University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

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

Evaluating habitat quality of *Cervus elaphus maral* in Golestan province

Hossein Varasteh Moradi[1]✉ | Shahrzad Rahmati[2]✉ | Hamidreza Kamyab[3]

1. Corresponding Author, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: varasteh@gau.ac.ir
2. Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran.E-mail: shahrzad.rahmati72@gmail.com
3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran.E-mail: hrkamyab@gau.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 06 December 2023

Received in revised form 09 January 2024

Accepted 24 January 2023

Published online 22 July 2024

Keywords:

Cervus elaphus maral,

Golestan province,

Habitat quality modeling,

InVEST software.

ABSTRACT

Land use changes have accelerated due to urban development and population growth. The inappropriate pattern of land cover, can cause the destruction of wildlife habitats and overshadow biodiversity. On the other hand, *Cervus elaphus maral*, as the largest native deer in Iran and its important role in biodiversity, has been given a lot of attention by forest guards. In the present study, the habitat of the *Cervus elaphus maral* in Golestan province and the imapact of land use on the habitat quality of this species were evaluated using the Habitat Quality model. The results showed that 78.99% of the Golestan province has very low quality, 0.03% has medium quality, 2.15% has good quality and 18.81% has very good quality for *Cervus elaphus maral* living. The results of the current research can be included in conservation planning by identifying hotspots with high habitat quality and determining the most important areas that need more protection. It is also suggested that land use change scenarios should be considered in habitat quality modeling so that more suitable programs can be made in the matter of planning protection.

Cite this article: Varasteh Moradi, H., Rahmati, Sh., & Kamyab, H.R.. (2024). Evaluating habitat quality of *Cervus elaphus maral* in Golestan province. *Journal of Natural Environment*, 77 (Special Issue), 33-48. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369206.2628

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369206.2628

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

ارزیابی کیفیت زیستگاه مرال (*Cervus elaphus maral*) در استان گلستان

حسین وارسته مرادی[۱]✉ | شهرزاد رحمتی[۲] | حمیدرضا کامیاب[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه محیطزیست، دانشکدهٔ شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: varasteh@gau.ac.ir
۲. گروه محیطزیست، دانشکدهٔ شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: shahrzad.rahmati72@gmail.com
۳. گروه محیطزیست، دانشکدهٔ شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hrkamyab@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

کلیدواژه‌ها:
استان گلستان،
مدل‌سازی کیفیت زیستگاه،
مرال،
نرم‌افزار InVEST.

چکیده

تغییرات کاربری اراضی به‌علت افزایش توسعهٔ شهری و رشد بی‌سابقهٔ جمعیت، افزایش یافته است. الگوی نامناسب پوشش اراضی می‌تواند موجب تخریب و نابودی زیستگاه‌های حیات وحش شده و تنوع زیستی را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی، مرال به‌عنوان بزرگترین گوزن بومی ایران و نقش مهمی که در تنوع زیستی دارد، بسیار مورد توجه مدیران جنگل قرار گرفته است. در پژوهش حاضر زیستگاه گونهٔ مرال در استان گلستان و میزان تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه این گونه با استفاده از مدل Habitat Quality در نرم‌افزار InVEST مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ۷۷/۹۹ درصد از سطح استان دارای کیفیت خیلی پایین، ۰/۰۳درصد دارای کیفیت متوسط، ۲/۱۵ درصد دارای کیفیت خوب و ۱۸/۸۱درصد دارای کیفیت خیلی خوب برای زیستن مرال است. بهتر است راهبردهای مدیریتی در خصوص تأسیس واحدهای دامداری، توسعهٔ شهری و روستایی، تبدیل اراضی جنگلی، توسعهٔ کشاورزی با تدابیر از پیش تعیین شده‌ای در راستای حفظ زیستگاه مرال در نظر گرفته شود. نتایج پژوهش حاضر با شناسایی مناطق داغ با کیفیت بالای زیستگاهی و نیز تعیین مهم‌ترین عرصه‌های نیازمند حفاظت بیشتر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی لحاظ شود. همچنین پیشنهاد می‌شود سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی در مدل سازی کیفیت زیستگاه مد نظر قرار گیرد تا برنامه‌های مناسب‌تری در امر حفاظت طرح‌ریزی گردد.

استناد: وارسته مرادی، حسین؛ رحمتی، شهرزاد؛ و کامیاب، حمیدرضا (۱۴۰۳). ارزیابی کیفیت زیستگاه مرال (*Cervus elaphus maral*) در استان گلستان. *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (ویژه نامه)، ۴۸-۳۳.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369206.2628

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

امروزه تغییر و تبدیل کاربری اراضی دست‌نخورده که زیستگاه‌های حیات وحش محسوب می‌شوند به کاربری‌های انسانی نظیر اراضی کشاورزی و مسکونی به یک دغدغهٔ مهم تبدیل شده است. منافع متعددی که اکوسیستم‌ها برای افراد فراهم می‌سازند خدمات اکوسیستمی نامیده می‌شود (Andalibi *et al*., 2022). تغییر کاربری اراضی یک عامل تأثیرگذار در خدمات اکوسیستمی از جمله کیفیت زیستگاه است (Mehrkhou *et al*., 2023). نکتهٔ حائز اهمیت این است که طی ۵۰ سال گذشته ایران بیشتر تغییرات کاربری اراضی را تجربه کرده است (Daneshi *et al*., 2020). از این‌رو نیاز است که اثرات کاربری‌ها و انواع توسعه بر این عناصر ارزیابی شود تا برنامه‌ریزی‌های مناسب در جهت حفظ و بهبود وضعیت تنوع زیستی ارائه شود. مدل کیفیت زیستگاه (Habitat Quality Model) از جمله ابزاری است که اثرات تهدیدات انسانی بر کیفیت زیستگاه را ارزیابی می‌کند. این مدل، یک مدل تعمیم‌یافته برای ارزیابی حساسیت زیستگاه‌ها به تغییرات سیمای سرزمین هم از طریق تخریب زمین و هم از طریق تهدیدات است. زیستگاه به‌عنوان منابع و شرایط موجود در یک منطقه که حضور، بقا و تولیدمثل یک موجود زنده را تضمین می‌کند، تعریف می‌شود (Hall *et al*., 1997). نتایج حاصل از مدل، امکان ارزیابی سریع شرایط منطقه‌ای زیستگاه را فراهم می‌کند که می‌تواند به‌عنوان نماینده‌ای برای تحقیقات بیشتر در مورد وضعیت تناسب گونه‌ها استفاده شود. همچنین، نقشه‌های نسبی و کیفیت زیستگاه تولید می‌کند که تغییر زیستگاه را در طول زمان نشان می‌دهد. این رویکرد دو مجموعهٔ کلیدی از اطلاعات را تولید می‌کند که در ارزیابی اولیهٔ نیازهای حفاظتی مفید هستند: میزان نسبی و تخریب انواع مختلف زیستگاه در یک منطقه و تغییرات در طول زمان.
در این زمینه مطالعاتی انجام شده‌است که به اختصار برخی از آن‌ها به شرح زیر اشاره می‌شود:
Daneshi و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی مرتبط با کیفیت زیستگاهی در حوزهٔ سد نرماب استان گلستان با استفاده از مدل Habitat Quality در نرم‌افزار InVEST پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که در اثر تغییرات شدید کاربری اراضی و تبدیل اراضی طبیعی به‌ویژه جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی، کیفیت زیستگاه‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کاهش پیدا کرده است. Nematollahi و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر زیستگاه گونهٔ کل و بز در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از مدل کیفیت زیستگاه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ۴۵ درصد از وسعت استان دارای مطلوبیت مناسبی برای گونهٔ کل و بز *Capra aegagrus* است. در مطالعهٔ Xiang و همکاران (۲۰۲۳) توزیع، تغییر روند و اثرات شیب توپوگرافی بر کیفیت زیستگاه با استفاده از مدل InVEST، شاخص توزیع توپوگرافی و آزمون Mann-Kendall مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت زیستگاه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ سه نوع روند کاهش قابل توجه، تغییر غیر قابل توجه و افزایش قابل توجه را تجربه کرده است. Terrado و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای برای ارزیابی کیفیت زیستگاه خشکی‌زی و آبزی در حوزه‌های رودخانه‌ای از مدل کیفیت زیستگاه استفاده کردند. در این مطالعه جهت ارزیابی مناسب بودن مدل به‌منظور توانایی در برآورد کیفیت زیستگاه تحت راهبردهای مختلف حفاظت، از سناریوهای مختلف تحلیل استفاده شد. نتایج مطالعهٔ Mehrkhou و همکاران (۲۰۲۳) به‌منظور ارزیابی کمی و مدل‌سازی تنوع زیستی با استفاده از مدل Habitat Quality در حوزهٔ آبخیز شفارود استان گیلان نشان دادند افزایش فعالیت‌های توسعه‌ای انسانی با هدف تملک اراضی طبیعی و بهره‌کشی از آن، خسارات جبران‌ناپذیری را بر پیکرهٔ اراضی طبیعی و زیستگاه‌های گیاهی و حیوانی جانوری وارد آورده است و ادامهٔ چنین روندی خطر نابودی کامل این منابع منحصر به‌فرد را به‌دنبال خواهد داشت می‌باشد. در مطالعه Erfani و همکاران (۲۰۲۳) کیفیت و تخریب زیستگاه‌های استان کرمان با استفاده از روش ارزش‌گذاری یکپارچهٔ خدمات اکوسیستم و همکنشی میان خدمات (InVEST) مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد در قسمت‌های شمال‌شرق استان کمترین تخریب رخ داده است، البته این مناطق عمدتاً از ارزش زیستگاهی کمتری برخوردارند. به‌عبارتی با کیفیت‌ترین و با ارزش‌ترین مناطق که ۸/۴۲ درصد استان را شامل می‌شوند، دارای بیشترین سطح تخریب زیستگاه هستند. این زیستگاه‌ها عمدتاً دارای پوشش اراضی جنگل و مرتع متراکم است. مطالعهٔ Zhu و همکاران (۲۰۲۳) بر تأثیر توسعهٔ روستا بر کیفیت زیستگاه میمون دماغ سر بالای سیاه یونان (*Rhinopithecus bieti*) در خطر انقراض با استفاده از مدل کیفیت زیستگاه InVSET نشان داد که توسعهٔ اجتماعی و اقتصادی منجر به کاهش سطح و کیفیت زیستگاه شده و برای جمعیت میمون‌ها و تداوم تنوع زیستی خطر ایجاد کرده است.

مرال (*Cervus elaphus maral*) به‌عنوان بزرگترین گوزن بومی ایران و نقش مهمی که در تنوع زیستی دارد، بسیار مورد توجه مدیران جنگل قرار گرفته است. از آنجایی که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش جمعیت این گونه، تخریب و نابودی زیستگاه‌ها معرفی شده است (Madadi *et al*., 2019)، بنابراین بررسی و مستندسازی این عوامل که در بسیاری از موارد ناشی از دخالت‌های انسان و تغییر کاربری‌های عرصه‌های طبیعی است، بسیار حائز اهمیت است. در همین راستا در پژوهش حاضر زیستگاه گونهٔ مرال در استان گلستان و میزان تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه این گونه با استفاده از مدل Habitat Quality در نرم‌افزار InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoff) مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل کیفیت زیستگاه InVEST اطلاعات مربوط به پوشش/کاربری اراضی و تهدیدات تنوع زیستی را برای تولید نقشه‌های کیفیت زیستگاه ترکیب می‌کند.

با توجه به مطالعات انجام شده هیچ مطالعه‌ای در سطح استان بر مبنای تهدیدات گونهٔ مرال و شناسایی نقاط داغ زیستگاه که تحت حمایت شبکهٔ حفاظتی نیستند، انجام نشده است. در این راستا سوالات تحقیق عبارتند از:

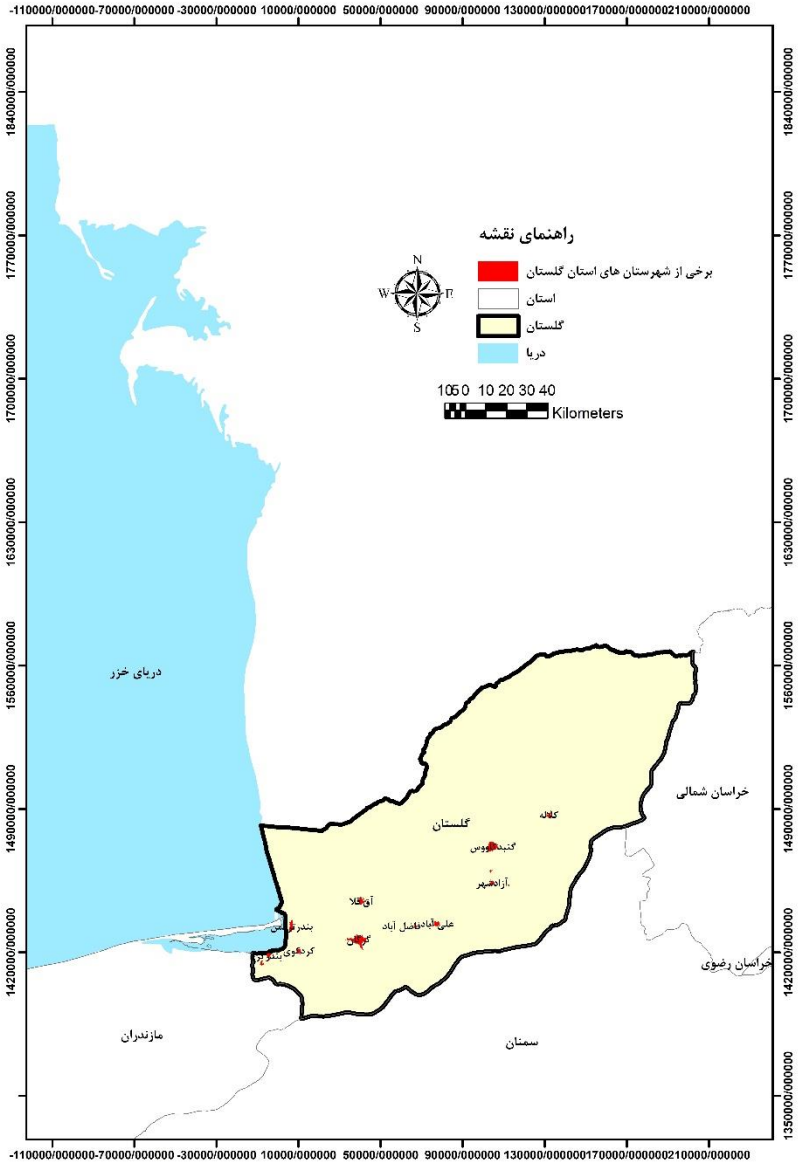
۱- مدل کیفیت زیستگاه نرم‌افزار InVEST تا چه اندازه می‌تواند برای تعیین کیفیت زیستگاه گونهٔ مرال در استان گلستان با استفاده از نقشهٔ کاربری اراضی و تهدیدات گونه، کارساز باشد؟

۲- آیا نقاط داغ زیستگاهی گونهٔ مرال با توجه به تهدیدهای گونه، هم اکنون جزء شبکهٔ حفاظت شدهٔ کشور هستند؟

روش‌شناسی پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه: استان گلستان با مساحتی بیش از ۲۲۰۰۰ کیلومترمربع و جمعیت حدود ۱۵۹۰۰۰۰ نفر، از نظر موقعیت در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقهٔ شرقی و در بخش جنوب شرقی دریای خزر قرار گرفته است (شکل ۱) (Hoseini *et al*., 2017). این استان به‌دلیل تنوع اقلیمی، توپوگرافی و زمین‌شناسی از تنوع زیستی خوبی برخوردار است و زیستگاه مطلوبی برای حیات وحش از جمله پستاندارانی چون مرال است (Madadi *et al*., 2019). تنوع زیستی بالا در سطوح گونه‌های حیات وحش (پستانداران-پرندگان، دوزیستان و خزندگان و حشرات در استان) از جمله روباه ترکمن، سمندر ایرانی و وجود ۷۶ درصد خانواده از گونه‌های گیاهی کشور در استان، سبب غنای گونه‌ای در منطقه شده است (Department Of Environment, 2023). ولی عواملی چون آلودگی خاک، خطر آتش‌سوزی، تراکم جاده‌ها و روستاها و اراضی کشاورزی از تهدیدهای مهم منطقه برای تنوع زیستی به‌شمار می‌روند (Mirzaei *et al*., 2015).

آب و هوای استان را می‌توان با توجه به خصوصیات دما و بارندگی به سه نوع معتدل، کوهستانی و نیمه‌خشک تقسیم کرد (Baniaghil *et al*., 2016). بیش از نیمی از جمعیت استان ساکن روستاها بوده و فعالیت عمدهٔ آن‌ها کشاورزی و دامداری است (Taghvaei and Bay, 2012). دلیل اصلی اشتغال اکثر جمعیت به کشاورزی، موقعیت جغرافیایی استان است (Momenpour *et al*., 2022). پارک ملی گلستان، واقع در استان گلستان به‌عنوان مهم‌ترین پارک ملی ایران از زیستگاه‌های اصلی مرال محسوب می‌گردد که جمعیت این‌گونه به‌علت تعارضات موجود ازجمله جاد میان‌گذر تهران-مشهد، روستاها و اراضی کشاورزی حاشیهٔ پارک و شکار غیرمجاز به‌شدت نسبت به گذشته کاهش داشته و در حال حاضر حدود ۴۰۰ رأس مرال در نقاط مختلف پارک در حال زیست می‌باشند (Parvian *et al*., 2013).



شکل ۱. منطقهٔ مورد مطالعه

روش‌شناسی پژوهش

نحوهٔ کارکرد مدل کیفیت زیستگاه: مدل کیفیت زیستگاه با استفاده از داده‌های رستری اجرا می‌شود که به هر سلول یک طبقه کاربری اراضی اختصاص داده می‌شود و می‌تواند یک طبقهٔ طبیعی (مدیریت نشده) یا یک طبقهٔ مدیریت شده باشد. نقشهٔ کاربری اراضی را می‌توان در هر سطحی از جزئیات طبقه‌بندی استفاده کرد. امکان استفاده از حداکثر سه نقشهٔ رستری کاربری ارضی، یک دورهٔ پایه، فعلی و آینده در مدل وجود دارد؛ ضمن آنکه نقشهٔ کاربری فعلی اراضی حتماً باید در مدل وارد شود. اینکه کدام نوع از طبقات کاربری اراضی می‌تواند زیستگاهی را برای هدف حفاظتی فراهم کند، با توجه به نوع گونه قابل تغییر و تعریف است. به‌عنوان مثال، اگر پرندگان جنگلی هدف حفاظتی باشند جنگل‌ها در حکم زیستگاه در مدل استفاده می‌شوند و پوشش‌های غیر جنگلی از تحلیل زیستگاه خارج می‌شوند. اصلی‌ترین سوال در این مرحله این است که کدام نوع طبقات کاربری اراضی باید به‌عنوان زیستگاه در نظر گرفته شود؟ اگر تنوع زیستی به‌طور کلی در نظر گرفته شود و یا اگر داده‌هایی در مورد روابط تنوع زیستی–زیستگاه وجود نداشته باشد می‌توان از یک رویکرد دوتایی ساده برای اختصاص زیستگاه به انواع طبقات کاربری استفاده کرد. یک مثال کلاسیک می‌تواند پیروی از یک مدل جزیرهٔ اقیانوس و فرض بر این نکته باشد که ماتریسی از زمین‌های مدیریت شده در اطراف قطعات باقی‌مانده از زمین‌های دست نخورده برای گونه‌ها غیر قابل استفاده است. در این حالت، به زمین‌های مدیریت شده انسانی در

ماتریس، ارزش صفر (یعنی غیر زیستگاه) اختصاص داده می‌شود و به زمین‌های طبیعی مدیریت نشده یعنی زیستگاه، ارزش یک اختصاص می‌یابد. در این روش مدل‌سازی، امتیاز مربوط به کیفیت زیستگاه تابعی از اهمیت نادر بودن یا مطلوبیت زیستگاه نیست و همهٔ انواع زیستگاه‌ها دارای ارزش مساوی هستند. فرض اصلی در این بخش بر این است که ورودی‌های مدل مختص هیچ گونهٔ خاص یا گونه‌های هم‌صنف نیست، بلکه به‌طور کلی و براساس تنوع زیستی منطقه استفاده می‌شوند. علاوه بر نقشهٔ کاربری زمین و داده‌هایی که طبقات را به تناسب زیستگاهی مرتبط می‌کند، این مدل همچنین به داده‌هایی در مورد تراکم تهدید زیستگاه و اثرات آن بر کیفیت زیستگاه (جدول ۱) نیاز دارد. برای به‌دست آوردن مقادیر جداول تهدید و حساسیت و همچنین تعیین تهدیدها و حساسیت‌های زیستگاه از برآیند نظرات ۱۰ نفر از اساتید دانشگاه و متخصصان حوزهٔ ارزیابی زیستگاه و تنوع زیستی استفاده شد.

جدول ۱- تهدید مدل کیفیت زیستگاه

منبع تهدید	حدکثر فاصله (کیلومتر)	وزن	نوع تابع کاهشی
مراکز روستایی	۱۵	۰/۸	خطی
جاده‌ها	۵	۰/۶	خطی
واحدهای دام‌داری	۳	۰/۴	خطی
اراضی کشاورزی	۲۵	۰/۵	خطی
حضور پلنگ	۳۰	۰/۷	خطی
حضور خرس	۵	۰/۲	خطی
خطوط انتقال نیرو	۱	۰/۱	خطی

به‌طور کلی، تهدیدها شامل طبقات کاربری متأثر از فعالیت‌های انسانی است که باعث از هم‌گسیختگی زیستگاه و تخریب در زیستگاه‌های مجاور می‌شود. به‌عنوان مثال، تبدیل یک طبقهٔ کاربری مناسب زیستگاهی به طبقهٔ نامناسب، اندازه و پیوستگی لکه‌های زیستگاهی مجاور را کاهش می‌دهد. اثرات حاشیه‌ای به تغییرات در شرایط زیستی و فیزیکی ایجاد شده در مرز لکه‌ها و لکه‌های مجاور اشاره دارد. برای مثال، مناطق غیر زیستگاهی تخریب شده در مجاورت لکه‌های زیستگاهی، اثرات حاشیه‌ای را بر زیستگاه تحمیل می‌کنند و می‌توانند اثرات منفی در زیستگاه داشته باشند. هر منبع تهدید باید به‌صورت یک نقشهٔ رستری ایجاد شود. مقدار و ارزش هر سلول در نقشهٔ تهدیدات شدت تهدید را در داخل سلول نشان می‌دهد (مثلاً طول جاده در سلول شبکه) و یا به‌صورت ساده‌تر، اگر سلول حاوی تهدید باشد عدد یک و در غیر این‌صورت ارزش صفر دریافت خواهد کرد. نقشهٔ تمام تهدیدات باید در مقیاس و اندازهٔ سلول یکسان باشد؛ برای مثال، اگر یک تهدید بر مبنای تراکم در هر سلول اندازه‌گیری شود، تمام منابع تهدید دیگر نیز باید در همین مبنا و الگو باشند. به‌عنوان مثال، کیلومتر و کیلومتر مربع یا اگر یک تهدید به‌صورت باینری حضور–عدم حضور در نقشه بیان شود، نقشهٔ همهٔ تهدیدهای دیگر نیز باید بر همین مبنا باشند (InVEST documentation, 2022).

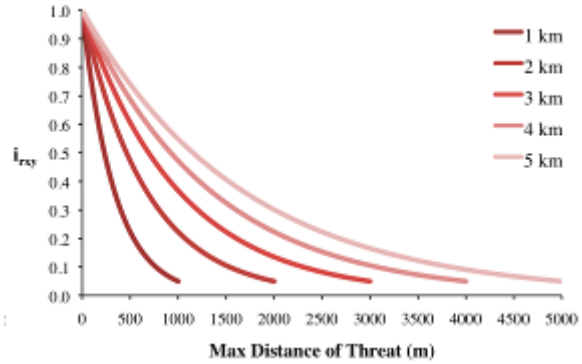
تأثیر تهدیدها در یک سلول بر زیستگاه براساس چهار عامل است:

اولین عامل تأثیر نسبی هر تهدید است. برخی از تهدیدها ممکن است تاثیر بیشتری بر زیستگاه داشته باشند. وزن اختصاص یافته به هر عامل تخریب (w_r)، نشان‌دهندهٔ مخرب بودن نسبی یک عامل تخریب برای همهٔ زیستگاه‌ها است. وزن عامل تخریب می تواند هر مقداری از ۰ تا ۱ داشته باشد. دومین عامل جبرانی، فاصلهٔ بین زیستگاه و منبع تهدید و تأثیر تهدید در کل منطقه است. به‌طور کلی، تأثیر یک تهدید روی زیستگاه با افزایش فاصله از منبع تخریب کاهش می‌یابد؛ به‌طوری که سلول‌هایی که به تهدیدات نزدیک‌تر هستند، تأثیرات بیشتری را تجربه خواهند کرد. تأثیر تهدید r که از سلول y شروع می‌شود، r_y بر سلول زیستگاه x، i_{ryx} به‌صورت زیر بیان می‌شود (InVEST documentation, 2022) :

$$i_{rxy} = 1 - \left(\frac{d_{xy}}{d_{r\,max}}\right) \text{ if linear}$$

$$i_{rxy} = \exp\left(-\left(\frac{2/99}{d_{r\,max}}\right)d_{xy}\right) \text{ if exponential}$$

در این رابطه، d_{xy}: فاصلهٔ خطی بین سلول x و y است و $d_{r\,max}$: حداکثر فاصلهٔ مؤثر تهدید r در منطقه است. شکل ۳ رابطهٔ بین نرخ کاهش فاصله‌ای برای یک تهدید را براساس حداکثر فاصلهٔ مؤثر تهدید (خطی و نمایی) نشان می‌دهد.



شکل ۳- مثالی از رابطهٔ بین نرخ کاهش فاصله‌ای یک تهدید و حداکثر فاصلهٔ مؤثر یک تهدید

سومین عامل در سیمای سرزمین که ممکن است تأثیر تهدیدات روی زیستگاه را کاهش دهد، سطح حفاظت قانونی/نهادی اجتماعی/فیزیکی در برابر اختلال در هر سلول است. $x\beta \in [0,1]$ سطح دسترسی را در سلول x شبکه نشان می‌دهد که در آن عدد ۱ نشان‌دهندهٔ دسترسی کامل است. با کاهش دسترسی، تأثیری که تهدیدها بر سلول شبکه خواهند داشت به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. اگر تهدیدات در نظر گرفته شده توسط ویژگی‌های حقوقی نهادی اجتماعی فیزیکی کاهش نمی‌یابد باید این ورودی را نادیده بگیرید و یا به‌عبارتی، $x\beta = 1$.

حساسیت نسبی هر نوع زیستگاه به هر تهدیدی که در سیمای سرزمین وجود دارد آخرین عاملی است که هنگام ایجاد تخریب کل در یک سلول مورد استفاده قرار می‌گیرد (جدول ۲). در مطالعهٔ Kareiva و همکاران (۲۰۱۱) معکوس حساسیت زیستگاه یعنی"مقاومت" استفاده می‌شود $S_{jr} \in [0,1]$ حساسیت طبقات کاربری زمین (نوع زیستگاه) به تهدید را نشان می‌دهد که در آن مقادیر نزدیک به ۱ نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر است. این مدل فرض می‌کند که هر چه نوع زیستگاه نسبت به یک تهدید حساس‌تر باشد، احتمال تخریب توسط تهدید در آن بیشتر می‌شود.

جدول ۲- حساسیت زیستگاه مدل کیفیت زیستگاه (فقط طبقات زیستگاهی امتیازدهی شدند)

کاربری زمین	مراکز روستایی	جاده‌ها	واحدهای دام‌داری	اراضی کشاورزی	حضور پلنگ	حضور خرس	خطوط انتقال نیرو
جنگل متراکم	۰/۶	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۸	۰/۲	۰/۱
جنگل نیمه متراکم	۰/۷	۰/۶	۰/۰۵	۰/۱	۰/۹	۰/۳	۰/۲

سطح کلی تهدید در سلول x یا نوع طبقهٔ کاربری j به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$D_{xj} = \sum_{i=1}^{R} \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^{R} w_r}\right) r_y \, i_{rxy} \beta_x S_{jr}$$

در این رابطه، y: نشان‌دهندهٔ تمام سلول‌های موجود در شبکهٔ رستری r است. باید توجه داشت که هر نقشهٔ تهدید می‌تواند دارای یک ارزش منحصر به‌فرد برای سلول موجود در تصویر داشته باشد. اگر $S_{jr} = 0$ باشد، بنابراین D_{xj} تابعی از تهدید r نیست. وزن های مربوط به تهدیدها نیز به گونه‌ای نرمال‌سازی شده‌اند که مجموع وزن‌های تهدید برابر با ۱ باشد. امتیاز مربوط به تخریب یک سلول شبکه با استفاده از یک تابع نیمه‌اشباع (که در آن کاربر باید مقدار نیمه‌اشباع را تعیین کند) به امتیاز کیفیت زیستگاه تبدیل می‌شود. با افزایش امتیاز تخریب سلول، کیفیت زیستگاه آن کاهش می‌یابد. کیفیت زیستگاه x که در طبقهٔ کاربری j قرار دارد به‌صورت Q_{xj} تعریف می‌شود (InVEST documentation, 2022):

$$Q_{xj} = H_j\left(1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z}\right)\right)$$

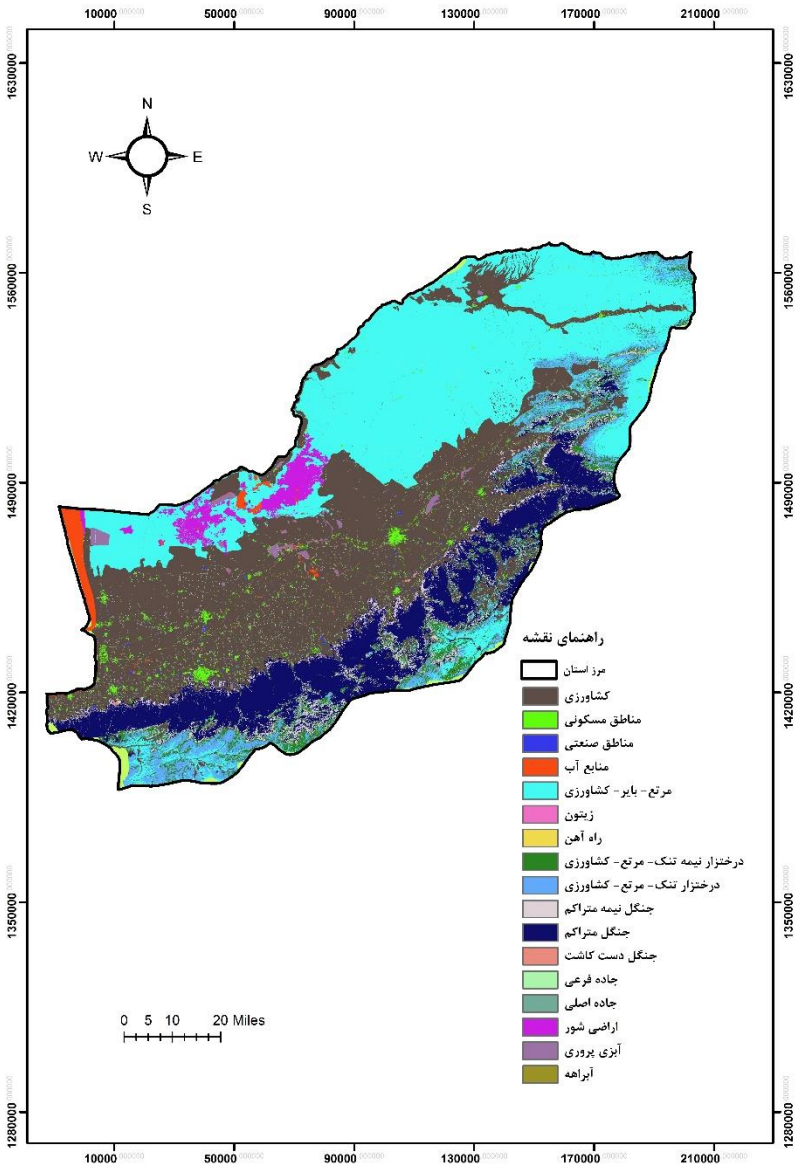
تحقیقات جدیدتر نشان می‌دهد که زمین مدیریت شده که بخش‌هایی از زمین‌های مدیریت نشده را احاطه می‌کند می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر انزوای مؤثر لکه‌های زیستگاهی تأثیرگذار بوده و نسبت به حالتی که فاصلهٔ مستقیم و ساده بین زیستگاه‌ها وجود دارد باعث تأثیر کمتر و یا بیشتر بر این انزوا شود. اصلاح و تغییر ماتریس ممکن است فرصت‌هایی را برای کاهش جداسازی لکه‌ها

و در نتیجه خطر انقراض جمعیت‌ها در سیمای سرزمین از هم‌گسیخته فراهم کند. برای مدل‌سازی در این رویکرد، یک امتیاز نسبی مربوط به تناسب زیستگاهی از صفر تا ۱ به هر طبقهٔ کاربری زمین اختصاص داده می‌شود که در آن ۱ نشان دهندهٔ بالاترین تناسب زیستگاه است. امتیاز کمتر از ۱ زیستگاهی را نشان می‌دهد که در آن یک گونه یا گروه‌های کارکردی احتمال بقای کمتری دارند. استفاده از این رویکرد دوم، تعریف زیستگاه را از رویکرد دوتایی ساده و اغلب مصنوعی (به‌عنوان مثال، "طبیعی" در مقابل "غیر طبیعی") تا حد زیادی گسترش می‌دهد تا طیف گسترده‌ای از انواع طبقات کاربری زمین مدیریت شده و مدیریت نشده را شامل شود. با استفاده از سیستم امتیازدهی پیوسته برای طبقات مختلف کاربری می‌توان دیدی جامع نسبت به اهمیت مدیریت کاربری زمین بر کیفیت زیستگاه داشت. در صورت استفاده از رویکرد پیوسته برای امتیازدهی تناسب زیستگاه، وزن‌های مربوط به هر طبقهٔ کاربری زمین در منطقه باید در ارتباط با گونه‌های خاصی اعمال شود. به‌عنوان مثال، پرندگان آوازخوان علف‌زار ممکن است یک زیستگاه دشتی را بر سایر انواع زیستگاه ترجیح دهند (نمرهٔ زیستگاه برای دشت برابر ۱ خواهد بود). اما در صورت در دسترس نبودن دشت، از سایر طبقات متناسب با دشت نیز استفاده خواهد کرد (البته با کاهش امتیاز تناسب). با این حال، برای پستان‌دارانی مانند جوجه تیغی، دشت‌زار برای رشد و تغذیه نامناسب است (Ricketts, 2001; Prugh *et al*., 2008).

داده‌های موردنیاز: مدل کیفیت زیستگاه به داده‌های اساسی نیاز دارد که تقریباً در تمام دنیا در دسترس است. این مدل از دو نوع دادهٔ ورودی استفاده می‌کند که یک مورد از آن‌ها اجباری و دیگری اختیاری است. نقشهٔ کاربری/پوشش اراضی مربوط به زمان فعلی یکی از داده‌های اجباری در مدل کیفیت زیستگاه InVEST است که یک دادهٔ رستری با کدهای عددی برای هر سلول است به‌طوری‌که هر کدام از کاربری‌ها در این تصویر یک کد منحصر به‌فرد دارند که با آن مشخص می‌شوند (شکل ۴).

همچنین سایر داده‌های مورد نیاز مدل عبارتند از:

نقشهٔ کاربری/پوشش اراضی مربوط به آینده (اختیاری)، نقشهٔ کاربری/پوشش اراضی مربوط به مبدأ زمانی (اختیاری)، اطلاعات مربوط به تهدیدها: جدولی شامل تمامی تهدیدات موجود برای گونهٔ مورد مطالعه است (اجباری) (جدول ۱)، منابع تهدیدها: که یک فایل GIS رستری از میزان پراکنش و شدت هر یک از تهدیدات است. تعداد این نقشه‌ها به تعداد تمامی تهدیدات موجود برای یک زیستگاه است (اجباری)، میزان دسترسی به منبع تخریب‌کننده: یک تصویر یا نقشهٔ پلیگونی GIS است که شامل داده‌های مربوط به سطح نسبی حفاظت قانونی/سازمانی/اجتماعی/فیزیکی در برابر تهدیدات است (اختیاری)، انواع زیستگاه‌ها و میزان حساسیت هر زیستگاه به هر تهدید: جدول شامل انواع کاربری/پوشش اراضی، چه به‌عنوان زیستگاه در نظر گرفته می‌شوند و چه آن‌هایی که به‌عنوان زیستگاه در نظر گرفته نمی‌شوند و میزان حساسیت هر یک از آن‌ها به هر تهدید باید تهیه شود (اجباری) (جدول ۲)، ثابت نیمه‌اشباع: این مقدار پارامتر K را در رابطه‌های این بخش نشان می‌دهد. به‌طور پیش‌فرض روی ۰/۵تنظیم شده است اما می‌توان آن را برابر با هر عدد مثبت استفاده کرد (اجباری) (InVEST documentation, 2022).



شکل ٤- نقشهٔ کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

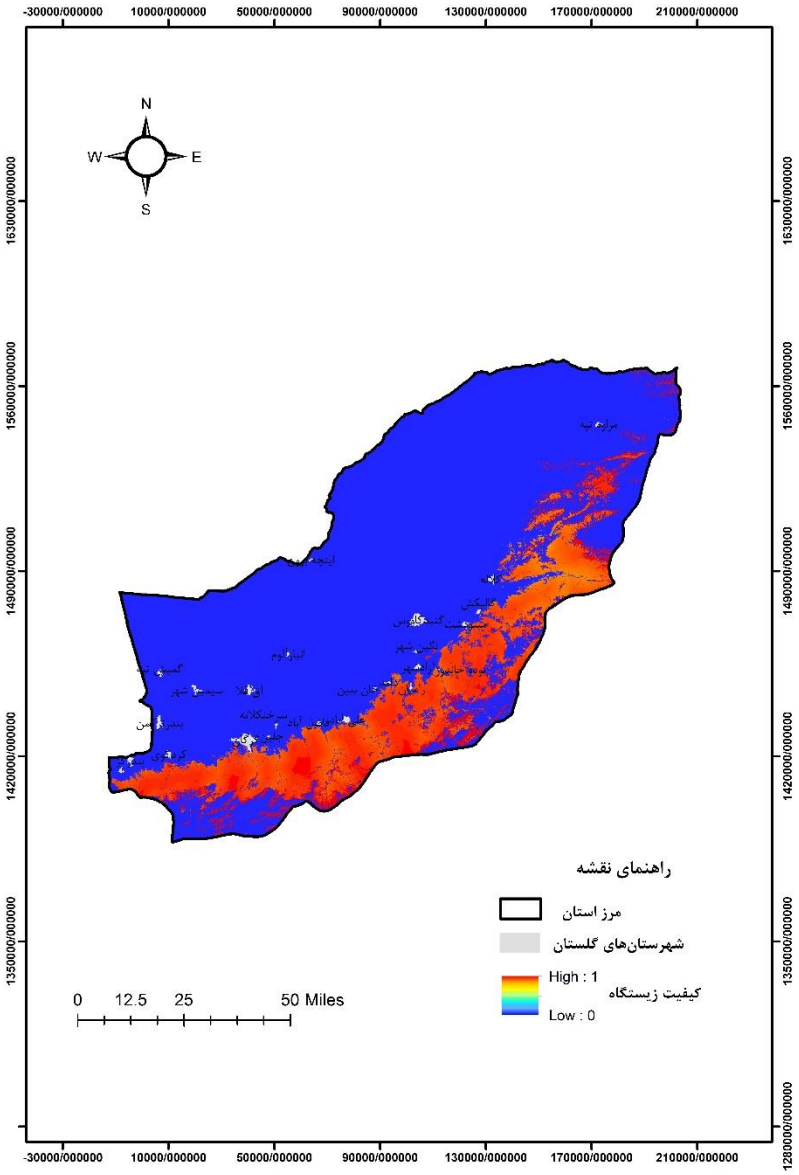
یافته‌های پژوهش

بخش مدل‌سازی کیفیت زیستگاه: در نقشهٔ وضعیت کنونی کیفیت زیستگاه مرال *Cervus elaphus maral* استان گلستان ارزش‌های کیفیت زیستگاه در دامنهٔ صفر (کیفیت بسیار پایین) تا یک (کیفیت بسیار بالا) است که در قسمت‌های شرق تا جنوب غربی منطقهٔ مورد مطالعه بیشترین میزان و به مرور در قسمت‌های شمال و مرکزی کاهش یافته است (شکل ۵).

به‌منظور ارزیابی کمی تغییرات بازه صفر تا یک مربوط به کیفیت زیستگاه به پنج طبقهٔ مساوی تقسیم شد. به شکلی که بازهٔ صفر تا ۰/۲ به‌عنوان کیفیت خیلی پایین، ۰/۲ تا ۰/۴ کیفیت پایین، ۰/۴ تا ۰/۶ کیفیت متوسط، ۰/۶ تا ۰/۸ کیفیت خوب و ۰/۸ تا ۱کیفیت خیلی خوب زیستگاه در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این بخش نشان داد که حدود ۲۰/۳۹ درصد از منطقه به‌عنوان زیستگاه مطلوب تلقی می‌شود (جدول ۳). همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین کیفیت زیستگاه در داخل و اطراف شهرستان های کردکوی، گرگان، علی‌آباد، رامیان، آزاد شهر و مینودشت است. به‌نظر می‌رسد تمرکز مراکز جمعیتی روستایی در قسمت‌های مرکزی استان باعث کاهش کیفیت زیستگاه برای گونهٔ مرال شده است. پایین بودن میزان کیفیت زیستگاه در حقیقت به‌دلیل وجود طبقاتی از کاربری و پوشش اراضی است که دارای مطلوبیت زیستگاهی کمی برای گونهٔ *Cervus elaphus maral* است. در قسمت جنوب غربی استان علی‌رغم حضور گونه‌های خرس و پلنگ که شکارچی‌های اصلی گونهٔ مرال به‌شمار می‌روند، به‌دلیل

تراکم بالای جنگل که زیستگاه اصلی این گونه است، کیفیت قابل قبولی نشان داده شده‌است. به‌طور کلی نتایج حاکی از تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه برای گونهٔ مورد مطالعه است. ۷۴/۰۴ درصد مساحت منطقه برای زیستن مرال کیفیت فوق‌العاده پایین دارند، بدین‌معنی که تاب‌آوری، دوام تنوع زیستی و زمینه و عمق آن نقصان می‌یابد.

بخش مدل‌سازی از هم گسیختگی زیستگاه: این خروجی وسعت نسبی و میزان تخریب شوندگی انواع مختلف زیستگاه‌ها را در یک منطقه نشان می‌دهد که می‌تواند برای ساخت یک ارزیابی اولیه از نیازهای حفاظت مفید باشد (Terrado *et al*., 2016) (شکل ۶).



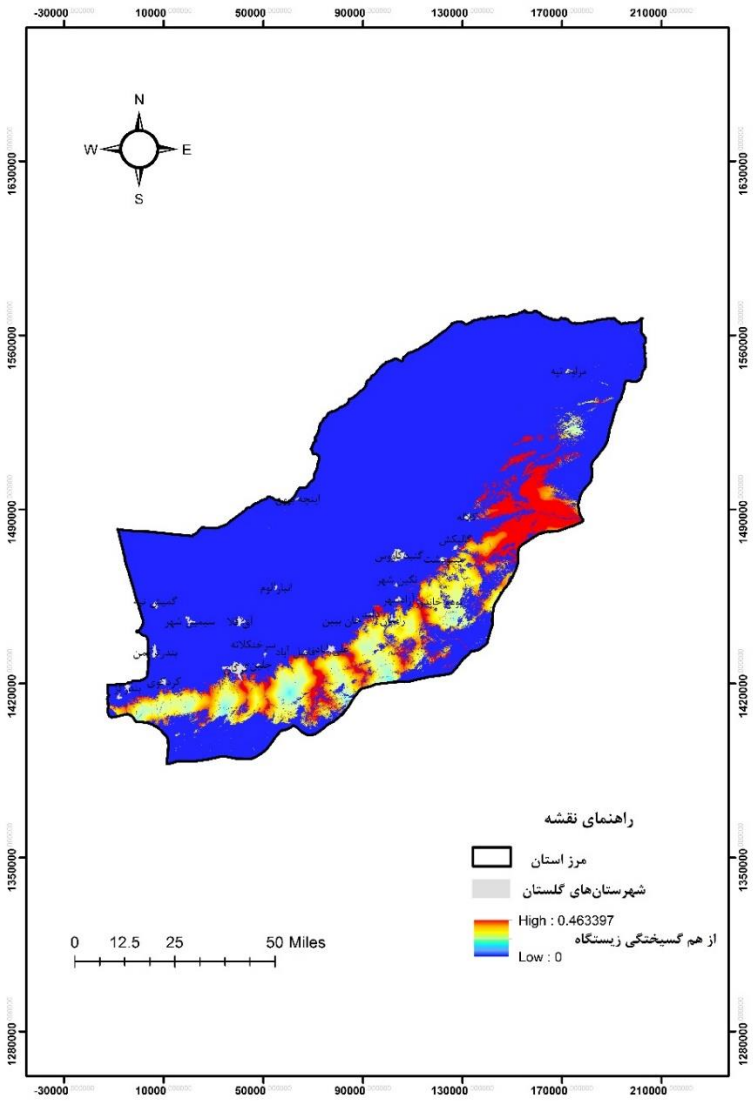
شکل ۵- نقشهٔ کیفیت زیستگاه گونهٔ مرال

از هم‌گسیختگی و تخریب زیستگاه‌ها، علاوه بر کاهش سطح مؤثر زیستگاه‌ها بر وضعیت ارتباطی درون و بین زیستگاه‌ها اثر گذاشته و از این طریق، تهدیدات جدی در سراسر جهان برای تنوع زیستی ایجاد کرده است. طبقه‌بندی نقشهٔ از هم‌گسیختگی به‌شیوهٔ نقشه کیفیت انجام شد. به شکلی که بازهٔ صفر تا ۰/۲ به‌عنوان خیلی کم، ۰/۲ تا ۰/۴ تخریب کم، ۰/۴ تا ۰/۶ تخریب متوسط، ۰/۶ تا ۰/۸ تخریب زیاد و ۰/۸ تا ۱ تخریب خیلی زیاد زیستگاه در نظر گرفته شد. حدود ۹۱/۹۲ درصد از محدوده با تخریب خیلی کم بوده و حدود ۸ درصد تخریب کم است و حدود ۰/۱۲ درصد با تخریب متوسط قرار دارد (جدول ۴). قطعات

سرزمینی که باید در برنامه‌ریزی حفاظت و مدیریت سرزمین برای تنوع زیستی مد نظر قرار گیرند، هم به لحاظ کمی و هم از نظر توزیع فضایی قابل استنتاج هستند.

جدول ۳- درصد مساحت طبقات نقشهٔ کیفیت زیستگاه

طبقه	مساحت درصد
۱	۷۸/۹۹
۲	۰
۳	۰/۰۳
۴	۲/۱۵
۵	۱۸/۸۱



شکل ٦- نقشهٔ از هم گسیختگی زیستگاه گونه مرال

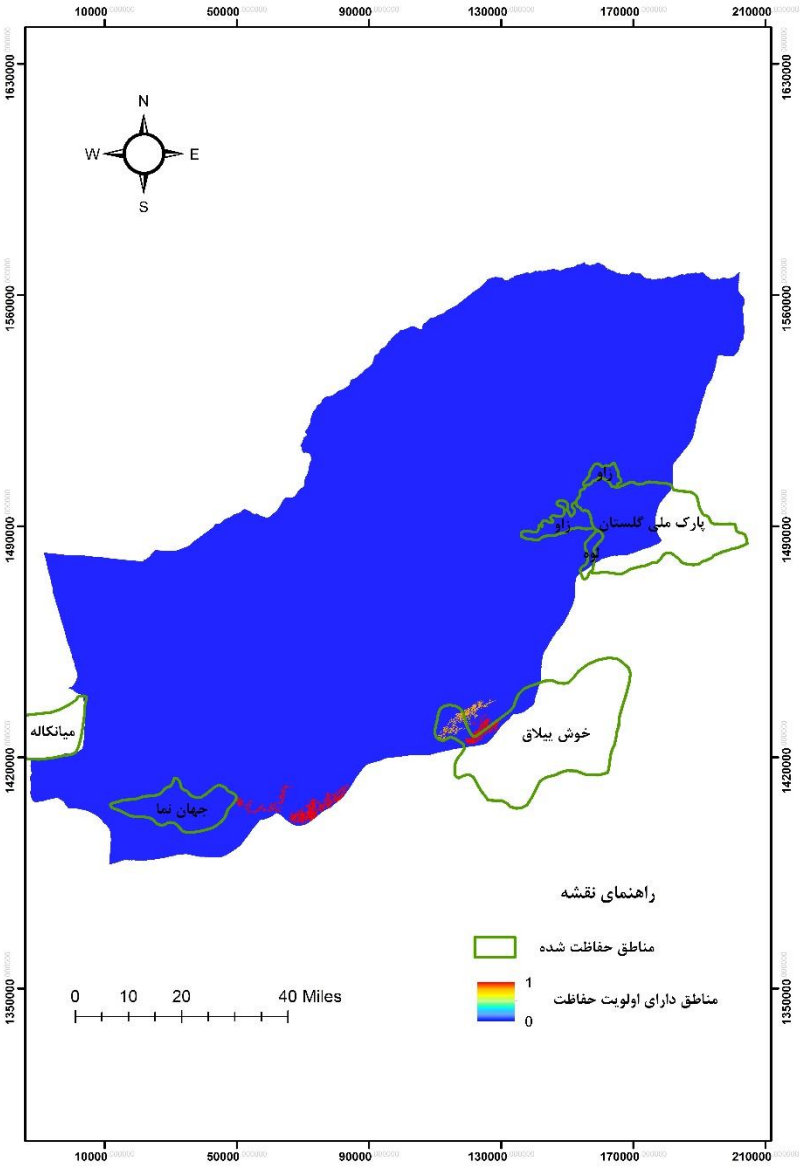
براساس نتایج جدول ۴ هیچکدام از پیکسل‌ها در نقشهٔ از هم‌گسیختگی زیستگاه در طبقات ۴ و ۵ قرار نگرفته‌اند و به‌طور کلی پتاسیل تخریب در این طبقات صفر بوده است. در واقع نقشهٔ از هم‌گسیختگی، سطح نسبی تخریب‌شوندگی زیستگاه برای منطقه در زمان حال می‌باشد. امتیاز بالا برای یک پیکسل شبکه به معنی تخریب‌شوندگی بیشتر آن زیستگاه نسبت به سایر زیستگاه‌ها می‌باشد. پیکسل شبکه‌هایی که مربوط به یک پوشش غیرزیستگاهی می‌باشند، امتیاز تخریب‌شوندگی صفر را به‌خود اختصاص

می‌دهند. نتایج حاصل از تغییر عدد اشباع از ۰/۵ به ۱ نیز بیانگر همین موضوع بود و هیچکدام از پیکسل‌های نقشهٔ از هم‌گسیختگی زیستگاه در طبقات ۴ و ۵ جای نگرفتند.

جدول ٤- درصد مساحت طبقات نقشه از هم گسیختگی زیستگاه

طبقه	درصد مساحت
۱	۹۱/۹۲
۲	۷/۹۵
۳	۰/۱۲
۴	۰
۵	۰

تعیین نقاع داغ زیستگاهی برای گونهٔ مرال: قسمت‌هایی از نقشهٔ کیفیت زیستگاه مرال با بالاترین مقادیر عددی به‌عنوان مناطق دارای اولویت برای حفاظت استخراج شد (شکل ۷). همپوشانی این لکه‌ها با مناطق ۴ گانهٔ محیط‌زیست در سطح استان نمایش داده شده است.



شکل ۷- روی هم گذاری لکه های دارای اولویت حفاظت و مناطق ٤ گانهٔ محیط‌زیست

نتایج حاکی از آن است که علاوه بر مناطق حفاظت‌شده تحت عنوان مناطق چهارگانهٔ محیط‌زیست لکه‌هایی از کیفیت بالای زیستگاه گونهٔ مرال در استان وجود دارد که نیازمند حفاظت و برنامه‌ریزی حفاظتی است. از نظر مکانی این لکه‌ها در جوار جهان‌نما و تا حدودی در همپوشانی با خوش ییلاق هستند. همچنین نتایج حاصل از برآورد مقدار کیفیت زیستگاه طبقه‌بندی شده در هریک از مناطق حفاظت شده به شرح زیر حاصل شد (جدول ۵):

جدول ۵- درصد مساحت طبقات نقشهٔ کیفیت زیستگاه در مناطق حفاظت‌شده

طبقهٔ نقشهٔ کیفیت زیستگاه / منطقهٔ حفاظت‌شده	درصد کیفیت زیستگاه در طبقهٔ ۱	درصد کیفیت زیستگاه در طبقهٔ ۲	درصد کیفیت زیستگاه در طبقهٔ ۳	درصد کیفیت زیستگاه در طبقهٔ ۴	درصد کیفیت زیستگاه در طبقهٔ ۵
لوه	۱۶	۰	۱	۷۳	۱۰
زاو	۲۵	۰	۰	۴۴	۲۱
جهان‌نما	۵۲	۰	۰	۰	۴۸
پارک ملی گلستان	۲۲	۰	۱	۳۱	۴۷
خوش ییلاق	۵۱	۰	۰	۰	۴۹

نتایج نشان می‌دهد ۴۹ درصد از خوش ییلاق، ۳۷ درصد از پارک ملی گلستان، ۳۸ درصد از جهان نما، ۲۱ درصد از زاو و ۱۰ درصد از لوه دارای کیفیت بسیار خوب برای زیستن مرال است.

بحث

کاربری اراضی به‌عنوان شاخص تناسب زیستگاه در این مطالعه در نظر گرفته شد. بزرگترین تهدید برای تنوع زیستی، تخریب زیستگاه است. افزایش فشار انسانی بر روی زیستگاه‌های طبیعی بر پویایی کاربری اراضی تأثیر می‌گذارد. این یک عامل خطر مهم برای کیفیت زیستگاه است (Aneseyee *et al*., 2020). کیفیت زیستگاه به توانایی محیط‌زیست محیطی برای فراهم کردن شرایط مناسب برای بقا و توسعهٔ پایدار افراد، جمعیت‌ها و یا جوامع اشاره دارد. این بازتاب مهمی از تنوع زیستی است و سطح توانایی آن به فراوانی منابع طبیعی فراهم شده برای بقا، تولیدمثل و توسعهٔ موجودات بستگی دارد (Liu *et al*., 2022). فعالیت‌های انسانی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار استفاده از فضا توسط مرال است (Jiang *et al*., 2009). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که اراضی کشاورزی زیستگاه مطلوبی برای گونهٔ مرال نیستند به‌طوری‌که بالاترین میزان کیفیت زیستگاه در اراضی کشاورزی از ۰ تا ۱، مقدار ۰/۳۸ برآورد شد که به‌عنوان کیفیت پایین در نظر گرفته می‌شود. این یافته با نتایج حاصل از مطالعهٔ Varasteh Moradi و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر بررسی مدل اشغال گونهٔ مرال در جنگل‌های هیرکانی مطابقت دارد. در این مطالعه فاصله از زمین‌های کشاورزی رابطهٔ مثبتی با میزان اشغال دارد به‌عبارت دیگر، با افزایش فاصله از زمین‌های کشاورزی میزان اشغال افزایش می‌یابد یعنی گونهٔ مرال مناطقی که فاصلهٔ زیادی از زمین‌های کشاورزی دارد را انتخاب نموده و تمایلی به اشغال زمین‌های کشاورزی ندارد (Parvian *et al*., 2013). مطابق نقشهٔ کیفیت زیستگاه می‌توان بیان کرد که نوار سبز و غنی از پوشش گیاهی استان به‌خوبی نشان‌دهندهٔ مطلوبیت بالا برای گونهٔ مرال است که با مطالعهٔ Madadi و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر اینکه مطلوبیت زیستگاه مرال با افزایش تراکم پوشش گیاهی به‌طور چشم‌گیری افزایش پیدا می‌کند و زیستگاه‌های دارای پوشش گیاهی بیشتر از مطلوبیت بیشتری برخوردار هستند، مطابقت دارد. همچنین، نتایج مدل‌سازی پراکنش گونهٔ مرال توسط Salmanpour و همکاران (۲۰۲۲) در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی نشان داد پوشش گیاهی متراکم و مرتفع به‌طور معنی‌داری در حفظ میزان مطلوبیت زیستگاهی نقش دارد.

در این میان، کاهش کیفیت زیستگاه در اراضی کشاورزی با مطالعهٔ Wu و همکاران (۲۰۱۶) و Thapaliya (۲۰۰۸) مبنی بر افزایش مطلوبیت زیستگاه با فاصله از اراضی کشاورزی، هم‌سو است. در رابطه با کیفیت زیستگاه در پارک ملی گلستان، نتایج تا حدودی با نتایج مطالعه Madadi و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر افزایش مطلوبیت زیستگاه در بخش مرکزی و غربی پارک ملی گلستان همسو است. از طرفی، نتایج نشان داد که میانگین کیفیت زیستگاه در پیکسل‌هایی با وجود واحدهای دامداری، ۰/۲ است که نمایندهٔ کیفیت بسیار پایین برای گونهٔ مرال است. با توجه به حضور دامداران در حاشیهٔ روستاها، وجود سگ‌های گله و همچنین مجوز دور کردن حیوانات در اراضی کشاورزی که درخصوص گراز صادر می‌شود می‌توان گفت که مرال در نزدیکی به اراضی حاشیهٔ روستاها بسیار محتاطانه عمل می‌کند (Madadi *et al*., 2019). مطابق نتایج علی‌رغم سطوح قابل توجه با تناسب بالا در مناطق حفاظت‌شده برای زیست مرال، می‌توان بیان کرد سیستم‌های حفاظتی موجود، کارایی خوبی در حمایت از گستره‌های مطلوب برای گونهٔ مرال را ندارند که می‌تواند اصلاح شود (Khosrarvi *et al*., 2022).

نتیجه‌گیری

زیستگاه، فضایی است که در آن، جانوران با حرکت کردن نیازهای اساسی خود را تأمین می‌کنند. بنابراین زیستگاه مناسب، مکانی است که ساختار عوامل تشکیل‌دهندهٔ آن پاسخگوی نیازهای حیاتی آن باشد. به‌عبارت دیگر، عوامل زیستگاه باید برای تأمین نیازهای جانور متناسب و نسبت به جابجایی آن نفوذپذیر باشد. با تهیهٔ نقشهٔ پوشش و کاربری اراضی و بررسی نیازهای زیستگاهی حیات وحش می‌توان به اهمیت زیستگاهی یک منطقه برای گونه‌ها پی برد (Parvian, 2013). این مطالعه، توانایی به نسبت بالای مدل InVEST را در مدل‌سازی کیفیت زیستگاه، به‌دلیل تطابق بالا با نتایج سایر مطالعات در این زمینه، با تکیه بر نقشهٔ کاربری و پوشش اراضی و بدون نیاز به نقاط حضور گونه، در سطح منطقهٔ مورد مطالعه نشان داد. بنابراین، استفاده از این مدل در مناطق وسیع دارای مطلوبیت بالای زیستگاهی که به‌دلایل مختلف اطلاعاتی از حضور گونه در آن مکان‌ها وجود ندارد، مفید است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تغییرات کاربری اراضی نقش اساسی در زیستگاه گونهٔ مرال ایفا می‌کند به‌طوری‌که این گونه از نزدیک شدن به مناطق شهری، صنعتی و روستایی دوری می‌کند و هرچه فاصلهٔ این گونه تا مراکز توسعه بیشتر باشد کیفیت زیستگاه افزایش می‌یابد. در صورت وجود نیازهای زیستگاهی اصلی این گونه نظیر منابع آبی، زیستگاه پتانسیل بالقوه برای حضور گونهٔ مرال را دارد. همچنین، نتایج نشان داد که با گسترش اراضی کشاورزی از وسعت زیستگاه‌های مطلوب برای گونه کاسته می‌شود.

با توجه به نتایج حاصل، لکه‌هایی با کیفیت زیستگاهی بالا برای گونهٔ مرال برآورد شد که جزء مناطق حفاظت شده نیستند. پیشنهاد می‌شود پس از بررسی این مناطق و پایش شرایط فعلی آن‌ها، برنامه‌ریزی‌هایی در جهت حفاظت و پایداری منطقه در نظر گرفته شود. چرا که این مناطق نیز مانند سایر زیستگاه‌های مرال در معرض تهدید قرار می‌گیرند. بنابراین افزایش مساحت شبکهٔ حفاظتی کشور به‌صورت هدفمند با کمترین هزینه‌های جاری، مهمترین راهبرد به‌شمار می‌رود. بدین‌ترتیب نتایج پژوهش حاضر با شناسایی مناطق داغ با کیفیت بالای زیستگاهی و نیز تعیین مهم‌ترین عرصه‌های نیازمند حفاظت بیشتر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی لحاظ شود. از طرف دیگر، مرال گونهٔ وابسته به پوشش گیاهی است. گسترش بیش از حد شهرها و روستاها و پیش‌روی ویلاسازی نابودی زیستگاه این گونه را به‌دنبال خواهد داشت. دامداری نیز به‌خودی خود نقش زیادی در کاهش وسعت زیستگاه‌های مطلوب گونهٔ مرال ایفا می‌کند. بهتر است راهبردهای مدیریتی در خصوص تأسیس واحدهای دامداری، توسعهٔ شهری و روستایی، تبدیل اراضی جنگلی، توسعهٔ کشاورزی با تدابیر از پیش تعیین شده‌ای در راستای حفظ زیستگاه مرال در نظر گرفته شود. همچنین همان‌طور که در مطالعات مختلف از جمله مطالعهٔ Pereira و همکاران (۲۰۲۱) این موضوع لحاظ شده است، پیشنهاد می‌شود سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی در مدل‌سازی کیفیت زیستگاه مد نظر قرار گیرد تا برنامه‌های مناسب‌تری در امر حفاظت طرح‌ریزی گردد.

References

Asadolahi, Z., Salmanmahiny, A.R., 2017. Assessing the impact of land use change on ecosystem services supply (carbon storage and sequestration). Environmental Researches 8(15), 203-214.

Baniaghil, A.S., Rahemi, A., Biabani, A., Faramarzi, H., 2016. Evaluation of suitable areas for soybean cultivation based on climatic indices in Golestan province. journal name 2(2), 19-32.

Berta Aneseyee, A., Noszczyk, T., Soromessa, T., Elias, E., 2020. The InVEST habitat quality model associated with land use/cover changes: A qualitative case study of the Winike Watershed in the Omo-Gibe Basin, Southwest Ethiopia. Remote Sensing 12(7), 1103.

Daneshi, A., Najafinejad, A., Panahi, M., Zarandian, A., 2020. Projecting Land Use Change Effects on Habitat Quality of Narmab Dam Basin in Golestan Province. Degradation and Rehabilitation of Natural Land 1(1) , 120-131.

Department of Environment, no date, Strengths and opportunities of the environment of Golestan province,https://golestan.doe.ir/portal/home/?1019635/%D8%B5%D9%81%D8%AD%D9%87. 2023

Erfani, M., Jahanishakib, F., Ardakani, T., 2023. Habitat Quality Assessment Using InVEST Model and its Valuation Through Cost Compensation Method in Kerman Province. Iranian Journal of Applied Ecology 12 (2),11-23

Hall, L.S., Krausman, P.R. and Morrison, M.L., 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. Wildlife Society Bulletin 25(1), 173-182.

Hoseini, S. M., Riazi, B., shams esfand abad, B., Naderi, M., 2017. Habitat desirabllity Evaluation of Capra aegagrus in golestan. Journal of Animal Environment 9(2), 9-16.

InVEST documentation, Copyright 2022, The Natural Capital Project.

Jiang, G., Ma, J., Zhang, M., Stott, P., 2009. Multiple spatial-scale resource selection function models in relation to human disturbance for moose in northeastern China. Ecological Research 24, 423-440.

Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T.H., Daily, G.C., Polasky, S., 2011. Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services. Oxford University Press, Oxford.9. Nelson.

Khosravi, M., Chamani, A., Mirzaei, R., 2021. The impact of climate change on the effectiveness of the conservation network with respect to the Bovidae and Cervidae family in Iran. Journal of Natural Environment 74(2), 208-223.

Liu, Y., Han, M., Wang, M., Fan, C., Zhao, H., 2022. Habitat Quality Assessment in the Yellow River Delta Based on Remote Sensing and Scenario Analysis for Land Use/Land Cover. Sustainability 14(23), 15904.

Madadi, M., Varasteh Moradi, H., Karimi, A., 2019. Habitat evaluation and the most important factors affecting distribution of Red Deer (Cervus elaphus maral) in Golestan National Park. Journal of Animal Environment 11(1), 111-118.

Mehrkhou, S., Ramezani, M., Farshchi, P., Panahi, M., Monavari, S., 2023. Predicting Changes in the Supply of Ecosystem Services Related to Biodiversity Due to Land Use Changes in the Shafarood Watershed of Guilan Province. Journal of Environmental Science and Technology 25(7), 109-124.

Mirzaei, R., Esmaili-Sari, A., Hemami, MR., Rezaei, HR., 2015. Spatial Pattern Determination of Biodiversity Threats at Landscape Level (Case Study: Golestan Province). Iranian Journal of Applied Ecology 4 (11) :79-91.

Momenpour, M., Ghorbanzadeh Zafarani, SZ., Rasoli, H., 2022. Evaluation of the desirability of urban peripheral spaces for the development of agricultural economic activities(Case: Golestan Province). Space Economy & Rural Development 11(40), 143-164.

Nematollahi, S., Fakheran, S., Jafari, A., Raeisi, T., Pourmanafi. S., 2020. Landscape Planning for Conservation, Based on the InVEST Model of Habitat Quality and Ecological Impact Assessment of Road Network in Chaharmahal & Bakhtiari Province. Iranian Journal of Applied Ecology 8(4), 67-81.

Parviyan, N., 2013. Evaluation of the effects of land use changes and vegetation cover on Cervus elaphus Maral habitat (case study: Gorgan and Kordkoyi cities), master's thesis, Gorgan.

Pereira, P., Gomes, E., Inacio, M., Bogdzevič, K., Karnauskaite, D., Kalinauskas, M., 2021. Mapping and assessment of future land use change impacts on habitat quality in Lithuania. In EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-3267).

Prugh, L.R., Hodges, K.E., Sinclair, A.R., Brashares, J.S., 2008. Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. Proceedings of the National Academy of Sciences 105(52), 20770-20775.

Rezapoor Andabili, N., Mirsanjari, M.M., Zarandian, A., 2022. Evaluation of spatial correlation patterns of habitat service of Qara Gheshlagh wetland ecosystem. Journal of Environmental Science Studies 7(4), 5757-5769.

Ricketts, T.H., 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. The American Naturalist 158(1), 87-99.

Salmanpour, F., Ahmadzadeh, F., Sayyahnia, R., & Hasanzade Kiabi, B., 2022. The effect of climate change on the distribution of Caspian red deer (*Cervus elaphus maral*) in Central Alborz Protected Area. Environmental Sciences 20(4), 229-242.

Taghvaei, M., Bay, N., 2012. Assessing Impart Quantity of counties of Golestan province by Analytical Hierarchy Process. GeoRes 27(3), 1-20

Terrado, M., Sabater, S., Chaplin-Kramer, B., Mandle, L., Ziv, G., & Acuña, V., 2016. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. Science of The Total Environment 540, 63-70.

Thapaliya, K., 2008. Analysis of factors related to the distribution of Red deer (*Cervus elaphus* L.) in Hustai National Park, Mongolia. M.Sc. Thesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. 50 p.

Varasteh Moradi, H., Sadizadeh, T., Soofi, M., 2019. Occupancy Modeling of Red Deer in Hyrcanian Forests (case Study: Golestan National Park). Environmental Researches 9(18), 189-200.

Wu, W.; Li, Y. And Hu, Y., 2016. Simulation of potential habitat overlap between red deer (Cervus elaphus) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in northeastern China. Peer 4, 1756-1777.

Xiang, Q., Kan, A., Yu, X., Liu, F., Huang, H., Li, W., Gao, R., 2023. Assessment of Topographic Effect on Habitat Quality in Mountainous Area Using InVEST Model. Land 12(1), 186.

Zarandian, A., Yavari, A., Jafari, H., Amirnejad, H., 2016. Modeling of Land Cover Change Impacts on Habitat Quality of a Forested Landscape in the Sarvelat and Javaherdasht. Environmental Researches 6(12), 183-194.

Zhu, S., Li, L., Slate, TJ., Tang, H., Wu, G., Guo, H., Li, D., 2023. The Change in Habitat Quality for the Yunnan Snub-Nosed Monkey from 1975 to 2022. Biology 12(6), 886.