Vol.13, No.2, Summer 2024, pp.45-64 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2023.82599.1372 Open access

Evaluation of function and landscape ecological connectivity in Khamir-Qeshm mangrove forests

Parvaneh Sobhani [a], Afshin Danehkar[*b]

[a] *Assistant Professor, Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran.*
[b] *Professor, Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran.*

Received: 26 May 2023 ***Revised: 21 June 2023*** ***Accepted: 23 June 2023***

Abstract

Ecological connectivity function is one of the most important types of biological connections among natural ecosystems due to providing ecological connections. Habitat fragmentation and the subsequent decline of landscape ecological connectivity is one of the main reasons for the devastation of biodiversity. Accordingly, in the present study, using the landscape ecology approach, the function and landscape ecological connectivity was evaluated in the mangrove forests of Khamir-Qeshm. In this way, by identifying the ecological functions and prioritizing the barrier effect, the state of ecological continuity was discussed in this area from 1989-2021. The results demonstrated that the most dispersion of ecological functions can be seen in the bare land and the most barrier effect in the tidal area. According to the ecological functions and the existing barriers, most of the mangrove forests of Khamir-Qeshm are under the influence of ecological barriers, the reasons for which can be mentioned to the development of human activities, the reduction of forest lands, and the advancement of water body and tidal area in the region. The results indicate a decreasing trend in the function and ecological continuity of the area, and on the contrary, an increasing trend in the barriers effect. Ecological functions and continuity have a direct relationship with the density of mangrove forests, meaning that with the reduction of forest habitats under the influence of environmental and human hazards, the level of ecological function and continuity has also decreased. According to the results, the assessment of ecological function and continuity can provide the possibility of analyzing the principles of development activities to increase human well-being by maintaining habitat continuity and increasing the stability of ecosystems. The results of this study, as a management solution, can help to protect and plan properly in line with human activities development, followed by environmental risks and consequences.

Keywords: Ecological performance, Ecological connectivity, Mangrove forests of Khamir-Qeshm, Habitat fragmentation, Landscape structure, Biodiversity

[*] .Corresponding author: Afshin Danehkar Email: danehkar@ut.ac.ir Tel:+9809123094861

How to cite this Article: Sobhani, P., & Danehkar, A. (2022). Evaluation of function and landscape ecological connectivity in Khamir-Qeshm mangrove forests. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *13*(2), 45-64.

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص ٦٤-٤٥ ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

نشریه علمی
جفرافیا و مخاطرات محیطی

مقاله پژوهشی DOI: 10.22067/geoeh.2023.82599.1372 دسترسی آزاد

ارزیابی عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین در جنگل‌های مانگرو خمیر- قشم

پروانه سبحانی - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
افشین دانه‌کار[1]-استاد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ **دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۳/۳۱ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/٤/۲**

چکیده

پیوستگی عملکرد بوم‌شناختی به دلیل فراهم کردن اتصالات بوم‌شناختی از مهم‌ترین انواع اتصالات زیستی در بین زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شود. ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها و به دنبال آن افول کاهش پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین، از دلایل اصلی نابودی تنوع زیستی است. بر این اساس در مطالعه حاضر با بهره‌گیری از رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین به ارزیابی عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین در جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم پرداخته شد. بدین ترتیب با شناسایی هم‌زمان عملکردهای بوم‌شناختی و اولویت‌بندی اثر موانع، وضعیت پیوستگی بوم‌شناختی در این منطقه در طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۱، موردبررسی و تحلیل قرار گرفت. همان‌طور که نتایج نشان داد، در این منطقه بیشترین پراکندگی عملکردهای بوم‌شناختی در اراضی بایر و در مقابل بیشترین موانع در پهنه‌های جزر و مدی قابل‌مشاهده است. با توجه به عملکردهای بوم‌شناختی و موانع موجود، بیشترین وسعت از جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم تحت تأثیر موانع بوم‌شناختی می‌باشند که از دلایل آن می‌توان به توسعه فعالیت‌های انسانی، کاهش اراضی جنگلی و پیشروی پهنه‌های آبی و جزر و مدی در منطقه اشاره نمود. همچنین نتایج حاکی از روند کاهشی در عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی منطقه و در مقابل افزایش روند اثر موانع است. ازاین‌رو عملکردها و پیوستگی بوم‌شناختی با میزان تراکم جنگل‌های مانگرو رابطه‌ای مستقیم دارد، بدین معنا که با کاهش رویشگاه‌های جنگلی تحت تأثیر مخاطرات محیطی و انسانی، میزان عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی نیز کاهش یافته است. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، ارزیابی عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی می‌تواند امکان تحلیل اصولی از فعالیت‌های توسعه‌ای برای افزایش رفاه انسانی را از طریق حفظ پیوستگی زیستگاه و افزایش پایداری اکوسیستم‌ها فراهم نماید. همچنین نتایج این مطالعه به‌عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه فعالیت‌های انسانی و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک کند.

[1]. **نویسنده مسئول:** ۰۹۱۲۳۰۹۴۸۶۱

Email: danehkar@ut.ac.ir

کلیدواژه‌ها: عملکرد اکولوژیکی، پیوستگی بوم‌شناختی، جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم، ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها، سیمای سرزمین، تنوع زیستی

مقدمه

گسستگی زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی و به دنبال آن کاهش پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین، از دلایل اصلی نابودی تنوع زیستی است که جریان ماده، انرژی و اطلاعات را در مقیاس سیمای سرزمین مختل کرده است (Santiago & Feria-Toribio, 2021; Wolf, Sobhani, & Esmaeilzadeh, 2023; Almasieh & Kaboli, 2019). از طرفی تغییر در الگوی سیمای سرزمین و عملکردهای بوم‌شناختی منجر به اثرات منفی بر محیط‌زیست و بروز مخاطرات بوم‌شناختی به دلیل بیابان‌زایی، فرسایش خاک، کاهش منابع جنگلی و عملکرد زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی شده است (Zou, 2016; Xie, 2013). اثرات بوم‌شناختی ناشی از تشدید استفاده از سرزمین، خصوصیات منطقه‌ای و تجمعی دارد و به‌طور مستقیم، ساختار، عملکرد و ترکیب اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mehri, Salmanmahiny, Mikaeili Tabrizi, Mirkarimi, & Sadoddin, 2018).

با افزایش رشد سریع جمعیت و توسعه شهرنشینی، باعث تغییرات عمده‌ای در عملکرد شبکه‌های بوم‌شناختی شده است، که به دنبال آن تهدید محیط‌زیست در مقیاس‌های فضایی و زمانی چندگانه از طریق تغییرات آب و هوایی، از دست دادن زیستگاه حیات‌وحش و تنوع زیستی را به همراه داشته است (Aksu, 2022; Montis, Ganciu, Cabras, Bardi, & Mulas, 2019). این امر موجب ایجاد اثرات برگشت‌ناپذیری در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های طبیعی سرزمین شده است که نتیجه آن پیامدهایی چون کاهش فرآیندهای بوم‌شناختی، نابودی گونه‌ها و تضعیف خدمات اکوسیستمی است (Monteiro, Pizo, Vancine, & Ribeiro, 2021; Aburas, Sabrina, Ramli, Firuz, & Ashaari, 2016)

بوم‌شناسی سیمای سرزمین به مطالعه اثرات متقابل الگوهای مکانی بر روی عملکردهای بوم‌شناختی می‌پردازد و این کار توسعه مدل‌ها و نظریه‌های مکانی را ترویج داده و همچنین موجب استفاده‌ای گسترده از انواع داده‌های مربوط به الگوی مکانی می‌شود. بوم‌شناسان به دنبال کمی کردن الگوهای مکانی لکه‌ها در داخل سیمای سرزمین می‌باشند تا بتوانند تأثیر این الگوهای مکانی را بر عملکردهای بوم‌شناختی، مطلوبیت زیستگاه و حفظ تنوع زیستی به دست آورند (Rahimi, & Mahini, 2017).

تکه‌تکه شدگی زیستگاه با گذشت زمان باعث انزوا و جدایی لکه‌های زیستگاهی و کاهش پیوستگی بوم‌شناختی می‌شود(Almasieh & Kaboli, 2019). این ازهم‌گسیختگی زیستگاه جدی‌ترین تهدید برای تنوع زیستی و انقراض گونه‌ها در حال حاضر است (Makki, Fakheran, Moradi, Iravani, & Farahmand, 2013; Darvishi, Fakheran, Soffianian, & Ghorbani, 2015). پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین یک ویژگی ساختاری-عملکردی است که به میزان سهولت و یا محدودیت سیمای سرزمین در جریان ماده، انرژی و

اطلاعات در میان لکه‌های بوم‌شناختی مختلف اطلاق می‌شود (Zhang, Peng, Liu, & Wu, 2017; Huang, Ye, Zhao, Guo, & Ding, 2022) ؛ بنابراین پیوستگی عملکرد بوم‌شناختی به دلیل فراهم کردن اتصالات بوم‌شناختی از مهم‌ترین انواع اتصالات زیستی در بین زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شود. سیمای سرزمین یک محدوده همگن است که از مجموعه‌ای از اکوسیستم‌ها با روابط متقابل و به فرم مشابه تکرار شونده تشکیل شده است (Poodat, Arrowsmith, Mikaeili Tabrizi, & Gordon, 2018) . ازاین‌رو یکی از مهم‌ترین اهداف اصلی بوم‌شناسی سیمای سرزمین، مطالعه ساختار سیمای سرزمین و تأثیرات آن بر عملکردهای بوم‌شناختی می‌باشد (Shabani, Abarkar,Parivar, & Kouchekzadeh, 2011; Sobhani, Esmaeilzadeh, Barghjelveh, Sadeghi, & Marcu, 2021).

تغییر در توزیع فضایی عناصر ساختاری منجر به کاهش پیوستگی در سیمای سرزمین یا میزان سهولت گردش ماده و جریان‌های حیاتی اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. در این راستا اکوسیستم‌های جنگلی در صورت مدیریت مطلوب، می‌توانند کارکردهایی ازجمله حفظ فرآیندهای اکولوژیکی و حیات‌بخش، تنوع ژنتیکی، فراهم کردن زیستگاه برای گونه‌های حساس و بسیاری خدمات دیگر را عرضه کنند (Naderi, Salarijazi, & Zakerinia, 2019). متأسفانه امروزه به دلیل رشد جمعیت و توسعه بی‌رویه فعالیت‌های انسانی روند عملکرد بوم‌شناختی این رویشگاه‌های ارزشمند زیستی با تهدیداتی مواجه شده است.

با توجه به اهمیت و ضرورت مسئله، در این زمینه مطالعاتی انجام شده است که می‌توان به (Panahandeh, 2018)، در مطالعه بررسی روند تباهی زیستگاه و ازهم‌گسیختگی منطقه حفاظت شده لیسار بر اساس رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین اشاره کرد. نتایج به دست آمده حاکی از تغییرات سنجه‌ها و وقوع هم‌زمان دو پدیده مخرب تباهی و ازهم‌گسیختگی زیستگاه بوده است. (Melhosseini Darani, Mortazavi, Hosseini, Shayesteh, & Falahatkar, 2021)، به ارزیابی و کمی‌سازی معیارهای بصری پوشش اراضی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در جنگل‌های دو هزار سه هزار تنکابن پرداختند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تغییرات و ازهم‌گسیختگی مربوط به کاربری جنگل بوده و بیشتر از سایر کاربری‌ها دستخوش مداخلات انسانی قرار گرفته است.

(Mansouri, Badeh, Ghobad, & Malek, 2021)، از سنجه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین در تحلیل و کمی‌سازی پوشش زمین در اکوسیستم‌های جنگلی حوزه دادآباد خرم‌آباد استفاده کردند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که دسترسی به اراضی ملی جنگلی و مراتع و از طرف دیگر نزدیکی به رودخانه خرم رود منجر به توسعه کشاورزی غیر تولیدی گردیده و درنتیجه منجر به کاهش پوشش جنگلی و افزایش زمین‌های بایر شده است.

(Rostamvandi Zabrlou, Salehi, & Farzin, 2022)، به بررسی تخریب سیمای سرزمین با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناختی در منطقه حفاظت شده دنا پرداختند. در این مطالعه روند تغییرات پوشش سیمای سرزمین در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ نشان‌دهنده توسعه کشاورزی در زیر اشکوب جنگل و افزایش تخریب سیمای سرزمین در طی این سال‌ها می‌باشد.

(Chehrazar, Chehrazar, & Amiri, 2021) به بررسی آثار رشد شهری بر سیمای سرزمین شهر کرج اقدام کردند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اثرات توسعه شهرنشینی بر پیوستگی بوم‌شناختی لکه‌های فضای سبز منطقه منجر به کاهش کیفیت محیط‌زیست و تهدید الگوهای بوم‌شناختی شده است.

(Naroei, Barghjelveh, Esmaeilzadeh, & Zebardast, 2022)، تغییرات فضایی-زمانی پوشش‌های سبز شهری را با استفاده از الگوی بوم‌شناختی سیمای سرزمین در استان تهران موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فرآیندهای فضایی کاهش تعداد و مساحت اراضی سبز منجر به کاهش پیوستگی و توزیع نامتعادل زیرساخت‌های سبز شهری در این استان شده است.

(Withaningsih, Parikesit, Malik, & Rahmi, 2022)، در مطالعه‌ای دیگر عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین را در غرب جاوه اندونزی مورد تحلیل قرار دادند. مطابق نتایج، ساختار سیمای سرزمین در این منطقه شامل اراضی زراعی دیم و آبی، مراتع و جنگل‌ها می‌باشد که در این میان اراضی جنگلی به دلیل بالاترین ارزش بوم‌شناختی، بیشترین تغییرات و ازهم‌گسیختگی را نشان می‌دهند. (Belote, Barnett, Zeller, Brennan, & Gage, 2022)، به بررسی اتصالات بوم‌شناختی محلی و منطقه‌ای در سراسر آمریکای شمالی پرداختند. نتایج به دست آمده فرضیه‌ها و پیش‌بینی‌های جایگزین را در مورد چگونگی حرکت گونه‌ها در پاسخ به میزان تغییرات مختلف انسانی در زیستگاه را نشان می‌دهند. همچنین اهمیت قطعات کوچک و جدا شده از زمین‌های نسبتاً طبیعی را برجسته کرده، و به‌طور هم‌زمان مناطق وسیعی را که برای حفظ ارتباط و پیوستگی در مناطق طبیعی آمریکای شمالی مهم هستند، شناسایی می‌کنند. در مطالعه‌ای دیگر(Gulcin, 2022)، به ارزیابی تجربی رابطه بین پیوستگی بوم‌شناختی و پیچیدگی سرزمین بر اساس متریک‌های نظری اطلاعات پرداخت. نتایج نشان داد که تمامی متریک‌های موردبررسی از نظر آماری برای مدل‌سازی پیوستگی بوم‌شناختی معنی‌دار می‌باشند و ازاین‌رو شاخص عملکرد بوم‌شناختی برای بهبود مدل‌های پیوستگی و ارزیابی عملکرد بوم‌شناختی از اهمیت بالایی برخوردار است.

مطابق مطالعات صورت گرفته ارزیابی عملکرد بوم‌شناختی به‌منظور کنترل از هم گسیختی و حفظ ارتباط زیستگاه در برابر تغییرات به وقوع پیوسته (مخاطرات محیطی و انسانی)، امری ضروری است. بر این اساس، در مطالعه حاضر به‌منظور احیاء و حفاظت از گذرگاه‌های جریان ماده، انرژی و اطلاعات و با بهره‌گیری از رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین به ارزیابی عملکرد و تغییرات پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین در

جنگل‌های مانگرو خمیر–قشم در طی یک دوره ۳۲ ساله (۲۰۲۱–۱۹۸۹) پرداخته شد. این مطالعه با شناسایی هم‌زمان عملکردهای بوم‌شناختی و اولویت‌بندی اثر موانع بر عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی، تکمیل‌کننده سایر مطالعاتی می‌باشد که تا کنون انجام شده است.

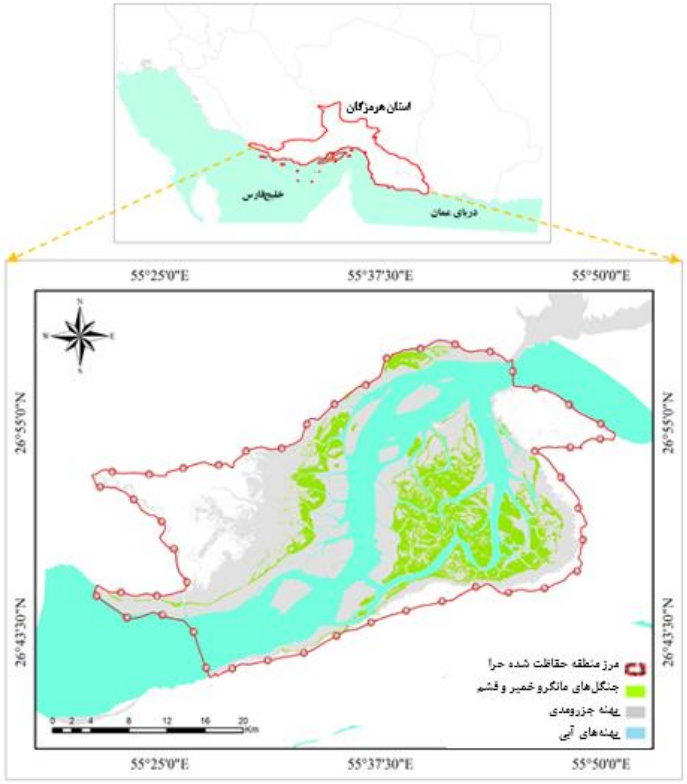
جنگل‌های مانگرو خمیر–قشم، از غنی‌ترین زیستگاه‌های تالابی به شمار می‌روند که دارای اهمیت و کارکردهای چند جانبه غیر قابل جانشین هستند. این جنگل‌ها در گذرگاه خشکی به دریا تحت تأثیر جزرومد قرار دارند و با سازگاری‌هایی که در مسیر تکامل خود کسب کرده‌اند قادرند در شرایط پر تنش و گاه غیر قابل‌تحمل گیاهان دیگر استقرار یابند (Giri, Pengra, Zhu, Singh, & Tieszen, 2007; Sobhani, & Danehkar 2024a). این اکوسیستم خشکی–آبی در کنار خدمات ارزنده محیط‌زیستی با توسعه بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی و همچنین بی‌توجهی جوامع محلی مواجه شده است. در این راستا ارزش‌های زیستگاهی، جاذبه‌های جنگل‌شناسی، غنای تنوع‌زیستی و به‌ویژه توان بالای گردشگری در جنگل‌های مانگرو کشور سبب شده است که در دو دهه اخیر بیشتر موردتوجه پژوهش‌گران، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران قرار گیرد. بر این اساس مطالعه حاضر با هدف شناسایی عملکردهای بوم‌شناختی و ارزیابی پیوستگی سیمای سرزمین در جنگل‌های مانگرو خمیر–قشم انجام گردید. ازاین‌رو عمده‌ترین سؤالات تحقیق عبارتند از: ۱) مهم‌ترین نواحی با عملکردهای بوم‌شناختی در جنگل‌های مانگرو خمیر–قشم کدامند؟ ۲) عملکردهای بوم‌شناختی و پیوستگی سیمای سرزمین در منطقه، در طی سال‌های موردمطالعه (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۱) از چه وضعیتی برخوردار است؟

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

جنگل‌های مانگرو خمیر–قشم (منطقه حفاظت شده حرا)، به‌عنوان یکی از بوم‌سازگان‌های عمده گیاهی در حوزه خلیج‌فارس، با مساحتی بالغبر ۷۰۵۸/۱٦ هکتار و در کرانه ساحلی سه شهرستان خمیر، قشم و بندرلنگه توزیع شده‌اند. این منطقه با مختصات جغرافیایی ۲٦ درجه و ٤۳ دقیقه و ٤۷ ثانیه تا ۲۷ درجه و ۰۱ دقیقه و ۰۲ ثانیه شمالی و ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ٤٦ ثانیه تا ۵۵ درجه و ٥٤ دقیقه و ۰۱ ثانیه شرقی به‌عنوان یکی از مناطق تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط‌زیست و دربرگیرنده ٦ رویشگاه قابل‌تفکیک (پهل، مردو، خمیر–لشتغان، سایه خوش، ساحل قشم و خورخوران) می‌باشد. محدوده موردمطالعه، از نظر تنوع زیستی نیز یکی از کانون‌های مهم زیستی کشور در حوزه خلیج‌فارس محسوب می‌شود و از طرفی به دلیل برخورداری از جاذبه‌های گردشگری متعدد و همچنین غنای گونه‌ای بالا به‌عنوان یکی از مکان‌های پر تقاضای طبیعت‌گردی ساحلی شناخته شده است (Sobhani, & Danehkar 2023) علاوه براین، رویشگاه‌های مانگرو خمیر–قشم از نظر بوم‌شناختی، اقتصادی–اجتماعی و ارائه خدمات ارزشمند بوم‌سازگانی نقش بسیار مهمی را در مناطق

ساحلی ایفا می‌نمایند. ازاین‌رو، ارزیابی عملکرد و پایش تغییرات بوم‌شناختی در این رویشگاه‌ها به‌منظور مدیریت و بهبود در وضعیت حفاظتی آن‌ها امری ضروری است(Sobhani, & Danehkar 2023). در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی این منطقه نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

Fig.1. Geographic location of the study area

روش بررسی

در مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی عملکرد سیمای سرزمین به بررسی سه مؤلفه اصلی اعم از عملکرد بوم‌شناختی (EFA)[1]، شاخص اثر مانع (BEI)[2] و شاخص پیوستگی بوم‌شناختی (ECI)[3] پرداخته شد. بدین منظور نقشه‌های پوشش/کاربری اراضی موجود در محدوده موردمطالعه، به‌عنوان نواحی با عملکرد بوم‌شناختی معرفی شدند و همچنین شاخص‌های اثر مانع و پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین نیز با استفاده از مدل‌سازی ریاضی در نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی گردید.

شناسایی عملکردهای بوم‌شناختی

[1] - Ecological Functional Areas
[2] - Barrier Effect Index
[3] - Ecological Connectivity Index

در این مطالعه به شناسایی نواحی دارای عملکرد بوم‌شناختی پرداخته شد و نواحی طبیعی و غیرطبیعی که می‌توانند نقش گذرگاه بوم‌شناختی را داشته باشند، شناسایی شد؛ به‌عبارت‌دیگر نواحی دارای عملکرد بوم‌شناختی به نواحی از سرزمین گفته می‌شود که با هدف این که گونه‌های جانوری بدون مزاحمت یا با مزاحمت کمتر امکان گذر از آن را داشته باشند تعیین می‌گردد. بر این اساس به‌منظور نقشه‌سازی نواحی دارای عملکرد بوم‌شناختی، از دو معیار کمی شامل حداقل مساحت (۲۵ تا ۲۰۰ هکتار) با توجه به مقیاس نقشه، مرور منابع مطالعاتی (Virgós, Tellería, & Santos, 2002; Mallarach, & Marull, 2006)، نظر کارشناسان بوم‌شناسی، مبنی بر این که هیچ‌گونه روش خاصی برای برآورد حجم نمونه در این گروه‌های آماری وجود ندارد، از ۳۵ نفر از اساتید دانشگاهی و کارشناسان سازمانی متخصص در این زمینه نظرسنجی گردید و همچنین در نظر گرفتن حداقل ۳۰ درصد از طبقات تعیین شده، استفاده شد.

مطابق جدول ۱، از بین طبقات کاربری پوشش/اراضی به تفکیک عملکردهای بوم‌شناختی و موانع اثر اقدام گردید. لازم به ذکر است که مطابق با مطالعه (Sobhani, & Danehkar 2024b). طبقات پوشش/کاربری اراضی در طی یک دوره ۳۲ ساله (سال‌های ۱۹۸۹–۲۰۲۱) موردمطالعه قرار گرفته است و در مطالعه حاضر نیز به ارزیابی عملکردهای بوم‌شناختی، اثر موانع و پیوستگی بوم‌شناختی در طی این سال‌ها پرداخته شده است.

بر این اساس کاربری‌هایی که در جدول ۲، نمایش داده شده‌اند به‌عنوان عملکردهای بوم‌شناختی و سایر کاربری‌های اراضی که در این جدول، طبقه‌بندی نشده است به‌عنوان نواحی ازهم‌گسیخته در نظر گرفته شد، بدین معنی که این نواحی فاقد عملکرد بوم‌شناختی در سیمای سرزمین می‌باشند. همان‌طور که در جدول ۲، قابل‌مشاهده است با توجه به نظر کارشناسان بوم‌شناسی سیمای سرزمین، جنگل‌ها با مساحت کمتر از ۵۰ هکتار، مراتع با مساحت کمتر از ۱۰۰ هکتار، و اراضی زراعی و باغی با مساحت کمتر از ۵۰ هکتار نمی‌توانند در عملکرد بوم‌شناختی و در مقیاس سیمای سرزمین نقش داشته باشند (Darvishi, Mobarghaee Dinan, Barghjelveh, & Yousefi, 2020). ازآنجایی‌که در محدوده موردمطالعه، جنگل‌های مانگرو تنها گونه گیاهی غالب منطقه می‌باشد؛ ازاین‌رو به بررسی اراضی جنگلی در طبقه ۲ پرداخته شد.

جدول ۱- طبقات پوشش/کاربری اراضی در محدوده موردمطالعه (سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۱)

سال	مساحت			
	۱۹۸۹		۲۰۲۱	
طبقات	هکتار	درصد	هکتار	درصد
جنگل‌های مانگرو	۷۷۰۹	۸/۹۳	۷۰۱۲	۸/۱۲
پهنه جزر و مدی	۳۵۸۸۷	٤۱/٦۰	۳۹۰۲۳	٤٥/۲۳
اراضی لخت	۱٥۲۲٤	۱۷/٦٤	۱۷۲۸۷	۲۰/۰٤
پهنه‌های آبی	۲۷٤۳٦	۳۱/۸۰	۲۲۹۳٤	۲٦/٥۸
جمع کل	**۸٦۲٥۸**	**۱۰۰**	**۸٦۲٥۸**	**۱۰۰**

Table1- Land cover/use classes in the study area (years 1989-2021)

جدول ۲- حداقل مساحت کاربری پوشش/اراضی با عملکرد بوم‌شناختی

ردیف	طبقات کاربری‌های اراضی	مساحت (هکتار)
۱	اراضی زراعی و باغی	≥ ٥۰
۲	اراضی جنگلی	≥ ٥۰
۳	اراضی مرتعی	≥ ۱۰۰

Table2- Minimum area of land cover/use with ecological function

رتبه‌بندی شاخص اثر موانع

موانع به کاربری‌های ساخت بشر که در جریان ماده، انرژی و اطلاعات مقاومت می‌کنند، اطلاق می‌شود (Casalegno, Anderson, Cox, Hancock, & Gaston, 2017)؛ بنابراین در این مطالعه پهنه‌های آبی (رودخانه‌ها، خورها و...) علاوه بر عملکرد انتقال دهندگی، به‌عنوان موانع طبیعی و همچنین مقاومت سیمای سرزمین شناخته و لحاظ شدند. در این راستا به‌منظور محاسبه اثر موانع، از رابطه ۱ که توسط دوپراس و همکاران پیشنهاد شده است، استفاده گردید (Dupras, et al., 2016).

$$BEL = \frac{Ys}{Y_{max}}$$ رابطه ۱

در این رابطه Ys اثر مانع در واحد تحلیلی (پیکسل) و Ymax حداکثر اثر مانع در سیمای سرزمین می‌باشد. ازاین‌رو شاخص اثر مانع، بر اساس وزن هر مانع در جدول ۳ و ضرایب $Ks1^a$ و $Ks2^a$ نیز مطابق با همین جدول مشخص می‌شود که نشان‌دهنده میزان کاهش اثر با افزایش فاصله از مانع است. ازاین‌رو فاصله اثر، حداکثر فاصله‌ای را که هر یک از موانع می‌توانند در کاربری پوشش/ اراضی نفوذ نمایند را نشان می‌دهد

(فورمن[1]، ۲۰۰۰). به‌بیان‌دیگر سطوح کاربری اراضی ازجمله موانع و لکه‌های زیستگاهی در برابر نفوذ موانع مقاومت می‌کنند که فاصله اثر، این مقدار نفوذ را در هر یک از انواع کاربری پوشش/ اراضی مشخص می‌نماید. این مدل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از تحلیل فاصله- هزینه، استخراج می‌گردد که در این مدل موانع اصلی مطابق با جدول ۳ و سطوح مقاومت بر اساس جدول ٤، مشخص می‌شود.

جدول ۳- ویژگی‌های موانع اساسی

ردیف	نوع مانع	وزن (b_s)	Ks_1[a]	Ks_2[a]
۱	پهنه‌های آبی (رودخانه‌ها، چشمه‌ها و دریاچه‌ها)	b_1 =۵۰	-	-
۲	راه‌های ارتباطی اصلی (جاده‌ها، بزرگراه‌ها و اتوبان‌ها)	b_2 =۸۰	$K2_1$= ۲۲/۲۱۰	$K2_2$= ۰/۱۲۳
۳	اراضی ساخته شده (نواحی مسکونی، صنعتی و تجاری)	b_3 =۱۰۰	$K3_1$= ۳۳/۳۱۰	$K3_2$= ۰/۰۶۳

منبع: مارول و مالاراک، ۲۰۰۶.

Table3- Characteristics of major barriers

این مدل، ترکیبی از روش فازی و سطوح مقاومت می‌باشد که با افزایش فاصله، اثر مانع کاهش می‌یابد. در رابطه ۲، نحوه محاسبه اثر مانع در هر واحد پیکسل نشان داده شده است که برای هر یک از موانع ذکر شده مطابق با جدول ۳ محاسبه می‌شود:

$$Ys = bs - ks_1 \ln\left(ks_2\left(bs - ds\right)+1\right)$$ رابطه ۲

در این رابطه bs وزن موانع، ks1 و ks2 ضرایب کاهش‌دهنده اثر موانع با افزایش فاصله در نرم‌افزار می‌باشند، که در جدول ٤، برای هر مانع تعریف شده است. ds هزینه- فاصله تعدیل شده هر یک از موانع می‌باشد که این فاکتور به فاصله‌ای از سطوح مقاومت اطلاق می‌شود که جریان ماده، انرژی و اطلاعات از سطح موردنظر را مشخص می‌نماید (Mallarach, & Marull, 2006)؛ به‌عبارت‌دیگر این مفهوم بیانگر فاصله‌ای از کاربری پوشش/ اراضی می‌باشد که ماده، انرژی و اطلاعات از آن کاربری و پوشش می‌توانند به آن دست یابند. در این جدول با توجه به این که پهنه‌های آبی اثر فضایی بر محیط اطرافشان ندارند، ازاین‌رو ضرایب کاهش‌دهنده اثر برای آن تعریف نشده است. علاوه بر این جهت محاسبه اثر مانع کل می‌توان با تجمیع نقشه‌های تولید شده از رابطه ۲ استفاده نمود. محاسبه مستقل هر یک از اثر موانع به دلیل اهمیت بالای برخی از موانع ازجمله آزادراه،

[1] - Forman

راه‌آهن و نواحی مسکونی می‌باشد، که با تجمیع نقشه‌های موانع مختلف، به‌نوعی اثر تجمعی موانع در سیمای سرزمین محاسبه می‌گردد، بر این اساس اثر موانع یک شاخص نسبی است که برای هر منطقه در مقیاس ۱ تا ۱۰ نمایش داده می‌شود. ازاین‌رو مطابق با جدول ۵، اثر موانع با توجه به شاخص‌های عددی و نوع اثر موانع موجود، در سیمای سرزمین محدوده موردمطالعه محاسبه گردید.

جدول ٤- ماتریس اثر برای محاسبه شاخص اثر مانع

ردیف	سطوح مقاومت	فاصله اثر	ضریب اثر ($A_n= b_3/a_n$)
۱	مراتع (پرتراکم و کم تراکم)، اراضی زراعی و باغی، اراضی بایر	a_1 = ۱۰۰۰m	A_1= ۰/۱۰
۲	جنگل	a_2 = ۵۰۰m	A_2= ۰/۲۰
۳	پهنه‌های آبی، راه‌های ارتباطی اصلی، اراضی ساخته شده	a_3 = ۲۵۰m	A_3= ۰/٤۰
٤	گذرگاه	a_4 = ۱m	A_4= ۱۰۰

منبع: مارول و مالاراک، ۲۰۰٦، دوپراس و همکاران، ۲۰۱٦.

Table4- Effect matrix for calculating barrier effect index

جدول ٥- رتبه‌بندی اثر موانع اساسی در سیمای سرزمین

شاخص اثر موانع	اثر	نوع موانع
صفر	بدون اثر	فاقد موانع انسان‌ساخت؛ جریان آزادانه ماده، انرژی و اطلاعات
۱ و ۲	اثر کم	موانع کوچک و غیر متراکم مانند کشاورزی‌های کوچک و محلی
۳ و ٤	اثر متوسط	شبکه ارتباطی ثانویه و نواحی مسکونی پراکنده مانند نواحی روستایی
٥ و ٦	اثر زیاد	شبکه ارتباطی اصلی و نواحی مسکونی شهری پراکنده
۷ و ۸	اثر خیلی زیاد	هم‌افزایی نواحی شهری و شبکه ارتباطی درجه‌یک
۹ و ۱۰	اثر بحرانی	هم‌افزایی نواحی شهری متمرکز و شبکه ارتباطی درجه‌یک

منبع: درویشی و همکاران، ۱۳۹۹.

Table5- Ranking of major barriers in the landscape

ارزیابی شاخص پیوستگی بوم‌شناختی

ماتریس همبستگی شامل پتانسیل همبستگی بین انواع مختلف نواحی عملکردی بوم‌شناختی و طبقات کاربری پوشش/ اراضی می‌باشند که با نظرات کارشناسی و تجربی تهیه می‌گردد(Dupras, et al., 2016). کاربرد ماتریس همبستگی در نواحی می‌باشد که اثر موانع حداقل است، و این ماتریس نقش اصلی را در ایجاد تغییر ایفا می‌نماید (Mallarach, & Marull, 2006). بر این اساس برای اجرای مدل پیوستگی بوم‌شناختی، فاصله- هزینه تعدیل شده برای هر یک از نواحی عملکردی تعیین گردید. این فاکتور نشان‌دهنده فاصله اثر هر یک از نواحی عملکردی در سیمای سرزمین می‌باشد (Parcerisas, 2012)، که با تعیین فاصله-هزینه تعدیل شده می‌توان

هنگامی‌که چندین لایه با هم ادغام می‌شوند، از خطاهای احتمالی ایجاد شده پیشگیری نمود. این فاصله کاملاً به‌طور تجربی و با اجرای چندین باره مدل به دست می‌آید و برای هر منطقه بر اساس مقیاس مطالعه و تعداد نواحی عملکردی متفاوت است. درنهایت با استفاده از رابطه ۳ می‌توان ارزش فاصله- هزینه کل را برای تمامی نواحی عملکردی استفاده نمود.

$$X = a_{\circ} + \sum_{r=1}^{r=n} dr' \qquad \text{رابطه ۳}$$

به‌منظور محاسبه شاخص پیوستگی بوم‌شناختی سیمای سرزمین، ابتدا شاخص پایه (ECIb) با استفاده از رابطه ٤ محاسبه گردید. این شاخص برای محاسبه پیوستگی بوم‌شناختی نواحی جغرافیایی مختلف و یا نواحی عملکردی کاربرد دارد و برای هر یک از نواحی به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود و به‌عبارت‌دیگر این شاخص یک شاخص موضوعی برای نواحی عملکرد بوم‌شناختی محسوب می‌گردد.

$$ECIB = 10 - 9\frac{\ln(1+X_i)}{\ln(1+X_t)^3} \qquad \text{رابطه ٤}$$

در این رابطه xi بیشترین ارزش فاصله- هزینه تعدیل شده و ECIb شاخص پیوستگی پایه می‌باشد، که بعد از محاسبه آن می‌توان ECIa شاخص مطلق را با استفاده از رابطه ۵ محاسبه نمود و نتایج کمی آن را در مقیاس ۱ تا ۱۰ و به‌صورت اعداد صحیح نمایش داد. ازاین‌رو می‌توان از آن برای مقایسه مناطق مختلف و یا حتی یک منطقه در طول یک دوره زمانی استفاده نمود و به‌عبارت‌دیگر این شاخص، مجموع شاخص‌های محاسبه شده پایه برای نواحی عملکردی می‌باشد.

$$ECI_a = \sum_{m=1}^{m=n} ECI_b \Big/ m \qquad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه m تعداد نواحی عملکرد بوم‌شناختی است که ارزش‌های این شاخص هدفمند بوده و در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، به‌ویژه برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی در مقیاس سیمای سرزمین قابل استفاده می‌باشد (مارول و همکاران، ۲۰۱۸).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پراکندگی عملکردهای بوم‌شناختی در محدوده موردمطالعه

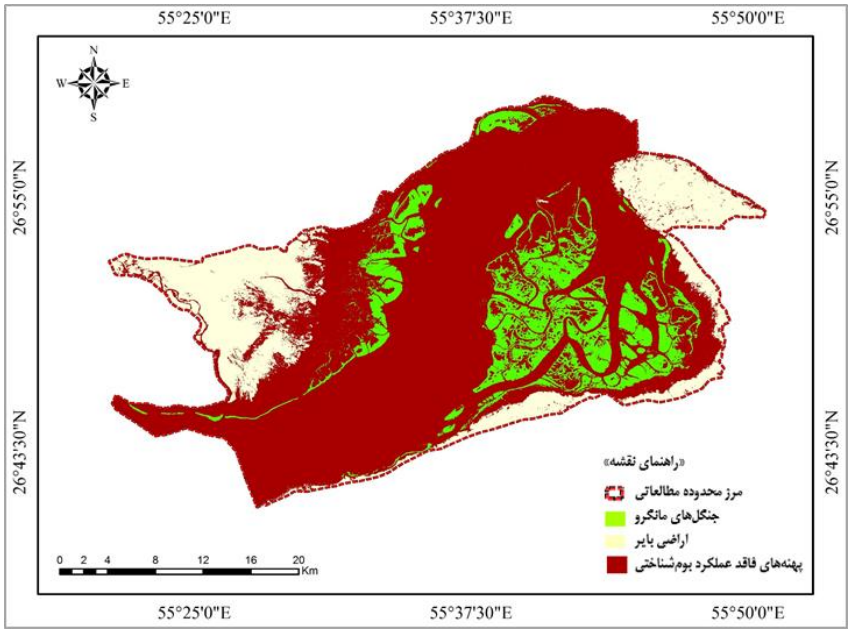
به‌منظور بررسی عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین به‌عنوان یکی از سه اصل پایه در مطالعات بوم‌شناسی سیمای سرزمین، به تهیه ماتریسی بر اساس پتانسیل همبستگی در بین نواحی مختلف با عملکرد بوم‌شناختی و طبقات پوشش/کاربری اراضی بر اساس نظرات کارشناسی و تجربی پرداخته شد (جدول ٦). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد عملکردهای بوم‌شناختی در جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم شامل اراضی جنگلی و اراضی

بایر است و همچنین موانع موجود در این منطقه مربوط به پهنه جزر و مدی و پهنه‌های آبی می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۲ نمایش داده شده است، در محدوده موردمطالعه حدود ۳۰ درصد از زیستگاه‌های طبیعی و غیرطبیعی از نواحی با عملکرد بوم‌شناختی کاربری پوشش/اراضی تشکیل شده است و در مقابل ۷۰ درصد از منطقه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر موانع بوم‌شناختی می‌باشد. همچنین در این منطقه اراضی بایر با ۲۰/۰٤ درصد بیش‌ترین نقش را در پیوستگی زیستگاهی ایفا می‌کند و جنگل‌های مانگرو با ۸/۱۲ درصد در رتبه بعدی قرار گرفته است. براین‌اساس با توجه به عملکردهای بوم‌شناختی و موانع موجود، بیشترین وسعت از جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم تحت تأثیر موانع بوم‌شناختی می‌باشند که از دلایل آن می‌توان به توسعه فعالیت‌های انسانی، کاهش اراضی جنگلی و پیشروی پهنه‌های آبی و جزر و مدی در منطقه اشاره نمود. در این راستا در مطالعه (Yaghoubzadeh, Salmanmahiny, Mikaeili Tabrizi, Danehkar, & Moslehi, 2021) نیز به این نتایج اشاره شده است، که جنگل‌های مانگرو تحت تأثیر اسکله‌های تجاری و گردشگری به‌عنوان موانع اصلی بوم‌شناختی در منطقه می‌باشند و بدین ترتیب میزان عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی این رویشگاه‌ها به دلیل توسعه فعالیت‌های انسانی کاهش یافته است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر ازجمله (Erfanifard & Lotfi Nasirabad, 2022) به ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی جنگل‌های مانگرو پرداختند و نتایج به دست آمده حاکی از روند افزایشی تغییرات این جنگل‌ها تحت تأثیر توسعه موانع بوم‌شناختی به‌ویژه فعالیت‌های انسانی می‌باشد. (Safari, Mafi Gholami, & Mahmoodi, 2019)، بیان کردند که توسعه راهبردهای مدیریت و برنامه‌ریزی مؤثر برای حفاظت و احیاء اکوسیستم‌های مانگرو نیازمند پایش تغییرات ساختاری مانگروها در طول زمان به‌عنوان یک شاخص کارآمد در ارزیابی آسیب‌پذیری و پیوستگی بوم‌شناختی در منطقه می‌باشد. نتایج مطالعات (Mansouri, Badeh, Ghobad, & Malek, 2021) نیز نشان داد که وجود کاربری‌های ناسازگار مهم‌ترین تهدیدات برای اکوسیستم‌های جنگلی و به‌خصوص تنوع زیستی آن‌ها به شمار می‌رود. ازاین‌رو لزوم برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های بازسازی اراضی و حمایت از اکوسیستم‌های طبیعی تأکید می‌گردد.

جدول ٦- ماتریس همبستگی در محدوده موردمطالعه

عملکرد/موانع	طبقات	جنگل‌های مانگرو	اراضی بایر
عملکردهای بوم‌شناختی	جنگل‌های مانگرو	۰	۰/۵
	اراضی بایر	۰/۷	۰
موانع	پهنه جزر و مدی	۱	۱
	پهنه‌های آبی	۰/۸	۰/۸

Table6- Correlation matrix in the study area



شکل ۲- نقشه پراکندگی نواحی با عملکردهای بوم‌شناختی در محدوده موردمطالعه

Fig.2. Distribution of areas map with ecological functions in the study area

۳-۲- بررسی عملکرد بوم‌شناختی، اثر موانع و پیوستگی سیمای سرزمین

مطابق جدول ۷ و شکل ۳، در این بخش به بررسی عملکردهای بوم‌شناختی، اثر موانع و پیوستگی بوم‌شناختی پرداخته شد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۱ عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی در منطقه کاهش، و در مقابل اثر موانع از روند افزایشی برخوردار بوده است. بدین ترتیب بیشترین مقدار به عملکرد بوم‌شناختی با ٦۳/۳۲ درصد، پیوستگی بوم‌شناختی با ٥٤/٤۱ درصد و اثر موانع با ۲۰/۱۱ درصد اختصاص یافته است که در این میان بیشترین کاهش مربوط به پیوستگی بوم‌شناختی با اختلاف ۱۳/۱۱ درصد در بین سال‌های موردمطالعه می‌باشد. براین‌اساس با توجه به عملکردهای بوم‌شناختی و موانع موجود، بیشترین وسعت از جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم تحت تأثیر موانع بوم‌شناختی می‌باشند که از دلایل آن می‌توان به توسعه فعالیت‌های انسانی، کاهش اراضی جنگلی و پیشروی پهنه‌های آبی و جزر و مدی در منطقه اشاره نمود. این نتایج در مطالعه (Erfanifard & Lotfi Nasirabad, 2022)، نیز مورد تائید قرار گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از روند کاهشی جنگل‌های مانگرو در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ به دلیل توسعه موانع انسانی در منطقه می‌باشد. همچنین در مطالعه (Mafi Gholami, Baharlouii, & Mahmoudi, 2018) به نرخ پیشروی و پسروی در جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم به دلیل مخاطرات محیطی ازجمله فرسایش و رسوب‌گذاری اشاره شده است که این نتایج حاکی از نقش مخاطرات محیطی به‌عنوان یکی دیگر از موانع بوم‌شناختی در کاهش عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی در این منطقه می‌باشد. در این راستا (Darvishi, Fakheran, Soffianian, & Ghorbani,

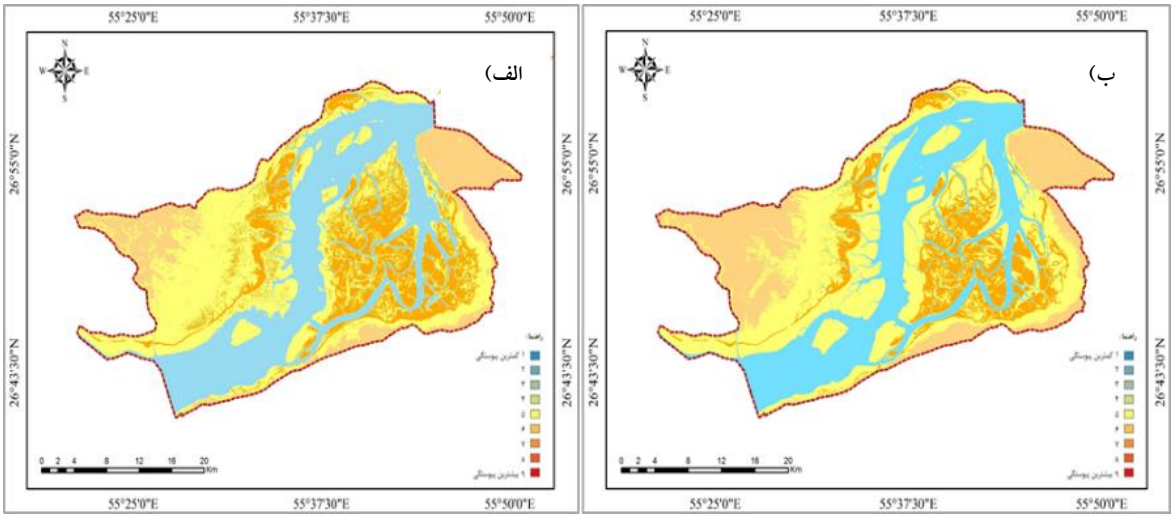
(2015، بیان کردند که تکه‌تکه شدن زیستگاه در مقیاس سیمای سرزمین، مهم‌ترین فاکتور در توزیع اکوسیستم‌ها، به‌ویژه اکوسیستم‌های جنگلی می‌باشد. ازاین‌رو لزوم برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های بازسازی اراضی و حمایت از اکوسیستم‌های طبیعی تأکید می‌گردد.

مطابق شکل ۳، بیشترین پیوستگی بوم‌شناختی در این منطقه، مربوط به نواحی می‌باشد که از تراکم و درجه انبوهی بالایی از جنگل‌های مانگرو برخوردار هستند. در این مناطق به دلیل محدودیت‌های حفاظتی و حساسیت‌های زیستی در توسعه فعالیت‌های انسانی منجر به حفظ عملکردهای بوم‌شناختی و درنتیجه بالا بودن سطح پیوستگی در منطقه شده است.

جدول ۷- درصد عملکردهای بوم‌شناختی، اثر موانع و پیوستگی بوم‌شناختی

عملکردهای بوم‌شناختی		اثر موانع		پیوستگی بوم‌شناختی	
سال					
۱۹۸۹	۲۰۲۱	۱۹۸۹	۲۰۲۱	۱۹۸۹	۲۰۲۱
۷۵/٤٦	٦۳/۳۲	۱۲/۳۷	۲۰/۱۱	٦۷/۵۲	۵٤/٤۱

Table7- Percentage of ecological functions, barrier effects, and ecological connectivity



شکل ۳- نقشه وضعیت پیوستگی زیستگاه در محدوده موردمطالعه:

الف) ۱۹۸۹، ب) ۲۰۲۱

Fig.3. Map of habitat connectivity status in the study area: a) 1989, b) 2021

نتیجه‌گیری

ازهم‌گسیختگی و کاهش عملکرد بوم‌شناختی در زیستگاه‌های جنگلی یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از این ذخایر ارزشمند طبیعی می‌باشد؛ بنابراین احیای اتصالات و حفظ کریدورها در بین لکه‌های زیستگاهی، راهبردهای مؤثری برای کنترل تکه‌تکه شدن و نابودی اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشد که این امر مستلزم شناسایی عملکردهای بوم‌شناختی و موانع پیوستگی در منطقه است. ازاین‌رو بررسی پیوستگی و عملکرد بوم‌شناختی در مقیاس سیمای سرزمین می‌تواند در اجرای مدیریت مؤثر منطقه نقش بسیار مهمی داشته باشد.

با توجه به این‌که اکوسیستم‌های مانگرو همواره در معرض تهدیدهای ناشی از فعالیت‌های انسانی و مخاطرات طبیعی می‌باشند، انجام برنامه‌ریزی و فراهم کردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرات این تهدیدها امری ضروری است. با توجه به نتایج به دست آمده ارزیابی عملکرد و پیوستگی بوم‌شناختی می‌تواند امکان تحلیل اصولی از فعالیت‌های توسعه‌ای برای افزایش رفاه انسانی را از طریق حفظ پیوستگی زیستگاه و افزایش پایداری اکوسیستم‌ها فراهم نماید. همچنین نتایج این مطالعه به‌عنوان یک راهکار مدیریتی می‌تواند به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه فعالیت‌های انسانی و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک کند.

قدردانی و تشکر

این مقاله با همکاری و مساعدت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)، برگرفته شده از طرح شماره ٤۰۰۵۹۷۲ به انجام رسیده است.

References

Aburas, M.M., Sabrina, A., Ramli, H., Firuz, M., & Ashaari, Z.H. (2016). Landscape Analysis of Urban Growth Patterns in Seremban, Malaysia, Using Spatio-Temporal Data. Conference or Workshop Item. https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012055

Aksu, G. A., Tağıl, S., Musaoğlu, N., Canatanoğlu, E. S., & Uzun, A. (2022). Landscape Ecological Evaluation of Cultural Patterns for the Istanbul Urban Landscape. *Sustainability*, 14 (23), 1630. https://doi.org/10.3390/su142316030

Almasieh, K., & Kaboli, M. (2019). Assessment of Landscape Connectivity and Prediction of Migration Corridors for the Baluchistan Black Bear (Ursus Thibetanus Gedrosianus Blanford, 1877) in the Southeastern Habitats, Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8 (1), 33-45. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/ijae.8.1.33

Belote, R. T., Barnett, K., Zeller, K., Brennan, A., & Gage, J. (2022). Examining Local and Regional Ecological Connectivity Throughout North America. *Landscape Ecology*, 37, 2977–2990. https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-022-01530-9

Casalegno, S., Anderson, K., Cox, D. T., Hancock, S., & Gaston, K. J. (2017). Ecological Connectivity in the Three-Dimensional Urban Green Volume Using Waveform Airborne Lidar. *Scientific Reports*, 7, 45571. https://doi.org/10.1038/srep45571

Chehrazar, Y., Chehrazar, F., & Amiri, M. J. (2021). Investigation and Comparison of Urban Growth Effects on Landscape of 4 and 9 Areas of Karaj to Revise the Settlement Planning Process. *Environment and Interdisciplinary Development*, 6(71), 25-40.[In Persian]. https://doi.org/10.22034/envj.2021.180149

Darvishi, A., Fakheran, S., Soffianian, A., & Ghorbani, M. (2015). Change Detection and Land Use/Cover Dynamics in the Arasbaran Biosphere Reserve. *Journal of Natural Environment*, *68*(4), 559-572. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jne.2015.56929

Darvishi, A., Mobarghaee Dinan N., Barghjelveh, S., & Yousefi, M. (2020). Assessment and Spatial Planning of Landscape Ecological Connectivity for Biodiversity Management (Case Study: Qazvin Province). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9 (1), 15-29 [In Persian]. https://doi.org/10.47176/ijae.9.1.4182

Dupras, J., Marull, J., Parcerisas, L., Coll, F., Gonzalez, A., Girard M., & Tello, E. (2016). The Impacts of Urban Sprawl on Ecological Connectivity in the Montreal Metropolitan Region. *Environmental Science & Policy*, 58, 61-73. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.005

Erfanifard, Y., & Lotfi Nasirabad, M. (2022). Efficiency of Mangrove Indices in Mapping Some Mangrove Forests Using Landsat 8 Imagery in Southern Iran. 13(4), 68 – 86. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.4.4.8

Erfanifard, Y., Lotfi Nasirabad, M., & Sterenczak, K. (2022). Assessment of Iran's Mangrove Forest Dynamics (1990–2020) Using Landsat Time Series. *Remote Sens*, 14, 4912. https://doi.org/10.3390/rs14194912

Giri, C., Pengra, B., Zhu, Z., Singh, A., & Tieszen, L.(2007). Monitoring Mangrove Forest Dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India Using Multi-Temporal Satellite Data from 1973 to 2000. Estuar., Coast. Shelf Sci. 73 (1–2), 91–100. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.12.019

Gulcin, D. (2022). Empirical Assessment of the Relation Between Ecological Connectivity and Land Complexity Based on Information-Theoretic Metrics. *Ecological Complexity*, 48, 100969. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2021.100969

Huang, X., Ye, Y., Zhao, X., Guo, X., & Ding, H. (2022). Identification and Stability Analysis of Critical Ecological Land: Case Study of a Hilly County in Southern China. *Ecological Indicators*, 141, 109091. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109091

Mafi Gholami, D., Baharlouii, M., & Mahmoudi, B. (2018). Erosion and accretion monitoring in mangrove forests using remote sensing and Digital Shoreline Analysis System (DSAS)(Case study: Hara Biosphere reserve). *Journal of Environmental Studies*, *43*(4), 633-646. [In Persian]. https://doi.org/ 10.22059/jes.2018.225288.1007381

Makki, T., Fakheran, S., Moradi, H., Iravani, M., & Farahmand, M. (2013). Ecological Impact Assessment of Isfahan's West Ringway on Ghamishloo Wildlife Refuge Using Habitat Evaluation Procedure (HEP). *Iranian Journal of Applied Ecology*; 1(2), 39-52. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.1391.1.2.4.8

Melhosseini Darani, K., Mortazavi, S. Hosseini, Mohsen, , Shayesteh, K. & Falahatkar, S. (2021). Quantification Visual Criteria of Land Cover Using Landscape Metrics (Case Study: Tonekabon Forests of Dohezar-Sehezar). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(10), 119-132. [In Persian]. https://sanad.iau.ir/en/journal/jest/Article/837321

Mallarach, J. M., & Marull, J. (2006). Impact assessment of ecological connectivity at the regional level: recent developments in the Barcelona Metropolitan Area. Impact Assessment and Project Appraisal, 24 (2), 127-137. https://doi.org/10.3152/147154606781765228

Mansouri, M., Badeh, Z., Ghobad, M., & Malek, R. (2021). Application of Landscape Ecology Measures in Analysis and Quantification of Land Cover in Forest Ecosystems (Study Area: Dadabad Sub-Basin, Khorramabad City. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 9(18), 151-172. [In Persian]. https://pec.gonbad.ac.ir/article-1-704-en.html

Mehri, A., Salmanmahiny, A., Mikaeili Tabrizi, A., Mirkarimi, S. H., & Sadoddin, A. (2018). Ecological impacts assessment of land use change on the natural structure of the Gharesoo Watershed. *Town and Country Planning*, *10*(1), 93-116. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jtcp.2018.221374.669635

Monteiro, E. C. S., Pizo, M. A., Vancine, M., & Ribeiro, M. C. (2021). Data from: Forest Cover and Connectivity Have Pervasive Effects on the Maintenance of Evolutionary Distinct Interactions in Seed Dispersal Networks. *Oikos*, 2022(2). https://doi.org/10.1111/oik.08240

Montis, A. D., Ganciu, A., Cabras, M., Bardi, A., & Mulas, M. (2019). Comparative Ecological Network Analysis: An Application to Italy. *Land Use Policy*, 81, 714–724. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.043

Naderi, M.H., Salarijazi, M., & Zakerinia, M. (2019). Aquatic of Ecosystem Management and Restoration Rivers. *Iranian Journal of Eco Hydrology*, 6(3), 719-737. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ije.2019.280480.1101

Naroei, B., Barghjelveh, S., Esmaeilzadeh, H., & Zebardast, L. (2022). Evaluating Spatial-Temporal Changes of Urban Green Infrastructure Using Decision Tree Algorithm of Spatial Processes - Case study: Tehran Landscape System. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 31(122), 167-188. [In Persian]. https://doi.org/10.22131/sepehr.2022.254788

Panahandeh, M. (2018). Study of Habitat Loss and Fragmentation in Lisar Protected Area Based on Landscape Ecology Approach. *Journal of Environmental Research and Technology*, 4(3), 41-48. [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.26763060.1397.3.4.6.4

Parcerisas, L. (2012). Cambios en los usos del suelo en El Maresme, provincia de Barcelona, (1850-2007), *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*.173, pp. 511-524.

Poodat, F., Arrowsmith, C., Mikaeili Tabrizi, A., Gordon, A. (2018). Application of Graph Theory in Landscape Ecology The Case Study: Assessment of Habitat Connectivity within

Greater Melbourne .*Iranian Journal of Applied Ecology*, 6 (4), 81-95, 6 (4), 81-95. http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.1396.6.4.5.8

Rahimi, E., & Salman Mahini, A. (2017). Identifying, Quantifying and Predicting of Landscape Patterns in Space and Time. *Environmental Researches*, *7*(14), 43-60. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1395.7.14.5.2

Rostamvandi Zabrlou, A., Salehi, A., & Farzin, M. (2022). Determining the Extent of Land Degradation in the Dena Protected Area Between 2009 and 2017. *Journal of Natural Environment*, *74*(4), 677-693. [InPersian]. https://doi.org/10.22059/JNE.2022.334862.2342

Safari, J., Mafi Gholami, D., & Mahmoodi, B. (2019, August). *Spatial mapping of structural changes of mangroves using Landsat 8 satellite in Mangrove Biosphere Reserve*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd National Conference on the Natural Resources and Sustainable Development in Central Zagros(Iran), Shahrekord. [In Persian]. https://civilica.com/doc/941642/

Santiago-Ramos, J., & Feria-Toribio, J.M. (2021). Assessing the Affectiveness of Protected Areas Against Habitat Fragmentation and Loss: A Long-Term Multi-Scalar Analysis in a Mediterranean Region. *Journal for Nature Conservation*, 64, 126072. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126072

Shabani, N., Abarkar, M., Parivar, P., & Kouchekzadeh, M. (2011). Introducing and Applying Landscape Ecological Approach in City Scale (Case study: The City of Tehran). *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 12(4), 185-197. [In Persian]. https://www.magiran.com/paper/840390/

Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Evaluating and zoning of ecosystem services in mangrove forests of Khamir and Qeshm. *Town and Country Planning*, *15*(2), 275-292. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jtcp.2023.358990.670391

Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Natural Features and Management Areas of Khamir and Gheshm Mangrove Forests. *Iran Nature*, *8*(4), 97-112. [In Persian]. https://www.magiran.com/p2634778

Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024a). Presenting Scenarios for the Development of Sustainable Nature Tourism Tours with a Future Research Approach in the Mangrove Forests of Iran. *Journal of Tourism Planning and Development*, *13*(49), 93-120. [In Persian]. https://doi.org/10.48308/SDGE.2023.232851.1147

Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024b). The trend of land use changes and the level of ecological risk in the Hara Protected Area. *Sustainable Development of Geographical Environment*, *5*(9), 1-19.[In Persian]. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126072

Sobhani, P., P., Esmaeilzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S. M. M., & Marcu, M. V., (2021). Habitat Integrity in Protected Areas Threatened by LULC Changes and Fragmentation: A Case Study in Tehran Province, Iran. *Land*, 11(1), 6. [In Persian]. https://doi.org/10.3390/land11010006

Virgós, E., Tellería, J. L., Santos, T. (2002). A comparison on the response to forest fragmentation by medium-sized Iberian carnivores in central Spain. Biodiversity & Conservation, 11 (6), 1063-1079. https://doi.org/10.1023/A:1015856703786

Withaningsih, S., Parikesit, P., Malik, A. D., Rahmi, M. A. (2022). Analysis of the Structure and Ecological Function of an Extreme Landscape in a Tropical Region of West Java, Indonesia. *Forest*, 13(1), 115. https://doi.org/10.3390/f13010115

Wolf, I. D., Sobhani, P., Esmaeilzadeh, H. (2023). Assessing changes in Land Use/Land Cover and Ecological Risk to Conserve Protected Areas in Urban–Rural Contexts. *Land*, 12(1), 231. https://doi.org/10.3390/land12010231

Xie, H., Wang, P., & Huang, H. (2013). Ecological Risk Assessment of Land Use Change in the Poyang Lake Eco-economic Zone, China. *International Journal of Environmental Research* and *Public Health,* 10 (1), 328-346. https://doi.org/10.3390/ijerph10010328

Yaghoubzadeh, M., Salmanmahiny, A., Mikaeili Tabrizi, A., Danehkar, A., & Moslehi, M. (2021). Prioritizing Environmental Hazards of Mangrove Forests in Hormozgan Province. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *10*(30), 69-82. [In Persian] https://doi.org/10.22111/jneh.2020.34699.1675

Yaghoubzadeh, M., Salmanmahiny, A., Moslehi, M., Danehkar, A., & Mikaeili Tabrizi, A. (2020). Investigation of port effects on vegetative and reproductive characteristics of grey mangrove (Avicennia marina (Forssk.) Vierh.) of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *28*(3), 244-256. [In Persian]. https//doi.org/10.22092/ijfpr.2020.342904.1930

Zhang, L.Q., Peng, J., Liu, Y. X., & Wu, J.S. (2017). Coupling Ecosystem Services Supply and Human Ecological Demand to Identify Landscape Ecological Security Pattern: A Case Study in Beijing-Tianjin-Hebei Region China. Urban. *Ecosystem*, 20 (3), 701–714. https://doi.org/10.1007/s11252-016-0629-y

Zou, T., Zhang, J., Yoshino, K., 2016. Ecological Risk Assessment of Land Use Change in the Northeast China: A Case Study of Linjiang Area. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(4), 312-315. https://doi.org/10.7763/IJESD.2016.V7.790