقه حفاظت‌شده حرا در حمایت از پرندگان ساحلی تأکید کرده‌اند، هم‌راستا است. غنای بالاتر پرندگان در این سایت‌ها احتمالاً ناشی از هم‌زیستی جنگل‌های مانگرو و نواحی جزرومدی است که مجموعه‌ای متنوع از منابع غذایی و پناهگاه‌ها را برای پرندگان فراهم می‌کند (۸ و ۳۱). در مقابل، سایت‌هایی با مساحت کمتر و فاقد پوشش مانگرو، نظیر خور بهل و سیم، از غنا و فراوانی پایین‌تری برخوردار بودند که می‌تواند به محدودیت تنوع زیستگاهی در این مناطق نسبت داده شود.

تحلیل ترکیب جوامع پرندگان نیز نشان داد که نواحی جزرومدی همراه با مانگرو نه‌تنها از نظر تعداد پرندگان غنی‌تر هستند، بلکه ترکیب گونه‌ای متفاوتی نسبت به نواحی جزرومدی بدون مانگرو دارند. به‌طور خاص، سایت‌هایی که دارای موزاییکی از مانگرو و نواحی جزرومدی بودند، علاوه بر سلیم‌ها، تلیله‌ها و آبچلیک‌ها، جمعیت بیشتری از گونه‌هایی نظیر پلیکان‌ها، حواصیل‌ها، اگرت‌ها، باکلان‌ها و ماهی‌خورک‌ها را در خود جای داده بودند. این یافته با نتایج مطالعات پیشین که بر اهمیت جنگل‌های مانگرو در حمایت از جوامع متنوع‌تر و متمایزتر پرندگان در اکوسیستم‌های ساحلی تأکید دارند، همخوانی دارد (۳۲ و ۳۵). حضور منابع غذایی غنی و استفاده از لکه‌های مانگرو به‌عنوان پناهگاه، عامل اصلی فراوانی بیشتر گونه‌هایی نظیر پلیکان‌ها و حواصیل‌ها در این زیستگاه‌ها است (٤٩). با وجود این، نتایج نشان داد که زیستگاه‌های جزرومدی بدون مانگرو نیز برای برخی گروه‌ها، به‌ویژه تلیله‌ها، آبچلیک‌ها و سلیم‌ها، از اهمیت بالایی برخوردارند و در برخی موارد فراوانی این گونه‌ها در این نواحی برابر یا حتی بیشتر از سایت‌های دارای مانگرو بوده است. این یافته با مطالعه آرمیتاگ و همکاران (۲۰۲۱) هم‌راستا است که نقش کلیدی نواحی جزرومدی بدون مانگرو را برای این گروه از پرندگان برجسته می‌کند. یکی از دلایل احتمالی این الگو می‌تواند فراوانی بی‌مهرگان کفزی باشد که منبع غذایی اصلی بسیاری از گونه‌های کنارآبزی است و در نواحی جزرومدی باز دسترسی‌پذیرتر است (١٤و ٤٧).

نتایج این پژوهش همچنین تأیید می‌کند که اثر ساختار و ترکیب لکه‌های مانگرو بر جوامع پرندگان، بیش از اندازه لکه‌ها است؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد (۳۲و ٣٤). در این مطالعه، اندازه لکه‌های مانگرو اثر معناداری بر فراوانی و غنای پرندگان نداشت، در حالی که افزایش فاصله بین لکه‌های مانگرو با افزایش فراوانی و غنای پرندگان همراه بود. تفسیر این نتیجه می‌تواند آن باشد که لکه‌های بسیار متراکم مانگرو عمدتاً گونه‌های خاص وابسته به جنگل‌های انبوه را حمایت می‌کنند، در حالی که افزایش فاصله میان لکه‌ها، امکان حضور هم‌زمان زیستگاه‌های مکمل نظیر نواحی جزرومدی را فراهم می‌کند و در نتیجه تنوع بیشتری از نیچ‌های اکولوژیک در دسترس پرندگان قرار می‌گیرد (۷ و ٤١). این ساختار فضایی بهینه، امکان بهره‌برداری هم‌زمان از منابع غذایی و پناهگاه‌ها را برای گونه‌های مختلف فراهم می‌سازد، در حالی که نزدیکی بیش از حد لکه‌ها ممکن است دسترسی به منابع تغذیه‌ای را محدود کند (۱۲). از سوی دیگر، افزایش تراکم حاشیه‌ای لکه‌های مانگرو با افزایش غنای گونه‌ای پرندگان همراه بود. این یافته اهمیت اکوتون‌ها و ساختارهای حاشیه‌ای را در اکوسیستم‌های ساحلی نشان می‌دهد، جایی که تلاقی چند زیستگاه مختلف، تنوع بالاتری از منابع غذایی و پناهگاه‌ها را فراهم می‌کند (٥٤). این شرایط می‌تواند هم گونه‌های وابسته به مانگرو و هم گونه‌های وابسته به نواحی جزرومدی و دریایی را جذب کند و در نهایت منجر به افزایش غنای گونه‌ای شود (۲۲ و ٢٤). افزون بر این، نتایج نشان داد که طول نواحی جزرومدی اثر مثبت و قابل‌توجهی بر فراوانی پرندگان دارد، که بیانگر نقش این نواحی به‌عنوان زیستگاه‌های تغذیه‌ای گسترده با ظرفیت بالای حمایت از جمعیت‌های بزرگ‌تر پرندگان است (۱۱ و ٤٢).

با وجود اهمیت یافته‌های این پژوهش، برخی محدودیت‌ها نیز باید مدنظر قرار گیرند. نخست، در پایش‌ها احتمال کشف گونه‌ها لحاظ نشده است که ممکن است بر برآورد فراوانی واقعی

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

پرندگان در برخی سایت‌ها تأثیر گذاشته باشد. دوم، داده‌ها محدود به دو سال پایش بودند و تغییرات بین‌فصلی و بین‌سالی جوامع پرندگان در این مطالعه به‌طور کامل بررسی نشده است. در نهایت، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثر آشفتگی‌های انسانی نظیر صید ترال، تردد قایق‌های قاچاق سوخت و دام، و فعالیت‌های گردشگری بر جوامع پرندگان ساحلی خلیج فارس به‌صورت کمی مورد بررسی قرار گیرد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ساختار و چیدمان فضایی زیستگاه‌های ساحلی استان هرمزگان، به‌ویژه تعامل میان نواحی جزرومدی و جنگل‌های مانگرو، نقش اساسی در تعیین غنا، فراوانی و ترکیب جوامع پرندگان ساحلی دارد. نواحی جزرومدی همراه با مانگرو نه‌تنها از نظر تعداد و تنوع گونه‌ای وضعیت مطلوب‌تری دارند، بلکه جوامع متمایزتری از پرندگان، از جمله گونه‌های حساس و در معرض تهدید، را پشتیبانی می‌کنند. این امر اهمیت اکولوژیک اکوتون‌ها و موزاییک زیستگاهی در اکوسیستم‌های ساحلی خلیج فارس را برجسته می‌سازد. برخلاف رویکردهای حفاظتی مبتنی بر افزایش صرف مساحت زیستگاه‌ها، نتایج این مطالعه نشان داد که اندازه لکه‌های مانگرو به‌تنهایی تعیین‌کننده وضعیت جوامع پرندگان نیست. در مقابل، سنجه‌های مرتبط با ساختار سیمای سرزمین، از جمله فاصله بین لکه‌های مانگرو و تراکم حاشیه‌ای آن‌ها، اثر مثبت و معناداری بر غنا و فراوانی پرندگان ساحلی داشتند. این یافته‌ها بیانگر آن است که چیدمان فضایی مناسب لکه‌های مانگرو و حفظ ساختارهای حاشیه‌ای، امکان بهره‌برداری هم‌زمان پرندگان از منابع غذایی نواحی جزرومدی و پناهگاه‌های مانگرو را فراهم می‌کند و در نتیجه شرایط زیستگاهی بهینه‌تری ایجاد می‌شود. افزون بر این، افزایش طول و وسعت نواحی جزرومدی با افزایش فراوانی پرندگان ساحلی همراه بود که اهمیت این زیستگاه‌ها را به‌عنوان مناطق کلیدی تغذیه‌ای، به‌ویژه برای پرندگان کنارآبزی و مهاجر، تأیید می‌کند. در این چارچوب، سایت‌هایی نظیر منطقه حفاظت‌شده حرا، میناب، رود شور و شرق بندرعباس به‌دلیل برخورداری از تنوع زیستگاهی بالا و چیدمان فضایی مناسب، به‌عنوان کانون‌های اصلی حفاظت از تنوع زیستی پرندگان ساحلی استان هرمزگان شناسایی می‌شوند.

از منظر کاربردهای حفاظتی، نتایج این پژوهش بر ضرورت اتخاذ رویکردی مبتنی بر سیمای سرزمین در مدیریت تالاب‌ها و جنگل‌های مانگرو تأکید دارد. حفاظت مؤثر پرندگان ساحلی مستلزم حفظ پیوستگی عملکردی بین نواحی جزرومدی و مانگرو، جلوگیری از تخریب حاشیه‌ها، و توجه به چیدمان فضایی لکه‌ها در کنار حفظ مساحت زیستگاه‌هاست. در این راستا، برنامه‌های مدیریتی باید بر حفاظت از اکوتون‌ها، کنترل فعالیت‌های مخرب انسانی در نواحی حساس ساحلی و اولویت‌بندی سایت‌هایی با تنوع زیستگاهی بالا متمرکز شوند. در مجموع، این مطالعه شواهد علمی روشنی فراهم می‌کند که نشان می‌دهد مدیریت و حفاظت تنوع زیستی ساحلی در استان هرمزگان نیازمند نگاهی فراتر از حفاظت سطحی زیستگاه‌ها و تمرکز بر ساختار، ترکیب و پویایی فضایی سیمای سرزمین است. به‌کارگیری این رویکرد می‌تواند نقش مهمی در حفظ جمعیت پرندگان ساحلی، به‌ویژه گونه‌های در معرض تهدید، و ارتقای پایداری اکوسیستم‌های ساحلی خلیج فارس ایفا کند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت اداره کل حفاظت محیط زیست استان هرمزگان برای انجام این مطالعه قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Aloysius, N., Madhushanka, S. and Chandrika, C., 2023. Avifaunal Diversity and Abundance in the Proposed Sarasalai Mangrove Reserve, Jaffna, Sri Lanka. *Birds*, 4(1): 103-116.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

2. Armitage, A.R., Weaver, C.A., Whitt, A.A. and Pennings, S.C., 2021. Effects of mangrove encroachment on tidal wetland plant, nekton, and bird communities in the Western Gulf of Mexico. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*: 248: 106767.
3. Baek, S. and Kim, W., 2025. Review on hyperspectral remote sensing of tidal zones. *Ocean Science Journal*, 60(1): 3.
4. Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. and Silliman, B.R., 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2): 169-193.
5. Beatley, T., 1991. Protecting biodiversity in coastal environments: introduction and overview. *Coastal Management*, 19(1): 1-19.
6. Bihamta Toosi, N., Soffianian, A. and Fakheran, S., 2025. The Application of Landscape Ecology in Monitoring Changes in the Spatial Patterns of Mangrove Ecosystems (Case Study: Qeshm Mangrove Forests). *Ecology of Iranian Forest*, 13(2): 91-101.
7. Buelow, C. and Sheaves, M., 2015. A birds-eye view of biological connectivity in mangrove systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152: 33-43.
8. Buelow, C.A., Baker, R., Reside, A.E. and Sheaves, M., 2017. Spatial dynamics of coastal forest bird assemblages: the influence of landscape context, forest type, and structural connectivity. *Landscape Ecology*, 32(3): 547-561.
9. Bürkner, P.-C., and Vuorre, M., 2019. Ordinal regression models in psychology: A tutorial. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 2(1): 77–101.
10. Bürkner, P.-C., 2017. brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. *Journal of Statistical Software*, 80(1), 1–28.
11. Cai, S., Mu, T., Peng, H.B., Ma, Z. and Wilcove, D.S., 2024. Importance of habitat heterogeneity in tidal flats to the conservation of migratory shorebirds. *Conservation Biology*, 38(1): 14153.
12. Chen, C., Zhang, C., Tian, B., Wu, W. and Zhou, Y., 2023. Tide2Topo: A new method for mapping intertidal topography accurately in complex estuaries and bays with time-series Sentinel-2 images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 200: 55-72.
13. Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1), 117-143.
14. Diskin, M.S. and Smee, D.L., 2017. Effects of black mangrove Avicennia germinans expansion on salt marsh nekton assemblages before and after a flood. *Hydrobiologia*, 803(1): 283-294.
15. Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., and Lautenbach, S., 2013. Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1): 27–46.
16. Fitton, J.M., Rennie, A.F., Hansom, J.D. and Muir, F.M., 2021. Remotely sensed mapping of the intertidal zone: A Sentinel-2 and Google Earth Engine methodology. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22: 100499.
17. R., Danehkar, A., Alambeigi, A., Alizadeh Shabani, A. and Sobhani, P., 2025. Comparison and prioritization of environmental threats in natural habitats of mangrove forests of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 14(44), 37-62.
18. Ghasemi, S., Mola-Hoveizeh, N., Zakaria, M., Ismail, A. and Tayefeh, F.H., 2012. Relative abundance and diversity of waterbirds in a Persian Gulf mangrove forest, Iran. *Tropical Zoology*, 25(1): 39-53.
19. Ghasemi, S., Zakaria, M., Abdul-Hamid, H., Yusof, E., Danehkar, A. and Rajpar, M.N., 2010. A review of mangrove value and conservation strategy by local communities in Hormozgan province, Iran. *Journal of American Science*, 6(10): 29-338.
20. Gimenez, O., Royle, A., Kéry, M., and Nater, C., 2024. Ten quick tips to get you started with Bayesian statistics. *PLOS Computational Biology*, 20(2), 1011876.
21. Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N. and Fatoyinbo, T., 2020. Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*, 26(10): 5844-5855.
22. Graells, G., Celis-Diez, J.L., Corcoran, D. and Gelcich, S., 2022. Bird communities in coastal areas. effects of anthropogenic influences and distance from the coast. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 807280.
23. Hesselbarth, M.H., Sciaini, M., With, K.A., Wiegand, K. and Nowosad, J., 2019. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography*, 42(10): 1648-1657.
24. Holm, K.J. and Burger, A.E., 2002. Foraging behavior and resource partitioning by diving birds during winter in areas of strong tidal currents. *Waterbirds*, 25(3): 312-325.
25. Jia, M., Wang, Z., Mao, D., Ren, C., Wang, C. and Wang, Y., 2021. Rapid, robust, and automated mapping of tidal flats in China using time series Sentinel-2 images and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 255: 112285.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

26. Ju, C., Fu, D., Lyne, V., Xiao, H., Su, F. and Yu, H., 2025. Global declines in mangrove area and carbon-stock from 1985 to 2020. *Geophysical Research Letters*, 52(8): e2025GL115303.
27. Kéry, M., and Royle, A., 2021. Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of Distribution, Abundance and Species Richness in R and BUGS. Volume 2: Dynamic and Advanced Models. Academic Press, Elsevier, the Netherlands.
28. Kéry, M., and Royle, J. A., 2016. Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of Distribution, Abundance and Species Richness in R and BUGS. Volume 1: Prelude and Static Models. Academic Press, Elsevier, the Netherlands.
29. Kéry, M., and Schaub, M., 2011. Bayesian Population Analysis Using WinBUGS: A Hierarchical Perspective. Academic Press, The Netherlands.
30. Kirby, J.S., Stattersfield, A.J., Butchart, S.H., Evans, M.I., Grimmett, R.F., Jones, V.R., O'Sullivan, J., Tucker, G.M. and Newton, I., 2008. Key conservation issues for migratory land-and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conservation International*, 18(S1): 49-S73.
31. Marley, G., Lawrence, A.J., Phillip, D.A. and Hayden, B., 2019. Mangrove and mudflat food webs are segregated across four trophic levels, yet connected by highly mobile top predators. *Marine Ecology Progress Series*, 632: 13-25.
32. Mohd-Azlan, J. and Lawes, M.J., 2011. The effect of the surrounding landscape matrix on mangrove bird community assembly in north Australia. *Biological Conservation*, 144(9): 2134-2141.
33. Mohd-Azlan, J., Noske, R.A. and Lawes, M.J., 2012. Avian species-assemblage structure and indicator bird species of mangroves in the Australian monsoon tropics. *Emu-Austral Ornithology*, 112(4): 287-297.
34. Mohd-Azlan, J., Noske, R.A. and Lawes, M.J., 2015. The role of habitat heterogeneity in structuring mangrove bird assemblages. *Diversity*, 7(2): 118-136.
35. Mohd-Taib, F.S., Mohd-Saleh, W., Asyikha, R., Mansor, M.S., Ahmad-Mustapha, M., Mustafa-Bakray, N.A., Mod-Husin, S., Md-Shukor, A., Amat-Darbis, N.D. and Sulaiman, N., 2020. Effects of anthropogenic disturbance on the species assemblages of birds in the back mangrove forests. *Wetlands Ecology and Management*, 28(3): 479-494.
36. Mulyani, Y.A., 2004. Reproductive ecology of tropical mangrove-dwelling warblers: the roles of nest predation, brood parasitism and food limitation. Charles Darwin University (Australia).
37. Murray, N.J., Phinn, S.R., DeWitt, M., Ferrari, R., Johnston, R., Lyons, M.B., Clinton, N., Thau, D. and Fuller, R.A., 2019. The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature*, 565(7738): 222-225.
38. Nixon, S.W., Oviatt, C.A., Frithsen, J. and Sullivan, B., 1986. Nutrients and the productivity of estuarine and coastal marine ecosystems. *Journal of the Limnological Society of Southern Africa*, 12(1-2): 43-71.
39. Nourani, E., Kaboli, M. and Collen, B.E.N., 2015. An assessment of threats to Anatidae in Iran. *Bird Conservation International*, 25(2): 242-257.
40. Oksanen, J., 2015. Vegan: community ecology package. R package version, 2, p.3.
41. Raman, T.S., 2006. Effects of habitat structure and adjacent habitats on birds in tropical rainforest fragments and shaded plantations in the Western Ghats, India. *Biodiversity and Conservation*, 15(4): 1577-1607.
42. Ramli, R. and Norazlimi, N.A., 2016. Effects of tidal states and time of day on the abundance and behavior of shorebirds utilizing tropical intertidal environment. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(4): 1164-1171.
43. Rashvand, S. and Sadeghi, S.M., 2013. Distribution, characteristics and economic importance of mangrove forests in Iran. In Mangrove ecosystems of Asia: Status, challenges and management strategies. New York, NY: Springer New York. 95-126
44. Rodrigues-Filho, J.L., Macêdo, R.L., Sarmento, H., Pimenta, V.R., Alonso, C., Teixeira, C.R., Pagliosa, P.R., Netto, S.A., Santos, N.C., Daura-Jorge, F.G. and Rocha, O., 2023. From ecological functions to ecosystem services: linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia*, 850(12): 2611-2653.
45. Santos, C.D., Catry, T., Dias, M.P. and Granadeiro, J.P., 2023. Global changes in coastal wetlands of importance for non-breeding shorebirds. *Science of the Total Environment*, 858: 159707.
46. Schummer, M. L., Kaminski, R. M., Raedeke, A. H., and Graber, D. A., 2010. Weather-related indices of autumn–winter dabbling duck abundance in middle North America. *Journal of Wildlife Management*, 74(1): 94-101.
47. Smee, D.L., Sanchez, J.A., Diskin, M. and Trettin, C., 2017. Mangrove expansion into salt marshes alters associated faunal communities. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 187: 306-313.
48. Soofi, M., Qashqaei, A. T., Trei, J.-N., Shokri, S., Selyari, J., Ghasemi, B., Sepahvand, P., Egli, L., Nezami, B., Zamani, N., Yusefi, G. H., Kiabi, B. H., Balkenhol, N., Royle, A., Pavey, C. R., Redpath, S. M., and Waltert, M. , 2022. A novel application of hierarchical modelling to decouple sampling artifacts from socio-ecological effects on poaching intensity. *Biological Conservation*, 267: 109488.
49. Tian, P., Zhang, F., Zhang, H., Wang, L., Zeng, H., Liu, Y. and Li, J., 2025. Dynamics of coastal wetlands and their impacts on migratory bird habitats in China-Southeast Asia-South Asia. *Ocean and Coastal Management*, 270: 107883.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

50. Toosi, N.B., Soffianian, A.R., Fakheran, S., Pourmanafi, S., Ginzler, C. and Waser, L.T., 2019. Comparing different classification algorithms for monitoring mangrove cover changes in southern Iran. *Global Ecology and Conservation*, 19: 00662.
51. Tran, T.V., Reef, R. and Zhu, X., 2022. A review of spectral indices for mangrove remote sensing. *Remote Sensing*, 14(19): 4868.
52. Vehtari, A., Gelman, A., and Gabry, J., 2017. Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing*, 27(5): 1413–1432.
53. Vehtari, A., Gelman, A., Simpson, D., Carpenter, B., and Bürkner, P.-C. 2021. Rank-normalization, folding, and localization: An improved Rˆ for assessing convergence of MCMC (with discussion). *Bayesian Analysis*, 16(2): 667-718.
54. Watson, J.E., Whittaker, R.J. and Dawson, T.P., 2004. Habitat structure and proximity to forest edge affect the abundance and distribution of forest-dependent birds in tropical coastal forests of southeastern Madagascar. *Biological Conservation*, 120(3): 311-327.
55. Zahed, M.A., Rouhani, F., Mohajeri, S., Bateni, F. and Mohajeri, L., 2010. An overview of Iranian mangrove ecosystems, northern part of the Persian Gulf and Oman Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 30(4): 240-244.
56. Zar, J.H., 2010. Biostatistical analysis pearson prentice-hall. Upper Saddle River, NJ.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]

The Effect of Landscape Metrics on the Abundance and Species Richness of shorebirds in Hormozgan Province

Shirko Shokri*[1], Mahmoud-Reza Hamami[2], Iman Ebrahimi[3], Meysam Ghasemi[4], Fatemeh Kazemi[5], Fahimeh Goodarzi[6], Saeed Pourmanafi[7], and Mohsen Ahmadi[8]

(Received: February 14-2026; Accepted: May 13-2026)

Abstract

Coastal ecosystems are key habitats for migratory birds, particularly where intertidal zones overlap with mangrove forests, providing suitable conditions for shorebird roosting and foraging. However, the role of landscape metrics in explaining patterns of shorebird richness and abundance in these habitats remains poorly understood. In this study, shorebird census data and Sentinel-2 satellite imagery were used to investigate the effects of landscape metrics associated with mangrove forests and intertidal zones on shorebird richness and abundance across 23 sites in Hormozgan Province during 2022–2023. Following the extraction of mangrove and intertidal habitat maps, landscape metrics were calculated and their relationships with bird communities were analyzed using Bayesian generalized linear mixed models. Results showed that mean shorebird abundance was significantly higher in intertidal areas containing mangroves than in sites without mangroves ($p < 0.05$), and these areas also exhibited distinct bird community compositions. Intertidal zone length and mangrove edge density had significant positive effects on bird abundance and richness, whereas mangrove patch size showed no significant effect. These findings highlight the importance of habitat structure and spatial configuration for shorebird conservation in the Persian Gulf.

Keywords: Mangrove ecosystems, patch size, tidal flats, Bayesian model.

1. PhD Student in Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran.
2. Professor in Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran.
3. Member of AvayeBoom Bird Conservation Society, Iran.
4. Deputy for Natural Environment, Department of Environment, Hormozgan Provience, Iran.
5. Member of AvayeBoom Bird Conservation Society, Iran.
6. Head of the Wildlife Department, Department of Environment, Hormozgan Provience, Iran.
7. Associate Professor in Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran.
8. Assistant Professor in Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran.

* Corresponding Author, Email: s.shokri@na.iut.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.47176/ijae.14.3.15741]