13 (1) 37-46, Spring 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Spatial Distribution Analysis of index Mammals in the Eshkevarat no hunting area Using the Random Forest Tree Learning Method

Zeinab Hoseinnezhad*[1], Peyman Karami [2], Hamid Goshtasb[1], Bagher Nezami Balouchi [1,3]

[1] *Department of Natural Environment Biodiversity, College of Environment, Karaj, Iran*
[2] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran*
[3] *Research group of Biodiversity & Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, RCESD, Department of Environment, Tehran, Iran*

Key Words:
Threshold
Eshkevarat no hunting area
Habitat suitability
Random forest

Abstract

Introduction: In Iran, no hunting areas are managed for maintaining the biodiversity for 3 to 5 years to join the four conservation areas managed by the Department of environment in the event of improved habitat and wildlife. Habitat suitability models can provide a rapid assessment of the status of index species as a tool. So with strong support, protection level of no hunting areas is enhanced. One of these areas with high-diversity is no hunting area of Eshkevarat. The purpose of this study was to evaluate the status of four species in the region including wild goat (*Capra aegagrus*), Roe deer (*Capreolus capreolus*), brown bear (*Ursus arctos*) and leopard (*Panthera pardus*).

Materials & Methods: For this purpose, random forest (RF) model was used and the validity of the model was evaluated by using area under curve (AUC), root mean square (RMSE) and crossed mean entropy (MXE) statistics.

Result: Model evaluation results showed that RF method has been successful in implementation. Elevation was evaluated as a factor in the suitability of bear, goat, and roe deer habitats while proximity to prey had the greatest impact on leopard distribution. The optimal habitat area for bears, leopards, roe deer and goats was 34.79%, 2.12%, 3.48% and 11.34% of the total area, respectively.

Conclusion: Spatial distribution of habitat patches of the mentioned species indicates high habitat diversity in the area, which reveals the strong role of this area in biodiversity conservation of the mentioned species and upgrading its level of protection can eliminate many of the challenges facing the area.

* Corresponding Author's email: zeinab.hoseinnejad@gmail.com
Received: 11 January 2020; Reviewed: 5 April 2020; Revised: 26 April 2020; Accepted: 7 May 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.132684

مقاله پژوهشی

تحلیل توزیع فضایی پستانداران شاخص در منطقه شکارممنوع اشکورات با استفاده از روش یادگیری درختی جنگل تصادفی

زینب حسین‌نژاد[1]*، پیمان کرمی[2]، حمید گشتاسب[1]، باقر نظامی‌بلوچی[1و3]

[1] گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران

[2] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

[3] گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

کلمات کلیدی

حد آستانه
منطقه شکارممنوع اشکورات
مطلوبیت زیستگاه
جنگل تصادفی

چکیده

مقدمه: در ایران مناطق شکارممنوع به‌منظور حفظ تنوع زیستی به‌مدت ۳ تا ۵ سال تحت مدیریت قرار می‌گیرند تا در صورت بهبود شرایط زیستگاهی و جمعیت وحوش به مناطق ٤ گانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست ملحق شوند. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه می‌توانند به‌عنوان یک ابزار، ارزیابی سریعی از وضعیت گونه‌های شاخص به‌دست دهند تا با پشتوانه قوی ارتقا درجه حفاظتی مناطق شکارممنوع انجام گیرد. منطقه شکارممنوع اشکورات با تنوع زیستگاهی بالا یکی از این مناطق است. هدف این مطالعه ارزیابی وضعیت ٤ گونه شاخص منطقه شامل کل بز(*Capra aegagrus*)، شوکا (*Capreolus capreolus*)، خرس قهوه‌ای(*Ursus arctos*) و پلنگ (*Panthera pardus*) است.

مواد و روش‌ها: در این راستا از مدل جنگل تصادفی استفاده شد و اعتبار مدل با استفاده از آماره‌های مساحت سطح زیر منحنی (AUC)، میانگین مجذور مربعات (RMSE) و میانگین آنتروپی (MXE) متقاطع ارزیابی گردید.

نتایج: نتایج ارزیابی مدل نشان داد که روش جنگل تصادفی در اجرا موفق عمل کرده است. ارتفاع یک عامل در مطلوبیت زیستگاه‌های خرس، کل و بز و شوکا ارزیابی شد درحالی‌که نزدیکی به طعمه بیش‌ترین تأثیر را بر روی توزیع پلنگ داشت. وسعت زیستگاه مطلوب برای خرس، پلنگ، شوکا و کل و بز به‌ترتیب برابر ۳٤/۷۹، ۲/۱۲، ۳/٤۸ و ۱۱/۳٤ درصد از کل منطقه است.

نتیجه‌گیری و بحث: توزیع فضایی لکه‌های زیستگاهی گونه‌های مذکور حاکی از وجود تنوع زیستگاهی بالا در منطقه است که نقش پررنگ این منطقه را در حفاظت از تنوع زیستی گونه‌های شاخص مذکور آشکار می‌کند و ارتقاء درجه حفاظتی آن می‌تواند بسیار از چالش‌های پیش روی منطقه را حذف کند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zeinab.hoseinnejad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۱ دی ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۱۷ فروردین ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۷ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.132684

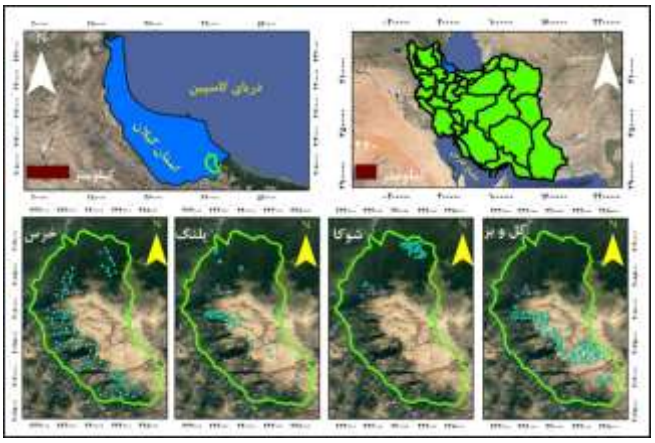
مقدمه

کاهش تلفات تنوع‌زیستی و حفظ ارزش‌های طبیعی از استراتژی اصلی مناطق حفاظت‌شده است. امری که با رشد جمعیت و افزایش نیازهای غذایی بشر از یک‌سو و هم‌چنین افزایش استفاده از زمین از سوی دیگر به مخاطره افتاده است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۷). تکه‌تکه‌شدگی و تجزیه‌زیستگاه یکی از مهم‌ترین تهدیدات تنوع‌زیستی به‌شمار می‌رود که سبب کاهش سطح، افزایش انزوا و کاهش عملکرد بوم‌شناختی لکه‌های زیستگاهی باقی‌مانده می‌شود (Ripple و همکاران، ۲۰۱۴).در چنین شرایطی مناطق حفاظت‌شده آخرین مآمن و پناهگاه برای حفظ تنوع‌زیستی محسوب می‌شوند. ایجاد مناطق تحت حفاظت به‌عنوان ذخایر طبیعی برای جلوگیری از نابودی تنوع زیستی در سطح جهان یک اقدام کلیدی است. در ایران این مناطق در چهار گروه پارک ملی، پناهگاه حیات‌وحش، اثر طبیعی ملی و منطقه حفاظت‌شده قرار می‌گیرند(ریاضی و همکاران، ۱۳۹۴).مناطق شکارممنوع که جز مناطق چهارگانه مذکور به‌شمار نمی‌روند عرصه‌های طبیعی با جمعیت مناسب حیات‌وحش هستند که به‌مدت ۳ تا ۵ سال تحت مدیریت قرار گرفته و درصورت بهبود جمعیت وحوش به مناطق چهارگانه ملحق می‌شوند. ازاین‌رو حفاظت از زیستگاه و جمعیت‌های موجود در این مناطق مؤلفه اصلی ارتقا آن است. طبیعی است که دسترسی به اطلاعات کامل در خصوص مناطق توزیع حیات‌وحش و جمعیت آن در این مناطق، حفاظت را کاراتر می‌کند. مدل‌های آشیان اکولوژیک که با عناوین مختلفی شامل مدل‌های مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Models یا HSMs) و مدل‌های توزیع گونه (SDM یا Species Distribution Models) شناخته می‌شوند به‌منظور به تصویر کشیدن توزیع گونه، شناسایی نقاط برای گونه‌های مهاجم و شناسایی مناطق بالقوه برای انتشار گونه‌های نادر مورداستفاده قرار می‌گیرند (Graham و همکاران، ۲۰۱۹). منطقه حفاظت‌شده اشکورات واقع در استان گیلان به‌دلیل تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری دارای اهمیت حفاظتی بالایی است. از مهم‌ترین پستانداران این منطقه می‌توان به پلنگ (*Panthera pardus*)، خرس (*Ursus arctos*)، کل و بز (*Copra agargrus*) و شوکا (*Capreolus Capreolus*) اشاره کرد (حسین‌نژاد، ۱۳۹۴). کل و بز از علف‌خواران شاخص مناطق صخره‌ای است که نقش بسیار مهمی در اکوسیستم‌های کوهستانی دارد و در برخی مناطق به‌عنوان طعمه پلنگ محسوب می‌شوند (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۱۷). این گونه جزو طبقه آسیب‌پذیر (VU) فهرست سرخ IUCN قرار دارد (Weinberg و همکاران، ۲۰۰۸). وجود یا عدم وجود شکارچیان رأس زنجیره غذایی مانند پلنگ می‌تواند نشان از تنوع زیستی بالا و یا پایین داشته باشد، بنابراین حفاظت از زیستگاه جانوران رأس هرم می‌توان در زمره یکی از مؤثرترین راه‌های حفاظت تنوع‌زیستی در سطح جهان باشد (Erfanian و همکاران، ۲۰۱۳). خرس نیز به‌عنوان یک‌گونه چتر مطرح است (DeNormandi و همکاران، ۲۰۰۲) که در سایه حفاظت از آن می‌توان کارایی مرز مناطق حفاظت‌شده را ارزیابی کرد (فلاحتی، ۱۳۹۷). گوزن‌ها به‌دلیل رفتار قلمرو طلبی، بالابودن اندازه گستره خانگی هم‌چنین نیاز به داشتن محیطی مناسب برای پناه در فصل جفت‌گیری و تولیدمثل مبنای مناسبی برای ارتباط بین جانوران و پوشش گیاهی محسوب می‌شوند. اهمیت گوزن‌ها در محیط جنگلی به‌خاطر نقشی که در تنوع زیستی آن دارند مورد توجه مدیران جنگل است (بخشی و همکاران، ۱۳۹۴). هر یک از گونه‌های مذکور دارای شرایط زیستگاهی منحصر به‌فردی برای خود هستند که شناخت و آگاهی از محدوده‌های توزیع آن‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی برای ارزیابی منطقه اشکورات به‌کار گرفته شود. ازاین‌رو هدف این مطالعه بررسی وضعیت توزیع زیستگاه گونه‌های مذکور در منطقه مذکور است. مطالعات مختلفی پیرامون شناسایی لکه‌های زیستگاهی گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری انجام‌گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. Farashi و Shariati (۲۰۱۷) نقاط داغ زیستگاهی و خلأهای حفاظتی پستانداران ایران را بررسی کردند. در این مطالعه نقاط حضور ۵۱ گونه مختلف شامل پستاندار، خزنده و پرنده استفاده شد. مدل‌سازی با استفاده از متغیرهای پایگاه جهانی اقلیم و روش آنتروپی بیشینه انجام‌گرفته است. براساس نتایج تعداد کمی از لکه‌های زیستگاهی در پوشش مناطق حفاظت‌شده هستند باید مناطق حفاظت‌شده جدیدی برای پوشش این لکه‌های داغ ایجاد شوند. شعاعی و همکاران (۱۳۹۶) مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی را در دو فصل تابستان و پاییز در پارک ملی تندوره ارزیابی کردند. در این مطالعه از روش آنتروپی بیشینه و متغیرهای زیستگاهی جهت شیب، شیب، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فاصله از متغیرهای رودخانه، جاده، چشمه، طعمه، روستا استفاده شد. نتایج نشان داد زیستگاه مطلوب گونه در ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ از چشمه و هم‌چنین ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد و فاصله از جاده بیش‌ترین تأثیر را در مطلوبیت زیستگاه پلنگ داشت. Frąckowiak و همکاران (۲۰۱۳) به مطالعه عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه خرس در چهارفصل در کوهستان Bieszczady لهستان پرداختند. در این مطالعه از روش مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) و معیار آکائیکه برای تشخیص متغیرهای اثرگذار استفاده شد. براساس نتایج این مطالعه ارتفاع و فاصله از جاده‌ها، شهرک‌ها و مناطق پاک‌تراشی شده بیش‌تری تأثیر را در انتخاب زیستگاه گونه داشتند.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: منطقه مورد مطالعه تحت عنوان منطقه شکارممنوع اشکورات با مساحتی در حدود ۳۰۳۴۷/۴۶ هکتار در

شهرستان رودسر در مختصات جغرافیایی طول شرقی ″۵۵,۷ ′۲۵ °۵۰ تا ″۰۳,۸ ′۱۳ °۵۰ و عرض شمالی ″۵۴,۹ ′۵۷ °۳۶ تا ″۵۱,۷ ′۴۳ °۳۶ قرار دارد (شکل ۱). این منطقه در سال ۱۳۸۱/۹/۱ توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست به‌عنوان منطقه شکار ممنوع اعلام شد و در تاریخ ۸۷/۱/۱۵ به‌مدت ۵ سال دیگر نیز شرایط حفاظتی آن تمدید شد. از منابع آبی این منطقه می‌توان به رودخانه پلرود اشاره کرد. این رودخانه در مسیر جریان خود دره‌ای عمیق ایجاد نموده که دو سوی آن شیبی بسیار تند داشته و مناطق صخره‌ای آن زیستگاه بالقوه کل و بز است. شیب متوسط منطقه شکارممنوع اشکورات ۵۴ درصد است و کوه سماموس با ارتفاع ۳۶۷۰ متر مرتفع‌ترین کوه استان و منطقه است (حسین‌نژاد، ۱۳۹۴).



شکل ۱: موقعیت محدوده موردمطالعه و نقاط حضور

ثبت نقاط حضور: در این مطالعه از نقاط حضور چهار گونه پلنگ، خرس قهوه‌ای، شوکا و کل و بز استفاده شد. به‌منظور ثبت نقاط حضور در طی بازدیدهای میدانی ابتدا لکه‌های پراکنش هر گونه شناسایی شد. سپس در داخل این لکه‌ها ترانسکت‌های با عرض ثابت و طول متغیر قرار گرفت. این ترانسکت‌ها به‌طور فرضی منطبق با پستی‌و بلندی‌های منطقه به‌منظور پوشش حداکثری لکه‌های پراکنش پیمایش شدند. نقطه شروع نمونه‌برداری به شکل تصادفی انتخاب و ترانسکت‌ها طوری قرار گرفتند که اولاً تمام بخش‌های مورد بررسی را پوشش دهند و ثانیاً تیپ‌ها و پستی بلندی‌های مختلف در طول مسیر را در برگیرند (بخشی، ۱۳۹۲). تعداد ۵۰ ترانسکت با عرض ۵ متر درمجموع به طول ۴۵ کیلومتر برای شوکا، تعداد ۳۸ ترانسکت با عرض ۵ متر درمجموع به طول ۷۵ کیلومتر برای کل و بز، تعداد ۵۴ ترانسکت با عرض ۱۰ متر درمجموع به طول ۲۰۰ کیلومتر برای خرس و تعداد ۱۷ ترانسکت با عرض ۳ متر درمجموع به طول ۵۰ کیلومتر برای پلنگ پیمایش شدند. در کنار مشاهده مستقیم، تمام نمایه‌های مربوط به گونه‌های مورد مطالعه شامل سرگین، ریمه، ردپا، بقایای طعمه و محل شاخ زنی ثبت شدند. به‌این‌ترتیب تعداد ۱۰۰ نقطه برای خرس، ۸۸ نقطه برای پلنگ، ۶۰ نقطه برای شوکا و ۱۰۰ نقطه برای کل و بز ثبت شد. شکل ۱ موقعیت نقاط حضور را نمایش می‌دهد.

متغیرهای زیستگاهی و تحلیل هم خطی (Collinearity): پس از بررسی مطالعات انجام‌گرفته بر روی گونه خرس (نظامی بلوچی و همکاران، ۱۳۹۳؛ عبیداوی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Mateo Sánchez و همکاران، ۲۰۱۴؛ Mateo Sánchez و همکاران، ۲۰۱۶)، شوکا (بخشی، ۱۳۹۲؛ گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۵؛ Wu و همکاران، ۲۰۱۶؛ Valente و همکاران، ۲۰۱۶؛ Ineichen و همکاران، ۲۰۱۵)، کل و بز (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶؛ میرسنجری و سخنگو، ۱۳۹۷) و پلنگ (شعاعی و همکاران، ۱۳۹۶؛ امیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Van Cleave و همکاران، ۲۰۱۸؛ ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۷) برای گونه‌های مذکور از متغیرهای زیستگاهی جدول ۱ استفاده شد. یکی از مفروضات مهم اکثر آزمون‌ها به‌خصوص در آزمون مربوط به فرضیات علی این است که نباید بین متغیرها رابطه هم خطی وجود داشته باشد. به این معنا که هیچ‌کدام از متغیرهای مستقل نباید رابطه خطی داشته باشند. رابطه هم خطی وضعیتی را نشان می‌دهد که یک متغیر مستقل تابع خطی از سایر متغیرهای مستقل است (حبیب‌پور و صفری، ۱۳۹۱). به‌منظور کاهش هم خطی بین متغیر زیستگاهی از شاخص تورم واریانس (Variance inflation factor=VIF) در نرم‌افزار SPSS.v21 استفاده شد. سپس متغیرهای که شاخص تورم واریانس آن‌ها کم‌تر از ۱۰ است وارد مدل‌سازی شدند (Chatterjee و Hadi، ۲۰۰۶).

جدول ۱: نوسان شاخص تورم واریانس به‌ازای متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده

ردیف	متغیر زیستگاهی	کل و بز	شوکا	خرس	پلنگ
۱	نمایه رطوبت	۱/۳۳	۱/۲۵	–	–
۲	ارتفاع	۳/۱۷	۲/۳۲	۲/۳۰	۱۳/۸۱
۳	فاصله از رودخانه	۱/۱۳	۱/۱۴	۱/۰۹	۱/۲۹
۴	فاصله از جاده	۲/۰۴	۱/۸۰	۱/۷۴	۱/۷۵
۵	فاصله از چشمه	۱/۶۰	۱/۴۴	۱/۵۵	۱/۹۳
۶	فاصله از روستا	۱/۷۶	۱/۷۷	۱/۸۹	۴/۹۰
۷	شیب	۱/۴۹	۱/۳۵	۱/۲۰	۲/۴۳
۸	فاصله از پلنگ	۲/۳۷	۲/۳۸	۲/۱۱	–
۹	تیپ پوشش	۱/۸۰	۱/۰۲	۱/۴۷	۱/۷۵
۱۰	گریزگاه	۱/۰۷	–	–	–
۱۱	فاصله از کل و بز	–	–	–	۶/۶۲
۱۲	فاصله از شوکا	–	–	–	۴/۲۴

مدل جنگل تصادفی: روش‌های درخت پایه (Tree-based) روش‌های آماری ناپارامتریک (مدل آزاد) برای اجرای آنالیز کلاس‌بندی و آنالیز رگرسیونی با استفاده از الگوریتم‌های افزارهای بازگشتی (Hastie و

همکاران، ۲۰۰۱؛ Breiman، ۱۹۸۴) می‌باشند. جنگل‌های تصادفی (RF) یک مدل از روش‌های درخت پایه است که شامل انبوهی از درخت‌های کلاس‌بندی و رگرسیونی می‌باشد (Breiman، ۲۰۰۱). این روش‌منجربه تشکیل یک درخت تصمیم با تقسیمات دوتایی می‌گردد، توسط Breiman و همکاران(۱۹۸۴) به‌طور کامل معرفی شد. مهم‌ترین ویژگی جنگل تصادفی عملکرد بالای آن‌ها در اندازه‌گیری اهمیت متغیرها است. رویکرد جنگل تصادفی مبتنی بر روش‌های جدید ترکیب اطلاعات که در آن تعداد زیادی درخت تصمیم ایجاد گردیده، سپس تمام درختان باهم برای پیش‌بینی ترکیب می‌شوند (Cutler و همکاران، ۲۰۰۷). به‌منظور اجرای مدل مذکور از پکیج جنگل تصادفی در محیط نرم‌افزار R3.5.1 استفاده شد. ازآن‌جاکه مدل مورداستفاده به نقاط عدم حضور نیز نیاز دارد در این راستا به تعداد ۱۰ برابر نقاط حضور نقاط شبه عدم حضور (Pseudo Absence) به‌صورت تصادفی در مناطقی که خارج از محدوده پراکنش گونه‌ها ایجاد و در فرآیند مدل‌سازی وارد شدند (Chefaoui و Lobo، ۲۰۰۸). ساخت این نقاط شبه عدم حضور در داخل نرم‌افزار QGIS انجام گرفت.

کارایی مدل: به‌منظور بررسی کارایی مدل در این مطالعه از مساحت سطح زیر منحنی ROC (Receiver operator characters) که AUC (Area under the curve) نام دارد استفاده شد. منحنی ROC یک نمودار یا شمای گرافیکی است که با استفاده از میزان مثبت واقعی (حساسیت) بر روی محور X و میزان مثبت کاذب (۱-ویژگی) بر روی محور Y در آستانه‌های مختلف (نقاط برش متفاوت) ایجاد می‌شود (صفری و براتلو، ۱۳۹۵). جدول ۲ طبقه‌بندی مقادیر مختلف سطح زیر منحنی (AUC) را در منحنی ROC نمایش می‌دهد.

جدول ۲: طبقه‌بندی AUC بر اساس طبقه‌بندی (Swets، ۱۹۹۸)

میزان دقت (شاخصی از کارایی مدل)	AUC
پایین	۰/۵-۰/۷
متوسط	۰/۷-۰/۹
بالا	۰/۹>

علاوه بر معیار مذکور، از آماره‌های میانگین آنتروپی متقاطع (Mean cross-entropy =MXE) و مجذور میانگین مربعات (RMSE= Rootmean square error) نیز برای ارزیابی مدل استفاده شد. معیارهای میانگین آنتروپی متقاطع و مجذور میانگین مربعات دارای دامنه نوسان بین ۰ تا ۱ هستند که مقادیر کم و نزدیک به صفر برای معیارهای مذکور به‌منزله کارایی مناسب مدل تلقی می‌شود. به‌منظور دسترسی به پتانسیل بالقوه انتشار گونه‌های مذکور از حدآستانه LPT (Lowest Presence Threshold) برای تهیه نقش‌های باینری استفاده شد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸).

نتایج

اعتبارسنجی مدل: جدول ۳ نتایج حاصل از اعتبار سنجی را نمایش می‌دهد. بر این اساس مقدار AUC در تمام مدل‌ها بالا است و مقادیر آن به‌ترتیب برای مدل توزیع کل بز، شوکا، خرس و پلنگ برابر ۰/۹۷، ۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۹۸ است.هم‌چنین مقادیر مربوط به معیارهای MXE و RMSE نیز در هر ۴ اجرا دارای مقادیر مناسب بودند که تائید کننده اجرای مدل جنگل تصادفی است.

جدول ۳: نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مورد استفاده

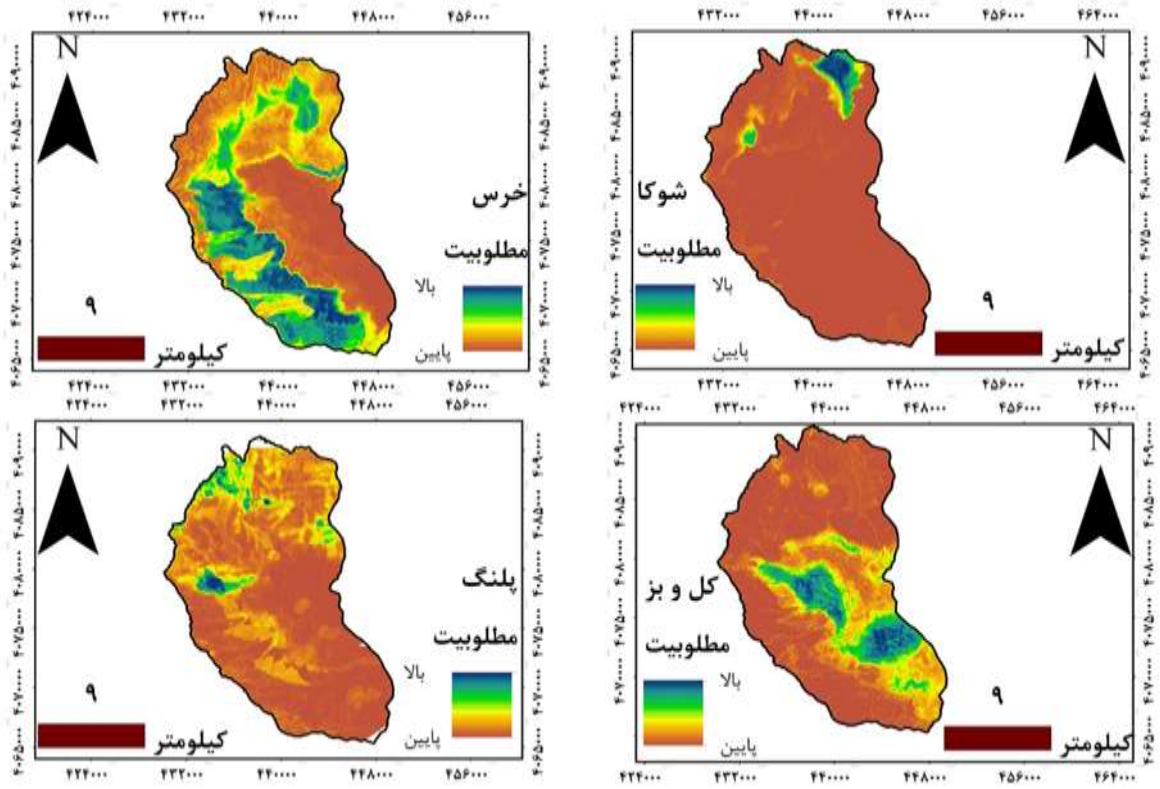
گونه مورد مطالعه	AUC	MXE	RMSE
کل و بز	۰/۹۷	۰/۰۹	۰/۰۲
شوکا	۰/۹۸	۰/۰۳	۰/۰۰
خرس	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۰۲
پلنگ	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۰۰

شکل ۲ نقشه خروجی مطلوبیت زیستگاه را به تفکیک گونه نمایش می‌دهد. رنگ آبی در تصاویر بیانگر مناطقی است که احتمال حضور گونه بالاست و رنگ قهوه‌ای نیز بخش‌های با احتمال حضور پایین‌تر نمایش می‌دهد. بر این اساس زیستگاه خرس در دامنه جنوب، جنوب‌غربی و غرب منطقه توزیع دارد. زیستگاه شوکا در بخش شمال و شمال‌غرب، کل و بز در مرکز و جنوب‌شرق و پلنگ نیز در شمال غرب مرکز و غرب پراکنده شده است.

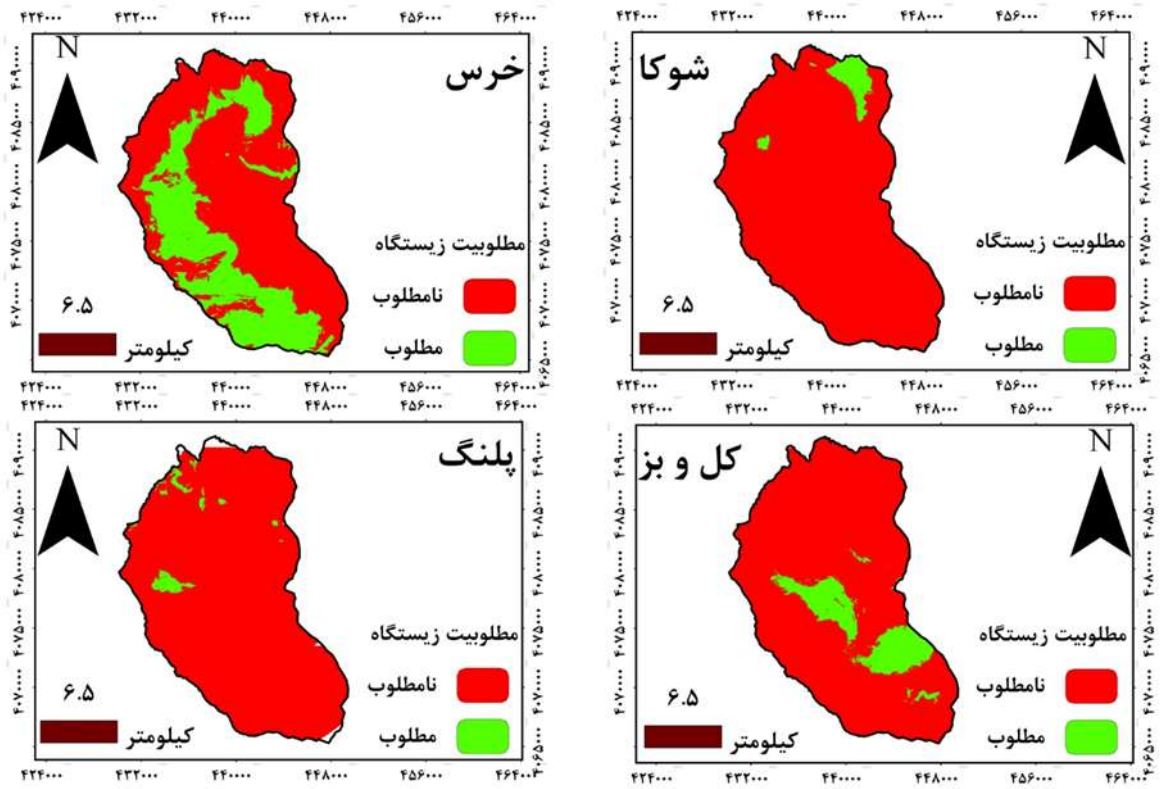
مطلوبیت با حد آستانه: حد آستانه (LPT) به‌ترتیب برای مدل‌های مطلوبیت زیستگاه کل بز، شوکا، پلنگ و خرس برابر ۰/۵۵، ۰/۵۴، ۰/۶۷ و ۰/۴۱ به‌دست آمد. سپس این مقادیر بر روی نقشه مطلوبیت زیستگاه اعمال‌شده و نقشه‌های باینری تشکیل گردید (شکل ۳). در شکل ۳ لکه‌های سبزرنگ مناطق حضور و بخش‌های قرمز رنگ مناطق عدم حضور را نمایش می‌دهد. جدول ۴ مساحت زیستگاه مطلوب/ نامطلوب را برای ۴ گونه مورد مطالعه نمایش می‌دهد.

جدول ۴: مساحت طبقات مختلف مطلوبیت زیستگاه برحسب هکتار

گونه	کل و بز	شوکا	خرس	پلنگ
طبقه مطلوب	۳۴۴۰/۲۷	۱۰۵۷	۱۰۵۵۳/۱۱	۶۳۸/۴۰
طبقه نامطلوب	۲۶۸۹۶/۹۴	۲۹۲۸۶/۹۶	۱۹۷۷۳/۵۳	۲۹۴۲۳/۱۲



شکل ۲: نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه پستانداران شاخص منطقه شکارممنوع اشکورات



شکل ۳: نقشه مطلوبیت زیستگاه باینری حاصل از اعمال حد آستانه پستانداران شاخص منطقه شکارممنوع اشکورات

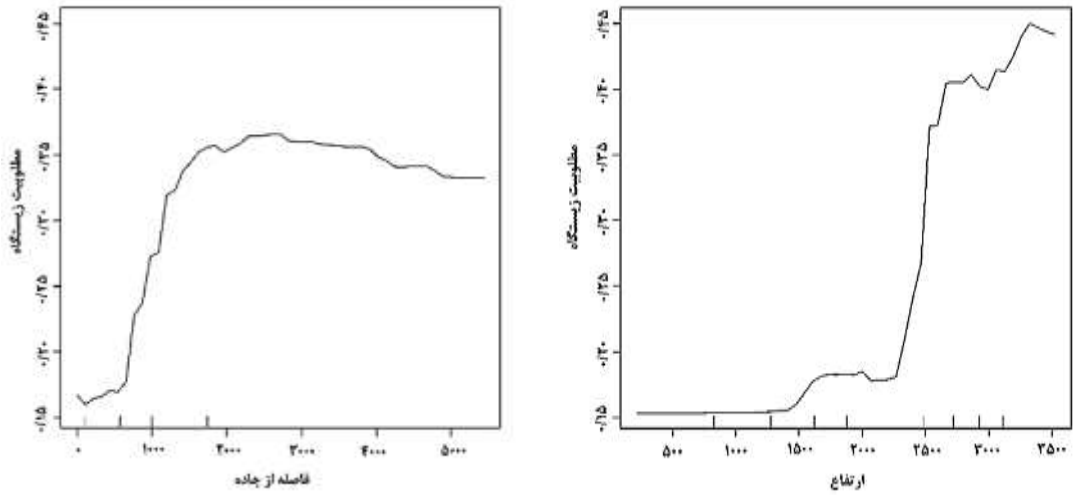
اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در مدل‌سازی: جدول ۵ اهمیت هر یک از متغیرهای تأثیرگذار در مدل‌سازی را نمایش می‌دهد. بر این اساس متغیرهای‌فاصله از جاده، ارتفاع‌و تیپ پوشش گیاهی بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش کل و بز دارند. متغیرهای ارتفاع، فاصله از جاده و فاصله از مناطق حضور پلنگ بیش‌ترین اهمیت را در توزیع شوکا دارند. درخصوص خرس نیز ارتفاع و تیپ پوشش گیاهی بیش‌ترین تاثیر را دارند اما درخصوص پلنگ نتایج نشان داد که در مجموع بیش از ۵۰ درصد از توزیع و پراکندگی پلنگ وابسته به فاصله از دو طعمه کل و بز و شوکا است.

جدول ۵: اهمیت هر یک از متغیرهای زیستگاهی در توزیع و پراکندگی گونه‌های مورد مطالعه

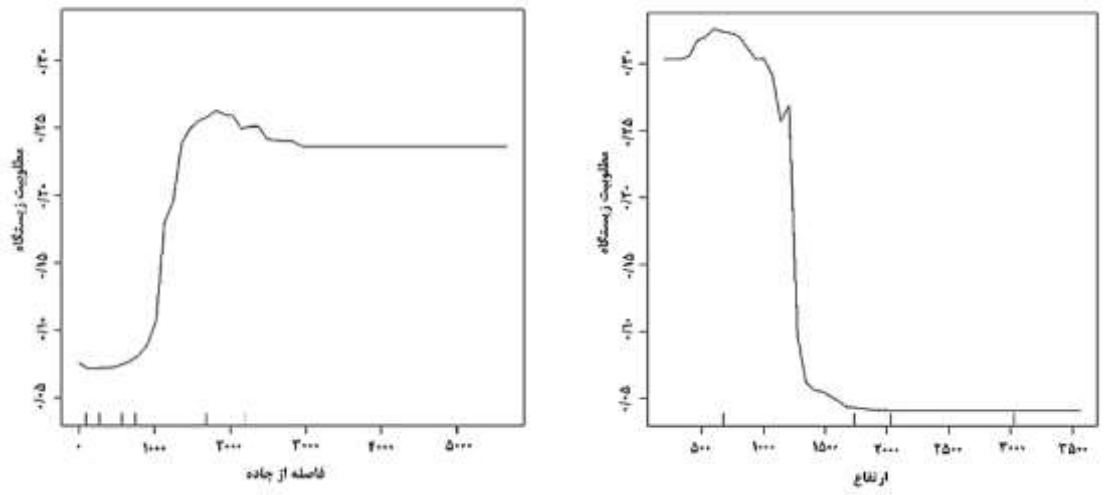
درصد اهمیت در مدل‌سازی براساس میانگین کاهش دقت				
نام متغیر	کل و بز	شوکا	خرس	پلنگ
فاصله از جاده	۲۵/۴۲	۳۳/۱۱	۱۴/۹۵	۱۲/۷
ارتفاع	۲۴/۵۳	۳۴/۹۷	۲۹/۱۶	-
تیپ پوشش گیاهی	۲۰/۵۷	۱۶/۶۴	۲۸/۷۳	۱۳/۴
فاصله از پلنگ	۱۵/۶۹	۲۵/۲۴	۱۶/۷۴	-
فاصله از چشمه	۱۵/۶۴	۷/۴۱	۹/۰۴	۲۰/۱
فاصله از روستا	۱۵/۱۴	۲۳/۶۵	۲۴/۱۰	۱۳/۱
شیب	۳/۲۲	۲/۱۴	۳/۸۴	۱۵/۸
فاصله از رودخانه	۲/۹۴	۸/۲۴	۱/۳۷	۷/۶
گریزگاه	۲/۴۹	-	-	-
نمایه رطوبت	۰/۸۱	۱/۷۸	-	-
فاصله از کل و بز	-	-	-	۳۳/۶
فاصله از شوکا	-	-	-	۲۴/۲

در ادامه منحنی‌های پاسخ به تفکیک برای هرگونه برای ۲ متغیری که بیش‌ترین تأثیر را در فرآیند مدل‌سازی داشتند ذکرشده است. شکل ۴ منحنی‌های پاسخ به متغیرهای زیستگاهی را برای گونه کل و بز نمایش می‌دهد. بر این اساس با افزایش فاصله از جاده و افزایش ارتفاع بر مطلوبیت زیستگاه این‌گونه افزوده می‌شود. بیش‌ترین مقدار مطلوبیت برای گونه در ارتفاعات بالا حدود ۳۵۰۰ محاسبه شده است. شکل ۵ متغیرهای مؤثر در مطلوبیت زیستگاه شوکا را نمایش می‌دهد. بر این اساس با افزایش فاصله از جاده مطلوبیت زیستگاه گونه افزایش پیدا می‌کند و با افزایش ارتفاع نیز از مطلوبیت زیستگاه کاسته می‌شود و در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر کم‌ترین مطلوبیت زیستگاه برای گونه وجود دارد. شکل ۶، متغیرهای مؤثر بر روی زیستگاه خرس را نمایش می‌دهد. براساس نتایج مطلوبیت زیستگاه خرس با افزایش ارتفاع افزایش پیدا می‌کند اما ارتفاعات بالاتری از ۲۵۰۰ متر برای گونه مطلوب نیست براساس نتایج منحنی پاسخ متغیر تیپ پوشش گیاهی نیز گونه بیشترین تمایل را به تیپ پوشش گیاهی *Juniperus, Crataegus, Cotoneaster, Berberis, Astragalus* دارد.

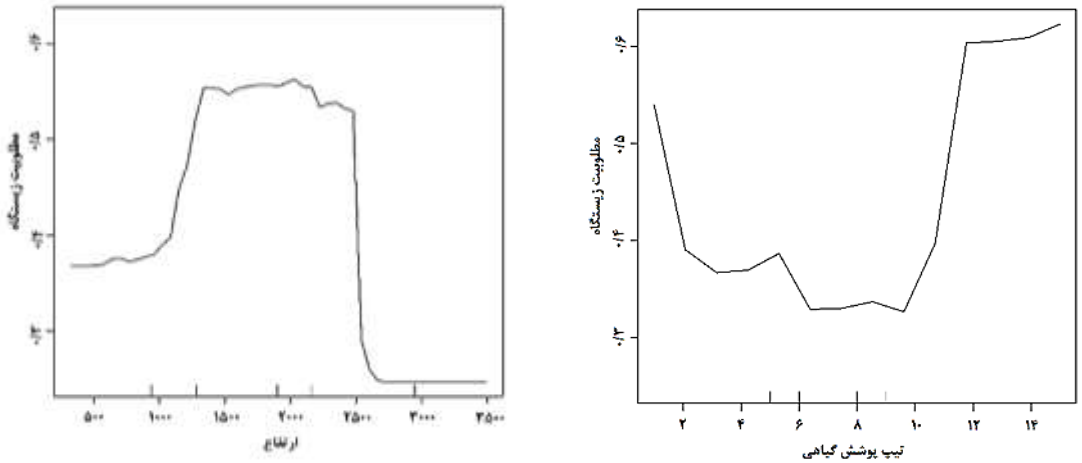
شکل ۷، منحنی‌های پاسخ به متغیرهای زیستگاهی را برای گونه پلنگ نمایش می‌دهد. بر این اساس با افزایش فاصله از مناطق حضور کل و بز از مطلوبیت زیستگاه گونه کاسته می‌شود اما مجدد در فاصله ۴۰۰۰ متر از این‌گونه بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود. درخصوص فاصله از مناطق حضور شوکا نتایج نشان داد با افزایش فاصله از این مناطق تا شعاع ۵۰۰۰ متری مطلوبیت افزایش پیدا می‌کند اما از این فاصله به بعد از مطلوبیت زیستگاه گونه کاسته خواهد شد.



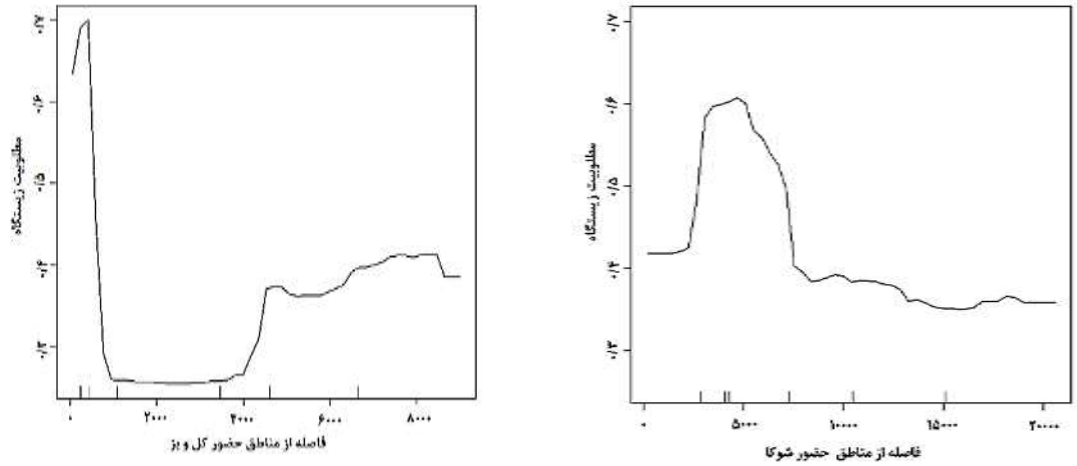
شکل ۴: منحنی پاسخ متغیرهای تأثیرگذار در زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*)



شکل ۵: منحنی‌های پاسخ به متغیرهای تأثیرگذار در زیستگاه شوکا (*Capreolus Capreolus*)



شکل ۶: منحنی‌های پاسخ به متغیرهای تأثیرگذار در زیستگاه خرس (*Ursus arctos*)



شکل ۷: منحنی پاسخ به متغیرهای تأثیرگذار در زیستگاه پلنگ (*Panthera pardus*)

بحث

در این مطالعه وضعیت توزیع گونه‌های کل و بز، خرس، شوکا و پلنگ در منطقه حفاظت‌شده اشکورات واقع در استان گیلان ارزیابی شد. روش‌های مختلفی برای ارزیابی توزیع مکانی گونه‌های گیاهی و جانوری توسط محققان مورد استفاده قرار می‌گیرند یکی از این روش‌ها که در مطالعات فعلی، مورد استفاده اکثر محققین است روش جنگل تصادفی است که جزو روش‌های حضور/ عدم حضور محسوب شده و کارایی‌بالایی در میان روش‌های یادگیری ماشین دارد (Mi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Gallardo و Aldridge، ۲۰۱۳). یکی از نقاط قوت این روش ارائه اهمیت متغیرهای تأثیرگذار و منحنی‌های پاسخ متغیرهای زیستگاهی مدل است که در کم‌تر روش مدل‌سازی وجود دارد. تحلیل اهمیت‌متغیرها به‌روش میانگین کاهش دقت نشان داد که در مطلوبیت زیستگاه کل و بز، معیارهای فاصله از جاده و ارتفاع جزو مهم‌ترین متغیرها بودند. با افزایش ارتفاع مطلوبیت زیستگاه نیز افزایش پیدا می‌کند. ارتفاع نقش بسیار مهمی برای کل و بز دارد به‌نحوی‌که بسیاری از سازگاری‌های مورفولوژی گونه نیز در راستای استفاده از این عامل زیستگاهی شکل‌گرفته‌اند (Harrington، ۱۹۷۷) دم‌کوتاه، پاهای بلند و شاخ شمشیری ازاین‌دست سازگاری‌ها محسوب می‌شوند. نتایج مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۵) پیرامون بررسی مطلوبیت زیستگاه کل و بز در استان گلستان نشان داد که زیستگاه مطلوب این گونه در ارتفاعات بین ۱۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متری است.در مطالعه خالوندی (۱۳۹۵) بر روی گونه مذکور در منطقه حفاظت‌شده و پناهگاه حیات وحش بیستون نیز ارتفاع مطلوب برای حضور کل و بز بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ عنوان گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که کل و بز در این منطقه در مقایسه با پژوهش‌های انجام‌گرفته در ارتفاع بالاتری حضور دارد. این‌گونه در اکثر مناطق مرتفع در کشور وجود دارد، بنابراین عامل ارتفاع یکی از بنیادی‌ترین متغیرهای زیستگاهی برای این‌گونه محسوب می‌شود. با افزایش فاصله از جاده نیز بر مطلوبیت زیستگاه گونه افزوده می‌شود این متغیر نشان‌دهنده وجود امنیت در فاصله‌های زیاد از این مناطق پرتردد است، قرار گرفتن مناطق مرتفع منطقه به دور از جاده می‌تواند تحلیل بر وجود امنیت در این منطقه باشد. مانند کل و بز، ارتفاع و فاصله از جاده بیش‌ترین تأثیر را در بر روی مطلوبیت زیستگاه شوکا داشتند. با افزایش فاصله از جاده بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود درحالی‌که در مطالعه بخشی (۱۳۹۲) در پارک ملی گلستان با افزایش‌فاصله از جاده مطلوبیت زیستگاه گونه کاسته می‌شد که به‌دلیل رد شدن جاده از زیستگاه مطلوب گونه بود که متفاوت از یافته‌های این مطالعه است. تحلیل توزیع شوکا در منطقه موردمطالعه نشان‌می‌دهد که این‌گونه بخش‌های بسیار انبوه جنگلی در قسمت‌های شمالی منطقه با ارتفاع کم را ترجیح می‌دهد که به‌نحوی آشکارکننده خجالتی بودن این‌گونه است (بخشی، ۱۳۹۲). با افزایش ارتفاع از مطلوبیت زیستگاه شوکا کاسته می‌شود. قسمت‌های مرتفع، بخش‌های شرقی و مرکزی‌منطقه را شامل‌می‌شوند که پوشش گیاهی این مناطق به نسبت مناطق شمالی که شوکا در آن حضور دارد دارای تراکم کم‌تری است از این‌رو یکی از دلایل عدم تمایل گونه به ارتفاعات بالا می‌تواند همین تراکم کم پوشش گیاهی باشد چرا که پوشش گیاهی و تراکم آن نقش بسیار موثری در عملکردهای حیاتی گونه دارد. در مطالعه که توسط بخشی (۱۳۹۲) نیز نتایج نشان داد در پارک ملی گلستان عامل ارتفاع در دو فصل پاییز و زمستان بیش‌ترین تأثیر را در مطلوبیت زیستگاه شوکا داشته است و زیستگاه مطلوب گونه در پاییز ارتفاعات کم‌تر از ۱۰۰۹ متری و در زمستان ارتفاعات کم‌تر از ۹۹۰ متری‌قابل‌توصیف بوده‌و به‌عبارتی با کاهش‌ارتفاع بر مطلوبیت زیستگاه گونه افزوده می‌شود. در مطالعه که توسط کرمی و همکاران (۱۳۹۲) در منطقه بوزین و مرخیل انجام گرفت نیز نتایج مشابهی حاصل گردید که نشان از انطباق یافته‌های این مطالعه با پژوهش‌های ذکر شده دارد، بنابراین پاسخ شوکا به عامل ارتفاع در این محدوده عکس کل و بز است، اما جاده و شلوغی حاصل از آن اثری مانند اثر روی کل و بز بر روی شوکا دارد. خرس گونه با دامنه پراکنش بالا در منطقه است به‌نحوی‌که در اکثر دامنه‌های جنوبی، جنوب‌غربی، غرب و شمال توزیع‌دارد اما این‌گونه در بخش‌های بسیار مرتفع و فاقد پوشش گیاهی منطقه پراکنشی ندارد. در بازدیدهای میدانی نیز مشخص گردید که حد نهایی حضور گونه مورد مطالعه منطبق با خط رویش درختان در ارتفاعات است که نشان از اهمیت پوشش گیاهی برای گونه دارد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نیز نشان داد متغیرهای ارتفاع و پوشش گیاهی بیش‌ترین تأثیر را در پراکندگی خرس در منطقه اشکورات دارند. به‌نحوی‌که گونه به حضور در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر تمایلی ندارند که هم‌سو با نتایج Ziółkowska و همکاران (۲۰۱۶) در Carpathians است که نشان داد خرس قهوه‌ای مناطق با پوشش جنگلی بالا، نزدیک به لبه‌های جنگل و با فشار انسانی کم را برمی‌گزینند. براساس یافته‌ها خرس‌ها به پوشش گیاهی *Juniperus, Cratacgus, Cotoneaster*, *Berberis, Astrugalus* بیش‌تر تمایل دارند. براساس مطالعات نظامی بلوچی (۱۳۸۷) و عطایی (۱۳۹۱) در البرز مرکزی، خرس قهوه‌ای مناطق دارای ارتفاعات با پوشش جنگلی پهن‌برگ را ترجیح می‌دهد. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که پوشش گیاهی متراکم یکی از معیارهای مهم در انتخاب زیستگاه خرس قهوه‌ای است (Nawaz و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای که توسط فلاحتی (۱۳۹۷) بر روی زیستگاه این‌گونه در منطقه حفاظت‌شده قلاجه واقع در استان کرمانشاه انجام گرفت فاصله از رودخانه یک عامل مهم در مطلوبیت زیستگاه بود که متفاوت از یافته‌های این مطالعه است. تفاوت در نتایج می‌تواند ناشی

از وضعیت توزیع گونه در یک منطقه و یا محدودکنندگی یک عامل زیستگاهی برای گونه باشد و حتی فراتر از آن نوع روش انتخابی و الگوریتم مورداستفاده نیز می‌تواند یک عامل مهم در تفاوت نتایج مدل‌سازی‌های متفاوت باشد. فاصله از مناطق حضور دو گونه شوکا و کل بز به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر روی توزیع پلنگ ارزیابی شد. پراکنش و تراکم گوشت‌خواران به‌روشنی با پراکنش و فراوانی طعمه‌های آن‌ها در ارتباط است و پراکنش طعمه‌ها نیز به زیستگاه آن‌ها وابسته است (Gavashelishvili و Lukarevskiy، ۲۰۰۸). فاصله از مناطق حضور طعمه در مطالعه وصالی و همکاران (۱۳۹۶) نیز یکی از پارامترهای مهم برای پلنگ بوده است که در مطالعات شعاعی و همکاران (۱۳۹۶) نیز به نقش کل و بز در اهمیت غذایی بر روی پلنگ اشاره شده است. در مطالعات مختلف، فاصله از جاده به‌عنوان یک متغیر مهم زیستگاهی پلنگ برشمرده شده است (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ شعاعی و همکاران، ۱۳۹۸۶؛ Edgaonkar، ۲۰۰۸). درحالی در این مطالعه تأثیر فراوانی بر روی گونه نداشت. چینش و چیدمان قرارگیری عوامل انسانی پیرامون لکه‌های زیستگاهی و مناطق حفاظت‌شده از سوی گونه‌های مختلف دارای پاسخ‌های متفاوتی است. نتایج این مطالعه نشان داد که منطقه اشکورات دارای تنوع زیستگاهی بالایی است که ۴ گونه کلیدی با نیازهای زیستگاهی متفاوت را در خود جای داده است. شوکا در قسمت‌های شمالی و در مناطق کم ارتفاع، خرس در دامنه‌های جنوب‌غربی منطقه و منطبق با خط رویش گیاهان، کل و بز در بخش‌های مرتفع و پلنگ نیز در بخش‌های مرکزی و شمال‌غربی پراکنش دارد. این توزیع نشان می‌دهد که منطقه شکار ممنوع اشکورات شرایط متفاوتی را از نظر پوشش گیاهی و توپوگرافی فراهم کرده است. اما در کنار این وضعیت مطلوب، این منطقه با تهدیدات جدی مانند شکار غیرمجاز، تعلیف دام، فعالیت‌های دامداری و فعالیت معادن شن و ماسه روبه‌رو است. که بخش عمده‌ی از این تهدیدات به‌واسطه ماهیت و درجه حفاظتی این منطقه است. این مطالعه نشان داد که اشکورات دارای پتانسیل زیستی مناسبی از حیث در برگیری زیستگاه‌های گونه‌های شاخص است و ارتقاء درجه حفاظتی این منطقه می‌تواند نقش به‌سزایی در حفظ تنوع زیستی آن داشته باشد.

منابع

۱. **امیدی، م.؛ کابلی، م. و کرمی، م.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock 1927) به‌روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی اصفهان. نشریه علوم و فنّاوری محیط‌زیست. دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۳۷ تا ۱۴۸.

۲. **بخشی، ح.؛ سلمان‌ماهینی، ع.؛ وارسته‌مرادی، ح. و حسنی، م.، ۱۳۹۴.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus capreolus*) با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی در پارک ملی گلستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۷، شماره ۴، صفحات ۳۱ تا ۴۲.

۳. **بخشی، ح.، ۱۳۹۲.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus capreolus*) با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در پارک ملی گلستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۰۲ صفحه.

۴. **حسین‌نژاد، ز.، ۱۳۹۴.** ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه شکارممنوع اشکورات جهت ارتقا به سطوح حفاظتی بالاتر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده محیط‌زیست کرج.

۵. **حسینی، س .؛ ریاضی، ب.؛ شمس‌اسفندآباد، ب. و نادری، م.، ۱۳۹۶.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در استان گلستان. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۹ تا ۱۶.

۶. **خالوندی، ا.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پازن (*Capra aegagrus*) در منطقه حفاظت‌شده و پناهگاه حیات‌وحش با استفاده از روش آنتروپی بیشینه (MaxEnt). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر. ۹۰ صفحه.

۷. **ریاضی، ب.؛ مطهری، س. و امیراصلانی، ف.، ۱۳۹۴.** ارزیابی مناطق شکار ممنوع به‌منظور ارتقا به مناطق حفاظت شده (مطالعه موردی: منطقه شکار ممنوع- سفید کوه آرسک شهرستان دامغان). فصلنامه محیط‌زیست طبیعی. دوره ۶۸، شماره ۱، صفحات ۵۳ تا ۶۵.

۸. **شعاعی، ا.؛ قلی‌پور، م.؛ رضایی، ح. و یارمحمدی، ث.، ۱۳۹۶.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock 1927) با روش آنتروپی بیشینه (MaxEnt) در پارک ملی تندوره در طی فصول تابستان و پاییز. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۱، صفحات ۲۱ تا ۳۰.

۹. **صفری، س. و براتلو، ع.، ۱۳۹۵.** قسمت پنجم: ویژگی عملکردی تست و سطح زیر منحنی راک. مجله طب اورژانس ایران. دوره ۳، شماره ۳، صفحات ۱۱۹ تا ۱۲۱.

۱۰. **عبیداوی، ز.؛ رنگزن، ک.؛ میرزائی، ر. و کابلی‌زاده، م.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در منطقه حفاظت‌شده شیمبارو، استان خوزستان. فصلنامه اکولوژی کاربردی. جلد ۵، شماره ۱۷، صفحات ۶۱ تا ۷۲.

۱۱. **عطایی، ف.؛ کرمی، م. و کابلی، م. ۱۳۹۱.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه تابستانه خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos syriocus*) در منطقه حفاظت شده البرز جنوبی. محیط زیست طبیعی. دوره ۶۵، شماره ۲، صفحات ۲۳۵ تا ۲۴۵.

۱۲. **فلاحتی، س.، ۱۳۹۷.** بررسی وضعیت زیستگاه خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) از منظر سیمای سرزمین در منطقه حفاظت‌شده قلاجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر. ۱۴۴۴ صفحه.

۱۳. **کرمی، پ.؛ شایسته، ک. و اسماعیلی، م.، ۱۳۹۸.** بررسی وضعیت پراکنش خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos* Linnaeus1758) در

منطقه حفاظت شده سفید کوه استان لرستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۱، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۱۰.

۱۴. **کرمی، پ.؛ کمانگر، م.؛ نیکنام، ا. و بخشی، ح.، ۱۳۹۲.** مدل‌سازی پراکنش بالقوه شوکا (*Capreolus Capreolus*) در استان کرمانشاه با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه (MaxEnt). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. پذیرفته‌شده برای انتشار، انتشار آنلاین. http://jest.srbiau.ac.ir/article_9448.html

۱۵. **گشتاسب، ح.؛ عطایی، ف.؛ جهانی، ع.؛ صوفی، م. و احمدی، ن.، ۱۳۹۵.** تأثیر پوشش گیاهی در انتخاب زیستگاه شوکا در منطقه حفاظت‌شده بوزین و مرخیل. فصلنامه محیط‌زیست طبیعی ایران. دوره ۶۹، شماره ۳، صفحات ۸۰۳ تا ۸۲۰.

۱۶. **محسنی، ف.؛ سبزقبائی، غ. و دشتی، س.، ۱۳۹۷.** ارزیابی اثر بخشی مدیریتی مناطق حفاظت شده در راستای توسعه پایدار (مطالعه موردی: دز، شیمبار، کرایی). فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط. سال ۸، شماره ۳، صفحات ۹۹ تا ۱۱۱.

۱۷. **میرسنجری، م. و سخنگو، ف.، ۱۳۹۷.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقه حفاظت‌شده دنا با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه (MaxEnt). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۲۳ تا ۳۰.

۱۸. **نظامی‌بلوچی، ب.، ۱۳۹۳.** بررسی عادت‌های غذایی فصلی خرس قهوه‌ای سوری (*Ursus arctos syriacus* Linnaeus, 1758) در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی. تاکسونومی و بیو سیستماتیک. سال ۶، شماره ۹، صفحات ۲۷ تا ۳۶.

۱۹. **نظامی‌بلوچی، ب.، ۱۳۸۷.** بوم‌شناسی خرس قهوه‌ای در محدوده امن البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

۲۰. **وصالی، س.؛ وارسته‌مرادی، ح. و سلمان‌ماهینی، ع.، ۱۳۹۶.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) با روش آنتروپی بیشینه در استان گلستان. فصلنامه پژوهش‌های محیط. دوره۸، شماره ۱۵، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۲.

21. **Breiman, L., 1984.** Classification and regression trees CA, Wadsworth International Groups.
22. **Breiman, L., 2001.** Random forest. Mach. Learn. Vol 45, pp: 5-32. doi:10.1023/A:1010933404324.
23. **Chefaoui, R.M. and Lobo, J.M., 2008.** Assessing the Effects of Pseudo-Absences on Predictive Distribution Model Performance, Ecological Modelling. Vol. 210, No. 4, pp. 478-486.
24. **Cutler, D.R.; Edwards Jr, T.C.; Beard, K.H.; Cutler, A.; Hess, K.T.; Gibson, J. and Lawler, J.J., 2007.** Random forests for classification in ecology. Ecology. Vol. 88, No. 11, pp: 2783-2792.
25. **DeNormandi, J. and Edwards, T.C., 2002.** The Umbrella Species Concept and Regional Conservation Planning in Southern California: A Comparative Study, Conservation Biology, April 2002.
26. **Ebrahimi, A.; Farashi, A. and Rashki, A., 2017.** Habitat suitability of Persian leopard (*Panthera pardus* saxicolor) in Iran in future. Environmental earth sciences. Vol. 76, No. 20, pp: 697.
27. **Edgaonkar, A., 2008.** Ecology of the leopard (*Panthera pardus*) in Bori wildlife sanctuary and Satpura national park, India. Gainesville, Fla, USA: University of Florida.
28. **Erfanian, B.; Mirkarimi, H.S.; Salman Mahini, A. and Rezaei, H.R., 2013.** A presence-only habitat suitability model for Persian leopard *Panthera pardus saxicolor* in Golestan National Park, Iran. Wildlife Biology. Vol. 19, pp: 170-178.
29. **Farashi, A. and Shariati, M., 2017.** Biodiversity hotspots and conservation gaps in Iran. Journal for nature conservation. Vol. 1, No. 39, pp: 37-57.
30. **Frąckowiak, W.; Theuerkauf, J.; Pirga, B. and Gula, R., 2014.** Brown bear habitat selection in relation to anthropogenic structures in the Bieszczady Mountains, Poland. Biologia. Vol. 69, No.7, pp: 926-930.
31. **Gallardo, B. and Aldridge, D.C., 2013.** Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species. Journal of Biological Conservation. Vol. 160, pp: 225-233.
32. **Gavashelishvili, A. and Lukarevskiy, V., 2008.** Modelling the habitat requirements of leopar *Pantherapardus* in west and central Asia. Applied Ecology. Vol. 45, pp: 579-588.
33. **Graham, J. and Kimble, M., 2019.** Visualizing uncertainty in habitat suitability models with the hyper-envelope modeling interface, version 2. Ecology and evolution. Vol. 9, No. 1, pp: 251-264.
34. **Harrington, F.A.Jr., 1977.** A guide to mammals of Iran. Department of the environment, Iran
35. **Hastie**, **T.; Tibshirani, R. and Friedman, J., 2001.** The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction, In Springer series in statistics New York, Springer. 533 p.
36. **Ineichen, P.; Graf, R.F. and Suter, W., 2015.** Habitat selection of roe deer (*Capreolus capreolus*) in a landscape of fear shaped by human recreation (Doctoral dissertation, Master Thesis).
37. **Mateo Sánchez, M.C.; Cushman, S.A. and Saura, S., 2014.** Scale dependence in habitat selection: the case of the endangered brown bear (*Ursus arctos*) in the Cantabrian Range (NW Spain). International Journal of Geographical Information Science. Vol. 28, No. 8, pp: 1531-1546.
38. **Mateo Sánchez, M.C.; Gastón, A.; García-Viñas, J.I.; Cuevas, J.; López-Leiva, C.; Fernández-Landa, A.; Algeet-Abarquero, N.; Marchamalo, M.; Fortin, M.J. and Saura, S., 2016.** Seasonal and temporal changes in species use of the landscape: how do they impact the inferences from multi-scale habitat modeling? Landscape ecology. Vol. 31, No. 6, pp: 1261-1276.
39. **Mi, C.; Huettmann, F.; Guo, Y.; Han, X. and Wen, L., 2017.** Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large under sampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. Peer J. Vol. 5, pp: e2849.
40. **Nawaz, M.A., 2008.** Ecology, genetics and conservation of Himalayan brown bears, PhD Thesis, Department of Ecology and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences. 224 p.
41. **Ripple, W.J.; Estes, J.A.; Beschta, R.L.; Wilmers, C.C.; Ritchie, E.G.; Hebblewhite, M.; Berger, J.; Elmhagen, B.; Letnic, M.; Nelson, M.P.; Schmitz, O.J.; Smith, D.W.; Wallach, A.D. and Wirsing, A.J., 2014.** Status and ecological effects of the world's largest carnivores. Science. Vol. 343, pp: 124-148.
42. **Swets, A., 1988.** Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science. Vol. 240, No. 4857, pp: 1285-1293.
43. **Valente, A.M.; Marques, T.A.; Fonseca, C. and Torres, R.T., 2016**. A new insight for monitoring ungulates: density surface modelling of roe deer in a Mediterranean habitat. European journal of wildlife research. Vol. 62, No. 5, pp: 577-587.
44. **Van Cleave, E.K.; Bidner, L.R.; Ford, A.T.; Caillaud, D.; Wilmers, C.C. and Isbell, L.A., 2018.** Diel patterns of movement activity and habitat use by leopards (*Panthera pardus pardus*) living in a human-dominated landscape in central Kenya. Biological conservation. Vol. 226, pp: 224-237.
45. **Weinberg, P.; Jdeidi, T.; Masseti, M.; Nader, I.; desmet, K. and Cuzin, F., 2008.** *Capra aegagrus*. In: IUCN Red List of Threatened Species.URL:http://www.iucnredlist.org.
46. **Wu, W.; Li, Y. and Hu, Y., 2016.** Simulation of potential habitat overlap between red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in northeastern China. Peer J. Vol. 4, pp: e1756.
47. **Ziółkowska, E.; Ostapowicz, K.; Radeloff, V.C.; Kuemmerle, T.; Sergiel, A.; Zwijacz-Kozica, T. and Selva, N., 2016.** Assessing differences in connectivity based on habitat versus movement models for brown bears in the Carpathians. Landscape Ecology. Vol. 31, No. 8, pp: 1863-1882.