مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

انتخاب زیستگاه و شناسایی مناطق بالقوه زادآوری مرال *Cervus elaphus maral* در استان مازندران

باقر نظامی بلوچی[1*]، محمدرضا رحمانی[1]، هانیه فقیهی[2]، بهمن شمس اسفندآباد[3]

۱- گروه تنوع‌زیستی و ایمنی‌زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران
۲- گروه ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، کرج، ایران
۳- گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

کلمات کلیدی:
بیشترین بی‌نظمی، تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی، مطلوبیت زیستگاه، منطقه حفاظت شده البرز مرکزی، استان مازندران زادآوری، حفاظت

چکیده

مقدمه: مرال بزرگترین گوزن بومی ایران است. با این‌که این گونه در گذشته‌های نه چندان دور از جمعیت و پراکندگی نسبتاً خوبی برخوردار بوده است، اما امروزه جمعیت آن کاهش قابل‌توجهی داشته و پراکندگی آن تنها به برخی محدوده‌های امن مناطق تحت حفاظت محدود می‌شود. از مهمترین عوامل مؤثر در کاهش جمعیت این گونه، تخریب و نابودی زیستگاه‌ها و شکار غیرمجاز گونه به واسطه فعالیت‌های انسانی است. لذا با استفاده از مدلسازی مطلوبیت زیستگاه به عنوان یک ابزار مؤثر در شناسایی، مدیریت و حفاظت از زیستگاه‌های باقی مانده، می‌توان مدیران را در حفاظت مؤثرتر از گونه یاری رساند.

مواد و روش‌ها: جنگل‌های هیرکانی یا جنگل‌های خزری ۱۵ درصد از کل جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهند و آخرین بازمانده از جنگل‌های پهن برگ معتدل در سطح جهان هستند. استان مازندران در شمال ایران که ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است، دربرگیرنده بخش قابل توجهی از این جنگل‌هاست. محدوده امن البرز مرکزی مهم‌ترین منطقه و امن‌ترین زیستگاه زادآوری مرال در استان مازندران است. در این پژوهش از روش بیشترین بی‌نظمی و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی و نقاط حضور بدست آمده از بازدیدهای میدانی در محدوده البرز مرکزی، به منظور شناسایی زیستگاه‌های مطلوب مرال و مناطق زادآور گونه در استان مازندران بهره برده شد. این مدل‌ها توسط تعدادی لایه محیط‌زیستی پیش‌بینی کننده و نقاط حضور گونه، راه‌اندازی می‌شوند و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغییرهای زیستی بیان می‌کنند.

نتایج: نتایج تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی نشان داد که محدوده امن البرز مرکزی مهمترین منطقه و امن‌ترین زیستگاه زادآوری مرال در مازندران است. نتایج روش تحلیل آشیان بوم شناختی با مقادیر ۱/۳ کنارگی و ویژه‌گرایی بالا (۵/۵) نشان دهنده مناطقی است که شیب و ارتفاع بالاتر از میانگین زیستگاه داشته و لذا تحمل‌پذیری کمی دارند. نتایج تحلیل بیشترین بی‌نظمی نشان داد یکی از اثرگذارترین پارامترها مؤثر در مطلوبیت زیستگاه مرال، متغیر فاصله از روستا است. براساس آزمون جکنایف، این متغییر مهمترین متغیر در انتخاب زیستگاه مرال است. با افزایش فاصله از روستا، مطلوبیت زیستگاه گونه

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: nezamibagher@gmail.com

به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد و سپس به دلیل نزدیک شدن به روستاهای دیگر و تراکم حضور انسان در منطقه، کاهشی است. با افزایش تراکم پوشش گیاهی ابتدا مطلوبیت زیستگاه افزایش یافته ولی در تراکم بالا مطلوبیت کاهش می‌یابد. نمودار منحنی پاسخ نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع مطلوبیت زیستگاه گونه نیز افزایش می‌یابد، چرا که در فصل زادآوری، گونه مرال به مناطق ارتفاعی با امنیت بیشتر وابسته است. در بین متغیرهای بوم شناختی، متغیر شیب کم اثرترین متغیر شناسایی شد.

بحث: گونه مرال در فصل زادآوری فقط در مناطق امن به ویژه در محدوده امن البرز مرکزی حضور داشته و در فصل غیرزادآوری در سطح بسیار وسیع‌تری پراکنده می‌شود. استان مازندران بالقوه یکی از نقاط داغ تنوع‌زیستی کشور است اما از آن‌جا که در حال حاضر محدوده امن البرز مرکزی از امنیت بالایی برخوردار است، مهمترین و پرجمعیت‌ترین زیستگاه زادآوری مرال در مازندران و یکی از دو محدوده اصلی زادآوری این گونه در کشور است. کمبود حفاظت از مناطق مطلوب مهمترین عامل در کاهش جمعیت مرال در استان است. یکی از مهمترین چالش‌های حفاظتی این گونه در استان تکه‌تکه بودن زیستگاه‌ها و پراکندگی آنها است. بسیاری از زیستگاه‌ها در مسیر جابجایی گونه احتمالا مطلوبیت زیستگاهی بالایی دارند، حال ممکن است که همین زیستگاه‌ها به دلیل ضعف در حفاظت، از نرخ بقا بسیار پائینی برای گونه برخوردار بوده، سینک‌های جمعیت‌های محلی یا تله‌های بوم‌شناختی باشند.

مقدمه

از بین رفتن زیستگاه پیامدهای منفی بر غنای گونه‌ای، فراوانی جمعیت‌ها و تنوع‌ژنتیکی دارد. بیشترین عامل تهدید تنوع‌زیستی، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه و تبدیل آن به زیستگاه‌های کوچک‌تر و منزوی است. تکه‌تکه‌شدگی مقدار بیشتری حاشیه را برای زیستگاه به وجود آورده، همچنین مرکز هر زیستگاه به حاشیه نزدیک‌تر خواهد شد (Haddad *et al.*, 2015; Ceballos *et al.*, 2015; Maxwell *et al.*, 2016). از طرف دیگر جابجایی گونه‌ها در بین زیستگاه‌های تکه‌تکه شده، باعث افزایش تلفات آنها می‌شود (Ripple *et al.*, 2015).

پستانداران بزرگ‌جثه به دلیل ویژگی‌های زیستی ذاتی، مانند اندازه بدن بزرگ، نیاز به محدوده بزرگ زیستگاهی و سرعت تولیدمثل کُند، در معرض تهدیدات مختلف انسانی قرار دارند که تأکید بر نیازمندی به حفاظت در سطح سیمای‌سرزمین دارد (Ripple *et al.*, 2014). این امر به‌ویژه در مورد گیاهخواران بزرگ که به شدت شکار می‌شوند بیشتر مصداق پیدا می‌کند. در نتیجه این امر، گوشتخواران بزرگ نیز که به شدت به منابع خود وابسته هستند، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Chapron *et al.*, 2014).

سمداران بزرگ خشکی‌زی اغلب به عنوان مهندسان اکوسیستم عمل می‌کنند و نقش بسیار مهمی در شکل دادن به ناهمگونی سیمای‌سرزمین ایفا می‌کنند (Ripple *et al.*, 2015). با این حال، بسیاری از زیرجمعیت‌های آن‌ها تحت تأثیر رشد جمعیت انسانی و در نتیجه شکار غیرقانونی و رقابت با دام قرار دارند (Ripple *et al.*, 2015; Di Marco *et al.*, 2014; Benitez Lopez *et al.*, 2017; Bleyhl *et al.*, 2019). اغلب گونه‌هایی که با جمعیت‌های کوچک در زیستگاه‌های تکه‌تکه پراکندگی دارند، این امر آن‌ها را آسیب‌پذیرتر می‌کند و از این رو توانایی آن‌ها را برای تداوم بقا در دراز مدت به چالش می‌کشد (Haddad *et al.*, 2015).

غالباً جمعیت‌های تکه‌تکه شده اندازه مؤثر کمی داشته و ذخیره ژنی آن‌ها با سرعت بیشتری از بین رفته و حفاظت و احیای آن‌ها نیز دشوارتر است (Nezami, 2020). از این رو شناسایی زیستگاه‌های مطلوب و حفظ یکپارچگی سرزمین اهمیت بالاتری پیدا می‌کنند (Fahring, 2003). به همین دلیل تعیین مطلوبیت زیستگاه تأثیر بسیار زیادی در بقاء و تولیدمثل افراد باقیمانده گونه‌ها دارد. همچنین در امر مدیریت و حفاظت حیات‌وحش، به عنوان یکی از ارکان اصلی، مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد (Farashi *et al.*, 2010; Shams-Esfandabad *et al.*, 2021).

سرعت نابودی جمعیت گوزن‌ها به دلیل روند توسعه فعالیت‌های انسانی در تمامی کشورهای دنیا روندی مستمر داشته و به همین دلیل جمعیت این گونه‌ها کاهش چشمگیری یافته است (Soofi, 2017). مرال یا گوزن قرمز خزری (*Cervus elaphus maral*) یکی از سه عضو خانواده گوزن‌ها و بزرگ‌جثه‌ترین زوج‌سم کشور محسوب می‌شود (Faghihi *et al.*, 2022.) که در مناطق کوهستانی البرز زیست دارد (Ziaie *et al.*, 2011) و امروزه در معرض خطر انقراض (En) فهرست سرخ آی. یو. سی. ان. قرار گرفته است (Soofi, 2017). در گذشته جمعیت‌های بزرگی از مرال در اغلب نواحی جنگلی سواحل دریای خزر، ارتفاعات البرز و زاگرس زیست می‌کرده‌اند (Shokri *et al.*, 2020). اما امروزه پراکندگی جمعیت اصلی مرال در ایران تنها محدود به دو لکه پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده البرز مرکزی بوده و سایر جمعیت‌ها به صورت پراکنده و با تعداد اندک هستند (Farahvash *et al.*, 2017). براساس سرشماری سال ۱۳۹۸ و مقایسه جمعیت مرال با سایر سم‌داران، به نظر می‌رسد که مرال در حال حاضر احتمالاً از کم‌جمعیت‌ترین زوج سمان ایران است (Nezami, 2020).

بررسی‌های جدید نشان می‌دهد که کل جمعیت مرال ایران اکنون به حدود ۸۰۰ فرد می‌رسد که نشان‌دهنده بیش از ۸۰ درصد کاهش در مدت چهار دهه اخیر است (Shokri *et al.*, 2020). به همین دلیل، اگرچه وضعیت جهانی آن در فهرست سرخ IUCN، کمترین نگرانی[1] ارزیابی شده، اما در ایران در خطر انقراض[2] است (Soofi, 2017).

دو عامل تهدید اصلی این گونه در کشور، تخریب زیستگاه و شکار غیرمجاز است که موجب شده‌اند این گونه در معرض تهدید جدی قرار بگیرد (Amoozadeh, 2002). از این رو اهمیت زیادی دارد که هر چه سریع‌تر برای وضعیت حفاظتی و جمعیت این گونه اقدامات جدی‌تری صورت گیرد. در استان مازندران تعدد و تراکم روستاها، چرای بی‌رویه دام‌ها، مهاجرت به شمال کشور و افزایش جمعیت در استان مازندران، منجر به تغییر کاربری اراضی شده که در نتیجه بر روی مطلوبیت زیستگاه گونه مرال اثر به‌سزایی داشته است (Rezvani & Hashemzadeh, 2013; Rezvani & Hashemzadeh, 2013).

براین اساس، لزوم بررسی مطلوبیت زیستگاه بزرگترین زوج‌سم ایران در شمال کشور در محدوده استان مازندران که یکی از جمعیت‌های اصلی این گونه در آن زیست دارد (Nezami, 2014). و لزوم بررسی زیستگاه‌های بالقوه به منظور شناسایی ارتباطات بین زیرجمعیت‌ها و محدوده زادآوری، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در راستای بهبود وضعیت حفاظتی آن، شناسایی عوامل بوم‌شناسی و پارامترهای زیست‌زمین‌اقلیمی و عوامل انسانی مؤثر در این انتخاب، در اولویت این مطالعه قرار گرفت تا در نهایت با نتایج به‌دست‌آمده به ارائه پیشنهادات و راهکارهایی جهت بهبود وضعیت حفاظتی و مدیریتی گونه مرال منجر شود. شناخت عوامل مؤثر بر انتخاب زیستگاه می‌تواند نقش مهمی برای توصیف توزیع گونه‌ها داشته باشد و این امکان را فراهم کند تا بتوان بین زیستگاه‌های مختلف از نظر کیفیت تفاوت قائل شد (Franklin, 2010).

مواد و روش‌ها

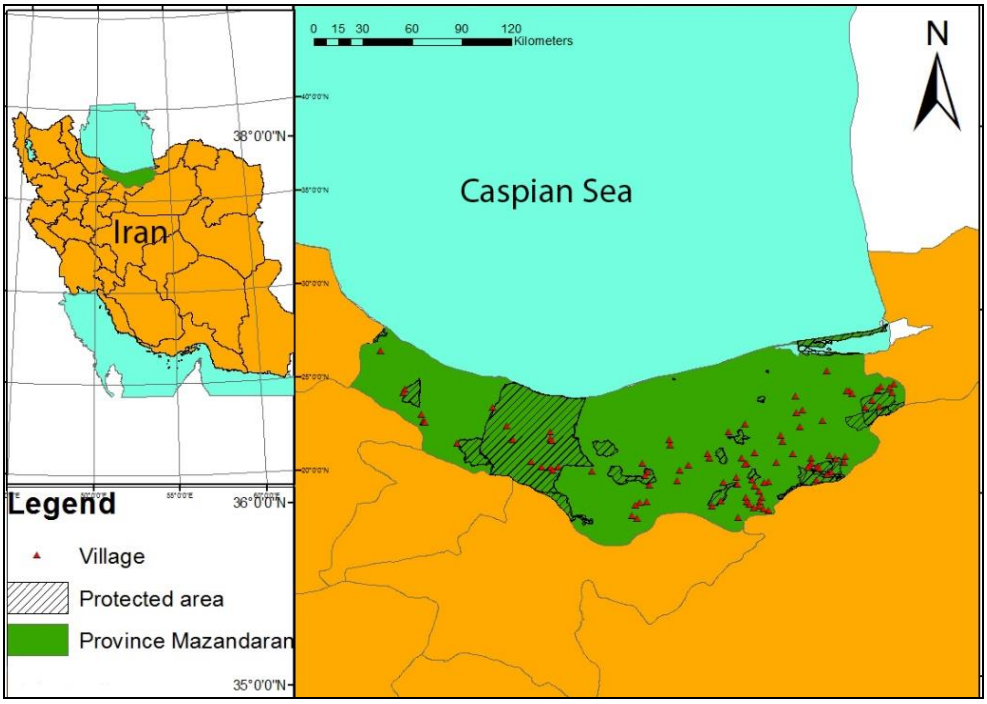
منطقه مورد مطالعه: جنگل‌های هیرکانی که جنگل خزری نیز نامیده می‌شود، ۱۵ درصد از کل جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهد و آخرین بازمانده از جنگل‌های پهن برگ اولیه معتدل در سطح جهان هستند (Sagheb-Talebi *et al.*, 2014). این جنگل‌ها قسمت جنوب شرقی کانون تنوع‌زیستی قفقاز را می‌پوشانند و دارای اهمیت زیست‌جغرافیایی و حفاظتی هستند (Breitenmoser *et al.*, 2017). این جنگل‌ها کمان سبزی هستند که در حاشیه خط ساحلی جنوبی دریای خزر قرار دارند و از کوه‌های تالش در آذربایجان به سمت شرق در دامنه‌های شمالی سلسله کوه البرز تا پارک ملی گلستان در ایران کشیده شده‌اند (Akhani *et al.*, 2010). محدوده‌ای با تقریباً ۸۰۰ کیلومتر طول و ۱۱۰ کیلومتر عرض که ۱۸۵۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهند و ارتفاع آن از ۲۸- تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا متغیر است. میانگین دمای گرم‌ترین و سردترین ماه‌ها به ترتیب بین ۲۸ - ۳۵ درجه سانتیگراد تا ۱/۵ - ۴ متغیر است (Sagheb-talebi *et al.*, 2014). این منطقه طیف وسیعی از اکوسیستم‌ها از جلگه‌ای، هیرکانی متراکم تا کوهستانی مرتفع را دربر

[1] Least concern (LC)
[2] Endanged (En)

می‌گیرد که زیستگاه گونه‌های با ارزشی مانند پلنگ (*Panthera pardus*) ، خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*)، مرال، شوکا (*Capreolus capreolus*) گرگ خاکستری (*Canis lupus*) ، کل و بز (*Capra aegagrus*) و گراز (*Sus scrofa*) است (Salmanpour *et al.*, 2021; Salmanpour *et al.*, 2023).

استان مازندران در شمال ایران با موقعیت نسبی ۳۵ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهارگرینویچ واقع شده است (شکل۱). استان مازندران با مساحت ۲۳۷۵۶ کیلومترمربع وسعت، ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است (Hakimdost *et al.*, 2017). جمعیت استان مازندران ۳,۲۸۳,۵۸۲ نفر بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ گزارش شده است (Statistical Center of Iran, 2017). آب و هوای این استان با توجه به وجود دریا، جنگل و کوهستان به نواحی معتدل مرطوب جلگه‌ای، معتدل کوهپایه‌ای و سرد کوهستانی (در ارتفاعات بالای ۲۲۰۰ متر) دسته‌بندی می‌شود به طوری که کمترین ارتفاع در سطح استان ترازهای زیر صفر متر را شامل شده و بیشترین ارتفاع مربوط به قله دماوند با ارتفاعی معادل ۵۶۷۰ متر است (Madadi *et al.*, 2020).

البرز مرکزی شمالی با وسعت حدود ۲۰۰ هزار هکتار واقع در استان مازندران، به دلیل تنوع‌زیستی زیاد، داشتن زیست‌بوم‌ها و چشم‌اندازهای بسیار زیبا، در سال ۱۳۴۶ تحت مجموعه یکپارچه البرز مرکزی حفاظت شده اعلام شد. دامنه ارتفاعی ۱۰- تا ۴۳۰۰ متر، متوسط دمای سالیانه ۸ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه ۳۵۰ تا ۱۱۰۰ میلی‌متر، منطقه را دارای اقلیم‌های خیلی مرطوب معتدل، مرطوب سرد و مدیترانه‌ای گرم نموده‌اند. دامنه شمالی با رطوبت فراوان به طور عمده از جنگل‌های انبوه هیرکانی پوشیده شده است. ۱۱۰۰ گونه گیاهی و ۲۶۴ گونه جانوری در منطقه شناسایی شده‌اند (Darvishsefat, 2006). بیشترین جمعیت مرال در ایران در این منطقه حفاظت شده سرشماری شده و این منطقه مهم‌ترین منطقه زادآوری مرال در کشور است (Shokri *et al.*, 2020; Nezami, 2014).



شکل ۱- موقعیت استان مازندران و منطقه حفاظت شده البرز مرکزی در کشور ایران

روش مطالعه

تحلیل مطلوبیت زیستگاه: نقاط حضور گونه در دوره زادآوری مرال، شهریور و مهر، در سال‌های ۹۴-۹۸ در منطقه امن البرز مرکزی گردآوری شدند. امروزه برای مدل‌سازی زیستگاه‌های حیات‌وحش از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. اساس انتخاب مدل مناسب برای مدل‌سازی توزیع جغرافیایی گونه‌ها را به سه عامل عمومیت‌پذیری، دقت و صحت مرتبط می‌داند که همزمان می‌توان فقط دو عامل از عوامل فوق‌الذکر را بهبود بخشید. لذا براین اساس سه نوع مدل Empirical (براساس صحت و دقت) Analytical (دقت و عمومیت‌پذیری) و Mechanistic (عمومیت‌پذیری و دقت) قابل تشخیص هستند (Shams-Esfandabad *et al.*, 2021; Hirzel *et al.*, 2006). کاربرد قاعده بیشترین بی‌نظمی (MaxEnt) برای توزیع گونه‌ها توسط قانون دوم ترمودینامیک فرآیندهای بوم‌شناختی توصیف می‌شود (Shannon, 1948). این مدل توسط تعدادی لایه محیط‌زیستی پیش‌بینی کننده همراه با نقاط حضور گونه بدست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغییرهای زیستی بیان می‌کند. روش MaxEnt مناسب مناطق با وسعت زیاد است، لذا برای صحت بیشتر نتایج از نقشه کل استان مازندران استفاده شد.

۲۵ نقطه حضور گونه در این روش برای کل استان مازندران از طریق بازدیدهای میدانی طی شهریور و مهر سال‌های ۱۳۹۴ تا ۹۸ در منطقه امن البرز مرکزی گردآوری و مورد استفاده قرار گرفت. سپس لایه‌های پیش‌بینی‌کننده محیط‌زیستی که در این تحلیل شامل: ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، فاصله از روستا، فاصله از جاده، کاربری اراضی و تراکم پوشش گیاهی هستند وارد نرم‌افزار شده، مدل‌سازی با ۲۰ بار تکرار صورت پذیرفت. در تهیه نقشه منابع آبی، جاده و روستا از تابع Distance استفاده شد. روش بیشترین بی‌نظمی به نرمال بودن داده‌ها حساس است (مختصات، تعداد سطر و ستون و مرز منطقه). بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط دستور Extract By Mask در نرم افزار ArcGIS انجام شد (Morovati *et al.*, 2014; Young, 2011). همچنین متغیرهایی که وابستگی بالای ۸۰ درصد داشتند یکی از آن‌ها، به دلیل ایجاد اریب، از آنالیز حذف شدند. بررسی همبستگی با کمک نرم‌افزار ENMTools1.4.4 انجام شد (Kouchali *et al.*, 2018). به منظور مدل‌سازی توزیع پراکنش، از ۷۰ درصد نقاط حضور به صورت تصادفی برای داده‌های تعلیمی و از۳۰ درصد مابقی برای ارزیابی نتایج استفاده شد. همچنین برای بررسی متغیرها از ماتریس سهم نسبی هر متغیر و نمودار جک‌نایف استفاده و اعتبار مدل توسط سطح زیر منحنی ROC سنجیده شد (Young, 2011). سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸ قدرت تشخیص مدل خوب، ۰/۸و ۰/۹ مدل عالی و چنان‌چه سطح زیر منحنی بیشتر از ۰/۹ باشد، قدرت تشخیص مدل بسیار عالی و مناسب در نظر گرفته می‌شود (Phillipes & Dudík, 2008).

روش ENFA بر پایه مفاهیم کنارگی و ویژه‌گرایی بنا شده است. کنارگی بیانگر تفاوت بین میانگین شرایط محیطی و میانگین نقاطی که گونه در آن حضور دارد و ویژه‌گرایی نسبت واریانس شرایط محیطی به واریانس نقاطی که گونه در آن حضور دارد است. از آن‌جا که ENFA در مناطق با وسعت کم نتایج بهتر و قابل اطمینانی ارائه می‌دهد (Behdarvand, 2011; Hirzel,2001). در این روش تنها از نقشه‌های البرز مرکزی استفاده شد. این روش با کمک نرم‌افزارهای Biomapper 4، Idrisi و Arcgis10.2 انجام می‌شود.

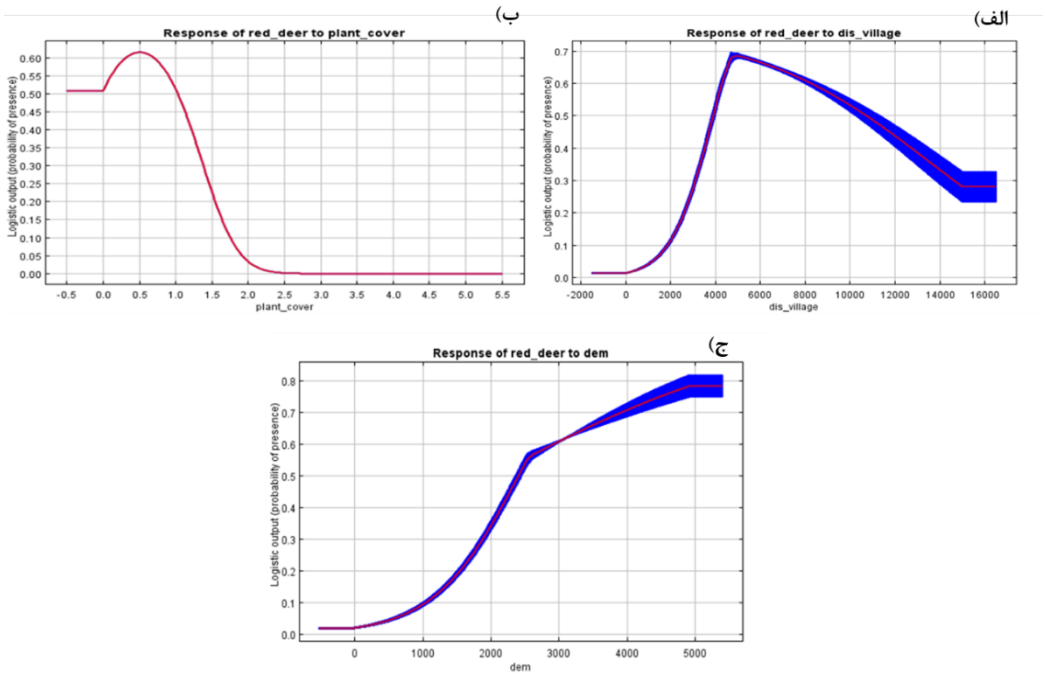
لایه‌ها مورد استفاده محیطی در این روش عبارتند از: نقشه‌های طبقات ارتفاع، طبقات شیب، جهت منطقه، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از روستا، منابع آبی و تیپ خاک. مقیاس نقشه‌ها ۱:۲۵۰۰۰ است و با تفکیک ۳۰ متر تهیه شدند. در این روش نرمال سازی متغییر محیط‌زیستی با کمک روش Box-Cox انجام شد (Hirzel, 2001; Hirzel *et al.*, 2006). در نهایت از آزمون بویس جهت مقایسه درستی و اعتبار مدل بهره برده شد.

نتایج

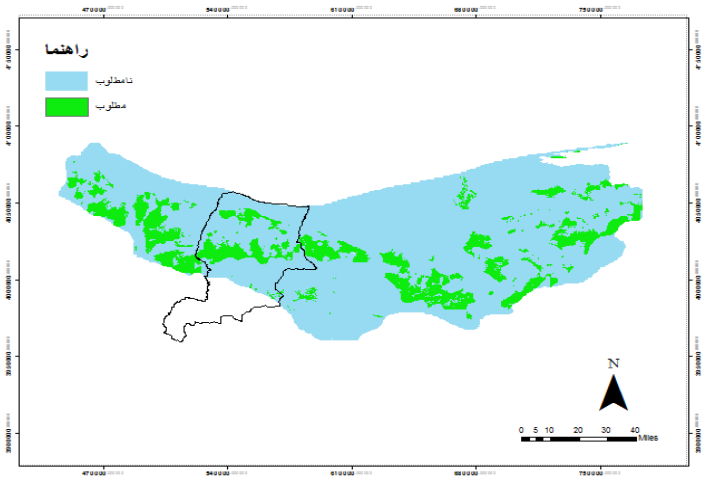
بیشترین بی‌نظمی: بررسی صحت مدل (AUC=98.8) نشان داد که مدل از اعتبار بسیار بالا و عالی برخوردار است. منحنی پاسخ، میانگین پاسخ گونه را نسبت به متغیرهای محیطی نشان می‌دهد.

نتایج آزمون جک‌نایف نشان داد که متغیر فاصله از روستا مهم‌ترین متغیر در انتخاب زیستگاه مرال است. با افزایش فاصله از روستا، مطلوبیت زیستگاه گونه به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد و سپس به دلیل نزدیک شدن به روستاهای دیگر و تراکم حضور انسان در منطقه، کاهش می‌یابد. از این رو تراکم بالای روستاها تأثیر بالایی بر مدل منحنی پاسخ داشته، فاصله از روستاها به شدت بر مطلوبیت آن می‌افزاید. با افزایش تراکم پوشش گیاهی ابتدا مطلوبیت زیستگاه افزایش یافته ولی در تراکم بالا مطلوبیت کاهش می‌یابد. نمودار منحنی پاسخ نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع مطلوبیت زیستگاه گونه نیز افزایش می‌یابد، چرا که در فصل زادآوری، گونه مرال به مناطق ارتفاعی بالادست وابسته است (شکل ۲).

براساس نتایج، ۷۸۳۹۶۱/۲ هکتار از مساحت استان مازندران یعنی معادل ۳۳ درصد برای زادآوری مرال مطلوب است (جدول۱). اغلب بخش‌های زیستگاهی مطلوب در مناطق کوهستانی و جنگلی در نیمه جنوبی استان قرار دارند. براساس نقشه خروجی، زیستگاه‌های مطلوب از پراکندگی و عدم یکپارچگی زیادی برخوردار هستند (شکل ۳).



شکل ۲- منحنی پاسخ مهمترین پارامترهای اثرگذار برانتخاب زیستگاه مرال. الف) منحنی پاسخ فاصله از روستا؛ ب) تراکم پوشش گیاهی؛ ج) مدل رقومی ارتفاع.



شکل۳- نقشه مطلوبیت زیستگاه زادآوری مرال به دو طبقه مطلوب و نامطلوب در نقشه استان مازندران و محدوده البرز مرکزی

تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی: بر اساس خروجی مدل، مرال یک گونه تخصصی است و در انتخاب زیستگاه، ویژه‌گرا عمل می‌کند. نتایج نشان داد متغیر حاشیه‌ای، عدد ۱/۳ نشان از تمایل مرال به استفاده از زیستگاه مطلوب‌تر بوده، متغیر تحمل‌پذیری ۰/۱ نشان از آن دارد که مرال نسبت به تغییر شرایط بهینه زیستگاه از حساسیت بالایی برخوردار بوده و تحمل‌پذیری کمی دارد.

خروجی اثر عوامل محیطی نشان دهنده آن است که مرال به شیب و ارتفاع بالاتری از میانگین زیستگاه (ارتفاع ۲۰۰۰ متر و شیب ۶۰ درصد) تمایل داشته و محدوده‌های کوهستانی را انتخاب می‌کند که شیبی بیشتر از ۶۵ درصد داشته باشند. به منابع آبی وابستگی زیادی دارد و مخصوصاً پوشش‌گیاهی نزدیک منابع آبی برای مرال مهم است. این گونه بشدت از زیستگاه‌های نزدیک به روستا و جاده‌ها پرهیز می‌کند

از آن‌جا که تراکم روستاها و جاده‌ها در البرز بسیار بالاست و این گونه از حساسیت و تخصص گرایی بالایی نیز برخوردار است، نقشه مطلوبیت زیستگاه نشان دهنده آن است که تنها ۱۶ درصد از مساحت منطقه حفاظت شده البرز مرکزی مناسب برای زادآوری مرال است (جدول ۱).

جدول ۱- درصد و مساحت مطلوبیت زیستگاه زادآوری مرال برای مدل‌های مبتنی بر رویکرد آشیان بوم‌شناختی و بیشترین بی‌نظمی

نام طبقه	ENFA مساحت(هکتار)	ENFA درصد	MaxEnt مساحت (هکتار)	MaxEnt درصد
مطلوب	۶۳۸۱۶/۴۹	۱۶	۷۸۳۹۶/۲	۳۳
نامطلوب	۳۳۵۰۳۶/۵۱	۸۴	۱۵۹۱۶۷۸/۸	۶۷
جمع	۳۹۸۸۵۳	۱۰۰	۲۳۷۵۶۴۰	۱۰۰

بحث

پراکندگی زیستگاه‌های مطلوب و اثر متغیرها بر آن: نتایج نشان دهنده آن است که امنیت برای بقا مرال یک عامل مهم تلقی می‌شود. از این رو است که گونه در فصل زادآوری فقط در مناطق امن به ویژه در محدوده البرز مرکزی شمالی حضور داشته و در فصل‌های غیرزادآوری در گستره‌های بسیار وسیع‌تری پراکنده می‌شود. استان مازندران بالقوه یکی از نقاط داغ تنوع زیستی کشور است اما از آن‌جا که محدوده امن البرز مرکزی شمالی از امنیت بالایی برخوردار است، مهم‌ترین و پرجمعیت‌ترین زیستگاه زادآوری مرال در مازندران و یکی از دو محدوده اصلی زادآوری کشور است (Gholipour, 2012; Rezvani & Hashemzadeh, 2013; Faghihi *et al*., 2022).

تحلیل مدلسازی زیستگاه بر روی متغیرهای محیط‌زیستی پیش‌بینی کننده نشان داد که فاصله از روستا و تراکم پوشش گیاهی اثر زیادی در مطلوبیت زیستگاه دارند. این امر مؤید اهمیت امنیت و پارامتر اثرگذاری حضور انسان و جوامع انسانی در حفاظت از گونه است. براساس مطالعه Faghihi و همکاران (۲۰۲۲) گوزن‌ها در فصول حساس به مناطق امن نزدیک می‌شود و از مناطقی که دسترسی شکارچیان به گونه را بالا می‌برد دوری می‌کنند. مقایسه و تحلیل پارامترهای اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه زادآری در البرز مرکزی با کل استان مازندران نشان از آن دارد که بخش‌های زیادی از استان مازندران مطلوبیت بالایی برای زادآوری مرال داشته، مناطق مذکور به منزله زیستگاه‌های منبع عمل کرده، اهمیت زیادی در زادآری و حفظ جمعیت گونه دارند. براساس Faghihi و همکاران (۲۰۲۲) و Schlaepfer و

همکاران (۲۰۱۸) مرال یک گونه تخصص‌گرا است و وقتی بخش‌های زیادی از استان مطلوبیت بالا برای زادآوری یک گونه ویژه‌گرا را دارند، لذا از ارزش بالای حفاظتی نیز برخوردار بوده و غنای گونه‌ای بالایی نیز خواهند داشت.

ضعف حفاظت از مناطق مطلوب مهم‌ترین عامل در کاهش جمعیت مرال در استان است. منطقه حفاظت شده البرز مرکزی که در حال حاضر یک محدوده کلیدی افزایش جمعیت مرال در استان و همچنین کشور است، تنها ۱۶ درصد سطح آن مطلوب است، اما با توجه به وضعیت امنیت و دوری از مناطق انسانی، یکی از مهمترین محدوده‌های زادآوری مرال در کشور قلمداد می‌شود (Nezami, 2014; Faghihi *et al*., 2022).

در فصل زادآوری مرال وابستگی زیادی به زیستگاه‌های ناهموار و کوهستانی نشان می دهند و عمدتاً از مناطقی که هموار هستند، صرف نظر از مناسب بودن، اجتناب می‌کند (Madadi *et al*., 2023). مرال وابسته به مناطق اکوتونی بوده (Amoozadeh, 2002; Karami *et al*., 2012; Ziaie, 2011) در فصل زادآوری با افزایش ارتفاع بر مطلوبیت زیستگاه گونه افزوده می‌شود. مطلوبیت زیستگاه زادآوری مرال نشان داد که گونه وابسته به پوشش گیاهی مناطق بالای ارتفاع ۲۰۰۰ متر بوده که عمدتاً مرتعی و گاهاً درختچه‌های کوتاه هستند. تیپ پوشش گیاهی این زیستگاه‌ها عمدتاً اسپرس کوهی، گون سفید، ارس یا سرو کوهی[3] و تیپ جنگلی بلوط و لور[4] است. این گونه وابستگی زیادی به منابع آبی دارد. همچنین اهمیت پوشش گیاهی نزدیک به منابع آبی برای گونه بسیار است.

این گونه به دلیل وابستگی زیاد به آب، شبه آبزی[5] نیز خوانده می‌شود (Karami *et al*., 2012; Ziaie, 2011).

خروجی نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه و بازدیدهای میدانی نشان از تکه‌تکه بودن زیستگاه‌ها و پراکندگی آن‌ها دارد. تراکم روستاها و جاده‌ها در اطراف زیستگاه مطلوب گونه بالاست و لذا زیستگاه‌های مطلوب از مساحت اندکی برخوردار بوده، از هم گسیخته هستند.

نقش و اهمیت حفاظتی متغیرها: جمعیت‌های مرال در کل استان مازندران به شدت تحت تأثیر انسان قرار دارد و لذا بشدت کوچک و تکه‌تکه هستند. این تعارضات، به ویژه در حاشیه مناطق تحت مدیریت، به دلیل تغییرات کاربری بیشتر، پوشش گیاهی با تراکم کمتر، مطلوبیت زیستگاه کمتر، پوشش حفاظتی ضعیف‌تر و امکان دسترسی و تعرض بیشتر، با فشار شدیدتری همراه است (Soofi *et al*., 2022; Madadi *et al*., 2020; 2023). کاهش شدید و تراکم کم جمعیت مرال، حتی در مناطق حفاظت شده، در دهه‌های اخیر کاملا مشهود است. پراکندگی روستاها که کل زندگی آن‌ها به منابع طبیعی برای گردشگری، کشاورزی، دامداری، باغداری، زنبورداری، برداشت هیزم و حتی شکار وابسته است، بسیار زیاد است (Madadi *et al*., 2021). تعداد روستاهای پراکنده و جمعیت انسانی در رشته کوه‌های البرز در شمال به نسبت سایر نواحی کوهستانی کشور در شمال غرب و غرب به مراتب بیشتر است (Madadi *et al*., 2020; Madadi *et al*., 2023).

متغیرهای انسانی نقش مهمی در مطلوبیت زیستگاه مرال دارند. در هر دو روش بیشترین بی‌نظمی و آشیان بوم‌شناختی، مرال از جاده و روستا دوری می‌کند، چرا که این عوامل باعث کاهش امنیت و افزایش شکار غیرقانونی گونه شده‌اند (Panahandeh *et al*., 2016). اگرچه تنها دو عامل انسانی در مدلسازی مورد استفاده قرار گرفت، اما نتایج مدل بیشترین بی‌نظمی نشان داد که این دو عامل با فاصله زیادی با سایر عوامل مهمترین پارامترها در انتخاب زیستگاه زادآوری مرال در استان مازندران هستند. براساس مطالعات (Parvian *et al*., 2012). در منطقه حفاظت شده جهان‌نما نیز متغیر فاصله از روستا بیشترین اهمیت را در مطلوبیت زیستگاه مرال دارد (Khalili, 2014). این بدان معنی است که

3 Juniperus, Astragalus gossypinus, onobrychis cornuta
4 Carpinus orientalis, Quercus macranthera
5 semiaquatic

تنها با فراهم کردن امنیت در مناطق مطلوب، شاهد بهبود قابل ملاحظه‌ای در وضعیت حفاظتی گونه در استان خواهیم بود. در طول نیم قرن گذشته بیش از ۶۰ درصد از زیستگاه‌های مهم مرال در بخش شمالی منطقه حفاظت شده البرز مرکزی در اثر تحولات اجتماعی، محرومیت‌ها، افزایش جمعیت، توسعه روستایی، محدودیت‌های معیشتی، خلأ قانونی، واگذاری گستره‌ی اراضی جنگلی به پروژه‌های مختلف عمرانی بدون رعایت ضوابط محیط‌زیستی، روند توسعه، سیاست و برنامه‌های ناکارآمد بخش جنگل به‌خصوص اجرای عملیات فیزیکی طرح‌های جنگل‌داری توسط پیمانکاران ناآگاه به مسائل محیط‌زیستی؛ یا از بین رفته و یا پیوستگی و یکپارچگی خود را از دست داده‌اند (Amoozadeh, 2002).

مرال در فصل زادآوری به پوشش‌های مراتع کوهستانی وابسته بوده، به مناطق صعب العبور با شیب زیاد پناه می‌برد. تنها در فصل زادآوری، مرال‌های نر به گله‌های مادری[6] اضافه می‌شوند، و از طرفی چون در این زمان رفتار قلمروطلبی شدید در بین نرها دیده می‌شود (Hofman, 2001). براساس (Nezami, 2008) در این زمان زیستگاه مراتع باز انتخاب می‌شوند تا در به‌ویژه ماده‌ها امکان دیدن دشمنان از فاصله دورتر ممکن شده، فاصله فرار[7] آنها به واسطه آسیب‌پذیری گونه، در این نوع زیستگاه افزایش یابد. با توجه به آسیب‌پذیری گونه در فصل زادآوری نسبت به شکارچیان، این گونه به شدت از مناطق با پوشش گیاهی پرتراکم و جنگلی دوری می‌کند.

پیشنهادات مدیریتی: براساس آمار سرشماری‌های به دست آمده از البرز مرکزی شمالی در بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۹ وضعیت جمعیت گونه نوساناتی بین ۱۱۰ تا ۱۸۰ رأس را داشته است. نرخ رشد کند و تعداد جمعیت کم، گونه را به‌شدت آسیب‌پذیر قرار می‌کند. از این رو اتخاذ تصمیم برای مدیریت عوامل تأثیرگذار منفی بر جمعیت به ویژه شکار غیرقانونی، حفاظت مؤثرتر از مناطق پیشنهاد شده در پژوهش و اتصال زیستگاه‌های مطلوب به منظور حفظ یکپارچگی زیستگاه امری ضروری است.

به نظر می‌رسد که عامل کلیدی در کاهش جمعیت مرال در استان، با وجود وسعت بالای مناطق مطلوب زادآوری، گسستگی زیستگاه‌ها و ضعف در حفاظت فیزیکی است (Kiabi *et al.*, 2004; Soofi, 2017). بسیاری از زیستگاه‌ها در مسیر جابجایی گونه اگرچه مطلوبیت زیستگاهی بالایی دارند، حال ممکن است که همین زیستگاه‌ها به دلیل ضعف در حفاظت و اثر جوامع انسانی از نرخ بقا بسیار پائینی برای گونه برخوردار باشند. به این لکه‌های زیستگاهی سینک‌های جمعیت‌های محلی گفته می‌شود که به سینک‌های جذاب (Naves *et al.*, 2003) و تله‌های اکولوژیک نیز شهرت دارند (Donovan & Thompson, 2001). شناسایی این زیستگاه‌ها در طرح‌ها و برنامه‌های حفاظت از زیستگاه مطلوب اهمیت بسیار زیادی داشته چنانچه شناخت توزیع و فراوانی گونه‌ها در فضا و زمان تعریف اصلی و اولیه علم اکولوژی است (Krebs, 2009).

[6] maternal group
[7] Flight distance

منابع

1. **Akhani, H., Djamali, M., Ghorbanalizadeh, A. and Ramezani, E., 2010.** Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, palaeoecology and conservation. Pak J Bot. 42(231), 258. (In Persian with English abstract).
2. **Amoozadeh, F., 2002.** Biological Analyses of Population and Habitat of Red Deer in Alborz Protected Area and Dodangeh Wildlife Refuge. Ph.D. Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian with English abstract).
3. **Behdarvand, N., 2011.** Modeling the Spatial Distribution of Wolf (*Canis lupus pallipes*) Attacks on Human. M.Sc. Thesis. College of Environment, University of Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
4. **Benitez Lopez, A., Alkemade, R., Schipper, A.M., Ingram, D.J., Verweij,**

P.A., Eikelboom, J. and Huijbregts, M.A., 2017. The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. Science. 356(180), 183. https://doi.org/10.1126/science.aaj1891.

5. **Bleyhl, B., Arakelyan, M., Askerov, E., Bluhm, H., Gavashelishvili, A., Ghasabian, M. and Manvelyan, K., 2019.** Assessing niche overlap between domestic and threatened wild sheep to identify conservation priority areas. Divers Distrib. 25(1), 129-141. https://doi.org/10.1111/ddi.12839.
6. **Breitenmoser, U., Askerov, E., Soofi, M., Breitenmoser-Wu¨rsten, C., Heidelberg, A., Manvelyan, K. and Zazanashvili, N., 2017.** Transboundary leopard conservation in the lesser Caucasus and the Alborz range. Cat News. 65, 24-25.
7. **Ceballos, G., Ehrlic, P.R., Barnosky, A.D., Garcı´a, A., Pringle, R.M. and Palmer, T.M., 2015.** Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Sci Adv. 1(5), e1400253. https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253.
8. **Chapron, G., Kaczensky, P., Linnell, J.D.C., von Arx, M., Huber, D., Andrén, H., … and Boitani, L., 2014.** Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes. Science. 346, 1517–1519.
9. **Darvishsefat, A.A., 2006.** Atlas of Protected Area of Iran. University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
10. **Di Marco, M., Boitani, L., Mallon, D., Hoffmann, M., Iacucci, A., Meijaard, E. and Rondinini, C., 2014.** A retrospective evaluation of the global decline of carnivores and ungulates. Conservation Biology. 28(1109), 1118. https://doi.org/10.1111/cobi.12249.
11. **Donovan, T.M. and Thompson, F.R, 2001.** Modeling the Ecological Trap Hypothesis: A Habitat and Demographic Analysis for Migrant Songbirds. Ecological Applications. 11(3), 871-882.
12. **Faghihi, H., Nezami, B., Shams-Esfandabad, B., Eshaghi, R., Kia Heyrati, M. and Ghomi, S., 2022.** The effect of environmental factors on the selection of suitable breeding areas of Red Deer *Cervus elaphus maral* in Mazandaran Province. Experimental Animal Biology. (In Persian with English abstract). 10(3), 53-61. https://doi:10.30473/eab.2021.57515.1815
13. **Fahring, L., 2003.** Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. Annual Review of Ecology Evolution and Systematic. 34, 487-515. doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419
14. **Farahvash, T., Vaez Torshizi, R., Masoudi, A.A., Rezaei, H.R. and Tavallaei, M., 2017.** The Structure of Cytochrome b Gene in Fecal Samples of Conserved Iranian Maral Deer (*Cervus elaphus maral*). Journal of New Genetics. 12(1), 29-37.
15. **Farashi, A., Kaboli, M. and Momeni, I., 2010.** Habitat Suitability Modeling for Wild Goat *Capra aegagrus* in Kolah Ghazi National Park, Esfahan Province. Iranian Journal of Natural Resources. 63(1), 63-73. (In Persian with English abstract).
16. **Franklin, J., 2010.** Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
17. **Gholipour, M., 2012.** Investigating The Effect of Disagreement of Experts on Weighting Criteria on the Assessment of Potential Habitat of Red Deer (Northern Iran). In 2rd Conference on Environmental Planning and Management, 15th May, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
18. **Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D. and Collins, C.D., 2015.** Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Sci Adv. 1(2), e150005. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052.
19. **Hakimdost, S.Y., Pourzeidi, A.M. and Gerami, M.S., 2017**. Spatial analysis of shower in Mazandaran Province in GIS environment. Journal of Geographical Data. 26(102), 191-203. (In Persian with English abstract).
20. **Hirzel, A.H., 2001.** When GIS Come to Life. Linking Landscape and Population Ecology for Large Population Management Modeling: The Case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. Ph.D. Thesis. Institute of Ecology, Laboratory for Conservation Biology, University of Lausanne.
21. **Hirzel, A.H., Laya, G.L., Helfera, V., Randina, C. and Guisan, A., 2006.** Evaluating the Ability of Habitat

Suitability Models to Predict Species Presences. Ecological Modeling. 199, 142-152. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.017.

22. **Hofman, H., 2001.** Wild Animals of Britain and Europe. Collins Nature Guides.
23. **Karami, M., Ghadirian, T. and Faizolahi, K., 2016.** The Atlas of Mammals of Iran. Department of Environment of Iran, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
24. **Khalili, F., 2014.** Habitat Selection and Habitat Suitability Modeling of Iranian Squirrel (*Sciurus anumalus*) in The Kogiloye and Boyer Ahmad Protected Areas. Msc. Thesis. College of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Persian with English abstract).
25. **Kiabi, B.H., Ghaemi, R.A. and Jahanshahi, M., 2004.** Population Status, Biology and Ecology of the Maral *Cervus elaphus maral* in Golestan National Park, Iran. Zoology in the Middle East. 33(1), 125-138. https://doi.org/10.1080/09397140.2004.10638071.
26. **Kouchali, F., Nezami Baloochi, B., Goshtasb, H. and Raygani, B., 2018.** Identification of the key habitats for the conservation of Brown bear (*Ursus arctos*) in the northern slopes of Alborz. Journal of Animal Environment. 10(3), 1-8. (In Persian with English abstract).
27. **Krebs, Ch.J., 2009.** Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 6th Edition www.pearsoned.co.uk.
28. **Madadi, M., Nezami Balochi, B., Kaboli, M. and Rezaei, H.R., 2020.** Identifying human- brown bear (*Ursus arctos*) conflicts areas in Mazandaran province. Experimental Animal Biology. 9(2:34), 83-95. (In Persian with English abstract)
29. **Madadi, M., Nezami, B., Kaboli, M., Rezaei, H.R. and Mohammadi, A.R., 2021.** A Survey of the Attitudes of Local Communities of Mazandaran Province towards Brown Bear (*Ursus arctos*). Journal of Animal Environment. 13(1):11-18. doi.10.22034/AEJ.2021.132597. (In Persian with English abstract).
30. **Madadi, M., Nezami, B., Kaboli, M., Rezaei, H.R. and Mohammadi, A.R., 2023.** Human–brown bear conflicts in the North of Iran: Implication for conflict management. Ursus. 34:e2. https://doi.: 10.2192/URSUS-D-22-00005.1.
31. **Maxwell, S., Fuller, R.A., Brooks, T.M. and Watson, J.E., 2016.** Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. Nature News. 536, 143. https://doi.org/10.1038/536143a.
32. **Morovati, M., Karami, M., Kaboli, M., Rousta, Z. and Shorakaei, M.J., 2014.** Modeling the Habitat Suitability of *Ovis orientalis*, The Most Important Prey of Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) Using Maximum Entropy Method in Dareh Anjir Wildlife Refuge. Journal of Animal Environment. 6(4), 135-149. (In Persian with English abstract).
33. **Naves, J., Wiegand, T., Revilla, E. and Delibes, M., 2003.** Endangered Species Constrained by Natural and Human Factors: The Case of Brown Bears in Northern Spain. Conservation Biology. 17(5), 1276-1289. https://doi:10.1046/j.1523-1739.2003.02144.x
34. **Nezami Baloochi, B., 2014.** Seasonal food habits of brown bear (*Ursus arctos syriacus* Linnaeus, 1758) in Central Alborz Protected Area. Taxonomy and Biosystematics. 6(19), 27-36. (In Persian with English abstract).
35. **Nezami, B., 2008.** Ecological Study of Brown Bear (*Ursus arctos*) on Golestanak Core Zone in Central Alborz Protected Area, Mazandaran Province. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
36. **Nezami, B., 2020.** Wildlife, Mammals of Iran. Game Guard Training Package. Department of the Environment, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
37. **Panahandeh, M., Yavari, A.R., Salehi, E. and Malekmohammadi, B., 2016**. Assessing the Structural Changes of Maral Habitat (*Cervus Elaphus Maral*) Based on Analysis of Temporal Changes of Habitat Suitability Layer and Landscape Ecology Metrics in Lisar Protected Areas in Guilan. Journal of Animal Environment. 8(4), 1-8. (In Persian with English abstract).
38. **Parvian, N., Salman Mahini, A.R. and Varaste Moradi, H., 2012.** Habitat Suitability of Red Deer (*Cervus elaphus maral*) by Ecological Niche Factor Analyses in Jahan Nama Protected Area. 3rd National Conference on Combating

Desertification and Sustainable Development of Iran Desert Wetlands (Relying on Meighan Desert Wetland); Arak, Iran. (In Persian with English abstract).

39. **Phillipes, S.J. and Dudík, M., 2008.** Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography. 31, 161-175. https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x
40. **Rezvani, F. and Hashemzadeh, F., 2013.** Provide A Model for Determining the Ecological Status of Mammals in Four Areas Under the National Environmental Protection. Experimental Animal Biology. 1(4), 21-26. (In Persian with English abstract).
41. **Ripple, W.J., Estes, J.A., Bieschta, R.L., Wilmers, C.C., Ritchie, E.G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Lentic, M., Nelson, M.P., Schmitz O.J., Smith, W.D., Wallach, A.D. and Wirsing, A.J., 2014.** Status and ecological effects of the world's largest carnivores. Science. 343, 1241484. https://doi.org/10.1126/science.1241484.
42. **Ripple, W.J., Newsome, T.M., Wolf, C., Dirzo, R., Everatt, K.T., Galetti, M. and Lindsey, P.A., 2015.** Phillips Sci Adv 1, e1400103. https://doi.org/10.1126/sciadv.1400103.
43. **Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014.** Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer, Dordrecht.
44. **Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M. and Ghomi, S., 2021.** Investigating the factors affecting leopard (*Panthera pardus tulliana*) conflict with domestic livestock compared to other large carnivores in Nowshahr Hyrcanian forests. Journal of Animal Environment. 13(2), 1-8.
45. **Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M., Eshaghi, R., Ghaderi, M., Ghomi, S., Kaveh, R., Rabie, K., Kiabi, B.H. and Farhadinia, M.F., 2023**. Mineral lick use by a community of large herbivores in northern Iran. Ecology and Evolution. 13, e9731. https://doi.org/10.1002/ece3.9731.
46. **Schlaepfer, D.R., Braschler, B., Rusterholz, H.P. and Baur, B., 2018.** Genetic effects of anthropogenic habitat fragmentation on remnant animal and plant populations: a meta-analysis. Scosphere. 9(10), 1-17. doi.org/10.1002/ecs2.2488.
47. **Shams-Esfandabad, B., Nezami, B., Najafi Siavashan, N., Asadi, Z. and Ramezani, J., 2021.** Asiatic Cheetah's (*Acinonyx jubatus venaticus* Griffith, 1821) (Felidae: Carnivora) habitat suitability modeling in Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity. 5(1), 15-31. https://doi.org/10.22120/jwb.2020.128638.1151.
48. **Shannon, C.E., 1948.** A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal. 27(3), 379-423. doi:10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
49. **Shokri, S., Jafari, A., Rabei, K., Hadipour, E., Alinejad, H., Zeppenfeld, T., Soufi, M., Qashqaei, A., Ahmadpour, M., Zehzad, B., Kiabi, B.H., Pavey, Ch.R., Balkenhol, N., Waltert, M. and Soofi, M., 2020.** Conserving populations at the edge of their geographic range: the endangered Caspian red deer (*Cervus elaphus maral*) across protected areas of Iran. Biodiversity and Conservation. 30(6), 1-21. https://doi.org/10.1007/s10531-020-02077-4.
50. **Soofi, M., 2017.** The population status and distribution of Caspian red deer (maral) *Cervus elaphus maral* in Iran. DSG Newsletter. NO. 29.
51. **Soofi, M., Qashqaei, A.T., Trei, J.N., Shokri, S., Selyari, J., Ghasemi, B., Sepahvand, P., Egli, P., Nezami, B., Zamani, N., Yusefi, G.H., Kiabi, B.H., Balkenho, N., Royle, L.A., Pavey, C.R., Redpath, S.M. and Waltert, M., 2022**. A novel application of hierarchical modelling to decouple sampling artifacts from socio-ecological effects on poaching intensity. Biological Conservation. 267:109488. doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109488.
52. **Statistical Center of Iran, 2017.** Available from https://www.amar.org.ir/ (In Persian with English abstract).
53. **Young, N., 2011.** A MaxEnt Model v3.3.3e Tutorial (ArcGIS v10). www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/.
54. **Ziaie, H., 2011.** A Field Guide to Mammals of Iran, 2nd Ed. Wildlife Center Publication, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

2023, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Habitat Selection and Identification of Potential Breeding Habitats of Red Deer *Cervus Elaphus Maral* in Mazandaran Province

Bagher Nezami[1*], Mohammad Reza Rahmani[1], Hanie Faghihi[2], Bahman Shams-Esfandabad[3]

1*- Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Department of the Environment, Tehran, Iran
2- M.Sc. Graduated Student of Land Use Planning, College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran
3- Department of Environment, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Original Article

Received: 2024.02.02

Accepted: 2024.05.04

Keywords: Maximum Entropy, Ecological Niche Factor Analyses, Habitat Suitability, Alborz Protected Area, Mazandaran Province, Breeding, Conservation

Abstract

Introduction: The population of Red Deer has decreased significantly, and the species distribution is restricted to only some core zones of protected areas of the country. The most important threatening factors in decline the population of the species are destruction and fragmentation of habitats and poaching of the species, which are strongly affected by human presence and human activities. Therefore, using habitat suitability modeling of the species as an effective tool in identifying, managing, and protecting the remaining habitats, can help managers in conserving the species more effectively.

Materials and Methods: Hyrcanian forests or Caspian forests consist of 15% of the total forests of Iran and are the last surviving temperate broadleaf forests in the world. Mazandaran province includes a significant part of the Hyrcanian forests. The core zone of the Central Alborz Protected Area is the most important area and the safest breeding habitat of Maral in Mazandaran province and has the largest populations of this species in the country. In this study, by use of the Maximum Entropy method and Ecological Niche Factor Analyses, using the species presence points in the Central Alborz Protected Area, we investigated the suitable breeding habitats of the Maral population in Mazandaran province. These models are launched by predictive environmental layers and species presence points, and express the suitability of each cell in the habitat as a function of biological variables.

Results: The results of the ENFA method showed that the Central Alborz Protected Area Core Zone is the most important area and the safest breeding habitat of the Maral in Mazandaran Province. The results with values of 1.3 marginalities and specialty 5.5 indicate habitat areas with higher slopes and elevation models than the average which has low tolerability, are selected by the species. The results of the MaxEnt revealed that among the human-related variables, the most effective parameter is the distance to the village.

* Corresponding Author's email: nezamibagher@gmail.com

According to the Jackknife test, this variable is the most important in the habitat selection of Maral. As the distance from the village increases, the habitat suitability increases exponentially, and then it decreases due to the proximity to other villages and the density of human presence in the region. By increasing the vegetation density, the suitability of the habitat increases, but in the high density of vegetation, suitability decreases. The output response curve of the results shows that the habitat suitability of the species increases with the increase in elevation because, during the breeding season, the Maral species is dependent on high-elevation safe habitats. Among the ecological variables, the slope variable was identified as the least effective factor.

Discussion: During the breeding season, the Maral is present only in the Alborz Protected Area Core Zone, and in the non-breeding season, it is dispersed in a wider area of protected areas. Mazandaran province is potentially one of the hotspots of biodiversity in the country, but since the central Alborz core area is currently highly conserved by the Department of the Environment, it is the most important and most populated breeding habitat of Marals in Mazandaran and one of the two main breeding habitats of the country. The lack of protection of suitable habitats is the most important factor in reducing the population of Maral in the province. One of the other important challenges for the protection of this species in the province is the fragmented habitats and their dispersion. Many of the habitats in the species corridors probably have high habitat suitability, but these habitats may have low survival rates for the species due to weak protection, they are sinks of local populations or ecological traps.