(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

تعیین مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus Capreolus*) در شمال ایران با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تجمعی

- **شیرین محمودی**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **افشین علیزاده شعبانی***: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **مهرشاد زین‌العابدینی**: پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- **سهراب اشرفی**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **اولیاقلی خلیلی‌پور**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: مهر ١٣٩٨ تاریخ پذیرش: دی ١٣٩٨

چکیده

مدل‌سازی پراکنش گونه ابزار مهم و ضروری برای مدیریت و حفاظت از شوکا به‌عنوان یک گونه مخفی‌کار و گیاه‌خوار حفاظت شده ملی در ایران است. در این پژوهش با استفاده از بسته Biomod2 و روش مدل‌سازی تجمعی و تعداد ۹۱ داده حضور گونه شوکا و عوامل محیطی و انسانی، مدل تجمعی مطلوبیت زیستگاه براساس شش الگوریتم مدل توزیع گونه در منطقه مورد مطالعه با وسعت ٧٤٠٠٠ کیلومتر مربع تهیه شد. در این مطالعه AUC مدل تجمعی معادل ۰/۹۷ بود که نشان‌دهنده عملکرد عالی مدل است. نتایج این مطالعه ۱۵درصد از منطقه مطالعاتی را دارای مطلوبیت کافی برای گونه شوکا شناسایی کرد. هم‌چنین نتایج نشان داد که متغیرهای کاربری سرزمین (۲۹٪) و ارتفاع (۲۹٪) بیش‌ترین تأثیر و پس از این متغیرها دمای حداکثر در گرم‌ترین ماه (۱۷٪) و شیب (۱۱٪) اهمیت بالایی بر حضور این گونه دارد. متغیرهای انسانی نتوانستند در مدل‌سازی تأثیر بالایی بر پراکنش گونه از خود نشان دهند. شوکا مناطق جنگلی متراکم را به‌علت کاهش قابلیت مشاهده شدن و هم‌چنین وجود پناه و غذای کافی، ترجیح می‌دهد.

کلمات کلیدی: شوکا، مطلوبیت زیستگاه، مدل تجمعی، ایران، مدل‌سازی پراکنش گونه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ashabani@ut.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

مقدمه

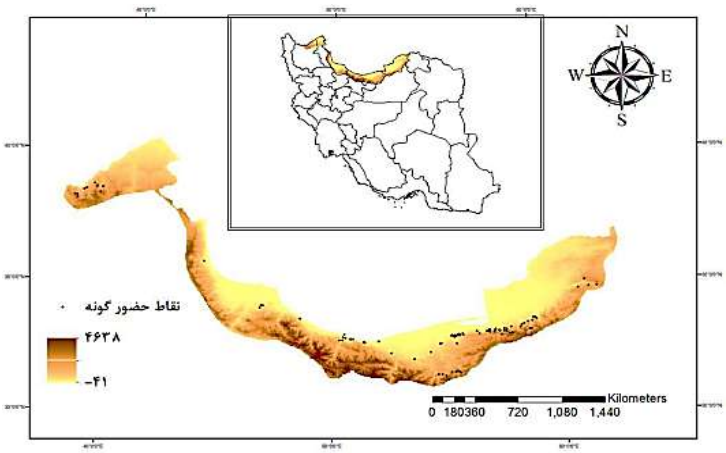
گسترش فعالیت‌های بشر در سیمای سرزمین بر زیستگاه و حالت‌های جمعیت‌های طبیعی آثار سنگینی را به جای گذاشته است (Runel و همکاران، ۱۹۹۸).هم‌چنین ممکن است تأثیرات منفی جدی بر بقای طولانی‌مدت جمعیت‌های محلی داشته باشد و در نهایت منجر به انقراض گونه‌ها نیز شود (Bagilsma و همکاران، ۲۰۰۰؛ Coulon و همکاران، ۲۰۰۴).گونه‌های در معرض خطر انقراض اغلب با تهدیدهای متعددی مواجه می‌شوند بنابراین ارزیابی و برنامه‌ریزی برای حفاظت از آن‌ها نیز پیچیده است و نیازمند رویکردهای متعددی است که شامل مطالعه‌روی جمعیت‌شناختی،ژنتیک‌جمعیت و مدل‌سازی بوم‌شناختی است (Gardner و همکاران، ۲۰۰۷). زیست‌شناسان حیات‌وحش اغلب برای تعیین توزیع گونه‌ها و هم‌چنین تعیین زیستگاه‌های مورد قبول آن‌ها با مشکل مواجه هستند. از این‌رو این مشکلات در مقیاس‌های مکانی بزرگ تشدید می‌شوند، و به‌خصوص زمانی‌که گونه فراوانی کمی دارد و وضعیت آن‌ها نگران کننده است و یا هنگامی که دسترسی به گونه‌مشکل است. مدل‌های پراکنش مکانی برگرفته از آنالیزهای آماری چندمتغیره که در سیستم اطاعات جغرافیایی انجام می‌شوند می‌توانند برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها و زیستگاه آن‌ها مورد استفاده قرار گیرند (Guisan و Zimermann، ۲۰۰۷). این گونه دارای حس بویایی قوی، زندگی مخفی‌کار و جثه کوچکی است و یافتن و ثبت آن‌ها در جنگل‌های انبوه بسیار دشوار است (عبداللهی، ۱۳۹۵). به‌همین دلیل مدل‌های پراکنش گونه که اطلاعات مفیدی برای حفاظت گونه (Titeux و همکاران، ۲۰۰۷) به‌خصوص گونه‌های مخفی‌کار فراهم می‌کنند (Almasieh و همکاران، ۲۰۱۶)، می‌توانند در حفاظت این گونه عملکرد مفیدی داشته باشند. استفاده از این مدل‌ها که جهت تعیین مطلوبیت زیستگاه بر پایه GIS در بررسی گونه‌های تهدید شده به‌کار می‌روند، برای زیست‌شناسان حفاظت مهم و کلیدی است (Seone و همکاران، ۲۰۰۶) و دیدگاهی در مورد ارتباط بین گونه و محیط زیست فراهم می‌کند و الویت‌بندی اقدامات مدیریتی را ممکن می‌سازد(Araujo و Willams، ۲۰۰۰؛ Zaniewski و همکاران، ۲۰۰۲؛ Guisan و همکاران، ۲۰۰۶). مدل‌های زیادی برای پیش‌بینی پراکنش گونه وجود دارد و بیش‌تر مدل‌های پراکنش گونه از داده‌های حضور گونه در فرآیندهای مدل سازی استفاده می‌کنند (Philips و همکاران، ۲۰۰۶). به‌دلیل این‌که داده‌های عدم حضور در دسترس نیست و تشخیص صحیح عدم حضور گونه در یک مکان مشکل است چندین روش که فقط از داده‌های حضور استفاده می‌کنند، توسعه یافته است (Elithe، ۲۰۰۶). روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه در مواردی نتایج متفاوت و حتی متضاد نشان می‌دهند (Heikkinen و همکاران، ۲۰۰۷؛ Guisan و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی‌ها نشان می‌دهندکه انتخاب روش مدل‌سازی می‌تواند موجب نیم تا ۳/۴ از عدم قطعیت در نتایج شود (Buisson و همکاران، ۲۰۱۰). به این معنی که با انتخاب روش درست می‌توان قطعیت و دقت مدل را بالا برد. در مطالعه‌ای از Dormann و همکاران (۲۰۰۸) بر روی یک گونه‌ای سنگ‌چشم، ثابت شده است که استفاده از روش‌های مختلف، نتایج متنوعی را ارائه می‌دهد. هم‌چنین مدل‌های به‌دست آمده می‌تواند اعتبارهای متفاوتی را نیز از خود نشان دهند(Thuiller و همکاران، ۲۰۰۳).به‌همین دلیل پیشنهاد می‌شود با استفاده از چندین روش به‌صورت هم‌زمان زیستگاه‌های مطلوب را به‌صورت تجمعی مدل‌سازی کرد (Araujo و New،۲۰۱۰). احمدی و همکاران (۲۰۱۷)، زیستگاه یوزپلنگ را در منطقه‌ای با وسعت ۷۸۰۰۰۰ کیلومتر مربع در استان‌هایی که پراکنش این گونه گزارش شده است، با استفاده از بسته Biomod2 مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که زیستگاه‌هایی که بیش‌ترین میزان پیوستگی از مناطق مطلوب را دارند، ۶۳٪ از منطقه را شامل می‌شود (Ahmadi و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعه‌ای دیگر توسط حیدریان آقاخانی و همکاران (۱۳۹۶)، با هدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی بادامک در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از بسته Biomod در نرم‌افزار R انجام شد. نتایج این مطالعه روشن کرد که بارندگی میانگین سالانه و دمای خشک‌ترین فصل عامل رخ دادن ۸۵ درصد تغییرات پراکنش گونه هستند و ۹ درصد از مساحت این استان در حدود ۱۴۸۶۸۰ هکتار برای گونه بادامک،رویشگاهی مطلوب به‌حساب می‌آیند. این رویکرد تجمعی در کاهش خطای حاصل از عدم قطعیت در مدل‌سازی مؤثر است و بسته biomod2 برای انجام این روش مناسب است (Thuiller، ۲۰۰۹). این بسته یک بستر برای مدل پیش‌بینی‌کننده تجمعی با استفاده از نرم‌افزار R ارائه می‌دهد (Development core Team، ۲۰۰۸). هم‌چنین زیستگاه این گونه نیز درمعرض خطر و بهره‌وری است.در گذشته شرکت‌های تجاری مسئول جنگل زدایی و تخریب به‌وسیله برداشت چوب بوند اما امروزه علی‌رغم ممنوعیت این فعالیت‌ها خود که به‌نحوی باعث کاهش فشار بر جنگل شده است، برداشت غیرقانونی چوب هم‌چنان ادامه دارد که این بار هم توسط شرکت‌ها و هم توسط مردم محلی صورت می‌گیرد (سازمان حفاظت از محیط زیست، ۱۳۹۳). از آن‌جا که شوکا (*Capreolus* *Capreolus*) به‌عنوان مهندس اکوسیستم (Ecosystem engineers) شناخته می‌شود (Côté و همکاران، ۲۰۰۴؛ Martin، ۲۰۱۸)، تأثیرات بسیار زیادی بر فیزیک اکوسیستم دارد و در نتیجه نبود این گونه می‌تواند باعث تغییراتی بزرگ در سطح اکوسیستم شود. در ایران این گونه در معرض تهدیداتی هم‌چون شکار و تخریب زیستگاه قرار دارد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲).ازطرفی به‌علت حلال‌بودن گوشت

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

این گوزن کوچک، شکار غیرمجاز و تکه‌تکه شدگی زیستگاه آن، بزرگ‌ترین خطر برای ادامه حیات این گونه وابسته به جنگل محسوب می‌شود (فیروز، ۱۳۷۸). مطالعات اندکی روی این گونه در ایران صورت گرفته است. در مطالعه‌ای از Inceichen و همکاران (۲۰۱۵) در سوئیس بر روی دوازده شوکا با استفاده از قلاده‌های GPS صورت گرفت،زیستگاه، گستره‌خانگی و مناطق هسته‌ای زیستگاه آن‌ها تعیین شد. در این مطالعه تعیین شد که این گونه در شب پوشش انبوه تاج گیاهان و به‌طورکلی پوشش انبوه درختان مخروطی را ترجیح می‌دهد. هم‌چنین میرسنجری و خالوندی (۱۳۹۷) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (مکسنت) به تعیین زیستگاه مطلوب این گونه در دو فصل تابستان و پاییز در منطقه حفاظت‌شده بوزین و مرخیل پرداختند. نتایج نشان دادند که زیستگاه این گونه دارای پیوستگی نبوده و به صورت لکه لکه است. در این مطالعه ثابت شد که روستا، جاده و ارتفاع بالاترین تأثیر را بر گونه دارند. این گونه در دو فصل پاییز و زمستان نیز توسط بخشی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان، مورد مطالعه قرار گرفته است. آن‌ها برای این منظور از روش تحلیل آشیانی بوم‌شناختی و نرم‌افزار biomapper استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که این گونه از متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت، منابع آبی و عوامل انسانی تأثیر می‌پذیرد. در مطالعه‌ای دیگر از Pandin و Cesaris (۱۹۹۲) در منطقه Monte Carso بر روی دو شوکای نر جوان صورت گرفت، نتایج نشان داد که آن‌ها از مناطقی با پوشش گیاهی باز (چمن‌زار و دشت) و مناطق شهری دوری می‌کنند. Welch (۱۹۹۰) نیز در سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۴ بر روی زیستگاه مرال و شوکا در مزارع صنوبر اسکاتلند مطالعه‌ای انجام داد و به این نتیجه رسید که مناطقی که به کم‌ترین میزان مورد استفاده قرار می‌گیرند، مناطق جنگلی بدون پوشش گیاهی بر روی زمین و در عین‌حال مناطقی که به بالاترین میزان مورد استفاده این دو گونه قرار می‌گیرند، جنگل‌های دارای پوشش گیاهی بر روی زمین بود. در این مطالعه زیستگاه‌های مطلوب گونه‌شوکا به‌عنوان یک گونه مهم در شمال و شمال‌غربی ایران با استفاده از رویکرد تجمعی و بسته Biomod2 در محیط نرم‌افزار R شناسایی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌موردمطالعه: مطالعه‌حاضر درجنگل‌های هیرکانی شمال ایران و ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران در محدوده استان‌های گلستان، مازندران، گیلان، سمنان و آذربایجان‌شرقی انجام شد. وسعت منطقه ۷۴۰۰۰ کیلومتر مربع است. ارتفاع در این منطقه بین ۴۱- تا ۴۶۳۸ متر متغیر است(شکل ۱). جنگل‌های معتدله مرطوب خزری با سطحی معادل ۱۹۲۵۰ کیلومترمربع تقریباً ۱۵/۵ درصد از وسعت جنگل‌های ایران و ۱/۱۶درصد از مساحت کشور را استان گیلان، مازندران، گلستان را دربر می‌گیرند و به‌عنوان بخشی از منابع طبیعی تجدید شونده محسوب می‌شوند. جنگل‌های طبیعی جلگه‌ای شمال کشور به عنوان اندک میراث باقی‌مانده از جنگل‌های بی‌نظیر و ژنتیکی جهان از یادگار دوران سوم زمین‌شناسی (جنگل‌های هیرکانی) محسوب می‌گردند. هم‌چنین جنگل‌های ارسباران ازجمله اکوسیتم‌های جنگلی ارزشمند ایران هستند که به‌دلیل تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، گونه‌های منحصربه‌فرد و وجود ذخایر ژنتیکی دارای اهمیت زیادی هستند. مساحت جنگل‌های ارسباران ۱۴۸۷۰۰ هکتار است (عصاره و سیداخلاقی، ۱۳۸۸). آن‌چه این منطقه را از سایر مناطق متمایز می‌کند، وجود شرایط اقلیمی خاص، تنوع‌زیستی بالا، حضور گونه‌های کمیاب گیاهی و جانوری و هم‌چنین عناصر رویشی مربوط به اقالیم متعدد می‌باشد. باوجود مساحت محدود، این اکوسیستم دارای ۱۰۸ گونه گیاهی است. ارسباران جزو یکی از ۹ ذخیرگاه بیوسفر ایران، تحت برنامه انسان و کره مسکون اندوخته‌گاه زیستکره یونسکو به ثبت رسید (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۲۰۱۴). با این حال جنگل‌های ارسباران از نظر اکولوژیکی، بسیار کمتر از جنگل‌های هیرکانی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Sagheb Talebi و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل۱: محدوده مورد مطالعه در شمال و شمال‌غرب ایران (واحد ارتفاع برحسب متر)

جمع‌آوری داده‌های محیطی و نقاط حضور

نقاط حضور گونه: در این مطالعه از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ در سراسر منطقه پراکنش گونه در شمال و شمال‌غربی کشور (جنگل‌های هیرکانی و ارسباران) با پیمایش در منطقه، ۱۱۵ نقطه از حضور گونه براساس مشاهده مستقیم و یا مشاهده آثار و نمایه‌ها به ویژه ردپا و سرگین با استفاده از سیستم موقعیت‌یابی جهانی ثبت شد. برای کاهش خود همبستگی میان نقاط حضور، میان دو نقطه یا چند نقطه حضور که

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

فاصله آن‌ها کم‌تر از یک کیلومتر بود یک نقطه حضور باقی ماند. برای این کار از دستور Spatially Rarify Occurrence Data در نرم‌افزار SDMtoolbox استفاده شد (Brown، ۲۰۱۴). در نهایت، تعداد ۹۱ نقطه حضور (از ۱۱۵ نقطه حضور موجود) برای مطلوبیت زیستگاه شوکا استفاده‌شد. براساس مطالعات Lovaris (۲۰۱۷)، حداکثر گستره خانگی شوکا ۴۴۰۰۰۰ مترمربع است.

داده‌های محیطی: براساس ویژگی‌های رفتاری و بوم‌شناختی گونه و مطالعات پیشین انجام شده در این زمینه (میرسنجری و خالوندی، ۱۳۹۷؛ بخشی و همکاران، ۱۳۹۴)،در نهایت ۹ متغیر سیمای سرزمین در نرم‌افزار ArcGIS 10.4 با اندازه سلول ۱ کیلومتر تهیه شدند (Ineichen، ۲۰۱۵). متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه شامل مواردذیل می‌شود: سیمای سرزمین شامل متغیرهای اقلیمی (بارندگی سالیانه، دمای گرم‌ترین ماه سال)، متغیرهای توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت)، متغیرهای انسانی در زیستگاه (فاصله از جاده، فاصله از روستا)، و متغیرهای پناه و غذا (کاربری زمین، فاصله از رودخانه) است (جدول ۱). ازمدل‌رقومی ارتفاع برای‌ساخت متغیرهای‌شیب و جهت‌با استفاده از جعبه ابزار Spatial analyst tool در نرم‌افزار ArcGIS 10.4 استفاده شد. درمیان ۱۹ متغیر اقلیمی، آزمون همبستگی انجام گرفت. این‌آزمون‌درنرم‌افزار GISو با استفاده ازدستور Principal Component Analysis صورت گرفت. به‌علت همبستگی بالای ۰/۷ موجود در بین برخی متغیرها، ۱۷ متغیر حدف شد و ۲ متغیر اقلیمی شامل بارندگی سالیانه (Bio12) و حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (Bio5) انتخاب شدند. به‌دلیل وابستگی شوکا به منابع آبی، فاصله از رودخانه به‌عنوان یکی از متغیرهای تاثیرگذار بر پراکنش گونه و مهم‌ترین منبع آبی در منطقه‌وارد فرآیند مدل‌سازی پراکنش گونه شد. هم‌چنین در مطالعات بسیاری‌ثابت شده است که متغیر کاربری اراضی نیز می‌تواند در تعیین زیستگاه‌مناسب‌توسط گونه‌باشد(کمایی، ۱۳۹۲).بنابراین‌کاربری‌اراضی نیز به‌عنوان متغیر مهم دیگر در پراکنش این گونه درنظر گرفته شد.

جدول ۱: متغیرهای زیست محیطی مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا در ایران

	متغیر	واحد	منبع
متغیر توپوگرافی	مدل رقومی ارتفاع (DEM)	متر	https://earthexplorer.usgs.gov/
	شیب	درصد	DEM
	جهت	طبقه	
متغیرهای اقلیمی	دما در گرمترین ماه سال(Bio5)	°C×۱۰	www.worldclim2.org
	بارندگی سالیانه (Bio12)	میلی‌متر	(Fick و همکاران، ۲۰۱۷)
منابع غذا و آب	کاربری سرزمین		(IFRWO*، ۲۰۱۰)
	فاصله از رودخانه	متر	
امنیت و منابع انسانی	فاصله از جاده	متر	
	فاصله از روستا	متر	

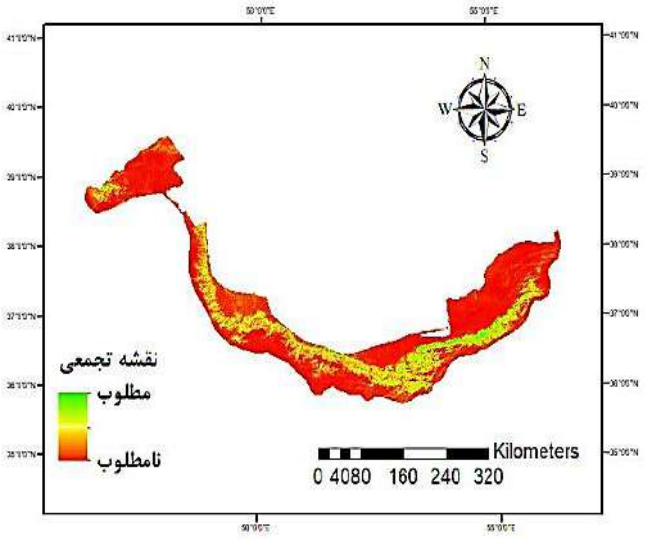
*سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری ایران

تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه: برای پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب شوکا از بسته Biomod2 در محیط RStudio استفاده شد (Engler و Araujo، ۲۰۰۹).مدل‌سازی‌در این‌مطالعه براساس‌داده‌های حضور و شبه‌حضور انجام شد.برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا از شش الگوریتم مدل‌سازی پراکنش گونه (SDM) شامل مدل‌های خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل‌های تقویت تعمیم یافته (GBM)، مدل جنگل تصادفی (RF) مدل حداکثر آنتروپی (MAXENT) و مدل شبکه عصبی (ANN) و مارس (MARS) استفاده شد. این مدل‌ها با هم ترکیب شدند و یک مدل تجمعی نهایی تهیه شد. برای تهیه مدل RF از ۱۰۰۰ درخت تصادفی استفاده و برای مدل‌های دیگر تنظیمات پیش‌فرض این بسته انتخاب شد. برای مدل‌سازی به این روش‌ها، به داده‌های پس‌زمینه (نقاط شبه حضور) نیاز است. با توجه به وسعت منطقه و تعداد داده‌های حضور و نظر کارشناسی، ۶۰۰۰ نقطه پس‌زمینه از محدوده منطقه مطالعاتی به‌جز سلول‌هایی که دارای نقاط حضور هستند، ایجاد شد. مدل با استفاده از ۷۵ درصد نقاط حضور به عنوان داده‌های یادگیری کالیبره شد و هم‌چنین ۲۵ درصد باقی‌مانده ازمجموعه‌داده به‌عنوان‌آزمون‌برای ارزیابی‌مدل‌های‌پیش‌بینی استفاده شدند. هر مدل ۵ بار اجرا شد. برای بررسی دقت هر مدل از آماره‌های AUC و TSS استفاده شد مدل‌هایی که TSS بالای ۰/۵ به‌دست آوردند، برای تهیه مدل تجمعی به‌کار گرفته شدند. در نهایت، نقشه به‌دست آمده را با استفاده از cut-off حاصل از آماره AUC موجود در نتایج‌اجرای نرم‌افزار RStudio تبدیل به نقشه باینری (دارای ارزش‌های ۰ و ۱) شد.

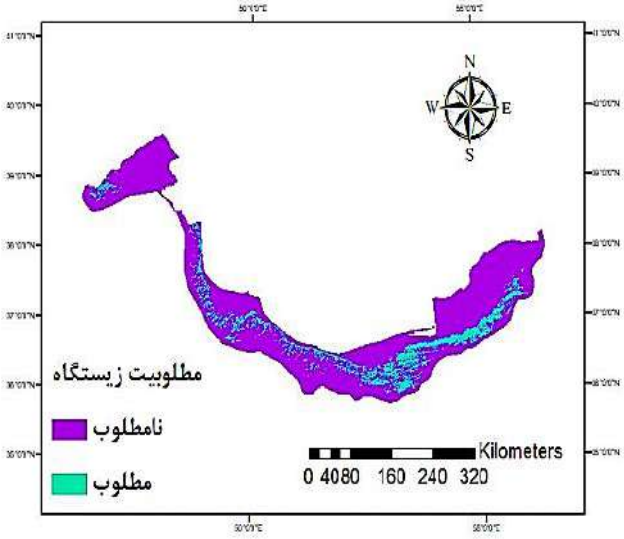
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

نتایج

شکل۲ مدل تجمعی زیستگاه مناسب برای گونه شوکا در شمال و شمال‌غرب ایران‌و هم‌چنین شکل ۳، نقشه باینری مطلوبیت زیستگاه را برای این گونه نشان می‌دهد. نقشه باینری نشان داد که ۱۴ درصد از ناحیه مورد مطالعاتی مطلوب است. در نقشه ۴ نیز می‌توان نقشه هر کدام از روش‌ها را به‌صورت جداگانه مشاهده کرد.

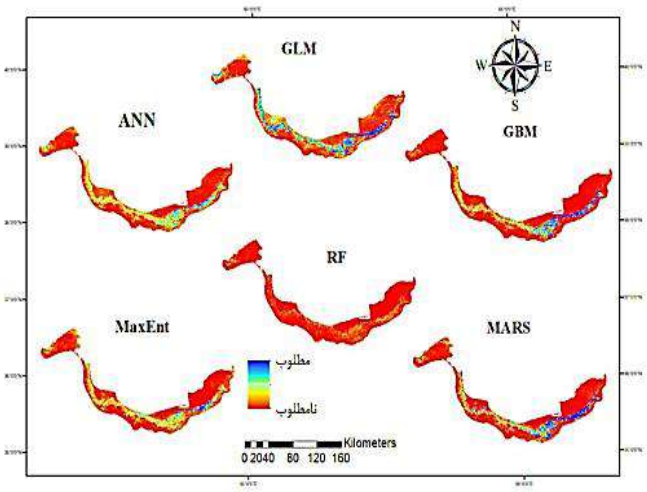


شکل ۲: نقشه تجمعی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا در جنگل‌های هیرکانی و ارسباران



شکل ۳: نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا با در نظر گرفتن حد آستانه در جنگل‌های هیرکانی و ارسباران

عملکرد مدل تجمعی و هر مدل را به‌صورت جدا می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد. همان‌طورکه نشان داده شده است، نتایج بسیار قابل اعتماد هستند و روش RF بهترین نتیجه را نسبت به سایر روش‌ها ارائه داده است. این در حالی‌است که مدل تجمعی از همه روش‌های منفرد بهتر پاسخ داده و این نشان می‌دهد که در کاهش عدم قطعیت مدل‌ها تأثیرگذار بوده است. روش ANN نیز ضعیف‌ترین نتایج را حاصل کرده است. جدول ۳ اهمیت هر کدام از متغیرها را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود مهم‌ترین و تاثیرگذارترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه شوکا که بیش‌ترین درصد اشتراک را در ساخت مدل داشتند شامل ارتفاع و کاربری اراضی است که بسیار امتیاز نزدیکی به‌هم دارند و پس از این دو متغیر دمای گرم‌ترین ماه سال تأثیر بالایی دارد. متغیر فاصله از روستا نیز تقریباً نتوانسته تأثیری بر مدل‌سازی داشته باشد.



شکل ۴: نقشه حاصل از مدل‌سازی روش‌های مختلف

جدول ۲: دقت هر کدام از مدل‌ها به‌صورت منفرد و به صورت تجمعی

مدل	تجمعی	MARS	MAXENT	RF	GLM	GBM	ANN
AUC	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۷۵
TSS	۰/۹۴	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۸۲	۰/۵۱

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

جدول ۳: میزان اهمیت متغیرها در ساخت مدل تجمعی مطلوبیت زیستگاه شوکا در ایران

متغیر	مدل تجمعی	GLM	MAXENT	GBM	RF	MARS	ANN
ارتفاع	٪۲۹	٪۳۱	٪۳۰	٪۲۱	۲۷٪	۱۳٪	۲۲٪
کاربری اراضی	٪۲۹	٪۲۲	٪۲۰	٪۴۶	٪۱۱	٪۱۳	٪۲۴
حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال	٪۱۷	٪۳۰	٪۱۹	٪۲	٪۱۲	٪.۱	٪۹
شیب	٪۱۱	٪۴	٪۱۵	٪۱۵	٪۲۰	٪۶	٪۱۸
میانگین بارش سالیانه	٪۸	٪۷	٪۵	٪۷	٪۱۳	٪۴	٪۲
جهت	٪۴	٪۵	٪۲	٪۲	٪۳	٪۱	٪۰/۴
فاصله از جاده	٪۱	٪۰/۴	٪۴	٪۵	٪۴	٪۲	٪۱
فاصله از رودخانه	٪۰/۳	٪۰۰	٪۳	٪۱	٪۶	٪۰۰	٪۰/۴
فاصله از روستا	٪۰/۱	٪۰۰	٪۳	٪۰,۳	٪۴	٪۰	٪۰/۴

بحث

شوکا از لحاظ قابلیت دسترسی به منابع، گونه حساسی به‌حساب می‌آید (گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین شناخت دقیق نیازهای زیستگاهی و تعیین منابع مهم در پراکندگی زیستگاه شوکا می‌تواند جهت حفاظت از گونه نقش مهمی داشته باشد. در همین راستا بررسی نتایج این مطالعه مشخص نمود کاربری اراضی، ارتفاع و متغیرهای اقلیمی (مشخصاً متغیر حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال) می‌توانند نقش بسیار مهمی در حضور و پراکندگی این گونه در جنگل‌های هیرکانی و ارسباران ایفا کنند (گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج این مطالعه همانند سایر مطالعات در ایران و سایر مناطق اوراسیا نشان داد که وجود جنگل متراکم می‌تواند نقش مهمی در حضور شوکا داشته باشد (علیزاده، ۱۳۷۹؛ وارسته، ۱۳۸۸؛ گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۵؛ میرسنجری، ۱۳۹۷؛ Ferrtti، ۲۰۱۱؛ Pellerin، ۲۰۱۰؛ Lineichen، ۲۰۱۱۵). زیستگاه‌های جنگلی متراکم دید گونه‌های شکارچی را کم‌تر کرده و احتمال روئیت شوکا در این نوع لکه‌های زیستگاهی را کم‌تر می‌کند. شوکا گونه‌ای است کم تحرک و با سطح پایین اندوخته غذایی که تقریباً در تمام طول سال نوسان وزنی کمی دارد که با تغییرات شرایط از لحاظ زمانی و مکانی زیستگاه، بخش‌های مختلف را انتخاب می‌نماید که ارجحیت این گونه در درجه اول مناطق درختچه‌ای و درختی متراکم است (Peterolli، ۲۰۰۳). یعنی شوکا عمدتاً در ساختارهای جنگلی و با پوشش بلوط بیش‌تر جابجا می‌شود که خود این مناطق ترکیبی از گونه‌های علفی و درختچه‌ای و درختی است که منابع مورد نیاز این گونه از جمله غذا و پناه مورد نیاز را فراهم می‌کند. پراکندگی این مناطق بیش‌تر در زاگرس شمالی است که با پراکندگی شوکا نیز منطبق است. از طرفی پوشش گیاهی متراکم می‌تواند گرمای کافی را برای جانوران فراهم نموده و هم‌چنین از تشعشات نوری شدید برای جانوران ساکن در آن جلوگیری نماید و این امر هزینه تنظیم گرمایی را کاهش می‌دهد (Coulombe و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج این مطالعه نشان داد که ارتفاع می‌تواند یکی از عوامل مهم در پراکندگی شوکا باشد. مهاجرت‌های فصلی از لحاظ ارتفاعی در علف‌خواران بزرگ جثه ازجمله شوکا می‌تواند استراتژی این گونه‌ها را در دسترسی به غذای زیاد و با کیفیت افزایش دهد به‌طور معمول این تغییرات در این گونه‌ها در تابستان به سمت ارتفاعات بالا و در زمستان به سمت ارتفاعات پایین است (Mysteroud، ۱۹۹۹). در شوکاهای ایران معمولاً با افزایش ارتفاع مطلوبیت و کیفیت زیستگاه کاهش می‌یابد و بهترین محدوده جهت توزیع این گونه ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متری (بخشی و همکاران، ۱۳۹۲) و حداکثر ارتفاع مشاهده شده برای این گونه ۱۸۰۰ متری(میرسنجی، ۱۳۹۷)است. این مناطق محدوده پراکندگی بلوط و سایر گونه‌های است که در ارتفاعات نه چندان زیاد یافت می‌شوند. بنابراین ارتفاع معین کننده نوع پوشش گیاهی رویش یافته در هرمنطقه ازجمله مناطق هیرکانی است. متناسب با افزایش ارتفاع از میزان انبوهی درختان کاسته شده و این امر می‌تواند بر بقاء شوکا تاثیر منفی داشته باشد. نتایج این مطالعه اقلیم را یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه مشخص نمود. اقلیم تحت تأثیر شرایط زمستانی ممکن است به‌طور مستقیم منجر کاهش وزن شده و بر بقاء گونه تاثیر منفی داشته باشد، و یا به‌طور غیرمستقیم از طریق کیفیت علوفه در طول فصل تابستان بقاء گونه را تهدید نماید (Mysterud و Eivind، ۲۰۰۶).مکانیسم‌های که آب و هوا بر آن‌ها تأثیر می‌گذارد بین مناطق و گونه‌ها متفاوت است. در مناطقی که دارای آب و هوای سرد هستند،زمستان‌های برفی منجر به افزایش هزینه‌های تحرک می‌شوند (Parke و همکاران، ۱۹۸۴) و هم‌چنین دسترسی به لایه غذایی محدود می‌شود(Mysterud و Eivind، ۲۰۰۶).این هم‌زمان با دوره ای است که دسترسی به غذا کم و کیفیت علوفه پایین است (Mautz، ۱۹۷۸)،چنین شرایطی برای گوزن‌سانان کوچک جثه ازجمله

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

شوکا می‌توان شدیدتر باشد (Holand و همکاران، ۱۹۹۸) ، زیرا آن‌ها به‌خوبی با برف سازگار نیستند (Mysterud و Eivind، ۲۰۰۶؛ Telfer و Kelsall، ۱۹۸۴). عمق برف یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین رژیم غذایی و استفاده از زیستگاه برای شوکا دارد. هرچند متغیرهای انسانی تاثیر زیادی بر پراکندگی و انتخاب زیستگاه مطلوب شوکا می‌توانند بگذارند و رابطه منفی بین وجود عوامل انسان و حضور شوکا وجود دارد (میرسنجری و همکاران، ۱۳۹۷؛ Jiang و همکاران، ۲۰۰۰)، ولی در مطالعه حاضر متغیرهای انسانی (فاصله از جاده و فاصله از روستا) تأثیر ناچیزی بر پراکنش گونه شوکا داشتند. از آن‌جایی‌که تراکم انسانی بیش‌تر در نقاط پایین‌دست مناطق هیرکانی است، این مناطق معمولاً در نقاط پر تراکم جنگلی(بخشی، ۱۳۹۲) یعنی مناطق مطلوب زیستگاهی برای شوکا وجود دارند و از طرفی در زمستان‌های سرد به دلیل عدم وجود مواد غذایی در مناطق بالادست به ناچار شوکاها به زمین‌های کشاورزی ممکن تمایل نشان دهند(بخشی، ۱۳۹۲). از دیگر نتایج مطالعه حاضر می‌توان به تأثیر ناچیز متغیر فاصله از منابع آبی برحضور گونه اشاره کرد. نتایج میرسنجری و خالوندی (۱۳۹۷) نشان داد که آب متغیری محدود کننده برای این گونه در این منطقه نیست چرا که به‌علت شرایط حاکم بر منطقه مورد مطالعه آب به‌راحتی در دسترسی و قابل استفاده است. براساس نتایج آن‌ها متغیر شیب به‌عنوان کم اهمیت‌ترین متغیر درنظر گرفته شد و تا شیب ۴۰ درصد مطلوبیت زیستگاه گونه افزایش و بیش از این میزان شیب مطلوبت زیستگاه کاهش می‌یابد. هم‌چنین نتایج بخشی نیزاهمیت بالای شیب در حضور شوکا در فصل پاییز را ثابت کرد. در مطالعه وی حضور شوکا تا شیب ۲۳ درجه و در فصل زمستان تا شیب ۲۷ درصد ثبت شده است. در حالی‌که این متغیر در مطالعه حاضر به‌عنوان چهارمین متغیر مهم تعیین شده است. این مطالعه با تعیین زیستگاه‌های مناسب برای گونه شوکا در ایران به تصمیم گیران مدیران حفاظتی برای حفظ گونه و زیستگاهش کمک شایانی می‌کند، لذا مدل‌سازی زیستگاه باید به‌عنوان یک ابزار مدیریتی توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست درنظر گرفته شود.

منابع

۱. **بخشی، ح.؛ سلمان‌ماهینی، ع.؛ وارسته‌مرادی، ح. و حسنی، م.، ۱۳۹۴**. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus Capreolus*) با استفاده از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در پارک ملی گلستان. فصلنامه محیط زیست‌جانوری. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۳۱ تا ۴۲.

۲. **حیدریان‌آقاخانی، م.؛ تمرتاش، ر.؛ جعفریان، ز.؛ ترکش‌اصفهانی، م. و طاطیان، م.، ۱۳۹۶**. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۴.

۳. **سازمان حفاظت از محیط زیست. ۱۳۹۳**. جنگل‌های ایران، ارزش‌ها و تهدیدها.

۴. **علیزاده، ا.؛ کرمی، م.؛ عطایی، ف. و غضنفری، ح.، ۱۳۷۹**. بررسی مقدماتی زیستگاه شوکا (*Capreolus capreolus*) در جنگل‌های بوزین و مرخیل استان کرمانشاه. مقالات همایش دستاوردهای پژوهشی سازمان حفاظت محیط‌زیست در برنامه دوم توسعه.

۵. **عصاره، م.ح. و سیداخلاقی، س.ج.، ۱۳۸۸**. سند راهبردی توسعه تحقیقات منابع طبیعی ایران، راهبردها و راهکارها. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران. ۳۸۰ صفحه.

۶. **فیروز، ا.، ۱۳۷۷**. حیات‌وحش ایران: مهره داران. چاپ انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

۷. **کبیری‌بالاجاده، ح.ر.؛ رضایی، ح.ر. و نادری، س.، ۱۳۹۶**. تنوع ژنتیکی شوکا (*Capreolus capreolus*) در استان‌های گلستان و مازندران براساس توالی ژن دی لوپ (D-LOOP). فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۱، صفحات ۴۹ تا ۵۶.

۸. **کرمی، م.؛ قدیریان، ط. و فیض‌الهی، ک.، ۱۳۹۲**. اطلس پستانداران ایران. انتشارات سازمان محیط زیست. صفحه۱۸۱.

۹. **کمایی، م.، ۱۳۹۲**. ارزیابی اثر کاربری اراضی بر مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰. **میرسنجری، م. و خالوندی، ا.، ۱۳۹۷**. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus Capreolus*) در منطقه حفاظت شده بوزین و مرخیل با استفاده از روش آنتروپی بیشینه (MaxEnt). فصلنامه علوم تکنولوژی محیط زیست.

۱۱. **وارسته‌مرادی، ح.، ۱۳۸۴**. تعیین نسبت جنسی گوزن مرال (*Cervus ealphus*) و شوکا (*Capreolus capreolus*) در پارک ملی گستان. نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۱۲، شماره ۴، صفحات ۱۵۴ تا ۱۶۱.

۱۲. **Ahmadi, M.; Nezami, B.; Jowkar, H.; Hemami, M.R.; Fadakar, D.; Malakouti-Khah, Sh. and Ostrowski, S., 2017.** Combining Landscape Suitability and Habitat Connectivity to Conserve the Last Surviving Population of Cheetah in Asia. Diversity and Distributions. Vol. 23, No. 6, pp: 592-603.

۱۳. **Almasieh, K; Kaboli, M. and Beier, P., 2016.** Identifying habitat cores and corridors for the Iranian black bear in Iran. Ursus. Vol. 27, No. 1, Index Vol. 26, No. 1, pp: 18-30.

۱۴. **Araújo, M.B. and New, M., 2007.** Ensemble forecasting of species distributions. Trends in Ecology & Evolution. Vol. 22, No. 1, pp: 42-47.

۱۵. **Bjilsma, R; Bundgaard, J. and Boerema, A., 2000.** Does inbreeding affect the extinction risk of small populations? Predictions from Drosophila. Journal of Evolutionary Biology. Vol. 13, No. 3, pp: 502-514.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

۱۶. **Brown, J.L., 2014.** SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses. Methods in Ecology and Evolution. Vol. 5, No. 7, pp: 694-700.

۱۷. **Buisson L.; Thuiller, W.; Casajus, N.; Lek, S. and Grenouillet, G., 2010.** Uncertainty in ensemble forecasting of species distribution. Global Change Biology. Vol. 16, No. 4, pp: 1145-1157.

۱۸. **Côté, S.D.; Rooney, T.P.; Tremblay, J.P.; Dussault, C. and Waller, D.M., 2004.** Ecological impacts of deer overabundance. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. Vol. 35, pp:113-147.

۱۹. **Coulon, A; Cosson, J.F.; Angibault, J.M; Cargnelutti, B.; Galan, M; Morellet, N.; Petit, E.; Aulagnier, S. and Hewison, A.J.M., 2004.** Landscape connectivity influences gene flow in a Roe deer population inhabiting a fragmented landscape: an individualbased approach. Molecular Ecology. Vol. 13, No. 9, pp: 2841-2850.

۲۰. **Development Core Team. 2014**. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

۲۱. **Dormann, C.F.; Purschke, O.; Márquez J.R.G; Lautenbach, S. and Schroder, B., 2008.** Components of uncertainty in species distribution analysis: a case study of the great grey shrike. Ecology. Vol. 89, No. 12, pp: 3371-3386.

۲۲. **Elith, J.; Graham, C.H. and Anderson, R.P., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. Vol. 29, No. 2, pp: 129-151.

۲۳. **Franklin, J., 2009.** Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

۲۴. **Guisan, A.; Zimmermann, N.E.; Elith, J.; Graham, C.H.; Phillips, H. and Peterson, A.T., 2007.** What Matters for Predicting the Occurrences of Trees: Techniques, Data, or Species' characteristics? Ecological Monographs. Vol. 77, No. 4, pp: 615-630.

۲۵. **Heikkinen, R.K.; Luoto, M.; Kuussaari, M. and Toivonen, T., 2007.** Modelling the spatial distribution of a threatened butterfly: impacts of scale and statistical technique. Landscape and Urban Planning. Vol. 79, No. 3-4, pp: 347-357.

۲۶. **http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/**(accessed 15 July 2018).

۲۷. **IFRWMO (Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran). 2010.** Iranian Forests, Range and Watershed Management Organization National Land use/Land cover map.

۲۸. **Ineichen, P., 2015.** Habitat selection of roe deer (*Capreolus capreolus*) in a landscape of fear shaped by human recreation. Master thesis. Department of Environmental Systems Science (D-USYS), Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich.

۲۹. **Jiang, G.; Zhang, M. and Ma, J., 2008.** Habitat use and separation between red deer *Cervus elaphus xanthopygus* and roe deer *Capreolus pygargus bedfordi* in relation to human disturbance in the Wandashan Mountains, northeastern China. Wildlife Biology. Vol. 14, No. 1, pp: 92-100.

۳۰. **Lovaris, S.; Serrao, G. and Mori, E., 2017.** Woodland features determining home range size of roe deer, Behavioural Processes. Vol. 140, pp: 115-120.

۳۱. **Martin, J.; Vourc'h, G.; Bonnot, N.; Cargnelutti, B.; Chaval, Y., Lourtet, B.; Goulard, M.; Hoch, T.; Plantard, O.; Hewison, A.J.M. and Morellet, N., 2018.** Temporal shifts in landscape connectivity for an ecosystem engineer, the roe deer, across a multiple-use landscape. Landscape ecology. Vol. 33, No. 6, pp: 937-954.

۳۲. **Mysterud, A. and Ostbye, E., 1999.** Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. Wildlife Society. Vol. 27, No. 2, pp: 385-394.

۳۳. **Pandini, W. and Cesaris, C., 1997.** Home range and habitat use of roe deer (*Capreolus capreolus*) reared in captivity and released in the wild. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. Vol. 9, pp: 1-2.

۳۴. **Pellerin, M.; Calenge, C.; Saïd, S.; Gaillard, J.M.; Fritz, H.; Duncan, P. and Van Laere, G., 2010.** Habitat use by female western roe deer (*Capreolus capreolus*): influence of resource availability on habitat selection in two contrasting years. Canadian Journal of Zoology. Vol. 88, No. 11, pp: 1052-1062.

۳۵. **Phillips, S.J; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling. Vol. 190, No. 3-4, pp: 231-259.

۳۶. **Rundel, P.W; Montenegro, G. and Jaksic, F.M., 1998.** Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean type ecosystems. Springer. New York, US. 451 p.

۳۷. **Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014.** Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future, Springer. 152 p.

۳۸. **Seoane, J; Justribo, J.H.; Garcia, F.; Retamar, J.; Rabadan, C. and Atienza, J.C., 2006.** Habitat-suitability modelling to assess the effects of land-use changes on Dupont's lark *Chersophilus duponti*: a case study in the Layna Important Bird Area. Biological Conservation. Vol. 128, No. 2, pp: 241-252.

۳۹. **Titeux, N.; Dufrene, M.; Radoux, J.; Hirzel, A.H. and Defourny P., 2007**. Fitness-related parameters improve presence-only distribution modelling for conservation practice: The case of the red-backed shrike. Biological Conservation. Vol. 138, No. 1-2, pp: 207-223.

۴۰. **Thuiller, W., 2003.** BIOMOD-optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. Global change biology. Vol. 9, No. 10, pp: 1353-1362.

۴۱. **Thuiller, W.; Lafourcade, B.; Engler, R., and Araújo, M.B., 2009.** BIOMOD-a platform for ensemble forecasting of species distributions. Ecography. Vol. 32, No. 3, pp: 369-373.

۴۲. **Welch, D.; Staines, B.W.; Catt, D.C. and Scott, D., 1990.** Habitat usage by red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer in a Scottish Sitka spruce plantation. Journal of Zoology. Vol. 221, No. 3, pp: 453-476.

۴۳. **Zaniewski, A.E.; Lehmann, A. and Overton, J.M., 2002.** Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. Ecological Modelling. Vol. 157, No. 2-3, pp: 261-280.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.122522

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Determining Suitable Habitats for Roe Deer (*Capreolus Capreolus*) in North of Iran Using Ensemble Approach

- **Shirin Mahmoodi:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **Afshin Alizadeh Shabani*:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **Mehrshad Zeinalabedini:** Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization , Karaj, Iran
- **Sohrab Ashrafi:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **Olyagholi Khalilipour:** Department of Environment, Faculty of marine natural science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

Received: October 2019 Accepted: January 2020

Key Words: Roe deer, Habitat modelling, Ensemble model, Iran, Species distribution model

Abstract

Species distribution model is important to protect and to manage the roe deer as an elusive and national protected herbivore species in Iran. In this study habitat modeling was carried out via Biomod2 package in R software environment using 91 presence points of the spices as well as environmental and human factors. Ensemble model of habitat suitability was prepared based on six species distribution model algorithms for a study area of 74000 km^2. AUC for ensemble model was 0.97 which showed an excellent performance. Suitable habitat for roe deer covered an area about 15 percent of the studied area. Also, the results showed that altitude (29%) and land-use (29%) then, maximum temperature in the warmest month and slope variables were the most influential factors on species distribution. Also, the results indicate that anthropogenic factors were not much effective on the species presence. Roe deer prefers the denser forests since this habitat can reduce its visibility and provide sufficient cover and food for the species.

* Corresponding Author's email: ashabani@ut.ac.ir