مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در پارک ملی قمیشلو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

- **محمدرضا احمدی‌دستجردی**: گروه طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦
- **علی جهانی***: گروه طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦
- **حمیدرضا رضایی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- **حمید گشتاسب**: گروه طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹٦

چکیده

مدل‌های پراکنش گونه‌ای رابطه بین توزیع گونه‌ها و عوامل محیطی را ارزیابی می‌کنند و درک بهتری از مدیریت و سیاست‌های آینده ارائه می‌دهند. یکی از این ابزارهای مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که امروزه به ابزار مهمی برای تصمیم‌گیری تبدیل شده است. براساس اعلام اتحادیه جهانی حفاظت از حیات وحش و منابع طبیعی از میان گونه‌های مهره‌داران در ایران، کل و بز جزء طبقه گونه‌های آسیب‌پذیر می‌باشد. از این‌رو هدف از این مطالعه مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه کل و بز در پارک ملی قمیشلو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. در این مطالعه از متغیرهای ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی، فاصله از جاده و فاصله از منابع آبی استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از شبکه پرسپترون چند لایه و به‌منظور محاسبات از نرم‌افزار MATLAB R2015b استفاده شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که به‌ترتیب متغیرهای ارتفاع، فاصله از منابع آب، شیب، فاصله از جاده و طبقه پوشش گیاهی مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش گونه کل و بز می‌باشد. محدوده مطلوب پراکنش گونه کل و بز در پارک ملی قمیشلو در مناطق با ارتفاع بیش‌تر از ۲۲۰۰ متر می‌باشد که مساحت مناطق مطلوب برای زیستگاه این گونه در حدود ۳۹۸۲ هکتار از کل مساحت منطقه می‌باشد که ۱۲/۳٦ درصد از منطقه را شامل می‌شود.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، کل و بز، شبکه عصبی مصنوعی، ANN

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

مقدمه

تعیین وضعیت پراکنش گونه‌های حیات‌وحش و وضعیت زیستگاه‌های آن‌ها از اهمیت به‌سزایی در مدیریت حیات‌وحش و زیستگاه‌ها برخوردار می‌باشد. از مشکلات اساسی در شناسایی زیستگاه‌های حیات‌وحش مشکل زمان و بودجه قابل دسترس می‌باشد. برهمین اساس مدل‌سازی زیستگاه، که از سال ۱۹۷۰ در امر مدیریت حیات‌وحش مورد استفاده قرار گرفته است، امری ضروری است (Anderson و همکاران، ۲۰۰۰؛ Mack و همکاران، ۱۹۹۷). رویکرد موثر به‌منظور حفاظت از محیط زیست و زیستگاه گونه‌ها، استفاده از مدل‌های مطلوبیت زیستگاه می‌باشد، که به آن‌ها مدل‌های پراکنش گونه (Species Distribution Models=SDMs) نیز گفته می‌شود (Bangs و همکاران، ۲۰۰۵). مدل‌های پراکنش گونه‌ای رابطه بین توزیع گونه‌ها و عوامل محیطی را ارزیابی می‌کنند و درک بهتری از مدیریت و سیاست‌های آینده ارائه می‌دهند (Elith و Leathwick، ۲۰۰۸؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۷). اساس کار این مدل‌ها، کمی کردن روابط بین توزیع گونه و محیط زنده و غیرزنده است (Rushton و همکاران، ۲۰۰۴). با استفاده از این مدل‌ها می‌توان به یک تخمین مناسب در مقیاس وسیع از مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات وحش، بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از جزییات ویژگی‌های فیزیولوژی و رفتار گونه دست یافت (Morrison و همکاران، ۱۹۹۹). در واقع نتایج حاصل از روش‌های مدل‌سازی زیستگاه، شرایط بالقوه حضور گونه را معرفی می‌کنند (McShea و همکاران، ۱۹۹۷؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۵). امروزه برای مدل‌سازی زیستگاه از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود. این مدل‌ها به دودسته مدل‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور و هم‌چنین مدل‌های وابسته به داده‌های فقط حضور تقسیم‌بندی می‌شوند (وارسته و ماهینی، ۱۳۹۰).

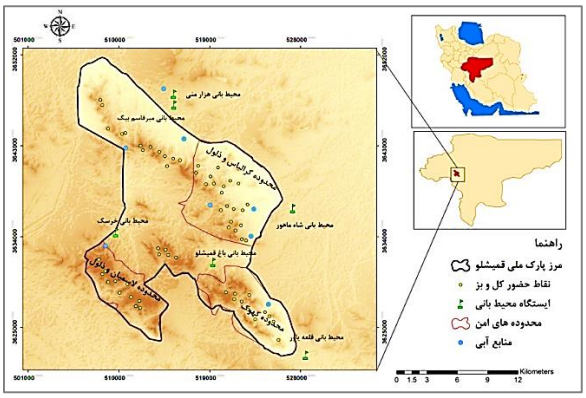
کل و بز (*Capra aegagrus*) گونه‌ای متعلق به خانواده Bovidea است که شاخص‌ترین پستاندار مناطق کوهستانی کشور می‌باشد (Ziaie، ۲۰۰۸). جمعیت این گونه به‌دلیل تخریب زیستگاه ، شکار غیرقانونی و چرای بیش از حد دام‌های اهلی حتی در مناطق حفاظت شده کشور و در سطح بین‌المللی کاهش یافته است (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Morovati و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات متعددی در مورد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه این گونه انجام شده است. فراشی و همکاران (۱۳۸۷)، با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی با استفاده از ۷ متغیر محیطی به مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) در پارک ملی کلاه قاضی اصفهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، زیستگاه مطلوب بز و پازن در ارتفاعات و شیب‌های بیش‌تر از ۳۰ درصد به‌خصوص مناطق صخره‌ای و تا حدودی نیز در جامعه‌های گیاهی *Convolvulus leiocalycinus*، *Ebenus stellate*، *Stipa* spp. می‌باشد. سرهنگ‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، مطلوبیت زیستگاهی کل و بز را در منطقه حفاظت شده کوه بافق با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی و ۸ متغیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که در فصل زمستان مؤلفه‌های منابع آب، شیب، مناطق صخره‌ای، پوشش گیاهی، جهت جغرافیایی و عوامل انسانی نقش بسیار مهمی در تعیین مناسب بودن زیستگاه این گونه دارد. رنجبر و همکاران (۱۳۹۵)، مطلوبیت زیستگاه کل و بز را در پارک‌ملی کلاه‌قاضی به‌روش ماکزیمم آنتروپی بررسی کردند. متغیرهای ارتفاع، فاصله تا آبشخور، فاصله تا مناطق مسکونی و فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی به‌عنوان با اهمیت‌ترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه در این مطالعه شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی، مدل‌سازی زیستگاه کل و بز را در شرق ایران انجام دادند. در این مطالعه از ۱۵ متغیر زیستگاهی استفاده شد که نتایج نشان داد فاصله از مناطق حفاظت شده و رودخانه‌ها به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر در توزیع این گونه می‌باشند. حسینی و همکاران (۱۳۹۶) ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کل و بز در استان گلستان، با استفاده از روش حداکثر آنتروپی و در طی دو فصل انجام دادند. نتایج نشان‌داد که سه عامل شیب، ارتفاع و پوشش گیاهی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار این گونه در گلستان می‌باشد. Naderi و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی مطلوبیت زیستگاه این گونه در منطقه حفاظت شده آق داغ با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک پرداختند. نتایج نشان داد ویژگی‌های توپوگرافی ازجمله شیب و ارتفاع در انتخاب زیستگاه کل و بز نقش اساسی دارد. اطلاعات مربوط به مدل‌سازی زیستگاه، به‌عنوان یک‌ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری برای حیوانات تهدید شده می‌باشد. خروجی این مدل‌ها که به‌صورت نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه می‌باشد کاربردهای بسیاری در اقدامات حفاظتی نظیر تعیین اولویت‌های مکانی حفاظتی، پیش‌بینی نتایج انتقال گونه‌ها، بررسی پراکنش گونه‌های مهاجم و تعیین مرز مناطق یافته است. از طرفی شناخت عوامل موثر بر انتخاب زیستگاه و آگاهی از ویژگی‌های زیستگاهی که برای زیست‌مندی یک گونه حیاتی است، اطلاعات مهمی را در اختیار مدیران مناطق قرار می‌دهد. یکی از این ابزارهای مدل‌سازی، شبکه‌عصبی‌مصنوعی (Artificial neural network=ANN) می‌باشد که امروزه به ابزار مهمی برای حل مسائل غیرخطی پیچیده تبدیل شده است (Guven و همکاران، ۲۰۱۵) و می‌تواند به تصمیم‌گیران در مدیریت محیط زیست کمک کند (Jahani و همکاران، ۲۰۱۶). اما مطالعات محدودی در مورد پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها به‌خصوص گونه کل و بز با این مدل صورت گرفته است. براساس اعلام اتحادیه جهانی حفاظت از حیات وحش و منابع طبیعی از

میان گونه‌های مهره‌داران در ایران، کل و بز جزء طبقه گونه‌های آسیب‌پذیر می‌باشد (IUCN، ۲۰۱۷). کمبود اطلاعات زیستگاهی در برخی مناطق مانع حفظ این گونه آسیب‌پذیر می‌شود. در پارک ملی قمیشلو، کل و بز از پستاندارن شاخص مناطق صخره‌ای می‌باشد و نقش بسیار مهمی در اکوسیستم‌های کوهستانی این منطقه، به‌عنوان تنها علف‌خوار مناطق صعب العبور کوهستانی دارد. از این‌رو هدف از این مطالعه، ارزیابی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه کل و بز با استفاده از متغیرهای محیط‌زیستی به‌روش شبکه‌عصبی مصنوعی جهت تعیین بهترین پراکنش گونه کل و بز و هم‌چنین تعیین موثرترین متغیرها در منطقه قمیشلو اصفهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه: پارک ملی قمیشلو در استان اصفهان و در ۴۵ کیلومتری شمال‌غرب شهر اصفهان قرار دارد. مختصات جغرافیایی این منطقه بین ″۵۹۸ ′۰۳ °۵۱ تا ″۳۲ ′۱۷ °۵۱ طول شرقی و ″۲۰ ′۴۴ °۳۲ تا ″۹ ′۰۰ °۳۳ عرض شمالی است و مساحت آن، ۳۰۰۶۰ هکتار می‌باشد. پارک ملی قمیشلو در منطقه استپی از ناحیه بزرگ و رویشی ایرانی و تورانی قرار دارد که ۳۸ گونه پستاندار، ۸۱ گونه پرنده، ۳۱ گونه خزنده و ۲ گونه دوزیست در منطقه حضور دارند. این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.حداقل ارتفاع پارک ملی قمیشلو ۱۹۰۰ متر از سطح دریا در شمال‌غربی و بیش‌ترین ارتفاع آن ۲۷۴۰ متر از سطح دریا در جنوب‌غربی منطقه می‌باشد.زیستگاه‌های کوهستانی و برف‌گیر در منطقه قمیشلو، به‌دلیل برف‌گیر بودن و سپری نمودن زمستان‌های سرد از آب و هوای معتدل در تابستان برخوردارند و هم‌چنین دارای بخش‌های صخره‌ای و شیب‌دار می‌باشند که شرایط مطلوبی برای حضور کل و بز به‌وجود آورده است (طرح مدیریت قمیشلو، ۱۳۹۲).

بازدید میدانی: به‌منظور بررسی نقاط حضور گونه کل و بز از روش مشاهده مستقیم و غیرمستقیم شامل مشاهده سرگین و ردپا استفاده شد. با توجه به معرفی مناطقی از سوی محیط‌بانان منطقه به منظور حضور گونه کل و بز، محدوده‌های معرفی شده از طریق نقشه راه‌های دسترسی، مسیرهای احتمال حضور کل وبز، طی بازدید میدانی در پارک ملی قمیشلو مورد بررسی قرار گرفت. بازدید میدانی در یک دوره دوماهه (اواخر فروردین تا اواخر خرداد ماه) سال ۱۳۹۶ صورت پذیرفت. نمونه‌برداری در ۳ محدوده امن کرالیاس و ذلول، محدوده امن کهوک و محدوده امن لاسمیان و ذلول پارک ملی قمیشلو به گونه‌ای صورت گرفت که، به محض مشاهده مستقیم یا غیرمستقیم از طریق ردپا یا سرگین کل و بز، توسط GPS، مختصات جغرافیایی گونه به‌عنوان نقطه حضور گونه ثبت گردید که طی بازدید انجام شده تعداد ۶۱ نقطه حضور به ثبت رسید (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و محدوده پارک ملی قمیشلو

متغیرهای محیط زیستی: متغیرهای محیط زیستی موثر بر پراکنش زیستگاه گونه، با مطالعه پژوهش‌های انجام شده از عواملی که بیش‌ترین تاثیر را در تامین نیازهای زیستگاهی گونه کل و بز دارند، مشخص شدند (فراشی و همکاران، ۱۳۸۷؛ سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ رنجبر و همکاران ۱۳۹۵؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش به‌منظور مدل‌سازی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه کل و بز از متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، تراکم پوشش گیاهی، شیب، فاصله از منابع آبی و فاصله از جاده‌ها استفاده شد.نقشه‌های توپوگرافیکی منطقه شامل شیب و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis 10.2 در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. نقشه تراکم پوشش گیاهی و مناطق صخره‌ای از نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه تهیه شد. نقشه فاصله از منابع آبی و فاصله از جاده‌ها در مدل‌سازی زیستگاه توسط ابزار Distance در نرم‌افزار Arc Gis 10.2 از نقشه‌های آبشخورها و جاده‌های پارک ملی قمیشلو تهیه گردید.

مدل‌سازی: هدف از این مطالعه، ارزیابی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه کل و بز با استفاده از متغیرهای محیط‌زیستی به‌روش شبکه عصبی مصنوعی جهت تعیین بهترین پراکنش گونه کل و بز و هم‌چنین تعیین موثرترین متغیرها در منطقه قمیشلو اصفهان می‌باشد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از شبکه پرسپترون چندلایه و برای تدوین مدل شبکه‌عصبی مصنوعی و انجام محاسبات از نرم‌افزار MATLAB R2015b استفاده شد. یکی از ساده‌ترین و درعین حال کارآمدترین چیدمان‌های پیشنهادی برای استفاده در مدل‌سازی عصب‌های واقعی، مدل پرسپترون چندلایه یا به‌اختصار MLP می‌باشد که از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل یافته است. به‌منظور مدل‌سازی ارزیابی زیستگاه کل و بز پارک ملی قمیشلو، مشخصه‌های منتخب شامل فاصله از منابع آبی، فاصله از متغیرهای انسان‌ساخت و متغیرهای

توپوگرافیکی به‌عنوان ورودی‌های شبکه عصبی و چگونکی پراکنش گونه کل و بز به‌عنوان خروجی جهت مدل‌سازی درنظر گرفته شد. از آن‌جا که پارامترهای اندازه‌گیری شده از ابعاد یکسانی برخوردار نمی‌باشند، برای یکسان‌سازی آن‌ها از روش نرمال‌سازی داده‌ها بین صفر و یک استفاده شد (Mahmoudabadi و Seyedhosseini، ۲۰۱۲). بعد از نرمال‌سازی داده‌های ورودی و خروجی اقدام به انتخاب نوع شبکه گردید. در مرحله بعد داده‌های در دسترس به نسبت ۶۰، ۲۰ و ۲۰ ٪ و به‌روش تصادفی به سه مجموعه آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تقسیم شدند. لایه خروجی شامل دو نورون است که همان حضور و عدم حضور گونه هاست. در لایه میانی نیز برای تعیین بهترین ساختار شبکه عصبی، تعداد زیادی شبکه با ساختار مختلف و با تغییر پارامترهای قابل تنظیم (تابع انتقال، قانون یادگیری، تعداد لایه میانی، تعداد نورون میانی) ساخته و اجرا شدند. بهینه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی به‌منظور مشخص نمودن تعداد نرون و لایه‌های پنهان و نوع توابع فعال‌سازی، جهت تعیین بهترین توپولوژی به‌دلیل عدم وجود معیار قابل قبول، عموماً براساس آزمون و خطا جهت تعیین بهترین ساختار شبکه عصبی با بالاترین دقت استفاده می‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۶؛ جهانی، ۱۳۹۴). بهترین ساختار شبکه با کم‌ترین تعداد نرون از ۴ تا ۳۰ عدد و تعداد لایه‌های مخفی متفاوت با هدف حداقل نمودن میزان خطا تعیین گردید. به‌منظور به‌دست آوردن بهترین ساختار شبکه با تعداد نرون مناسب، افزایش تعداد نرون‌ها تا زمانی ادامه داشت که بعد از تعداد نرون مشخصی، بهبودی در میزان خطا دیده نشد. هم‌چنین به‌منظور تعیین بهترین ساختار و توپولوژی شبکه، تعداد لایه‌های مخفی متفاوت و هم‌چنین توابع فعال‌سازی متفاوتی از جمله توابع خطی، تانژانتی و هم‌چنین الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا (لونبرگ مارکوارت (LM)) استفاده شد (روابط ۱ تا ۳).

جدول ۱ : معرفی، منبع و علت انتخاب فاکتورهای زیستی

فاکتورهای محیطی	واحد متغیر	علت انتخاب پارامتر	منبع داده
ارتفاع	متر	تاثیر مستقیم بر شرایط اقلیمی، فیزیوگرافی و عدم دسترسی صیادان	خطوط منحنی میزان
شیب	درصد (٪)	تاثیر مستقیم شیب بر روی انتخاب زیستگاه در مواقع خطر	ساخته شده از مدل رقومی ارتفاعی
پوشش گیاهی	درصد (٪)	مشخص نمودن تراکم پوشش گیاهی و استتار کل و بز	نقشه کاربری اراضی منطقه
فاصله از جاده	متر	تاثیر جاده بر فرار گونه به‌دلیل انسان گریز بودن	نقشه کاربری اراضی منطقه
فاصله از منابع آبی	متر	فاکتور تاثیرگذار بر توزیع کل و بز منطقه	نقشه کاربری اراضی منطقه

رابطه ۱ $tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$

رابطه ۲ $tansig(x) = \frac{۲}{[۱+\exp(-۲x_j)]-۱}$

رابطه ۳ $Purelin(x) = f(\mathrm{x}) = \mathrm{x}$

پس از بررسی و انتخاب بهترین مدل براساس آزمون و خطا، توسط توابع مورد استفاده، به تفسیر مطلوبیت زیستگاه براساس بهترین مدل پرداخته شد.

ارزیابی عملکرد مدل: به‌منظور ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی (صحت مدل)، از سه شاخص آماری مختلف استفاده شد. میانگین مربعات خطا (MSE=Mean Squared Error)، جذر متوسط مربعات خطا (RMSE=Root Mean Squared Error)، میانگین خطای مطلق (MAE =Mean Absolute Error) و ضریب دقت برای سه مجموعه آموزش، آزمون و اعتبارسنجی محاسبه گردید (روابط ۴ تا ۶):

رابطه ۴ $MSE = \frac{\sum_{i=۱}^{n}(Oi-Pi)^۲}{n}$

رابطه ۵ $MAE = \frac{۱}{n}\sum_{i=۱}^{n}|Oi - Pi|$

رابطه ۶ $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=۱}^{n}(Oi-Pi)^۲}{n}}$

که در این روابط: Oi: داده اندازه‌گیری‌شده، Pi: داده پیش‌بینی‌شده، Oave: میانگین داده‌های اندازه‌گیری‌شده، Pave: میانگین داده‌های پیش‌بینی‌شده و n: تعداد داده‌ها است.

آنالیز حساسیت مدل ارزیابی پراکنش گونه کل و بز برای تعیین مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در مرحله نهایی انجام پذیرفت. در واقع، آنالیز حساسیت متشکل از مطالعه تاثیرپذیری عدم قطعیت در متغیرهای خروجی به عدم قطعیت در متغیرهای ورودی یک مدل آماری با منابع مختلف می‌باشد (Saltelli و همکاران، ۲۰۰۸). لذا خروجی حاصل از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، اولویت‌بندی متغیرهای تاثیرگذار در پراکنش گونه کل و بز جهت بالابردن دقت مدل‌سازی می‌باشد. جهت تعیین حساسیت خروجی شبکه نسبت به هریک از متغیرهای مدل، اقدام به ثابت نگه‌داشتن تمام متغیرها برابر با میانگین آن‌ها شد و متغیر مورد نظر در دامنه انحراف معیار، که این محدوده را به ۵۰ قسمت تقسیم نموده زیرا ۹۵٪ از داده‌ها در این قسمت می‌باشد، سپس با پیش‌بینی و شبیه‌سازی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه، انحراف معیار خروجی‌های مدل محاسبه شد. این روش برای تک‌تک متغیرهای ورودی، و هم‌چنین برای حساسیت نتایج مدل به تک‌تک ورودی‌ها

انجام‌شد. در نهایت به‌منظور تهیه نقشه خروجی از مدل‌سازی پراکنش گونه کل و بز با استفاده از ابزار splus در نرم‌افزار IDRISI خروجی مدل به‌صورت نقشه پیوسته تهیه شد و در نرم‌افزار Arc Gis 10.2 به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم‌بندی شد.

نتایج

متوسط هریک از متغیرها در قالب ماتریس ورودی در روش مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۲ ارائه شده است.

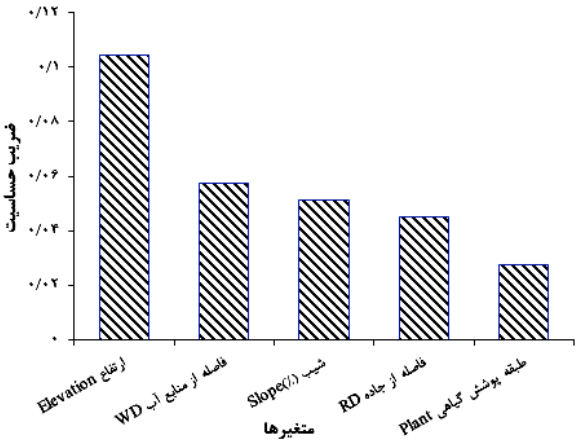
جدول ۲ : میانگین متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

گونه	متغیر ورودی (Input vairable)	میانگین ± اشتباه معیار (Mean± Standard error)
Cappra	فاصله از جاده‌ها	۰/۰۰۵ ± ۹/۸۲*۱۰-۵
	فاصله از منابع آبی	۰/۰۳۵ ± ۴*۱۰-۴
	ارتفاع	۷/۱۹ ± ۰/۰۰۸
	طبقات پوشش گیاهی	۱/۳۹ ± ۰/۰۱۴
	شیب	۲/۲۲ ± ۰/۰۲۶

در این پژوهش، ترکیبی از لایه‌ها و نرون‌های مختلف به‌همراه توابع فعال‌سازی (لایه‌های پنهان و خروجی) برای بهینه‌سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. پس از آزمون شبکه‌های حاصل از ساختارهای گوناگون، بهترین نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه عصبی به‌دست آمد که در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج مدل‌سازی، میزان ضریب دقت و حداقل مجذور مربعات خطا در چهار دسته داده آموزش، اعتبار سنجی، آزمون و کل را برای ۴ مدل با ساختار شبکه متفاوت را نشان می‌دهد. طبق نتایج شبکه‌های آموزش داده شده در جدول ۳، مدل شماره ۴، با ۳ لایه پنهان و ۷ نورون در هر لایه و با تابع تانژانت سیگموید در هر سه لایه با توجه به بیش‌ترین ضریب دقت و کم‌ترین مجذور مربعات خطا به‌عنوان بهترین ساختار شبکه شناسایی شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد با افزایش تعداد لایه‌های مخفی تا سه لایه و هم‌چنین تعداد نرون‌های هر لایه تا ۷ نرون دقت بالاتر رفته و خطا کاهش یافته است.

بیش‌ترین دقت در اکثر مدل‌ها مربوط به کل داده‌ها و داده‌های اعتبارسنجی و کم‌ترین دقت مربوط به آزمون داده‌ها می‌باشد. ضریب دقت کل داده‌های مدل ۴، برابر ۹۷/۳٪ می‌باشد که نشان‌دهنده سطح بالای دقت مدل‌سازی می‌باشد. بر این اساس نتایج حاصل از آنالیز حساسیت برای مدل شماره ۴ محاسبه شد. براساس نتایج آنالیز حساسیت ارتفاع، فاصله از منابع آب، شیب، فاصله از جاده و طبقه پوشش گیاهی به‌ترتیب بیش‌ترین تاثیر را در پراکنش بالقوه گونه کل و بز را نشان داده‌اند، لذا به بررسی نتایج روند تغییرات پراکنش زیستگاه برحسب متغیرهای مذکور پرداخته می‌شود (شکل ۲).

روند پراکنش بالقوه زیستگاه کل و بز برحسب ارتفاع در شکل۳ نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع در منطقه، احتمال حضور گونه کل و بز به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد، پراکنش زیستگاه گونه برحسب فاصله از منابع آبی در شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از منابع آبی در منطقه، حضور گونه به‌صورت خطی کاهش می‌یابد.

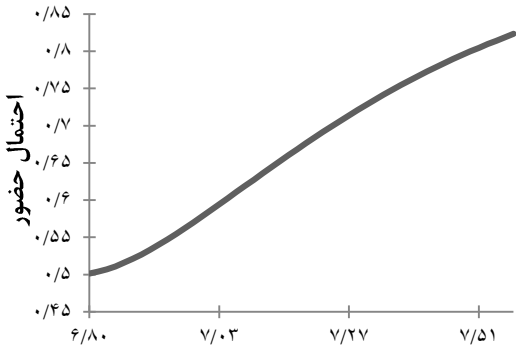


شکل ۲: ضریب تاثیرگذاری متغیرهای کاربردی در پیش‌بینی پراکنش گونه کل و بز

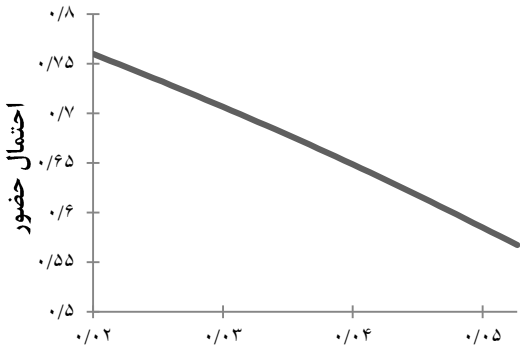
پراکنش زیستگاه بالقوه گونه برحسب تغییرات شیب در شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش شیب احتمال حضور گونه در مناطق با شیب بیش‌تر به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد، پراکنش گونه برحسب تغییرات فاصله از جاده‌ها در شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از جاده‌ها احتمال حضور گونه به‌صورت خطی افزایش یافته است و در نهایت پراکنش گونه کل و بز بر حسب تغییرات طبقات پوشش گیاهی در شکل ۷ نشان می‌دهد که احتمال حضور گونه در مناطق صخره‌ای نسبت به مناطق با پوشش گیاهی متوسط به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد.

جدول ۳: نتایج اجرای شبکه عصبی بهینه طراحی شده

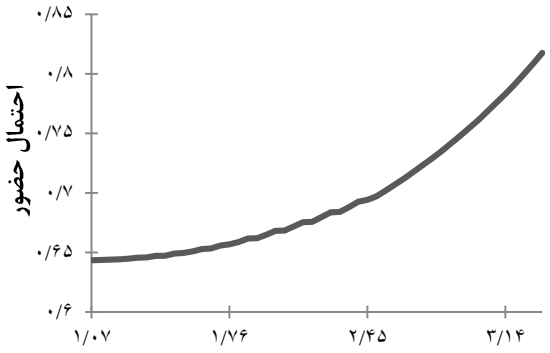
مدل	توابع شبکه	تعداد نرون	دوره یادگیری	داده‌ها	MAE	MSE	RMSE	ضریب دقت(٪)
۱	Tansig	۵	۳۰۰	آموزش (Training)	۰/۰۴۶۵	۰/۰۲۸۹	۰/۱۷	۹۶/۵
				اعتبارسنجی (Validation)	۰/۰۴۹۵	۰/۰۳۱۶	۰/۱۸	۹۶/۵
				آزمون (Test)	۰/۰۵۷۷	۰/۰۳۸۶	۰/۱۹	۹۴/۵
				کل (All)	۰/۰۴۹۳	۰/۰۳۱۴	۰/۱۸	۹۶/۱
۲	Purelin - Purelin	۹ – ۹	۳۰۰	آموزش (Training)	۰/۰۶۰۲	۰/۰۳۰۹	۰/۱۸	۹۶/۲
				اعتبارسنجی (Validation)	۰/۰۶۱۲	۰/۰۳۰۵	۰/۱۷	۹۶/۵
				آزمون (Test)	۰/۰۷۸۱	۰/۰۴۱۴	۰/۲۰	۹۴/۹
				کل (All)	۰/۰۶۱۲	۰/۰۳۲۹	۰/۱۸	۹۶
۳	Tansig - Tansig	۹ – ۹	۳۵۱	آموزش (Training)	۰/۰۵۲۸	۰/۰۲۸۲	۰/۱۶	۹۶/۵
				اعتبارسنجی (Validation)	۰/۰۶۰۱	۰/۰۳۰۷	۰/۱۷	۹۶/۵
				آزمون (Test)	۰/۰۶۳۳	۰/۰۴۱۵	۰/۲	۹۵/۳
				کل (All)	۰/۰۵۶۳	۰/۰۳۰۲	۰/۱۷	۹۶/۲
۴	Tansig - Tansig - Tansig	۷-۷-۷	۴۱۰	آموزش (Training)	۰/۰۳۷۹	۰/۰۲۵۱	۰/۱۵	۹۶/۷
				اعتبارسنجی (Validation)	۰/۰۳۹۴	۰/۰۲۶۶	۰/۱۶	۹۶/۹
				آزمون (Test)	۰/۰۵۹۱	۰/۰۴۰۴	۰/۲	۹۵/۵
				کل (All)	۰/۰۴۱۲	۰/۰۲۵۸	۰/۱۶	۹۶/۳
۵	Tansig - Tansig - Purelin	۷-۷-۷	۴۴۵	آموزش (Training)	۰/۰۴۹۷	۰/۰۲۸۱	۰/۱۶	۹۶/۵
				اعتبارسنجی (Validation)	۰/۰۵۷۶	۰/۰۳۲۱	۰/۱۷	۹۶/۱
				آزمون (Test)	۰/۰۶۴۴	۰/۰۳۹۳	۰/۱۹	۹۴/۹
				کل (All)	۰/۰۵۴۲	۰/۰۳۱۱	۰/۱۷	۹۶/۱



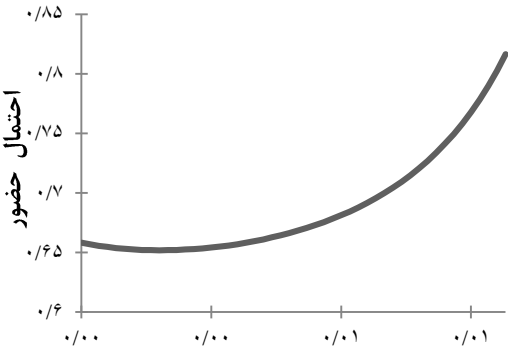
شکل ۳: نمودار پاسخ به تغییرات ارتفاع از سطح دریا



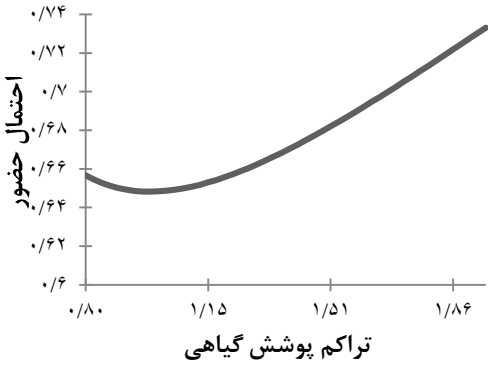
شکل ۴: نمودار پاسخ به تغییرات فاصله از منابع آب



شکل ۵: نمودار پاسخ به تغییرات شیب

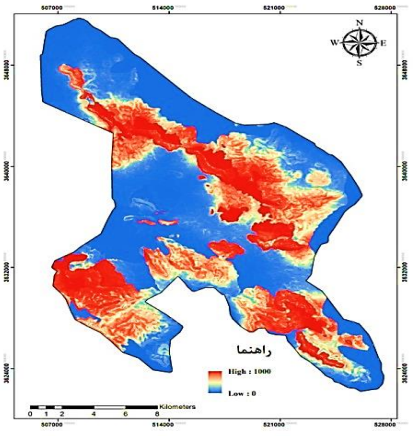


شکل ۶: نمودار پاسخ به تغییرات فاصله از جاده

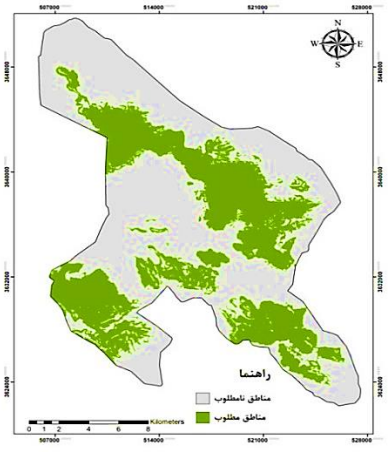


شکل ۷: نمودار پاسخ به تغییرات تراکم پوشش گیاهی

شکل ۸ (الف) مطلوبیت زیستگاه کل و بز را براساس متغیرهای به‌کاررفته‌در این تحقیق نشان می‌دهد. شکل ۸ (ب)، نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت‌زیستگاه کل و بز را نشان می‌دهد. براین‌اساس حدود ۱۲/۳۶٪ مساحت منطقه مطالعاتی جز طبقه مطلوب زیستگاهی قرار دارد که معادل ۳۹۸۲ هکتار از وسعت منطقه را شامل می‌شود.



الف



ب

شکل ۷ : نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز

بحث

این مطالعه مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه را با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی برای پارک ملی قمیشلو ارائه می‌دهد. نتایج مدل‌سازی مطلوبیت‌زیستگاه کل و بز نشان داد که عامل ارتفاع اهمیت بسیاری در انتخاب زیستگاه گونه مورد نظر دارد. نتایج مطالعات مشابه نیز (فراشی و همکاران، ۱۳۸۹؛ سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۶) موید آن است که پراکنش کل و بز به شدت تحت تاثیر مناطق مرتفع قرار دارد. اما نتایج انصاری و همکاران (۱۳۹۲) در استان مرکزی نشان داد متغیر ارتفاع در مدل‌سازی کل و بز کم اهمیت‌ترین متغیر می‌باشد. براساس نمودارهای پاسخ گونه کل و بز، ارتفاعات مطلوب این گونه بین ۱۹۰۰ تا ۲۶۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. در گلستان (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶) ارتفاع مطلوب این گونه بین ۱۷۰۰ تا بیش از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا، در پناهگاه حیات

وحش موته (ملکی و همکاران، ۱۳۸۶) ۱۹۰۰-۱۷۰۰، در پارک ملی کلاه قاضی(فراشی و همکاران، ۱۳۸۹)و پناهگاه حیات‌وحش‌دره انجیر (Morovati و همکاران، ۲۰۱۴) ۱۹۰۰-۲۳۰۰ متر از سطح دریا گزارش شده است. تحقیقات Naderi و همکاران (۲۰۱۳)، Shams (۲۰۱۰)، Kie و همکاران (۲۰۰۲) و Gross و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داد که این گونه از زمین‌های پست و دشتی گریزان است.

بررسی‌ها نشان داد در منطقه خشک و نیمه‌خشکی چون پارک ملی قمیشلو، آب بعد از متغیر ارتفاع در درجه بعدی اولویت برای کل و بز قرار دارد، به‌طوری‌که فاصله از آبشخورها موجب کاهش احتمال حضور این گونه خواهد شد و اثر منفی بر روی انتخاب زیستگاه گونه داشته است. زیرا در این فصل از سال در منطقه قمیشلو دما رو به افزایش است و نیازهای فیزیولوژیک گونه نظیر زایمان و مراقبت بزغاله‌ها منجر به افزایش نیاز او به منابع آبی شده است. نتایج Naderi و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه حفاظت شده آق داغ استان اردبیل نیز با وجود شرایط آب و هوایی متفاوت، رنجبر و همکاران (۱۳۹۲) در پارک ملی کلاه قاضی، Morovati و همکاران (۲۰۱۴) در پناهگاه حیات وحش دره انجیر با این موضوع هم‌خوانی دارد.

نتایج نشان داد مناطق با شیب‌های بیش از ۲۰٪ برای این گونه مطلوب می‌باشد. این امر به‌علت سازگاری گونه به نواحی صخره‌ای شیب‌دار و رفتار او برای گریز از طعمه‌خواران می‌باشد (Alados و Escos، ۱۹۸۸). محدوده مطلوبیت شیب در پناهگاه حیات وحش دره انجیر (Morovati و همکاران، ۲۰۱۴) ۰ تا ۶۴٪ و در پارک ملی کلاه قاضی (فراشی و همکاران، ۱۳۸۹) بیش از ۳۰٪ می‌باشد. در استان مرکزی (انصاری و همکاران، ۱۳۹۲) نیز بیش‌ترین تاثیرگذاری مربوط به شیب ۲۰٪ می‌باشد.

نتایج گویای این است که مناطق صخره‌ای مطلوبیت زیستگاه این گونه را در پارک ملی قمیشلو افزایش داده است. نواحی اطراف مناطق صخره‌ای دراین پارک ملی بیش‌تر دارای تیپ گیاهی *Astragalus* spp هستند که این مناطق براساس نقشه نهایی شبکه عصبی (شکل ۸)، مطلوب نشان داده شده است. نتایج فراشی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد مطلوبیت زیستگاه کل و بز در پارک ملی کلاه قاضی وابسته به مناطق صخره‌ای و گیاهان غالبی چون *Stipa* spp، *Convolvulus leiocalycinus*، *Ebenus stellate* می‌باشد. هم‌چنین نتایج فرهمند (۱۳۸۰) نیز وابستگی این گونه را به مناطق صخره‌ای تایید می‌کند و دراولویت بعدی این‌گونه را وابسته به تیپ گیاهی *Artemisia aucheri* در پارک ملی کلاه قاضی معرفی می‌کند. درکوه بافق نیز وجود تیپ‌های درمنه کوهی، درمنه- قیچ و تیپ ارس- بادام کوهی در گزینش زیستگاه و مطلوبیت آن توسط گونه مورد مطالعه تأثیر مثبت دارد.

مطابق با نتایج سرهنگ‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) در کوه بافق، این گونه زیستگاه خود را در مناطقی انتخاب می‌کند که از جاده دور باشد و با افزایش فاصله از جاده مطلوبیت زیستگاه بیش‌تر شده است. این موضوع به نوعی با امنیت گونه در فصل بهار در ارتباط است. اما نتایج رنجبر و همکاران (۱۳۹۵) گویای این است که افزایش فاصله از مسیرهای منطقه، تاثیر منفی بر روی مدل‌سازی زیستگاه این گونه داشته است.

به‌طورکلی در مقایسه با پژوهش‌های صورت گرفته گونه کل و بز و براساس ضریب حساسیت حاصل از متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه، مناطق صخره‌ای شیب‌دار به شرط وجود منابع آبی برای این گونه بسیار مهم است. این امر با فیزیولوژی و هم‌چنین انتخاب زیستگاه مناسب توسط گونه کل و بز مطابقت دارد (Acevedo و همکاران، ۲۰۰۷). اما وابستگی این گونه به تیپ‌های گیاهی در هر منطقه متفاوت است. حدود ۱۲/۳۶٪ مساحت منطقه مطالعاتی جزو طبقه مطلوب زیستگاهی برای این گونه قرار دارد.

توسعه مدل شبکه عصبی مصنوعی در منطقه مورد مطالعه در حفظ و مدیریت گونه بسیار مفید خواهد بود. براساس نتایج این مدل، مناطق مهم و حیاتی برای گونه کل و بز در منطقه شناسایی شده است. این امر می‌تواند باعث جلوگیری از عوامل تهدید این گونه برای مثال شکار غیرقانونی و رقابت برای غذا توسط دام‌های اهلی به خصوص در فصول تولیدمثل شود.

تشکر و قدردانی

ازسرکارخانم‌مهندس فرزانه کرمانی به پاس همکاری‌های صورت گرفته صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. **انصاری، ا.؛ کرمی، م.؛ رضایی، ح. و ریاضی، ب.، ۱۳۹۳.** اثرات توسعه بر زیست بوم پازن در استان مرکزی و ارائه راهکارها. همایش ملی زیست‌بوم و توسعه. استان مرکزی، اراک.

۲. **جهانی، ع.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی آشفتگی انبوهی جنگل در ارزیابی محیطی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۲۴ شماره ۲، صفحات ۳۱۰ تا ۳۲۲.

۳. **حسینی، م.؛ ریاضی، ب.؛ شمس‌اسفندآباد، ب. و نادری، م.، ۱۳۹۶.** ارزیابی زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در استان گلستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۲، صفحات ۹ تا ۱۶.

۴. **حسینی، م.؛ فراشی، آ.؛ فرهادی‌نیا، م.ص. و خانی، ع.، ۱۳۹۶.** مدل‌سازی زیستگاه گونه کل و بز (*Capra aegagrus*) با استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی در شرق ایران. اولین همایش بین‌المللی پژوهش و پیشرفت در علوم زمین.

۵. **رضایی، ع.؛ مهدوی، م.؛ لوکس، ک.؛ فیض‌نیا، س. و مهدیان، م.ح.، ۱۳۸۶.** مدل‌سازی منطقه‌ای دبی‌های اوج در زیرحوزه‌های آبخیز سد سفیدرود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۲۵ تا ۳۹.

۶. **رنجبر، ن.؛ همامی، م.ر.؛ ترکش، م. و شاهقلیان، ج.، ۱۳۹۵.** ارزیابی فصلی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی (*Capra aegagrus*) در مناطق کوهستانی پارک ملی کلاه قاضی به‌روش حداکثر آنتروپی. بوم‌شناسی کاربردی. سال ۵، شماره ۱۶. صفحات ۲۳ تا ۳۶.

۷. **فراشی، آ.؛ کابلی، م. و مومنی، ا.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پاژن (*Capra aegagrus*) به‌کمک‌روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۳، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۳.

۸. **فرهمند، م.، ۱۳۸۰.** بررسی عوامل موثر در توزیع زوج سمان در پارک ملی کلاه قاضی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران. ۱۲۰ صفحه.

۹. **گزارش‌های طرح مدیریت قمیشلو. ۱۳۹۲.** سازمان حفاظت محیط زیست.

۱۰. **گنجعلی، س.؛ حاجی‌زاده، ا.؛ قاسمی، ح.؛ حسینی‌قمی، م.؛ غنی‌پور، م. و بهزادیان، ش.، ۱۳۹۴.** بررسی تغییرات تراکم جمعیت کل و بز (*Capra aegagrus*) در سه حوزه سرشماری منطقه حفاظت شده ارسباران. مجله محیط‌زیست جانوری. دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۲۱ تا ۲۸.

۱۱. **وارسته‌مرادی، ح. و سلمانماهینی، ع.، ۱۳۹۰.** ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش. ترجمه جلد اول، چاپ اول، انتشارات آیینه‌نما. صفحات ۲ تا ۱۶.

۱۲. **Acevedo, P.; Cassinello, J.; Hortal, J. and Gortázar, C., 2007.** Invasive exotic aoudad (*Ammotragus lervia*) as a major threat to native Iberian ibex (*Capra pyrenaica*): a habitat suitability model approach. Diversity & Distributions. Vol. 13, No. 5, pp: 587-597.

۱۳. **Alados, C.L. and Escos, J., 1988.** Parturition dates and mother-kid behavior in Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) in Spain. Journal of mammalogy. Vol. 69, No. 1, pp: 172-175.

۱۴. **Anderson, M.C.; Watts, J.M.; Freilich, J.E.; Yool, S.R.; Wakefield, G.I.; Mccaulery, J.F. and Fahnestock, A., 2000.** Regression-tree modeling of desert tortoise habitat in the centeral Mojave Desert. Ecological application. Vol. 10, pp: 890-897.

۱۵. **Bangs, P.D.; Krausman, P.R.; Kunkel, K.E. and Parsons, Z.D., 2005.** Habitat use by female desert bighorn sheep in the Fra Cristobal Mountains, New Mexico, USA. European Journal of Wildlife Research. Vol. 51, No. 2, pp: 77-83.

۱۶. **Elith, J.; Leathwick, J.R. and Hastie, T., 2008.** A working guide to boosted regression trees. Journal of Animal Ecology. Vol. 77, No. 4, pp: 802-813.

۱۷. **Gross, J.E.; Kneeland, M.C.; Reed, D.F. Reich, R.M., 2002.** GISBased Habitat Models for Mountain Goats. Journal of Mammalogy. Vol. 83, No. 1, pp: 218-228.

۱۸. **IUCN. 2017.** IUCN red list of threatened species, from: www.iucnredlist.org.

۱۹. **Jahani, A.; Feghhi, J.; Makhdoum, M.F. and Omid, M., 2016.** Optimized forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network. Journal of Environmental Planning and Management. Vol. 59, No. 2, pp: 222-244.

۲۰. **Liu, C.; Berry, P.M.; Dawson, T.P. and Pearson, R.G., 2005.** Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distribution. Ecography. Vol. 28, pp: 385-393.

۲۱. **Mahmoudabadi, A. and Seyedhosseini, S.M., 2012.** Time risk tradeoff of hazmat routing problem in emergency situation. In Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey. pp: 344-351.

۲۲. **Maleki, S., 2007.** Study habitat factors wild sheep (Ovis orientalis isfahanica) in refuge moteh by GIS. MS.C thesis. Tehran University. 120 p.

۲۳. **McShea, W.J.; Underwood, H.B. and Rappole, J.H., 1997.** The science of overabundance: deer ecology and population management. Washington, DC. Smithsonian Institution Press. 402 p.

۲۴. **Morovati, M.; Karami, M. and Kaboli, M., 2014.** Desirable areas and effective environmental factors of wild goat habitat (*Capra aegagrus*). International Journal of Environmental Research. Vol. 8, No. 4, pp: 1031-1040.

۲۵. **Morrison, M.L.; Marcot, B.G. and Mannan, R.W., 1992.** Wildlife-habitat relationships: Concepts and applications. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.

۲۶. **Naderi, G.; Riazi, B.; Aref, N.; Khalatbrari, M.; Mohammadi, S.; Lahoot, M. and Kamran, M., 2013.** Habitat preferences of Bezoar wild goats (*Capra aegagrus*) in Agh-Dagh protected area, Iran. North-western Journal of Zoology. Vol. 9, No. 1, pp: 99-102.

۲۷. **Rushton, S.P.; Ormerod, S.J. and Kerby, G., 2004.** New paradigms for modelling species distributions? Journal of applied ecology. Vol. 41, No. 2, pp: 193-200.

۲۸. **Salas, E.A.L.; Seamster, V.A.; Boykin, K.G.; Harings, N.M. and Dixon, K.W., 2017.** Modeling the impacts of climate change on Species of Concern (birds) in South Central US based on bioclimatic variables. AIMS Environ. Sci. Vol. 4, pp: 358-385.

۲۹. **Saltelli, A.; Ratto, M.; Andres, T.; Campolongo, F.; Cariboni, J.; Gatelli, D.; Saisana, M. and Tarantola, S., 2008.** Global sensitivity analysis: the primer. John Wiley and Sons.

۳۰. **Shams, B.; Hemami, M.; Karami, M. and Riazi, B., 2010.** Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. European Journal of Wildlife Research. Vol. 55, No. 6, pp: 883-849.

۳۱. **Ziaie, H., 2008.** A field guide to mammals of Iran, 2nd edn. Wildlife Center Publication, Iran.