University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Zoning of Angoran protected area with the approach of Multi-Criteria Evaluation and Landscape metrics

Sajjad Ghorbanpoor[1] | Fatemeh Rajaei[2]✉ | Jaber Azami[3]

1. Department of Environment, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: ghorbanpoor@znu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Environment, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: rajaei_fatemeh@znu.ac.ir
3. Department of Environment, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: j.aazami@znu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 04 April 2023

Received in revised form 22 May 2023

Accepted 05 June 2023

Published online 27 January 2024

Keywords:

Angoran protected area,

Biodiversity threats,

Landscape,

Zoning,

Protected area.

ABSTRACT

Urban development and increasing economic activities lead to the disintegration of the integrity of protected areas and threaten their biodiversity. this study was conducted in Angoran protected area of Zanjan province to identify the spatial pattern of threats to biodiversity and the impact of development on the integrity of protected areas. In this regard, evaluation criteria of biodiversity threats were defined in four components, which are structural, non-biological, combined threats and the risk of units being isolated. In the structural dimension, the fractal coefficient, shape coefficient and the average slope were considered. In the combined dimension, the habitat was evaluated using the artificial neural network method. In terms of the risk of units being isolated, the nearest neighbor index was used. After preparing the mentioned maps, weighting of criteria was done. In final, biodiversity threats evaluation was done by three methods: weighted linear combination, ordered weighted average and Boolean. The results showed that according to the weighted linear combination method 15995 hectares of the studied area are in the range of very high risk. This value was for the ordered weighted average method 11634 hectares and for the Boolean method 17347 hectares. In general, the Boolean method has estimated the amount of high and very high-risk areas more than the other two methods.

Cite this article: Ghorbanpoor, S., Rajaei, F., & Azami, M.A. (2024). Zoning of Angoran protected area with the approach of Multi-Criteria Evaluation and Landscape metrics. *Journal of Natural Environment*, 76 (3), 15-28. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.357382.2545

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.357382.2545

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

زون‌بندی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران با رویکرد ارزیابی چند معیاره و سنجه‌های سیمای سرزمین

سجاد قربانپور[۱] | فاطمه رجائی[۲]✉ | جابر اعظمی[۳]

۱. گروه علوم محیط زیست، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: ghorbanpoor@znu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم محیط زیست، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: rajaei_fatemeh@znu.ac.ir
۳. گروه علوم محیط زیست، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: j.aazami@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

کلیدواژه‌ها:
منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران،
تهدیدات تنوع زیستی ،
سیمای سرزمین،
زون‌بندی.

چکیده

توسعهٔ شهری و افزایش فعالیت‌های اقتصادی منجر به از هم‌گسیختگی یکپارچگی مناطق حفاظت‌شده و تهدید تنوع زیستی آن‌ها می‌شود. این مطالعه به‌منظور شناسایی الگوی مکانی تهدیدات تنوع زیستی و تأثیر توسعه بر یکپارچگی مناطق حفاظت‌شده انگوران در استان زنجان انجام شده است. در این راستا معیارهای ارزیابی تهدیدات تنوع زیستی در چهار مؤلفه تعریف شد که عبارتند از تهدیدات ساختاری، غیر زیستی، ترکیبی و خطر ایزوله بودن واحدها. در بعد ساختاری، سه معیار ضریب فراکتال محیط واحدها، ضریب شکل واحدها و شیب متوسط مبنا قرار گرفت. در بعد ترکیبی، اقدام به ارزیابی زیستگاه با استفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی شد. در بعد خطر، ایزوله بودن واحدها از شاخص نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. پس از تهیهٔ نقشه‌های مذکور، اقدام به وزن‌دهی معیارها و شاخص‌ها شد. ارزیابی نهایی تهدیدات تنوع زیستی به سه روش ترکیب خطی وزن داده‌شده، میانگین وزنی مرتب‌شده و بولین صورت گرفت. نتایج نشان داد براساس روش ترکیب خطی وزن داده شده، ۱۵۹۹۵ هکتار از منطقهٔ مورد مطالعه در محدودهٔ خطر خیلی زیاد قرار دارد. این مقدار برای روش میانگین وزنی مرتب شده، ۱۱۶۳۴ هکتار و برای روش بولین، ۱۷۳۴۷ هکتار بود. به‌طور کلی روش بولین مقدار پهنه‌های با خطر زیاد و خیلی زیاد را بیشتر از دو روش دیگر برآورد کرده است. این مطالعه به ذینفعان کمک می‌کند تا با استفاده از رویکرد ارائه‌شده به شناسایی منابع تهدیدات علیه تنوع زیستی مناطق حفاظت‌شده پرداخته و برنامه‌های کنترل و مدیریت این تهدیدات را به سرعت اتخاذ و اجرا نمایند.

استناد: قربانپور، سجاد؛ رجائی، فاطمه؛ و اعظمی، جابر (۱۴۰۲). زون‌بندی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران با رویکرد ارزیابی چند معیاره و سنجه‌های سیمای سرزمین. *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (ویژه نامه)، ۲۸-۱۵.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.357382.2545

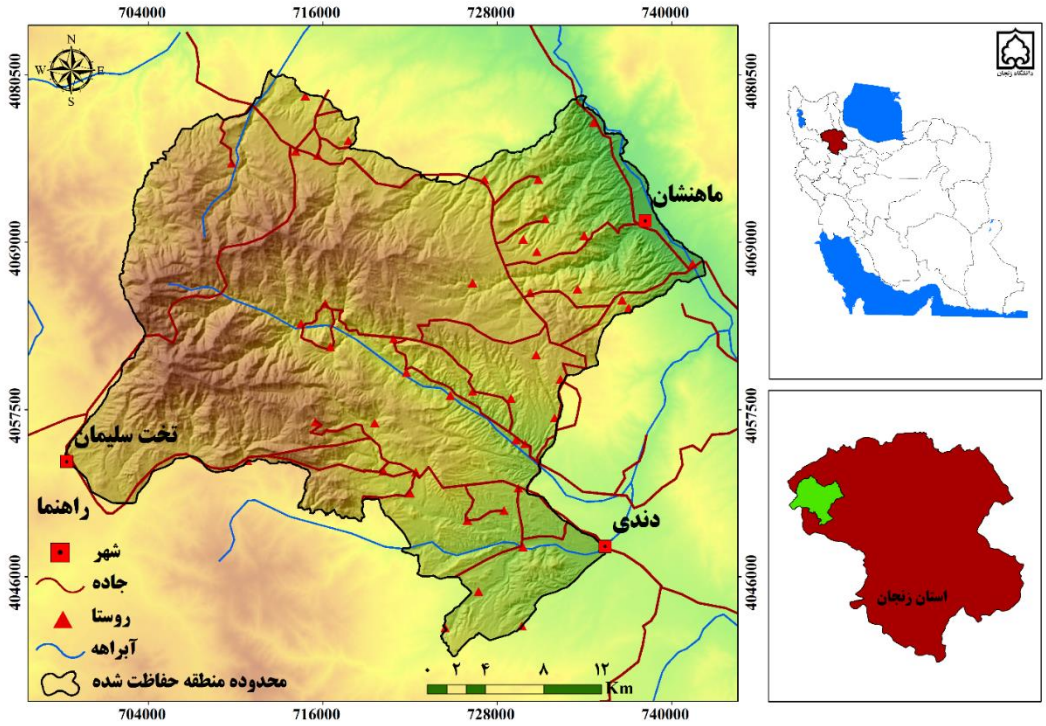
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری در دو قرن اخیر سبب شده است تا بشر جهت رفع نیازهای خود، ثمرهٔ تکامل موجودات زنده را که از ۵/۵ میلیارد سال قبل آغاز شده است بیش از هر زمان دیگری به نابودی بکشد و در حال حاضر براساس برخی منابع علمی به نظر می‌رسد، هر ۱۲ دقیقه یک گونه از بین می‌رود که بدین‌ترتیب روند انقراض گونه‌ها ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر گردیده است (Dashti *et al*., 2019). این در شرایطی است که حفظ تنوع ژنتیکی زیست‌مندان و اکوسیستم‌ها جهت رفع نیازهای غذایی، دارویی، صنعتی، علمی، تفرجی، روحی و روانی و خدماتی نسل‌های فعلی و آتی امری ضروری است. این موضوع سبب شد تا انسان به‌منظور استفاده از ارزش‌های سودمند و ذاتی طبیعت اقدام به حفاظت آن نماید. نتیجهٔ چنین تلاشی در جهان منجر به پیدایش و شکل‌گیری ۱۷۰۰۰ منطقه با عناوین مختلف حفاظتی در کشورهای مختلف شده است که در مجموع حدود ۱۰ درصد سطح خشکی‌های کرهٔ زمین را در بر می‌گیرند (Wang *et al*., 2021). مناطق حفاظت شده در ایران در چهار گروه شامل پارک ملی، منطقهٔ حفاظت‌شده، پناهگاه حیات وحش و اثر طبیعی ملی قرار می‌گیرد. برای تضمین تحقق اهداف مناطق فوق در چارچوب ابعاد گوناگون حفاظتی، پژوهشی آموزشی و تفرجی اعمال مدیریت از طریق تهیهٔ طرح‌های جامع پارک‌داری ضروری است و برای تأمین چنین اهدافی، شناسایی مناطق اولویت‌دار به‌منظور مدیریت آن‌ها امری اجتناب ناپذیر است.

از مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به تحقیق Venier و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود. در این بررسی، شش سناریوی مکانی برای مناطق پرورش ماهی صدف‌دار دوکفه‌ای اتحادیه اروپا، در منطقهٔ Emilia-Romagna در ایتالیا انتخاب و با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره با اهداف اولویت‌بندی مناطق حفاظت‌شده برای حفظ تنوع زیستی، چگونگی تأثیر ملاحظات مختلف تأثیرات انسانی، برنامه‌ریزی همزمان برای آبزی‌پروری و حفظ تنوع زیستی و در عین حال به حداقل رساندن تأثیرات بر سایر فعالیت‌های دریایی توسعهٔ ارزیابی صورت پذیرفت. نتایج نشان داد یک رویکرد زون‌بندی چند هدفهٔ یکپارچه، که به‌طور همزمان برای تنوع زیستی و آبزی‌پروری بهینه می‌شود، کارآمدتر از استراتژی‌های رشد سنتی می‌باشد. در تحقیق دیگری، Vardaman و همکاران (۲۰۱۸) اشاره نمود که نقشه زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده برای مدیریت گونه‌های گیاهی مهاجم در ۲۳ نقطه در مناطق حفاظت شده Natura در جمهوری چک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که یک رویکرد مدیریت طبقه‌بندی شده و بهکارگیری زون‌بندی مناطق برای ارزیابی تهدید گونه‌های مهاجم در راستای اهداف حفاظتی مناطق حفاظت‌شده، می‌تواند برای اولویت‌بندی اقدامات کنترلی مفید باشد. همچنین Chi و همکاران (۲۰۲۰)، زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده را براساس اهمیت و مقاومت اکولوژیک انجام دادند. نتایج نشان داد جزایری که مجاورت بیشتری با سرزمین اصلی و مناطق بزرگتر دارند، عموماً از اهمیت محیط‌زیستی و مقاومت کمتری برخوردار بودند. از سوی دیگر، Yang و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به زون‌بندی و تعیین خط قرمز اکولوژیک خلیج هانگژو، بررسی عملکرد و حساسیت اکولوژیک و نیز ارزیابی خطر بلایای محیط‌زیستی پرداختند. از دیگر مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعهٔ Jia و همکاران (۲۰۲۲)، Hamid و همکاران (۲۰۲۲)، Shereta و همکاران (۲۰۲۲) و Yang و همکاران (۲۰۲۲) اشاره نمود. در مطالعات انجام شده در داخل کشور می‌توان به مطالعهٔ Moradpanah و Moradpanah (۲۰۱۷) اشاره نمود. در این مطالعه زون‌بندی منطقهٔ حفاظت‌شده ملوسان با استفاده از GIS انجام شد. نتیجهٔ زون‌بندی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔملوسان نشان داد زون‌های حفاظتی ۵۰ درصد از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده‌اند. از سوی دیگر، Farashi و Shariati (۲۰۱۴) پارک ملی کلاه‌قاضی را با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره زون‌بندی نمودند. نتایج نشان داد از بین معیارهای مورد بررسی، معیارهای زیستگاه و گونه، دارای بیشترین وزن در گزینش زون‌های حفاظتی پارک ملی کلاه قاضی بودند. در مطالعهٔ Sharifi و همکاران (۲۰۱۹) مدلی برای زون‌بندی مناطق حفاظت‌شدهٔ حرا با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره آنتروپی شانون ارائه کردند. همچنین، Khairkhah و Jozi (۲۰۱۹) ارایهٔ الگوی نوین زون‌بندی در مناطق حفاظت‌شده با تأکید بر ارزیابی ارتباطات زیستگاهی در زیستگاه قوچ و میش البرز مرکزی منطقهٔ حفاظت‌شده ورجین را انجام دادند. نتایج نشان داد، در هر دو مقیاس لکه و سیمای سرزمین، لکه‌های سمت شرق منطقه بالاترین میزان شاخص را داشته‌اند و نیز با زون‌بندی منطقهٔ حفاظت‌شده، براساس اهمیت برای برقراری حفظ ارتباطات زیستگاهی، نواحی حفاظتی جدیدی معرفی شد. همان‌طور که مرور منابع نشان می‌دهد تاکنون مطالعه‌ای در زمینهٔ ارزیابی و مقایسهٔ همزمان مؤلفه‌های مختلفی شامل تهدیدات ساختاری، غیر



شکل ۱- منطقهٔ مورد مطالعه در ایران و استان زنجان

زیستی، خطر ایزوله بودن زیستگاه و غیره و نیز مقایسهٔ روش‌های مختلف زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده صورت نگرفته است. هم‌چنین، منطقهٔ انگوران از سال ۱۳۴۵ تحت حفاظت بوده و بخشی از جنوب شرق منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران در تاریخ ۱۳۹۱به‌عنوان پناهگاه حیات وحش معرفی شد و در حال حاضر دستخوش استفاده‌های مختلف انسانی می‌باشد که سیمای سرزمین این مناطق را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش یکپارچگی و افزایش از هم‌گسیختگی بیشتر در منطقه شده است. این در شرایطی است که تاکنون این منطقه فاقد طرح مدیریتی بوده و گونه‌های زیست‌مند در اکوسیستم‌های متنوع پارک فقط از حمایت محیط‌بانان برخوردارند. از این رو، در این تحقیق به ارزیابی و زون‌بندی تهدیدات تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران، به‌منظور دستیابی به اهداف ۱) ارائهٔ الگوی بهینهٔ حفاظت با روش ارزیابی چند معیاره و ۲) ارزیابی متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین برای تعیین مطلوبیت زیستگاه منطقه پرداخته شد.

روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران در شمال غربی استان زنجان قرار گرفته است. سه شهر مهم اطراف و داخل محدودهٔ منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران عبارتند از دندی و ماه‌نشان در استان زنجان و تازه‌کند نصرت‌آباد در استان آذربایجان غربی (شکل ۱). وسعت این منطقه ۹۲۱۸۰ هکتار است که در محدودهٔ جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه و ۵۸ ثانیه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه و ۴۸ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی قرار دارد. سال ۱۳۴۹ این منطقه به‌عنوان منطقهٔ حفاظت‌شده تحت مدیریت سازمان حفات محیط زیست قرار گرفت. در سال ۱۳۹۱ بخشی از آن به‌عنوان پناه‌گاه حیات وحش از بخش حفاظت شده جدا شد. فعالیت مهم اقتصادی در منطقهٔ حفاظت‌شده برای روستاها کشاورزی است و معدن سرب و روی انگوران را می‌توان مهم‌ترین زیرساخت اقتصادی منطقه نامید که در نزدیکی روستای قلعه‌جوق قرار گرفته است. کمترین و بیشترین ارتفاع منطقه از سطح دریا به‌ترتیب ۱۲۳۳ و ۳۳۲۰ متر و متوسط ارتفاع آن ۲۲۶ متر می‌باشد. متوسط شیب منطقهٔ مورد مطالعه نیز ۲۶/۹۸ درصد محاسبه گردید. براساس داده‌های اقلیمی به‌دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی، بارش سالیانهٔ منطقه به‌طور متوسط ۳۳۱ میلی‌متر است که بیشتر آن در فروردین و اردیبهشت می‌بارد.

جدول ۱- معیارها و شاخص‌های استفاده شده در ارزیابی تهدیدات مکانی علیه تنوع زیستی

معیار	شاخص
جنبهٔ ساختاری	ضریب فراکتال واحد زیستگاهی
	ضریب شکل واحد زیستگاهی
	شیب متوسط واحد زیستگاهی
جنبهٔ ترکیبی (ارزیابی زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار)	وجود گونه های مهم حیات وحش
تهدیدات غیر زیستی	فاصله از اراضی کشاورزی
	فاصله از شهرها
	فاصله از روستاها
	فاصله از جاده ها
	فاصله از زیرساخت‌های مهم
	فرسایش خاک
	تراکم پوشش گیاهی
ایزوله بودن واحد (متریک‌های سیمای سرزمین)	شاخص نزدیکترین همسایه

متوسط دمای سالانهٔ منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران ۹/۸۸ درجهٔ سانتی‌گراد برآورد شده است. رده‌بندی خاک‌های منطقه اغلب از نوع خاک‌های دارای سنگریزه و انتیسول‌ها است. گونه‌های مختلف حیات وحش از علفخوران تا گوشتخواران در این منطقه زیست می‌کنند که مهمترین‌ها گونه‌ها عبارتند از قوچ و میش، کل و بز، سیاه گوش و خرس. پوشش گیاهی عمدهٔ منطقه نیز از گونه‌های گیاهی درمنه، گون و اسپرس تشکیل شده که تیپ غالب مناطق استپی و نیمه‌استپی ایران در بخش‌های مرتفع است. حدود ۲۸ روستای اصلی در منطقهٔ حفاظت‌شده قرار دارد که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و جنوب و شرق منطقه پراکنده شده‌اند. دو رودخانهٔ مهم قزل‌اوزن و انگوران چای در محدودهٔ مورد مطالعه، منطقهٔ حفاظت‌شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

به‌منظور تعیین توزیع مکانی تهدیدات تنوع زیستی در منطقهٔ مورد مطالعه از روش ارزیابی چند معیاره استفاده شد. این روش شامل مراحل مختلف است (Rajaei *et al*., 2021)، **الف: تعیین اهداف:** هدف از ارزیابی چند معیارهٔ مکانی در این مطالعه، تعیین مناطق دارای بیش‌ترین تهدیدات علیه تنوع زیستی جانوری و زون‌بندی است. **ب: تعیین معیارها:** در این گام، معیارها و شاخص هایی که در ارزیابی تهدیدات علیه تنوع زیستی یک منطقه نقش مهمی دارند، تعیین می‌شوند. بدین‌منظور با مطالعهٔ منابع اطلاعاتی موجود، مطالعه Mirzaee و همکاران (۲۰۱۵) و Farashi و Shariati (۲۰۱۴) به‌عنوان مبنایی برای انتخاب معیارها در نظر گرفته شد. معیارهای انتخاب شده براساس این دو مطالعه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. چهار مؤلفهٔ اصلی ارزیابی تهدیدات مکانی در این مطالعه عبارتند از جنبهٔ ساختاری، تهدیدات زیستی، جنبهٔ ترکیبی و ایزوله بودن زیستگاه.. **ج- استانداردسازی معیارها:** به‌دلیل متفاوت بودن مقیاس شاخص‌های مورد استفاده، باید قبل از ادغام، فاکتورها استانداردسازی شوند. برای استانداردسازی معیارها در این مطالعه از تابع FUZZY در نرم‌افزار Selva Idrisi استفاده شد با استفاده از آن می‌توان معیارها را هم در دامنهٔ ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲۵۵ استاندارد کرد. در این مطالعه، دامنهٔ ۰ تا ۱ برای استانداردسازی شاخص‌ها استفاده شد تا نقشهٔ خروجی نیز میزان تهدیدات را بین همین میزان نشان دهد. **د- وزن‌دهی به معیارها:** معیا های مختلف درجهٔ متفاوتی از اهمیت دارند. توسعهٔ اهمیت نسبی فاکتورها یک مرحلهٔ مهم در ارزیابی چند معیاره است. در این تحقیق برای وزن‌دهی فاکتورها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. به‌منظور ارزیابی سازگاری وزن‌ها، نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود که این نرخ باید کمتر از ۰/۱ باشد (Saati, 1980). **ه- ترکیب معیارها و استخراج نقشهٔ نهایی:** به‌منظور ترکیب معیارها در این مطالعه از سه روش روی‌هم‌گذاری متفاوت استفاده شد که از دو روش نرم شامل روش ترکیب خطی وزن داده شده و روش میانگین وزنی مرتب شده و یک روش سخت به نام روش بولین تشکیل شده است (Carver *et al*., 1991). قابل ذکر است معیارهای دو مؤلفهٔ اصلی ارزیابی تهدیدات مکانی شامل جنبه ساختاری و تهدیدات غیر زیستی با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی ترکیب شده‌اند.

ارزیابی زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار منطقهٔ مورد مطالعه: در این مطالعه از مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی برای ارزیابی زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شد. مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی (ANN) از چندین گره و لایه به نام‌های ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. الگوریتم MLP یک شبکهٔ پیش خور و یکی از مدل‌های شبکهٔ عصبی مصنوعی

پرکاربرد است. معماری MLP از سه لایه شامل لایه‌های ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است ، بنابراین می‌تواند روابطی را که ماهیت غیرخطی دارند تشخیص دهد .این نوع شبکه با استفاده از الگوریتم یادگیری Back *Propagation* (*BP*) آموزش داده می‌شود. خطای کلی به‌عنوان میانگین مجذور خطا بین خروجی مدل و نتیجهٔ هدف محاسبه می‌شود. در این مطالعه ۷۰ درصد از مجموعه داده‌ها برای آموزش در نظر گرفته شده و بقیه برای آزمون استفاده شد. نرخ یادگیری پویا به‌عنوان حالت آموزش مورد استفاده قرار گرفت، که در طی آن نرخ شروع یادگیری و نرخ یادگیری پایان به‌ترتیب به ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ تنظیم شد. ضریب حرکت و ثابت سیگموئیدA نیز به‌ترتیب ۰/۵ و ۱ تنظیم شد. RMS= ۰/۰۱ و تکرار ۱۰۰۰۰ به‌عنوان معیارهای توقف تعیین شد. در نهایت تابع خروجی روی حالت سیگموئیدی تنظیم شد.

محاسبهٔ متریک‌های سیمای سرزمین: سه متریک سیمای سرزمین برای هر واحد زیستگاهی در این مطالعه محاسبه شد که عبارتند از ضریب فراکتال محیط واحد زیستگاهی، ضریب شکل واحد زیستگاهی و شاخص نزدیکترین همسایه (Rajaei *et al*., 2017). معادلهٔ ضریب فراکتال محیط به‌صورت زیر است:

$$Frac = \frac{2\ln(0.25\ P_{ij})}{\ln a_{ij}}$$

که در آن pij: محیط لکه و aij: مساحت لکه می‌باشد. دامنهٔ این ضریب بین ۱ تا ۲ متغیر است. فراکتال بزرگتر از ۱ برای یک لکهٔ دو بعدی نشان‌دهندهٔ انحراف از هندسهٔ اقلیدسی است (یعنی افزایش پیچیدگی شکل). معادلهٔ شاخص شکل واحدهای زیستگاهی به‌صورت زیر است:

$$Shape_{index} = \frac{0.25P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$$

که در آن pij: محیط لکه و aij: مساحت لکهٔ ij. شاخص نزدیکترین همسایه با استفاده از فاصلهٔ اقلیدسی هر لکه با نزدیکترین لکهٔ همسان خود محاسبه می‌شود. فاصلهٔ اقلیدسی نزدیکترین همسایه شاید ساده‌ترین اندازه‌گیری اتصال لکه باشد و به‌طور گسترده برای تعیین کمیت ایزوله بودن لکه‌ها استفاده شده است. در اینجا، نزدیکترین فاصله با استفاده از هندسهٔ اقلیدسی ساده به‌عنوان کوتاه‌ترین فاصلهٔ خط مستقیم بین لکهٔ کانونی و نزدیکترین همسایهٔ آن از همان کلاس تعریف می‌شود.

منابع اطلاعاتی: برخی از منابع اطلاعاتی از سامانهٔ گوگل ارث انجین استخراج شد. از بانک اطلاعات سامانهٔ گوگل ارث انجین آخرین مدل رقومی ارتفاع برای منطقهٔ مورد مطالعه و نقشهٔ تنوع توپوگرافیکی (بیان تغییرات کلی ارتفاع در یک سطح خاص به‌صورت کمی) از داده های SRTM استخراج شد (Negahban and Baboli, 2021). شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده پوشش گیاهی نیز با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸ و به کمک کد نویسی در محیط سامانهٔ گوگل ارث انجین استخراج شد. همچنین داده‌های اقلیمی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت عبارتند از متوسط دما و بارش سالانه که از اطلاعات Terraclimateدر محیط سامانهٔ گوگل ارث انجین استخراج شد. نقشهٔ فاصله از راه‌ها، روستاها و شهرها، اراضی کشاورزی و رودخانه‌ها پس از تهیهٔ لایه‌های رودخانه‌ها، جاده‌ها، شهرها و روستاها و زیرساخت‌ها در محیط نرم‌افزار IDRISI با استفاده از تابع Distance تهیه شد.

یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در بخش روش تحقیق ذکر گردید معیارهای انتخاب شده برای ارزیابی تهدیدات مکانی در این مطالعه شامل چهار مؤلفهٔ اصلی جنبهٔ ساختاری، تهدیدات غیر زیستی، جنبهٔ ترکیبی و ایزوله بودن زیستگاه است که توضیح داده می‌شود:

تهدیدات غیرزیستی: تهدیدات غیرزیستی در این مطالعه شامل فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از روستا، فاصله از زیرساخت‌های مهم، فرسایش خاک و تراکم پوشش گیاهی می‌باشد (Carroll *et al*., 2017) (شکل‌های ۲ تا ۹). نقشهٔ ترکیب شده جنبهٔ غیر زیستی که با استفاده از شاخص‌های مربوطه و وزن هر کدام به‌دست آمد، نشان داد که بالاترین مقدار تهدید غیر زیستی برای تنوع زیستی در منطقهٔ مورد مطالعه برابر با ۰/۸۷۶ است. کمترین مقدار این جنبه نیز ۰/۲۳۷ بود (شکل ۹). بخش‌های جنوبی و شرقی منطقهٔ حفاظت‌شده که در نزدیکی شهر و روستاها و زیرساخت‌ها قرار دارد بالاترین تهدید

غیر زیستی علیه تنوع زیستی را نشان می‌دهند.

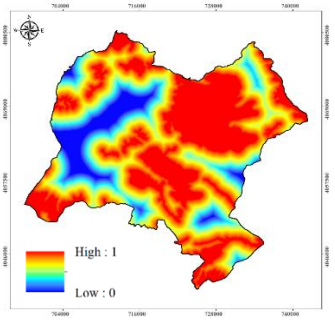
بعد ساختاری: در بعد ساختاری، ارزیابی تهدیدات مکانی تنوع زیستی سه شاخص تعریف شده است که عبارتند از ضریب فراکتال واحدهای زیستگاهی، شکل واحدهای زیستگاهی و شیب متوسط واحدهای زیستگاهی. ساختار زیستگاه به هندسهٔ زیستگاه فیزیکی اشاره دارد. هندسهٔ فضای زیستگاه برای تنوع زیستی مهم است زیرا به‌طور مستقیم بر استقرار و تداوم جوامع گیاهی و جانوری تأثیر می‌گذارد (Ben-Hur and Kadmon, 2020; Sarker *et al*., 2020). بالاترین ضریب فراکتال محیطی واحدهای زیستگاهی منطقهٔ مورد مطالعه ۱/۳۱۷ بود. با در نظر گرفتن بالاترین مقدار شاخص فراکتال محیط که در حالت تئوری ۲ می‌باشد، اقدام به استانداردسازی نقشهٔ ضریب فراکتال محیط واحدهای زیستگاهی شد. بالاترین عدد فازی ثبت شده برای یک واحد زیستگاهی در منطقهٔ مورد مطالعه ۰/۳۱۷ بود که نشان‌دهندهٔ هموار بودن مرزهای اکثر واحدهای زیستگاهی منطقه است (شکل ۱۰).

شاخص شکل واحدهای زیستگاهی نشان‌دهندهٔ میزان دایره‌ای بودن یک واحد است که در این مطالعه برای تمامی واحدهای زیستگاهی محاسبه شد. حداقل مقدار این شاخص برابر ۱ است و این برای محیط‌هایی با شکل منظم کروی یا مربعی است. هر چه شکل نامنظم‌تر گردد این مقدار افزایش خواهد یافت. نتایج محاسبهٔ این شاخص برای واحدهای زیستگاهی منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران نشان می‌دهد بالاترین مقدار این شاخص در منطقهٔ مورد مطالعه برابر با ۲/۶۲۴ است. کم‌ترین مقدار شاخص محاسبه شده نیز برابر با ۱/۲۱۴ بود (شکل ۱۱). با استفاده از این دو دامنهٔ حداکثر و حداقل، اقدام به فازی‌سازی نقشهٔ شاخص شکل واحدهای زیستگاهی منطقهٔ مورد مطالعه شد. هر چه میزان این عدد بیشتر باشد در حقیقت نشان‌دهندهٔ تهدید بیشتر برای تنوع زیستی آن واحد است. چهار واحد زیستگاهی به‌طور مشخص دارای بالاترین میزان تهدید از نظر شاخص شکل برای تنوع زیستی بودند. عامل ساختاری بعدی در نظر گرفته شده، شیب متوسط واحدهای زیستگاهی است که در این مطالعه بالاترین شیب متوسط برای یک واحد زیستگاهی در منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران برابر با ۴۷/۵۴ درصد بود. کمترین میزان شیب در بین واحدهای زیستگاهی ۳/۰۹ درصد بود. با استفاده از این دو دامنه اقدام به استانداردسازی مقادیر شیب متوسط واحدهای زیستگاهی شد. با افزایش شیب یک واحد زیستگاهی میزان ناپایداری آن افزایش یافته و تنوع زیستی جانوری آن بیشتر به خطر می‌افتد. در این مطالعه اکثر واحدهای با شیب زیاد در بخش‌های غرب منطقه واقع شده‌اند (شکل ۱۲) با استفاده از وزن شاخص‌های جنبهٔ ساختاری و نقشه‌های فازی تهیه شده برای هر شاخص، نقشهٔ جنبهٔ ساختاری منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران تهیه شد. بالاترین مقدار تهدید ساختاری برابر با ۰/۸۵۰ بود که در واحدهای زیستگاهی غرب منطقهٔ انگوران وجود دارد (شکل ۱۳).

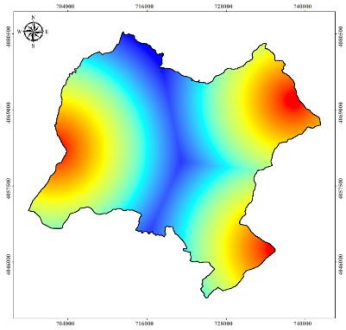
ایزوله بودن واحد: این معیار ارتباط درونی واحدهای زیستگاهی در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. واحدهای دور افتاده در خطر بیشتری قرار دارند. در این مطالعه، برخی از واحدهای زیستگاهی بیشتر از یک لکه داشتند که در مناطق مختلف منطقهٔ پراکنده شده‌اند. در واقع قرار گرفتن این واحدهای ناهمسان به‌دور از یکدیگر میزان ایزوله بودن آن‌ها را افزایش می‌دهد. هر چه دو واحد زیستگاهی همسان از یکدیگر فاصلهٔ بیشتری داشته باشند میزان ایزوله بودن آن‌ها بیشتر است. بیشترین فاصله از نزدیکترین واحد همسان در این مطالعه ۱۵۴۲۱/۳ متر بود. واحدهای زیستگاهی که تنها یک لکه در چشم‌انداز مورد مطالعه دارند مقدار شاخص نزدیکترین همسایه برای آن‌ها ۰ محاسبه شده است. هر چه این مقدار افزایش یابد تهدید علیه تنوع زیستی بیشتر خواهد بود. با استفاده از دامنه‌های به‌دست آمده از شاخص نزدیکترین همسایه در منطقه، اقدام به استانداردسازی نقشهٔ این شاخص شد (شکل ۱۴).

جنبهٔ ترکیبی: در این مطالعه از نقشهٔ ارزیابی زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار برای تهیهٔ جنبهٔ ترکیبی استفاده شد. این لایه که نشان‌دهندهٔ حضور گونه‌های مهم است به کمک مقادیر حداکثر و حداقل احتمال حضور گونه‌ها استانداردسازی شد. در مناطقی که احتمال حضور گونه‌های مهم زیادتر است مقدار بالاتری از تهدید برای تنوع زیستی نیز وجود دارد. در واقع این مناطق در معرض خطر بیشتری از نظر تنوع زیستی هستند. بخش‌های مرکزی منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران، بخش‌هایی در اطراف قزل‌اوزن و در بخش‌های غربی بالاترین میزان تهدید را از این جهت داشتند (شکل ۱۵).

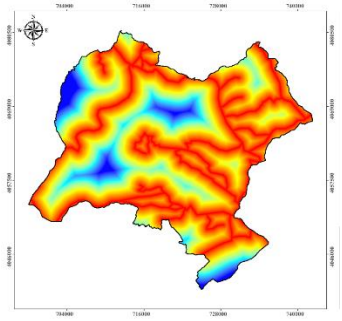
در ارزیابی زیستگاه برای گونه‌های اصلی پستاندار منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران، علاوه بر نقشه‌های توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) از شش لایه فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از جاده‌ها، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی شامل روستاها و شهرها، تراکم پوشش گیاهی، متوسط دمای سالانه، و شاخص تنوع توپوگرافیک نیز استفاده شد (Teng *et al*., 2019).



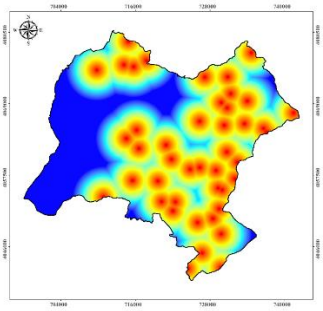
شکل ۲- نقشهٔ فاصله از اراضی کشاورزی



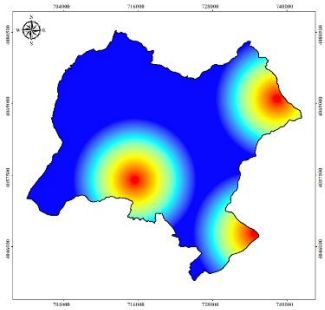
شکل ۳- نقشهٔ فاصله از شهر



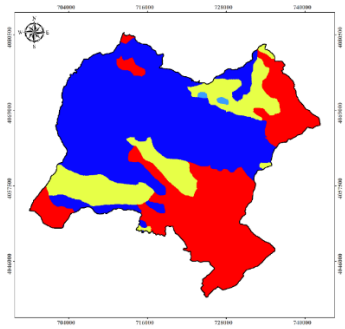
شکل ٤- نقشهٔ فاصله از جاده



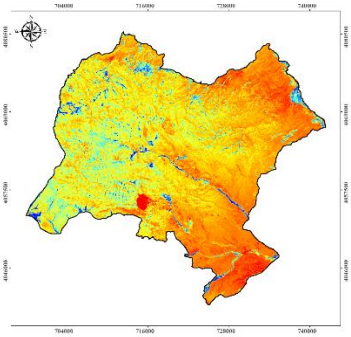
شکل ٥- نقشهٔ فاصله از روستا



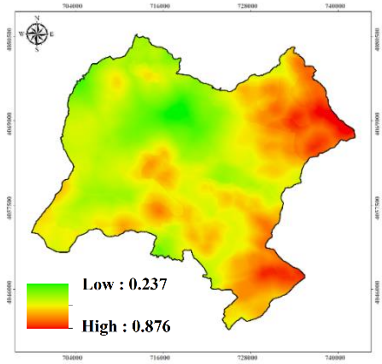
شکل ٦- نقشهٔ فاصله از زیرساخت‌ها



شکل ۷- نقشهٔ خاک



شکل ۸- نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی

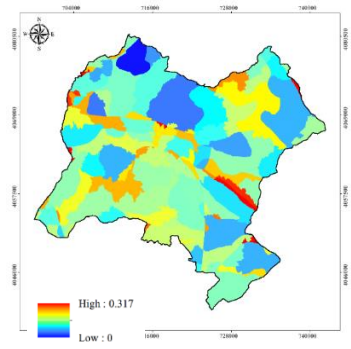


شکل ۹- نقشهٔ نهایی تهدیدات غیر زیستی

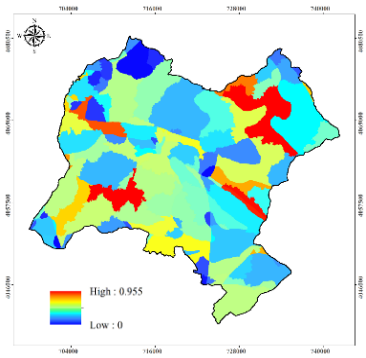
نقاط حضور گونه‌های پستاندار منطقه (کل و بز ارمنی، آهو، گرگ، خرس و .....)، در پناهگاه حیات وحش انگوران ثبت شده بود که برای ارزیابی زیستگاه در کل منطقه از این نقاط استفاده شد. با استفاده از شبکهٔ عصبی در محیط نرم‌افزار ادریسی و متغیرهای پیش‌بینی کنندهٔ ذکر شده، احتمال حضور گونه‌های مهم پستاندار منطقهٔ مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی زیستگاه حیات وحش گونه‌های پستاندار نشان می‌دهد که بخش‌های مرکزی حوزه از شرق تا غرب به‌صورت یک گذرگاه و بخش‌هایی در شمال غرب و اطراف رودخانهٔ قزل‌اوزن، محتمل‌ترین مناطق برای حضور گونه‌های پستاندارد منطقهٔ مورد مطالعه هستند. نتایج نشان داد بیشترین مساحت به کلاس احتمال حضور زیاد با ۳۵/۷۳ درصد اختصاص داشته است (جدول ۲). ۲۶۵۳۸ هکتار از منطقه که معادل ۲۸/۷۹ درصد است نیز احتمال حضور بسیار زیاد داشت (جدول ۲). به‌منظور تأیید صحت مدل‌سازی زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار منطقه، از منحنی ROC استفاده شد (شکل ۱۶). مقدار ROC برای نقشهٔ به‌دست آمده از مدل شبکهٔ عصبی برابر با ۰/۹۱۹ بود که صحت بسیار بالای طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

وزن‌دهی و روی‌هم‌گذاری معیارها: نتایج نشان داد بالاترین وزن در بین چهار مؤلفهٔ استفاده شده برای ارزیابی تهدید تنوع زیستی به مؤلفهٔ جنبهٔ ترکیبی که در برگیرندهٔ زیستگاه گونه‌های مهم است تعلق گرفته است (جدول ۳).

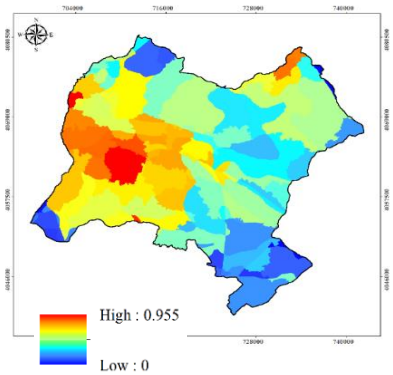
نتایج روی‌هم‌گذاری لایه‌های تهیه شده برای چهار جنبهٔ ذکر شده تهدیدات تنوع زیستی به روش ترکیب خطی وزن داده شده،



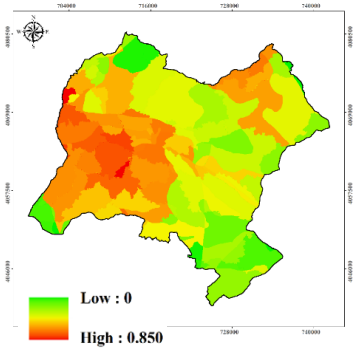
شکل ۱۰- ضریب فراکتال محیط واحدهای زیستگاهی



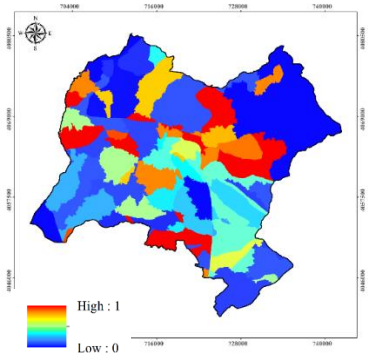
شکل ۱۱- ضریب شکل واحدهای زیستگاهی



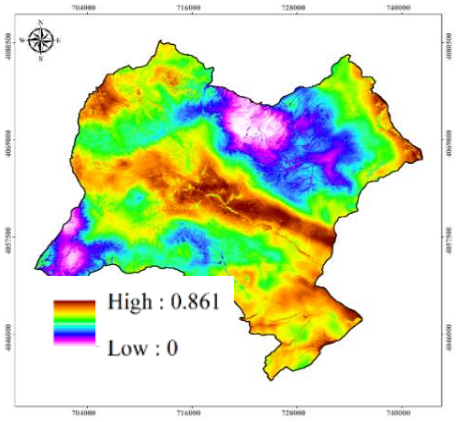
شکل ۱۲- متوسط شیب واحدهای زیستگاهی



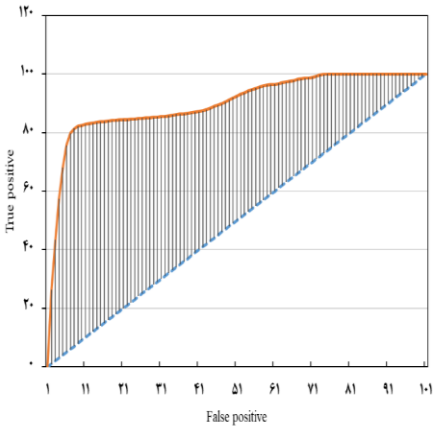
شکل ۱۳- نقشهٔ نهایی تهدیدات ساختاری



شکل ۱۴- شاخص نزدیکترین همسایه واحدهای زیستگاهی



شکل ۱۵- ارزیابی زیستگاه حیات وحش



شکل ۱۶- منحنی ROC صحت‌سنجی نقشه پتانسیل زیستگاهی

نشان داد متوسط تهدید تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران برابر با ۰/۳۶۷ است (شکل‌های ۱۷ و ۱۹). تمرکز بخش‌های دارای تهدید بالا در این روش در قسمت‌های میانی و شرقی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران قرار دارد. این بخش‌ها محل تمرکز روستاها، شهرها و نزدیکترین مناطق به جاده‌ها بوده و در عین حال محل عبور و زیست گونه‌های مهم جانوری منطقه نیز می‌باشد.

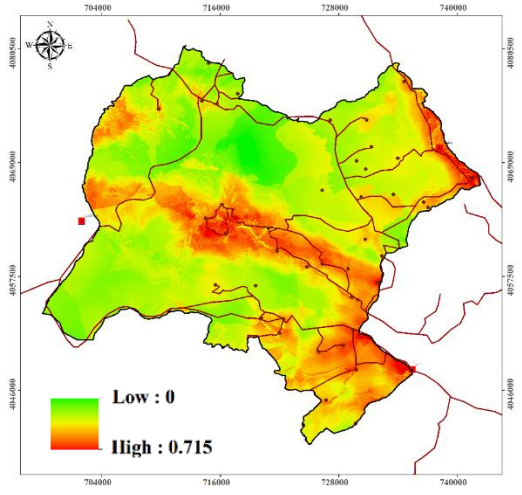
در روش روی‌هم‌گذاری به روش میانگین وزنی مرتب شده، وزن ثانویه‌ای نیز برای رتبه‌بندی در نظر گرفته شد (شکل ۱۸). هیستوگرام نتایج نشان داد متوسط تهدید تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران در این روش برابر با ۰/۴۱ است. هیستوگرام‌های ترسیم شده نشان‌دهندهٔ آماره‌های توصیفی داده‌های موجود در نقشه است. در این گراف، مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و انحراف معیار داده‌های نقشه نمایش داده شده است.

جدول ۲- مساحت طبقات احتمال حضو رگونه‌های مهم پستاندار منطقهٔ مورد مطالعه

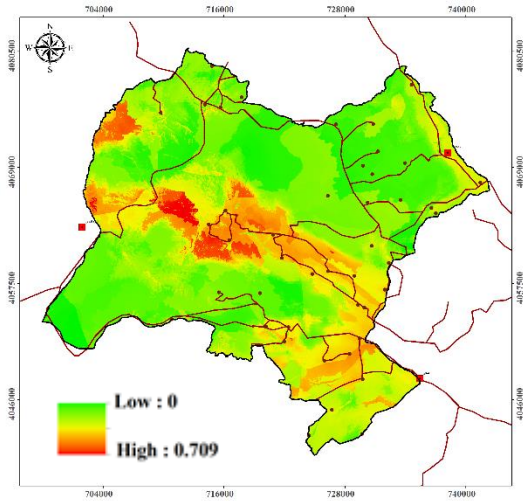
طبقه احتمال	مساحت (هکتار)	درصد
کم	۱۰۷۸۳	۱۱/۷
متوسط	۲۱۹۲۸	۲۳/۷
زیاد	۳۲۹۳۴	۳۵/۷
خیلی زیاد	۲۶۵۳۸	۲۸/۷

جدول ۳- وزن معیارها و شاخص های ارزیابی تهدیدات تنوع زیستی

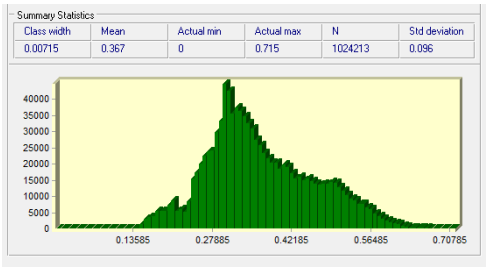
معیار	وزن	شاخص	وزن
جنبهٔ ساختاری	۰/۰۷۱	ضریب فراکتال واحد زیستگاهی	۰/۱۲۸
		ضریب شکل واحد زیستگاهی	۰/۱۸۴
		شیب متوسط واحد زیستگاهی	۰/۶۸۸
جنبهٔ ترکیبی	۰/۵۹۵	وجود گونه‌های مهم حیات وحش	۱
تهدیدات غیر زیستی	۰/۲۲۶	فاصله از اراضی کشاورزی	۰/۰۵۹
		فاصله از شهرها	۰/۴۷۸
		فاصله از روستاها	۰/۱۴۱
		فاصله از جاده ها	۰/۰۹۵
		فاصله از زیرساخت‌های مهم	۰/۱۳۹
		فرسایش خاک	۰/۰۴۹
		تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۳۹
ایزوله بودن واحد	۰/۱۰۸	شاخص نزدیکترین همسایه	۱



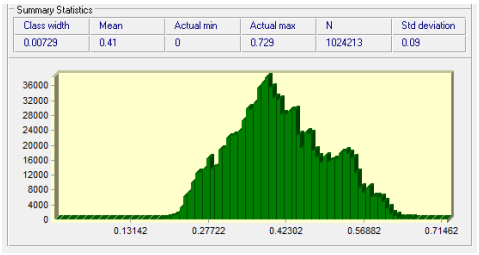
شکل ۱۷- نقشهٔ تهدیدات تنوع زیستی به روش WLC



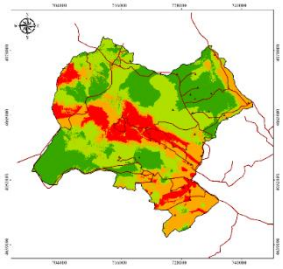
شکل ۱۸. نقشهٔ تهدیدات تنوع زیستی به روش OWA



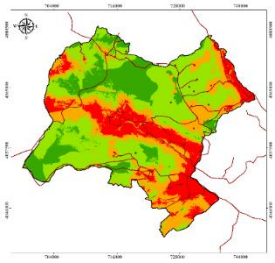
شکل ۱۹- هیستوگرام مقادیرتهدیدات تنوع زیستی به روش WLC



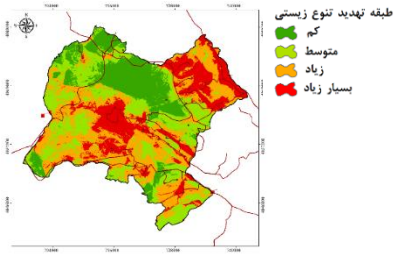
شکل ۲۰- هیستوگرام مقادیرتهدیدات تنوع زیستی به روش OWA



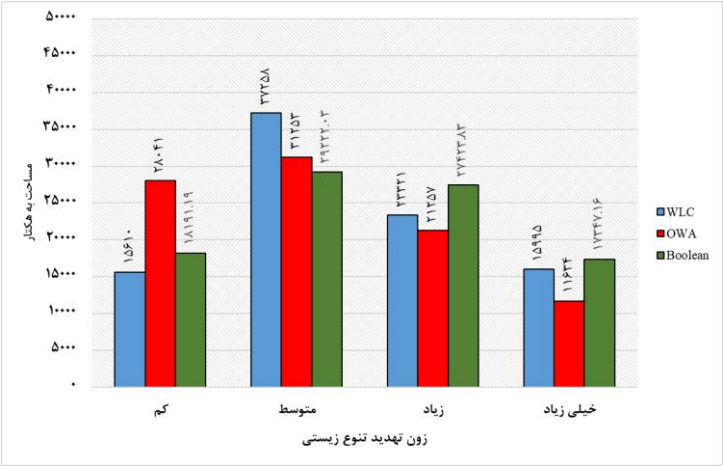
شکل ۲۱- زون‌بندی تهدیدات توع زیستی به روش OWA



شکل ۲۲- زون‌بندی تهدیدات تنوع زیستی به روش WLC



شکل ۲۳- زون‌بندی تهدیدات تنوع زیستی به روش بولین



شکل ۲٤- مقایسهٔ مساحت زون‌های تهدید تنوع زیستی در روش‌های مختلف روی هم‌گذاری

همچنین توزیع داده‌ها بر روی هیستوگرام نمایش داده شده است که بیانگر فراوانی مقادیر روی نقشه است. همچنین هیستوگرام نشان داد مقادیر غیرعادی یا داده‌های پرت در مدل‌سازی وجود ندارد (شکل ۲۰). تمرکز مناطق با بالاترین میزان تهدید علیه تنوع زیستی در این روش در مناطق مرکزی منطقهٔ حفاظت‌شده انگوران وجود دارد.

در ادامه، زون‌بندی تهدیدات تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران با استفاده از روش طبقه‌بندی Natural Breaks در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. چهار زون با تهدید کم، متوسط زیاد و خیلی زیاد براساس داده‌های به‌دست آمده از روش‌های مختلف روی‌هم‌گذاری استخراج شد. دو روش روی‌هم‌گذاری OWA و WLC از نظر موقعیت مکانی زون‌های با تهدید زیاد و خیلی زیاد به یکدیگر شباهت دارند (شکل‌های ۲۱ و ۲۲). هر دوروش فوق ، این دو زون را در محدودهٔ مرکز و جنوب منطقه تعیین کرده‌اند. تفاوت بارز روش روی‌هم‌گذاری بولین با دو روش دیگر این است که بخش‌های عمده‌ای از شرق منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران را نیز در زون‌های با تهدید زیاد و خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۲۳).

مقایسهٔ نتایج زون‌بندی سه روش روی‌هم‌گذاری نشان داد که روش بولین زون‌های با تهدید زیاد و خیلی زیاد را بیشتر برآورد کرده است. روش ترکیب خطی وزن‌دار شده، بیشترین مساحت را به زون تهدید متوسط داده و روش میانگین‌گیری رتبه‌ای نیز بیش‌ترین مساحت را به زون با تهدید متوسط اختصاص داده است. کم‌ترین مساحت زون با تهدید خیلی زیاد برای تنوع زیستی در منطقهٔ حفاظت‌شده در روش میانگین وزنی مرتب شده مشاهده شد (شکل ۲۴).

بحث و نتیجه‌گیری

زون‌بندی تهدیدات تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران با استفاده از روش‌های ارزیابی چند معیارهٔ مکانی در این مطالعه مد نظر قرار گرفت. در این راستا معیارهای لازم برای ارزیابی به کمک مطالعات قبلی تعیین شد. جنبه‌های مورد استفاده تهدیدات ساختاری، جنبهٔ ترکیبی، تهدیدات غیر زیستی و ایزوله بودن واحدهای زیستگاهی بود. منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران از نظر جای دادن گونه‌های پستاندار مختلف علفخوار و گوشتخوار و همچنین تنوع بالای پرندگان، دوزیستان و خزندگان برای حفظ تنوع زیستی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. وجود روستاهای بسیار و واقع شدن سه شهر در اطراف منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران به‌عنوان مراکز مهم جمعیتی و تمرکز توسعهٔ صنعتی و کشاورزی، تهدیدات بالقوه‌ای برای تنوع زیستی این منطقه هستند. برای تأمین نیازهای مردم بومی ساکن منطقهٔ حفاظت‌شده، این جوامع به منابع طبیعی منطقه وابستگی زیادی دارند. همچنین برای تأمین نیازهای علوفه‌ای برای دام‌ها و تأمین معیشت خانوارها توسعهٔ کشاورزی و دامداری در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران سبب شده که روز به روز به تهدیدات علیه تنوع زیستی منطقه افزوده شود. وجود روستاهای زیاد در منطقهٔ مورد مطالعه سبب شده است که راه‌های دسترسی به این مناطق نیز افزایش یابد که این امر خود موجب تکه تکه شدن زیستگاه‌ها و افزایش دسترسی به بخش‌های دست‌نخورده‌تر منطقهٔ حفاظت‌شده نیز شده است. یکی دیگر از مهم‌ترین تهدیدات برای تنوع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران که در این مطالعه نیز مد نظر قرار گرفت وجود معدن بزرگ روی و سرب است که علاوه بر تغییرات فیزیکی و جمعیتی که در منطقه ایجاد کرده موجب آلودگی منابع آب و خاک نیز می‌شود که این امر خود به شکل چشم‌گیری بر منابع زیستی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ انگوران تأثیرگذار است. نتایج این مطالعه نشان داد که زیستگاه عمدهٔ گونه‌های پستاندار منطقهٔ مورد مطالعه به شکل یک گذرگاه از شرق به غرب منطقه گسترش یافته است. این ارزیابی به کمک روش شبکهٔ عصبی مصنوعی صورت گرفت که نتایج آن نشان داد صحت ارزیابی بسیار بالا و قابل قبول بوده است. استفاده از این روش امکان ارزیابی زیستگاه حتی با داده‌های کم را فراهم کرده است. حاشیهٔ رودخانهٔ قزل‌اوزن و انگوران‌چای در خروجی ارزیابی زیستگاه به‌عنوان یکی از مناطق با بالاترین احتمال حضور گونه‌های مهم پستاندار منطقه تعیین گردید. این دو رودخانه تأمین‌کنندهٔ اصلی منابع آب برای جمعیت گونه‌های مختلف حیات وحش منطقه هستند. الگوی مکانی تهدیدات نشان می‌دهد که عمدتاً اطراف مناطق مسکونی و جاده‌ها و زیرساخت‌ها که در تلاقی با زیستگاه گونه‌های مهم پستاندار منطقه است به‌عنوان حساس‌ترین مناطق برای حیات وحش به‌شمار می‌آید. نتایج این مطالعه به جهت قرارگیری مناطق دارای تهدید بالا در مجاورت مناطق تحت توسعه با نتایج Mirzaee و همکاران (۲۰۱۵) در استان گلستان مشابهت دارد. در این مطالعه به جای استفاده از نقشهٔ پراکنش گونه‌های مهم اقدام به ارزیابی زیستگاه شد تا بتوان با دقت بالاتری و به کمک روش‌های علمی به شناسایی مناطق مستعد حضور گونه‌ها دست یافت. روش‌های مختلف ادغام لایه‌های نهایی منتج به نتایج متفاوتی از تهدیدات و زون‌بندی متفاوتی شده‌اند. روش‌های روی هم‌گذاری فازی که به روش‌های نرم هم مشهور هستند زون‌های با تهدید زیاد و خیلی زیاد را در مقایسه با روش بولین، کمتر برآورد کردند. خروجی این روش‌ها با واقعیت‌های زمینی و مرزهای سرزمینی منطقهٔ مورد مطالعه شباهت بالاتری دارد. روش بولین پهنه‌های بیشتری را به‌عنوان محدوده‌های با خطر زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی کرده است.

اساس روش استفاده شده در این مطالعه برای زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده مبتنی بر استفاده از معیارهای نشان‌دهندهٔ حساسیت اکولوژیک زیستگاه است. این رویکرد در مطالعات Rossi و همکاران (۲۰۰۸)، Chi و همکاران (۲۰۲۰) و Mirzaee و همکاران (۲۰۱۵) نیز استفاده شده است. عنصر نوآورانهٔ این رویکرد، استفاده از روش تخصیص زمین براساس واحدهای زمین به جای سلول است. این فرآیند امکان ایجاد طرح زون‌بندی را فراهم می‌کند که می‌تواند مستقیماً اجرا شود، زیرا عناصر فضایی آن به اندازه‌ای بزرگ هستند که به‌طور مستقل مدیریت شوند. برعکس، نتایج رویکردهایی که تخصیص سلولی را مبنا قرار می‌دهند، قبل از عملی شدن نیاز به ویرایش گسترده دارند. این ویرایش بیشتر از طریق استفاده از آستانه‌هایی براساس سطح، شکل و شاخص‌های اتصال به‌منظور گروه‌بندی سلول‌های شبکه با مقادیر مشابه انجام می‌شود. با این حال، حتی پس از ویرایش، ممکن است مرزهای گروه‌های سلول‌های شبکه‌ای روی زمین قابل تشخیص نباشد و باعث می‌شود که زون‌بندی در عمل قابل اجرا نباشد. زون‌های منطقهٔ حفاظت شده در واقع باید توسط مدیران و بازدیدکنندگان به وضوح قابل تشخیص باشد این رویکرد مورد تأیید مطالعهٔ Geneletti

و van Duren (۲۰۰۸) است که بر تخصیص واحد مبنا تأکید کرده‌اند. تجزیه و تحلیل فضایی و مدل‌سازی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی در این مطالعه به‌خوبی اعمال شد. در این رویکرد، فرآیند پهنه‌بندی به دور از ذهنیت‌گرایی و به‌طور خودکار بر مبنای شاخص‌ها صورت می‌گیرد. در مطالعهٔ Hajehforooshnia و همکاران (۲۰۱۱) نیز بر این ویژگی تأکید شده است. مزایای سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر MCA و GIS در برنامه‌ریزی پارک و زون‌بندی مناطق در مقالات مختلف مورد بحث قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، Villa و همکاران (۲۰۰۱) و Geneletti و Duren (۲۰۰۸) بر مزیت و کاربرد رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده تأکید کرده اند. Zhang و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعهٔخود استفاده از رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده تأیید کردند. در مطالعهٔ حاضر زون‌بندی قابل قبولی برای منطقه بر مبنای معیارهای اکولوژیک مطرح شد که همسو با رویکرد مطالعه است. در رویکرد ارائه‌شده در مطالعهٔ حاضر بر زیستگاه گونه‌های حساس و مهم منطقه، تأکید ویژه‌ای شد و بالاترین وزن را نیز در بین معیارها در زون‌بندی نهایی به‌خود اختصاص داد. این امر در مطالعهٔ Hull و همکاران (۲۰۱۱) نیز مورد تأکید قرار گرفته که توجه به گونه‌های حساس و زیستگاه آن‌ها در زون‌بندی نقش ویژه‌ای دارد.

با نگاهی به رویکرد ارائه‌شده در این مطالعه می‌توانیم به ساده بودن اجرا و کاربردی بودن نتایج آن پی ببریم. این رویکرد عملاً یک رویکرد شفاف و قابل فهم برای مدیران و ذینفعان منطقهٔ حفاظت‌شده است که می‌تواند به درک نتایج توسط آن‌ها کمک شایانی کند. این مطالعه به ذیتفعان کمک می‌کند تا با استفاده از رویکرد ارائه‌شده به شناسایی منابع تهدیدات علیه تنوع زیستی مناطق حفاظت‌شده پرداخته و برنامه‌های کنترل و مدیریت این تهدیدات را به‌سرعت اتخاذ و اجرا کنند.

تشکر و قدردانی

مقاله مستخرج از پایان‌نامه دانشجویی می باشد.

References

Baboli H., Negahban S., 2021. Examining the form characteristics of the earth's surface based on morphometric indicators and using GIS. Case study: Fahlian watershed. Geography 19(68), 11-103. (In Persian)

Ben-Hur, E., Kadmon, R., 2020. Heterogeneity–diversity relationships in sessile organisms: a unified framework. Ecology Letters 23(1), 193-207.

Carroll, C., Roberts, D.R., Michalak, J.L., Lawler, J.J., Nielsen, S.E., Stralberg, D., Wang, T., 2017. Scale-dependent complementarity of climatic velocity and environmental diversity for identifying priority areas for conservation under climate change. Global Change Biology 23(11), 4508-4520.

Carver, S.J., 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. International Journal of Geographical Information System 5(3), 321-339.

Chi, Y., Zhang, Z., Wang, J., Xie, Z., Gao, J., 2020. Island protected area zoning based on ecological importance and tenacity. Ecological Indicators 11, 106139.

Dashti, S.A., Khan Mohammadi, M., 2019. Recreational zoning of Hasan Abad Sanandaj Forest Park with multi-criteria evaluation method and Makhdoom model. Environmental Sciences and Technology 22, 155-144. (in Persian)

Hamidah, M., Mohd Hasmadi, M., Chua, L., 2022. Pakhriazad.Development of a protocol for Malaysian Important Plant Areas criterion weights using Multi-criteria Decision Making – Analytical Hierarchy Process (MCDM-AHP). Global Ecology and Conservation 34, e02033.

Jia, R., Gao, J., Gao, F., 2022. Robust ocean zoning for conservation, fishery and marine renewable energy with co-location strategy .Applied Energy 328 (15), 120166.

Kharikhah, Q., Nasim Jozi, S.A., 2022. Presenting a new model of zoning in protected areas with an emphasis on the assessment of habitat connections in the central Alborz ram and ewe habitat of the Virgin protected area. Renewable Natural Resources Research 12 (1), 107-117. (In Persian)

Mirzaei, R., Ismaili Sari, A., Homami, H., 2014. Determining the spatial pattern of biodiversity threats at the surface of the land (case study: Golestan province). Applied Ecology 11 (4), 79-90. (In Persian)

Muradpanah, M., Muradpana, H., 2016. Zoning of Melosan protected area using GIS. Environmental

Science and Technology Quarterly 19(4), 463-474. (In Persian)
Rajaei, F., Dahmardeh Behrooz, R., Ahmadisharaf, E., Galalizadeh, S., Dudic, B., Spalevic, V.,Novicevic, R., 2021. Application of Integrated Watershed Management Measures to Minimize the Land Use Change Impacts. Water 13(15), 2039.
Rajaei, F., Sari, A.E., Salmanmahiny, A., Delavar, M., Bavani, A.R.M., Srinivasan, R., 2017. Surface drainage nitrate loading estimate from agriculture fields and its relationship with landscape metrics in Tajan watershed. Paddy and Water Environment 15(3), 541-552.
Sarker, S., Rahman, M.M., Yadav, A.K., Islam, M.M., 2019. Zoning of marine protected areas for biodiversity conservation in Bangladesh through socio-spatial data. Ocean & Coastal Management 173, 114-122.
Shariati, B., Farashi, A., 2014. Protective zoning of Kolah Ghazi National Park with a multi-criteria evaluation approach. Environmental Science and Bioengineering 57, 75-82. (In Persian)
Sharifi, N., Danekar, A., Khorasani, N., 1400. Development of a model for the zoning of protected areas based on Shannon's entropy multi-criteria decision-making technique (case study: Mangrove Protected Area). Environmental Science and Technology 3(1), 43-61. (In Persian)
Shereta, M., Piman, T., Grunbuhel, G., 2022. Prioritizing key biodiversity areas for conservation based on threats and ecosystem services using participatory and GIS-based modeling in Chindwin River Basin, Myanmar. Ecosystem Services 48, 101244.
Teng, M., Huang, C., Wang, P., Zeng, L., Zhou, Z., Xiao, W., Liu, C., 2019. Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China. Science of The Total Environment 697, 134164.
Vardarman, J., Berchová-Bímová, K., Pěknicová, J., 2018. The role of protected area zoning in invasive plant management. Biodiversity and Conservation 27(8), 1811-1829.
Venier C., Menegon S., Possingam S., 2021. Multi-objective zoning for aquaculture and biodiversity. Science of The Total Environment 785(1), 146997.
Wang, Y., Yang, H., Qi, D., Songer, M., Bai, W., Zhou, C., Zhang, J., Huang, Q., 2021. Efficacy and management challenges of the zoning designations of China's national parks. Biological Conservation 254, 108962.
Yager, R.R., 1988. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics 18(1), 183-190.
Yang, S., Fang Q., Zhu S., 2022. Marine spatial planning for transboundary issues in bays of Fujian, China: A hierarchical system. Ecological Indicators 136, 108622.