مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گوسفند وحشی در استان لرستان

- **محمدرضا اشرف‌زاده***: گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
- **علی‌اصغر نقی‌پور**: گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
- **مریم حیدریان**: گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- **روح‌الله میرزایی**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۹

چکیده

تخریب و تکه‌تکه شدگی زیستگاه به‌عنوان مهم‌ترین عامل تهدیدکننده جمعیت‌های در خطر حیات‌وحش شناخته می‌شود و ممکن است تغییر اقلیم منجر به افزایش شدت این پدیده شود. هدف از پژوهش حاضر، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی در استان لرستان و بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های شناسایی شده است. به‌منظور پیش‌بینی پراکنش این گونه در شرایط حال حاضر و آینده از رویکرد مدل‌سازی اجماعی با استفاده از شش مدل پراکنش گونه‌ای استفاده شد. براساس مدل‌های مورد استفاده، در حدود ۷/٤ درصد (۲۰۹۳/۹۸ کیلومتر مربع) از ناحیه مورد مطالعه به‌عنوان زیستگاه مطلوب پیش‌بینی شد. متغیرهای پوشش اراضی، تغییرات فصلی دما، فاصله تا چشمه، ردپای انسان و فاصله تا گریزگاه بالاترین مشارکت (۸۰ درصد) را در اجرای مدل داشتند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ٦۲/۱٤ درصد (RCP٤/٥) تا ۷٦/۹۷ درصد (RCP۸/٥) از زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ به‌واسطه تغییر اقلیم تحت چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای و مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 از دست خواهد رفت. در مقابل، در همین دوره زمانی در حدود ۵/۸۹ درصد (RCP۸/٥) تا ۱۷/۰۱ درصد (RCP٤/٥) به زیستگاه‌های مطلوب اضافه خواهد شد. یافته‌های این پژوهش اطلاعات سودمندی را برای طرح‌ریزی حفاظتی به‌منظور حفاظت و بازسازی جمعیت‌های گوسفند وحشی فراهم می‌سازد.

کلمات کلیدی: گونه‌های تهدید شده، تخریب زیستگاه، تغییر اقلیم، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، حفاظت

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mrashrafzadeh@sku.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

مقدمه

در حال حاضر، تغییر اقلیم و پیامدهای آن بر زیستگاه‌ها و جمعیت‌ها به یک نگرانی اصلی در هنگام تدوین برنامه‌ها و اولویت‌های حفاظتی تبدیل شده است (Jetz و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش گستره جغرافیایی، جابه‌جایی در پراکنش جغرافیایی و الگوهای پراکنش (Doswald و همکاران، ۲۰۰۹؛ Su و همکاران، ۲۰۱۵، Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۹a؛ Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۹)، تغییرات در روابط بوم‌شناختی (IPCC، ۲۰۰۷)، تغییر در الگوهای رفتاری حرکتی (van Beest و Milner، ۲۰۱۳)، سازش‌های حیاتی تاریخی و فنولوژیکی، تغییر در اندازه جمعیت و انقراض از پاسخ‌های احتمالی گونه‌ها در برابر تغییر اقلیم هستند (Yousefi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۹a). پستانداران بزرگ‌جثه، به‌واسطه عواملی نظیر تجزیه و تخریب زیستگاه و تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی، بیش از سایر گونه‌ها در معرض خطر انقراض قرار گرفته‌اند. ویژگی‌های پستانداران بزرگ‌جثه مانند اندازه‌های به نسبت بزرگ گستره خانگی و قدرت تولیدمثل اندک آن‌ها و هم‌چنین برداشت از جمعیت‌های این پستانداران توسط انسان برای اهداف تغذیه یا استفاده از پوست و سایر اجزای بدن، آسیب‌پذیری آن‌ها را در برابر فعالیت‌های انسانی به‌شدت افزایش داده است، که این وضعیت می‌تواند افزایش روند انقراض محلی هر کدام از جمعیت‌های این گونه‌ها را در پی داشته باشد (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۸). در این میان، احتمال انقراض محلی در جمعیت‌های کوچک و مجزا و یا دارای پراکنش محدود بسیار بالا است (Manne و همکاران، ۱۹۹۹؛ Hilty و همکاران، ۲۰۱۲، اشرف‌زاده و نظریان، ۱۳۹۶). کشور ایران به‌عنوان زون مرکزی پراکنش گوسفند وحشی (جنس *Ovis*)، بخش قابل توجهی از فراوانی این گونه و تنوع ژنتیکی آن را در خود جای داده است (Valdez و همکاران، ۱۹۷۸). گوسفند وحشی معمولاً در کوهستان‌های خشک و نیمه‌خشک و تپه‌ماهورها و از اقلیم‌های سرد در کوهستان‌های البرز و زاگرس تا سواحل صخره‌ای به نسبت گرم و مرطوب خلیج‌فارس حضور دارد (ضیایی، ۱۳۸۷). زیستگاه مطلوب برای گوسفند وحشی ناحیه‌ای است که دربرگیرنده غذا، امنیت و پوشش دمایی مناسب برای تغذیه، جفت‌یابی و اجتناب از صیادان است (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳). میانگین بارش سالیانه در نواحی حضور این گونه در ایران از حدود ۱۰۰ میلی‌متر در بیابان‌های مرکزی تا بیش از ۴۰۰ میلی‌متر در بخش شمالی و شمال غربی کشور است (درویش‌صفت، ۱۳۸۵). گونه‌های گیاهی مانند درمنه (*Artemisia* spp.) و گون (*Astragalus* spp.) در بیش‌تر گستره‌های پراکنش این گونه قابل مشاهده هستند (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳). امروزه، به‌دلیل تخریب گسترده در زیستگاه‌ها و سایر عوامل به‌ندرت می‌توان گوسفند وحشی را در خارج از مناطق حفاظت‌شده کشور مشاهده نمود (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳). شکار غیرقانونی، تخریب زیستگاه و رقابت با دام اهلی از مهم‌ترین دلایل موثر بر کاهش جمعیت گوسفند وحشی به‌شمار می‌روند (Valdez، ۲۰۰۸). این گونه در فهرست IUCN در سال ۲۰۱۸ در طبقه آسیب‌پذیر (Vu) قرار گرفته است. از سوی دیگر، گوسفند وحشی به‌عنوان نیای گوسفند اهلی (*Ovis aries*) شناخته شده و امکان زادآوری با گوسفند اهلی را دارد (Hosseini و همکاران، ۲۰۰۹). این موارد از یک‌سو اهمیت حفاظتی گونه را نشان می‌دهد و از سوی دیگر خطر ایجاد هیبرید با گوسفند اهلی را توصیف می‌کند (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳). یکی از عوامل تهدیدکننده پستانداران بزرگ‌جثه در مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی پدیده تغییر اقلیم است (Granados و Brodie، ۲۰۱۶). گرمایش جهانی با جابه‌جایی زیستگاه‌های محلی حیات وحش ساکن این مناطق، آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Sexton و همکاران، ۲۰۰۹). تغییر اقلیم، دسترسی پذیری سم‌داران مناطق کوهستانی را به زیستگاه‌های مطلوب تحت تاثیر قرار می‌دهد (Luo و همکاران، ۲۰۱۵؛ Lamsal و همکاران، ۲۰۱۸). فنولوژی گیاهان به‌واسطه گرمایش تغییر می‌یابد و دوره‌های زمانی دسترسی به علوفه با کیفیت کوتاه شده و نرخ زاد و ولد و زیستایی سم‌داران مناطق کوهستانی و نیمه کوهستانی کاهش می‌یابد (Pettorelli و همکاران، ۲۰۰۷). تغییر اقلیم به‌دلیل کاهش گستره زیستگاه‌های مطلوب و آسیب‌پذیری سم‌داران و سایر پستانداران مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی به افزایش دما می‌تواند فراوانی گونه‌ها را کاهش دهد (Haynes و همکاران، ۲۰۱۴؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین، به‌منظور اتخاذ رویکردهای حفاظتی و مدیریتی بهتر و شناسایی زیستگاه‌های بحرانی، ضروری است که درک بهتری از چگونگی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها تحت تاثیر تغییر اقلیم به‌دست آید (Hole و همکاران، ۲۰۰۹). مدل‌سازی زیست‌اقلیمی یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در راستای پیش‌بینی پراکنش و انقراض جمعیت‌های در تهدید است (Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۹a). همان‌طورکه اشاره شد اثرات چندگانه و زنجیره‌ای تغییر اقلیم می‌تواند فشار بیش‌تری بر زیستایی جمعیت‌های حیات‌وحش ساکن مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی مانند گوسفند وحشی داشته باشد (Salas و همکاران، ۲۰۱۸). در گذشته، گوسفند وحشی در گستره بزرگی از استان لرستان پراکنش داشته است. امروزه، پراکنش این گونه در استان لرستان به‌طور عمده به پناهگاه حیات وحش سفیدکوه ازنا و گستره‌های بسیار کوچکی در شرق استان محدود شده است. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی زیستگاه‌های مطلوب باقی‌مانده گوسفند وحشی در استان لرستان و مدل‌سازی

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

پیامدهای تغییر اقلیم بر این زیستگاه‌ها براساس سناریوهای اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه در برگیرنده استان لرستان که با وسعتی در حدود ۲۸۲۹۴ کیلومتر مربع در حدود ۱/۸ درصد از مساحت کشور را به‌خود اختصاص داده است. پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌ها و مرتفع‌ترین نقطه آن قله اشترانکوه با ارتفاع ۴۱۵۰ متر در میان رشته کوه زاگرس قرار دارد. بارش میانگین سالانه در استان ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر، بیشینه دمای ثبت شده ۴۷/۴ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای مطلق ثبت شده ۳۵- درجه سانتی‌گراد است (امیری یاراحمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

داده‌های حضور: بازدیدهای میدانی و ثبت نقاط حضور در گستره‌های احتمالی پراکنش جغرافیایی گوسفند وحشی در طی چندین مرحله از تابستان ۱۳۹۶ تا تابستان ۱۳۹۷ انجام شد. براساس مشاهده مستقیم، تعداد ۶۱ نقطه حضور از تمامی گستره حضور گوسفند وحشی در استان گردآوری شد. برای کاهش خودهمبستگی مکانی نقاط حضور خوشه‌ای که می‌تواند اریبی در یافته‌ها ایجاد کند، از بین موقعیت‌های حضور چندگانه (در فاصله کم‌تر از دو کیلومتری) تنها یک موقعیت حضور در تحلیل‌ها استفاده شد (Salas و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین، تنها یک نقطه حضور به‌ازای هر سلول در تحلیل‌ها استفاده شد (Salas و همکاران، ۲۰۱۷a). در مجموع، ۴۲ نقطه حضور در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

متغیرهای محیطی: برای تشریح شرایط زیستگاهی گوسفند وحشی، مجموعه متغیرهای محیطی دربرگیرنده عوامل اقلیمی، پوشش/کاربری سرزمین، توپوگرافی و متغیرهای انسانی استفاده شدند (ملکی‌نجف‌آبادی، ۱۳۸۶؛ گلجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ شمس اسفند آباد و همکاران، ۱۳۸۹؛ رم‌یاز و همکاران، ۱۳۹۶؛ نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Bashari و Hemami، ۲۰۱۳؛ Giusepe و Luigi، ۲۰۱۶؛ Malekpoor و همکاران، ۲۰۱۸؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۷b؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۸). تعداد ۱۹ متغیر اقلیمی با قدرت تفکیک‌پذیری ۳۰ ثانیه و به‌صورت ریزمقیاس شده از پایگاه داده‌های اقلیمی World Clim دریافت شدند. داده‌های پوشش/کاربری سرزمین از لایه تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری استخراج شد. داده‌های اولیه دربرگیرنده تعداد ۳۴ طبقه بود، که براساس بوم‌شناسی و زیست‌شناسی گونه، یک لایه جدید دارای شش طبقه (مرتع خوب، مرتع متوسط، مرتع فقیر، کشتزار، جنگل، سایر موارد) استخراج شد. از نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های درجه شیب و جهت شیب تولید شدند و به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. متغیر جهت با استفاده از تبدیل کسینوسی به یک متغیر کمی پیوسته تبدیل شد. از نقشه شیب، نقشه گریزگاه (Escape terrain) در برگیرنده شیب‌های بیش از ۳۰ درصد (Salas و همکاران، ۲۰۱۷b؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۸) به‌دست آمد. نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از روستا و فاصله از رودخانه با ابزار فاصله اقلیدسی در محیط ArcGIS 10.3 تهیه شد. به‌منظور کمّی‌سازی اثرات انسان بر بوم‌سازگان‌ها، از نقشه ردپای انسان استفاده شد (Sanderson و همکاران، ۲۰۰۲). این مدل با استفاده از اطلاعات مربوط به تراکم جمعیت، دسترسی‌پذیری انسان، تغییر کاربری سرزمین و وجود زیرساخت‌هایی مانند جاده‌ها، به‌دست آمده است. نقشه ناهمواری‌ها (Topographic roughness)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای موثر بر ناهمگونی توپوگرافی، استفاده شد. تمامی لایه‌های محیطی از نظر محدوده، اندازه پیکسل (در حدود یک کیلومترمربع)، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی یکسان‌سازی شدند. پیش از اجرای مدل‌سازی، برای بررسی هم‌خطی بین متغیرهای محیطی و انسانی مختلف از شاخص تورم واریانس (VIF>۳) استفاده شد (Zuur و همکاران، ۲۰۱۰). به‌منظور بررسی همبستگی (براساس آستانه ۰/۷) بین متغیرها، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در نهایت، ۱۶ متغیر در مدل‌سازی استفاده شدند (جدول ۱).

مدل‌سازی: برای پیش‌بینی پراکنش زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی از بسته نرم‌افزاری Biomod2 (Thuiller و همکاران، ۲۰۱۶) در محیط R (نسخه ۳،۱،۲) (R Development Core Team، ۲۰۱۴) استفاده شد. مدل‌های آنتروپی بیشینه (MaxEnt)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته(GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر (FDA)، تجزیه وتحلیل طبقه‌بندی درختی (CTA)، جنگل تصادفی (RF) و رگرسیون چندمتغیره تطبیقی(MARS)برای‌برآوردزیستگاه‌های‌مطلوب استفاده شدند. به‌دلیل این‌که تمامی مدل‌های مورد استفاده به داده‌های زمینه‌ای (نقاط عدم حضور کاذب) نیاز دارند، به‌صورت تصادفی تعداد نقطه زمینه‌ای برابر با نقاط حضور گونه در گستره مورد مطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. برای ارزیابی مدل‌ها، ۷۵ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۵ درصد باقی‌مانده برای آزمون مدل‌ها استفاده شدند (Warren و همکاران، ۲۰۲۰).

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

جدول ۱: متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در استان لرستان و اهمیت نسبی آن‌ها

متغیرهای محیطی	عنوان به انگلیسی	اهمیت نسبی
پوشش سرزمین	Land cover	۲۰/۶۳۲
تغییرات فصلی دما	Bio4- Temperature Seasonality (standard deviation *100)	۱۹/۹۹۸
فاصله تا چشمه	Distance to spring	۱۷/۳۸۹
ردپای انسان	Footprint	۱۳/۹۸۸
فاصله تا گریزگاه	Distance to escape terrain	۵/۹۵۵
میانگین دمای سالیانه	Bio1- Annual Mean Temperature	۵/۶۶۹
دامنه میانگین روزانه	Bio2- Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	۵/۳۴۱
بارش فصلی	Bio15- Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	۴/۹۸۷
فاصله تا روستا	Distance to village	۱/۶۳۱
دامنه دمای سالیانه	Bio7- Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)	۱/۵۴۱
فاصله تا جاده	Distance to road	۱/۱۵۸
بارش در خشک‌ترین ماه سال	Bio14- Precipitation of Driest Month	۱/۰۴۲
جهت جغرافیایی	Aspect	۰/۴۰۰
شیب	Slope	۰/۱۳۳
فاصله تا رودخانه	Distance to river	۰/۰۶۷
ناهمواری	Topographic roughness	۰/۰۶۶

مدل‌ها با استفاده از شاخص سطح زیرمنحنی (AUC: The Area Under the Curve) و آماره TSS (True Skill Statistic) ارزیابی شدند (Allouche و همکاران، ۲۰۰۶). تعیین اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای‌مورداستفاده با استفاده از آنالیز حساسیت مدل‌ها به متغیرها انجام گرفت. پس از تشکیل مدل نهایی در هر روش مدل‌سازی، یکی از متغیرها از مدل خارج‌شده و مدل‌سازی با متغیرهای باقی‌مانده تکرار شد. میزان همبستگی دو نقشه خروجی، میزان اهمیت نسبی متغیر مورد نظر در مدل را تعیین می‌نماید (Thuiller و همکاران، ۲۰۱۶). در نهایت، مدل اجماعی با استفاده از متوسط وزن مدل‌های انفرادی برای تمامی ارزش‌های ارزیابی شده اجرا شد (Thuiller و همکاران، ۲۰۱۶). مدل‌های گردش عمومی (GCMs) با استفاده از سناریوهای مختلف افزایش گازهای گلخانه‌ای(RCPs)برآوردهای کمّی‌قابل اتکایی از شرایط اقلیمی آینده فراهم می‌سازند. پیش‌بینی‌های مربوط به مدل‌سازی‌پراکنش اقلیمی به‌مدل‌گردش‌عمومی وسناریوهای استفاده شده وابسته است (Milanovich و همکاران، ۲۰۱۰). مدل اجماعی به منظور پیش‌بینی پراکنش آینده گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ بر اساس هر ۴ سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای (RCP۲/۶، RCP۴/۵، RCP۶ و RCP۸/۵) و مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 تهیه شد. مدل‌گردش عمومی BCC-CSM1-1 یکی‌ازبهترین‌مدل‌های شناسایی شده برای برآورد پراکنش گونه‌های مختلف در ایران به‌شمار می‌رود (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۹a,b). به‌منظور ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه هدف، ابتدا از یک سطح بحرانی (براساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب استفاده شد. سپس، وسعت زیستگاه‌های جدید و زیستگاه‌های نامناسب شده به‌دلیل تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ در سناریوهای مختلف برآورد شدند.

نتایج

براساس‌شاخص AUC، همه‌مدل‌ها با درجه‌خوب تا عالی (۰/۸۱<) ارزیابی شدند. هم‌چنین، مدل‌ها براساس معیار TSS در رتبه‌های خوب تا عالی(۰/۶۹<)قرارگرفتند(جدول ۲).مدل‌های MaxEnt، RF، GLM و CTA به‌ترتیب با مقادیر معادل ۰/۹۷، ۰/۹۴، ۰/۹۱ و ۰/۹۰ بالاترین ارزش‌های AUC را به‌خود اختصاص دادند. براساس یافته‌های حاصل از مدل‌سازی اجماعی، در حدود ۷/۳۹ درصد (۲۰۹۳/۹۸ کیلومتر مربع) از گستره استان لرستان می‌تواند به‌عنوان زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی درنظر گرفته شود (شکل ۱). کمینه و بیشینه ارتفاع حضور گونه در منطقه از ۱۸۲۲ تا ۲۶۰۷ متر از سطح دریا به‌دست آمد و میانگین این ارتفاع در حدود ۲۱۶۳ متر برآورد شد. درحالی‌که زیستگاه‌های‌مطلوب به‌صورت‌پراکنده درمناطق‌مختلف استان‌مشاهده می‌شوند، به‌نظر می‌رسد شرق و شمال‌شرق محدوده مورد مطالعه مطلوبیت بیش‌تری برای گوسفند وحشی دارد. بر همین اساس، لکه‌های زیستگاهی بزرگ و به نسبت یک‌پارچه در گستره زیستگاهی شهرستان‌های ازنا، الیگودرز و دورود و هم‌چنین بروجرد مشاهده

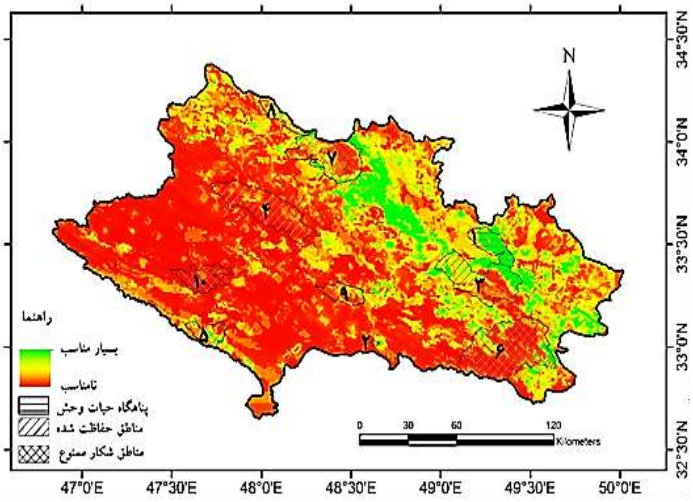
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

می‌شوند. از کل مساحت زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در حدود ۴۳۷ کیلومتر مربع (حدود ۲۱ درصد) با مناطق حفاظت شده و شکار ممنوع هم‌پوشی دارد.

جدول ۲: برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و TSS در الگوریتم‌های مختلف اجرا شده

پارامترهای مدل	RF	GLM	CTA	ANN	GBM	MaxEnt
AUC	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۹۷
TSS	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۸۹

یافته‌هانشان‌دادکه به‌ترتیب متغیرهای پوشش سرزمین (۲۰/۶۳ درصد)، تغییرات فصلی دما (۲۰ درصد)، فاصله تا چشمه (۱۷/۳۹ درصد)،ردپای انسان (۱۳/۹۹ درصد)و فاصله تا گریزگاه (۵/۹۶ درصد) بیش‌ترین مشارکت (۸۰ درصد) را در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه داشتند(جدول ۱). بنابراین، پنج متغیری که بیش‌ترین مشارکت را در مدل‌سازی پراکنش نشان‌دادند دربرگیرنده مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی، پوشش سرزمین، توپوگرافی و متغیرهای انسانی هستند. براساس یافته‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل توجهی بر زیستگاه‌های مطلوب و جمعیت گوسفند وحشی در استان لرستان وارد سازد (شکل ۲). براساس سناریوهای مختلف، به‌نظر می‌رسد بین ۶۲/۱۴ درصد (RCP۴/۵) تا ۷۶/۹۷ درصد(RCP۸/۵)از زیستگاه‌های امروزی گوسفند وحشی به‌واسطه تغییر اقلیم نامناسب خواهد شد(جدول ۳). درحالی‌که در همین دوره زمانی در حدود ۵/۸۹ درصد (RCP۸/۵) تا ۱۷/۰۱ (RCP۴/۵) درصد به زیستگاه‌های مطلوب این گونه اضافه خواهد شد. به‌طور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ بین ۴۵/۱۳ درصد (RCP۴/۵) تا ۷۱/۰۸ درصد (RCP۸/۵) برآورد شد. براساس یافته‌ها، به‌نظر می‌رسد سناریوهای RCP۸/۵ و RCP۶ نسبت به دو سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در استان لرستان خواهند داشت. شکل ۳ هم‌پوشی مناطق حفاظت شده و شکار ممنوع را با زیستگاه‌های گوسفند وحشی در استان لرستان براساس سناریوی RCP۸/۵ نشان می‌دهد.



شکل ۱: زیستگاه‌های مطلوب حال حاضر گوسفند وحشی در استان لرستان با استفاده از رویکرد اجماعی حاصل از شش مدل.

اعداد ۱ تا ۱۰: به‌ترتیب پناهگاه‌های حیات وحش سفیدکوه ازنا (۱) و سمندر لرستانی (۲)، مناطق حفاظت شده اشترانکوه (۳) و سفیدکوه خرم‌آباد (۴) و مناطق شکار ممنوع تالاب‌های پلدختر (۵)، قالی‌کوه (۶)، گرین (۷)، چهارشاخ (۸)، هشتاد پهلو (۹) و گنجینه سرکن و باباحبیب (۱۰)

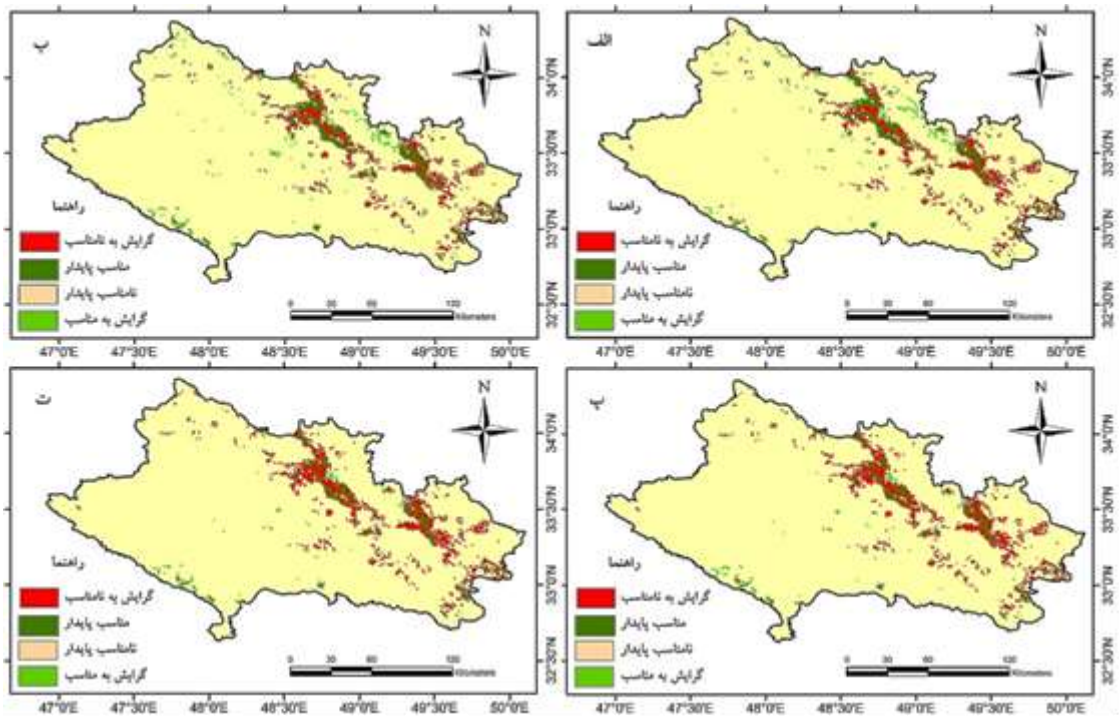
جدول ۳: تغییرات سطح زیستگاه (Km^2) گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ و تحت سناریوهای اقلیمی مختلف در مقایسه با شرایط امروزی

سناریو	حضور پایدار	عدم حضور پایدار	زیستگاه از دست رفته		زیستگاه جدید		تغییرات در زیستگاه
			مساحت	درصد	مساحت	درصد	
RCPسناریو ۲/۶	۷۶۷/۶۷	۲۵۹۳۶/۵۵	۱۳۲۶/۳۱	۶۳/۳۴	۲۷۳/۹۱	۱۳/۰۸	-۵۰/۲۶
RCPسناریو ۴/۵	۷۹۲/۹۰	۲۵۸۵۴/۳۷	۱۳۰۱/۰۸	۶۲/۱۴	۳۵۶/۰۹	۱۷/۰۱	-۴۵/۱۳
RCP سناریو ۶	۴۸۲/۹۵	۲۶۰۷۴/۲۲	۱۶۱۱/۰۳	۷۶/۹۴	۱۳۶/۲۴	۶/۵۱	-۷۰/۴۳
RCP ۸/۵ سناریو	۴۸۲/۲۳	۲۶۰۸۷/۲۰	۱۶۱۱/۷۵	۷۶/۹۷	۱۲۳/۲۶	۵/۸۹	-۷۱/۰۸

بحث

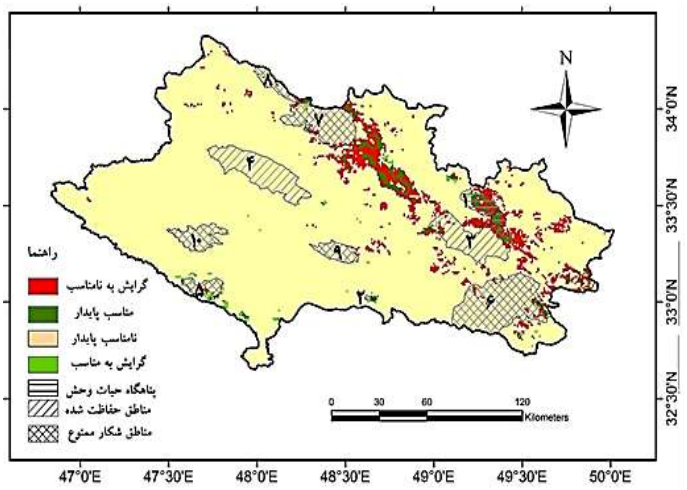
در این پژوهش، پیامدهای تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در استان لرستان با استفاده از چهار سناریو و مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 تا سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً تغییر اقلیم پیامدهای قابل توجهی بر زیستگاه‌های مطلوب حال حاضر گوسفند وحشی در این استان وارد خواهد نمود. به‌نظر می‌رسد بین ۶۲ درصد (RCP۴/۵) تا ۷۷ درصد (RCP۸/۵) از زیستگاه‌های حال حاضر گوسفند وحشی به‌واسطه تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ نامناسب خواهد شد. تمامی سناریوها، الگوهای مکانی به نسبت مشابهی از کاهش زیستگاه‌ها را تا سال ۲۰۵۰ نشان دادند.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302



شکل ۲: تغییرات در گستره جغرافیایی زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در آینده (سال ۲۰۵۰)

الف تا ت به‌ترتیب سناریوهای RCP۲/۶، RCP۴/۵، RCP۶ و RCP۸/۵ را نشان می‌دهند.



شکل ۳: هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده و شکار ممنوع با زیستگاه‌های گوسفند وحشی در استان لرستان براساس سناریوی RCP۸/۵.

اعداد ۱ تا ۱۰ همانند شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت مناطق حفاظت شده و شکار ممنوع هستند.

شرایط زیستی برای گوسفند وحشی در مناطق کم ارتفاع‌تر استان لرستان نامطلوب‌تر خواهد شد.درمقابل،در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه که مناطق مرتفع‌تر وجود دارند پیش‌بینی می‌شود که زیستگاه‌های مطلوب بدون‌تغییر باقی‌بمانند.Salasو همکاران (۲۰۱۸) برآورد کردند که تغییر اقلیم پیامدهای منفی معنی‌داری بر زیستگاه‌های گوسفند وحشی آرگالی در شرق تاجیکستان خواهد داشت. براساس مدل‌سازی‌ها، گوسفند وحشی مارکوپولو (*Ovis ammon polii*) احتمالاً بیش از دو سوم زیستگاه‌های مطلوب امروزی را تا سال ۲۰۷۰ از دست خواهد داد (Salas و همکاران، ۲۰۱۸). Luo و همکاران (۲۰۱۵) برآورد کردند که بیش از نیمی از زیستگاه‌های مطلوب امروزی سم‌داران تبت تا سال ۲۰۸۰ به‌واسطه تغییر اقلیم از دست خواهد رفت. به‌هر حال، ممکن است که سم‌داران ساکن مناطق مختلف،نیازمندی‌های زیستگاهی متفاوتی داشته و بنابراین حساسیت یکسانی به تغییر اقلیم نداشته باشند (Chen و همکاران، ۲۰۱۱). White و همکاران (۲۰۱۸)، براساس تمامی سناریوهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۸۵، اثرات منفی (کاهش اندازه جمعیت و گستره جغرافیایی) بر جمعیت‌های کل و بز وحشی در آلاسکا برآورد نمودند. بر این اساس، درحالی‌که درجه تغییر زیستگاه‌های مطلوب در بین سناریوها متفاوت بود اما روندهای مشابهی از تغییر در تمامی سناریوها برآورد شد. یافته‌های این پژوهش نیز تغییرات بزرگ‌تری را بر اساس سناریوی RCP۸/۵ نسبت به سناریوهای دیگر نشان داد. سناریوهای با انتشار بیش‌تر گازهای گلخانه‌ای (RCP۸/۵) نرخ‌های سریع‌تری از کاهش و انقراض جمعیت‌ها را در مقایسه با سایر سناریوها پیش‌بینی نمودند (White و همکاران، ۲۰۱۸). کم‌تر از ۷/۵ درصد (۲۰۹۴ کیلومتر مربع) از مساحت استان لرستان به‌عنوان زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی پیش‌بینی شد. یک‌پارچه‌ترین لکه‌های زیستگاهی در شرق و

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

شمال‌شرق استان (ازنا، الیگودرز، دورود و هم‌چنین بروجرد) شناسایی شدند. درحالی‌که در گذشته‌ای نه چندان دور، گوسفند وحشی پراکنش گسترده‌ای در استان لرستان داشته است، جمعیت‌های این گونه در بخش عمده‌ای از گستره تاریخی‌اش در استان از بین رفته است و به‌نظر می‌رسد پناهگاه حیات‌وحش سفیدکوه ازنا درشرق استان تنها منطقه حفاظت شده است که دارای جمعیتی از گوسفند وحشی است. شکار بی‌رویه دلیل اصلی از بین رفتن جمعیت‌های گوسفند وحشی در بسیاری از مناطق استان به‌شمار می‌رود. بررسی‌های میدانی به‌ویژه در شرق استان (شهرستان‌های ازنا، الیگودرز و دورود) ازجمله در مناطق همسایگی در استان‌های مرکزی و اصفهان نشان می‌دهد که احتمال حضور گوسفند وحشی با تراکم‌های بسیار پایین در خارج از مناطق حفاظت شده وجود دارد که نیازمند بررسی‌های بیش‌تری است. به‌نظر می‌رسد جمعیت بسیار کوچکی از گوسفند وحشی در مرز بین استان‌های لرستان و اصفهان در رفت و آمد است. براساس بررسی‌های صحرایی، این جمعیت بسیار کوچک احتمالاً در بین منطقه شکار ممنوع ستبله در محدوده فرسش در استان اصفهان و مناطق هم‌مرز با استان لرستان در حرکت است. هم‌چنین، نمایه‌هایی از حضور تعداد اندکی گوسفند وحشی در زیستگاه‌های تپه‌ماهوری شرق استان لرستان در خارج از پناهگاه حیات وحش سفیدکوه از جمله در اطراف الیگودرز وجود دارد. براساس بررسی‌های میدانی و مکاتبه با کارشناسان محیط زیست در استان‌های لرستان و مرکزی و نظرات جوامع‌محلی،امکان‌حضور بسیارپراکنده‌ای‌از گوسفند وحشی در مرز بین استان‌های یاد شده وجود دارد. بر این اساس، وجود یک ارتباط بین جمعیت‌های گوسفند وحشی ساکن در پناهگاه حیات وحش سفیدکوه ازنا با جمعیت‌های ساکن در مناطق هم‌جوار در استان مرکزی قابل انتظار است. مشاهده این گونه در زیستگاه‌های نامطلوب (زمین‌های کشاورزی و اطراف روستاها) در محدوده مرزی استان‌های لرستان و مرکزی و هم‌چنین گزارش تلفات جاده‌ای گوسفند وحشی در خارج از مناطق حفاظت شده استان مرکزی به ویژه در بخش جنوبی آن به سمت استان لرستان، تلاش جمعیت‌های مختلف را برای برقراری ارتباط بین یکدیگر مورد توجه قرار می‌دهد.

براساس تحلیل‌ها، متغیرهای پوشش سرزمین (۲۱ درصد)، تغییرات فصلی دما (۲۰ درصد)، فاصله تا چشمه (۱۷ درصد)، ردپای انسان (۱۴ درصد) و فاصله تا گریزگاه (شش درصد) بیش‌ترین سهم نسبی (۸۰ درصد) را در اجرای مدل‌سازی داشتند. پوشش سرزمین به‌عنوان مهم‌ترین متغیر پیش‌بینی کننده زیستگاه گوسفند وحشی شناسایی شد. پوشش سرزمین با منابع‌غذایی،پوشش حرارتی و امنیتی و مزاحمت‌های انسانی در ارتباط است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای محیطی شناخته می‌شود (Kanellopoulos و همکاران، ۲۰۰۶؛ Favilli و همکاران، ۲۰۱۳؛ اشرف‌زاده و نظریان، ۱۳۹۶). متغیر کیفیت منابع غذایی می‌تواند یک عامل کلیدی تعیین کننده الگوهای انتخاب زیستگاه برای علف‌خواران بزرگ‌جثه باشد (St- Louis و Côté، ۲۰۱۴). Salas و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که دسترسی‌پذیری به منابع غذایی و پراکنش جغرافیایی گوسفند وحشی آرگالی ارتباط بسیار بالایی با یکدیگر دارند. با توجه به وابستگی علف‌خواران بزرگ‌جثه مناطق کوهستانی به منابع گیاهی، یکی از مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم بر جمعیت‌های این گونه‌ها تغییر در موجودی منابع غذایی گیاهی است (Salas و همکاران، ۲۰۱۸). Bashari و Hemami (۲۰۱۳) امنیت زیستگاه، دسترسی‌پذیری به منابع آب و غذا و پوشش حرارتی را به‌عنوان متغیرهای زیستگاهی اصلی تعیین کننده مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی توصیف کردند.

تغییرات فصلی دما (Bio۴)، میانگین درجه حرارت سالیانه (Bio۱)، گستره میانگین روزانه (Bio۲) و بارش فصلی (Bio۱۵) به عنوان مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی مشارکت‌کننده در مدل‌سازی شناسایی شدند. براساس Salas و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات فصلی دما، میانگین درجه حرارت سالیانه و بارش در گرم‌ترین فصل سال (Bio۱۸) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی موثر در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی در شرایط اقلیمی آینده تعیین شدند. در پژوهش حاضر، متغیر بارش در گرم‌ترین فصل سال به‌واسطه داشتن همبستگی بالا با سایر متغیرهای مورد استفاده از تحلیل‌ها کنار گذاشته شده است. پژوهش‌ها بر اهمیت دما در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه سم‌داران تأکید کرده‌اند (Aryal و همکاران، ۲۰۱۳؛ Khan و همکاران، ۲۰۱۶؛ Salas و همکاران، ۲۰۱۸). فاصله تا چشمه، از مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی کننده زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی است (ملکی‌نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). در پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار حدود ۹۰ درصد فراوانی حضور گوسفند وحشی در فاصله حدود ۲۰۰۰ متری از منابع آب و بیش از ۶۵ درصد این مقدار در فاصله ۱۰۰۰ متری از منابع آب گزارش شده است. ماهینی (۱۳۷۱) این فاصله را برای میش‌های بره‌دار در حدود ۱۰۰۰متر برآورد نموده است. Bashari و Hemami (۲۰۱۳) اشاره می‌کنند که دسترسی‌پذیری زیستگاه‌های گوسفند وحشی و افزایش مداخله انسان یک عامل حیاتی دیگر در تعیین مطلوبیت زیستگاه است. علاوه بر شکار غیرمجاز، تخریب زیستگاه، چرای دام، بهره‌برداری از معادن و کارگاه‌های متعدد، یکی از عوامل تهدید مهم در پناهگاه حیات وحش سفیدکوه جاده ارتباطی اصفهان ازنا-خرم‌آباد است. این جاده پناهگاه حیات‌وحش سفیدکوه ازنا را به‌دو قسمت‌تجزیه نموده است (سفیدکوه کوچک و سفیدکوه بزرگ). در سال‌های اخیر، تصادف‌های جاده‌ای متعددی از گوسفندوحشی و سایرگونه‌های حیات‌وحش در این منطقه

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

گزارش شده است. بنابراین، اتخاذ یک رویکرد مناسب (مانند احداث روگذر یا زیرگذر مناسب عبور گونه‌های مختلف حیات‌وحش) در راستای حل این مشکل ضرورتی اجتناب ناپذیر است. یکی دیگر از مشکلات موجود در زیستگاه‌های گوسفند وحشی یا پیرامون آن به ویژه در شرق استان لرستان، گستردگی وجود معادن استخراج سنگ است. براساس آمار موجود، ۲۰ درصد معادن کشور در استان لرستان واقع شده است و این استان دارای رتبه هفت کشور در صادرات سنگ است. ذخایر بزرگی از سنگ‌های ساختمانی و تزئینی به همراه سایر معادن در این استان شناسایی شده است (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۹۳). فاصله تا گریزگاه به‌عنوان یکی دیگر از متغیرهای مشارکت‌کننده مهم در مدل‌سازی زیستگاه‌مطلوب گوسفند وحشی شناسایی شد. گوسفند وحشی برخی مواقع برای علف‌خواری به شیب‌های پایین‌تر در دامنه‌های کوه حرکت می‌کند(ضیائی، ۱۳۸۷). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد بیش‌ترین خطر صیادی برای گوسفند وحشی در دشت‌هااست. Bashari و Hemami(۲۰۱۳) پیشنهاد می‌کنند که فاصله تا کوه نسبت به شیب، اثر برف و تغییرات تدریجی ارتفاع تأثیر بارزتری بر خطر طعمه‌خواری دارد. ملکی‌نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹) به‌طور میانگین طبقه شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد را به‌عنوان مناسب‌ترین طبقه شیب برای گوسفند وحشی در پناهگاه حیات‌وحش موته ارزیابی می‌کنند. Cardenas و همکاران (۲۰۰۲) شیب بیش‌تر از ۴۰ درصد را به‌عنوان زیستگاه مناسب برای گوسفند وحشی بیگ‌هورن معرفی نموده‌اند. کرمانی‌القریشی و همکاران (۱۳۸۹) بیش‌ترین حضور گوسفند وحشی را در پارک‌های ملی خجیر و سرخه‌حصار در شیب ۱۰ تا ۳۰ درصد و طبقه ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر برآورد کردند. فلاح‌باقری و همکاران (۱۳۸۸) بیش‌ترین درصدحضور گوسفندوحشی در پارک ملی کلاه قاضی را مناطق با شیب بیش از ۳۰ درصد و در ارتفاع بین ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متر بیان می‌کنند. گوسفندوحشی به‌منظور تأمین امنیت خود در برابر طعمه‌خوارانی مانند گرگ فاصله خود تا گریزگاه (بیشینه ۵۰۰ متر) را حفظ می‌کند (فلاح‌باقری و همکاران، ۱۳۸۸). در پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار، در حدود ۸۰ درصد حضور افراددرفاصله ۱۰۰۰متری‌ازگریزگاه‌برآوردشده است.بیش‌ترین حضور برای پارک ملی خجیر در فاصله ۵۰۰ متری ارزیابی شده است (کرمانی‌القریشی و همکاران، ۱۳۸۹). به‌طورکلی، پناهگاه حیات وحش سفیدکوه ازنا و مناطق بسیار محدود در شرق استان لرستان به‌عنوان اندک زیستگاه‌های باقی‌مانده گوسفند وحشی در این استان همانند جزیره‌ای در میان انواع فعالیت‌های انسانی شامل توسعه شهری و روستایی، زمین‌های کشاورزی و باغ‌ها، فعالیت‌های معدن‌کاوی و.. قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، فعالیت‌های دامداری نیز پیامدهای مخربی بر حضور گوسفند وحشی در این منطقه دارد. فعالیت‌های تفرجی همانند کوهنوردی نیز درصورتی‌که با هماهنگی و نظارت کامل نباشد می‌تواند پیامدهای منفی بر حضور این گونه داشته باشد. همان‌طورکه ذکر شد وجود جاده‌های اصلی و فرعی متعدد در داخل زیستگاه‌های اصلی گوسفند وحشی (به‌طور ویژه در پناهگاه حیات‌وحش سفیدکوه ازنا) بر پیچیدگی حفاظت کارآمد از این منطقه افزوده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد و اداره کل حفاظت محیط زیست استان لرستان طی قرارداد پژوهشی شماره ۲/۳۸۱۲-۹۵/۲۶ مورخ ۹۵/۱۱/۲۹ با عنوان بررسی وضعیت زیستگاه و پراکنش گونه‌های بومی و در خطر انقراض استان لرستان به انجام رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری ارزشمند اداره کل حفاظت محیط زیست استان لرستان در برگزاری بازدیدها و نمونه‌برداری‌های میدانی سپاسگزاری نمایند.

منابع

۱. **اشرف‌زاده، م. و نظریان، ع.، ۱۳۹۶.** مدل‌سازی زیستگاه مطلوب کبک دری (*Tetraogallus caspius*) به عنوان یک گونهٔ شاخص مناطق مرتفع کوهستانی. نشریه محیط زیست طبیعی. سال ۷۰، شماره ۴، صفحات ۷۴۵ تا ۷۵۶.

۲. **امیری‌یاراحمدی، ب.؛ سپهوند، ن. و قوامی، م.، ۱۳۹۳.** نقش آب و هوا و تنوع اقلیمی در فرایند توسعه گردشگری استان لرستان. همایش بین‌المللی علمی راهبردی توسعه گردشگری جمهوری اسلامی ایران چالش‌ها و چشم‌اندازها، پژوهشگاه گردشگری جهاد دانشگاهی، صفحات ۱ تا ۸.

۳. **درویش‌صفت، ع.ا.، ۱۳۸۵.** اطلس مناطق حفاظت شده ایران. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۵۷ صفحه.

۴. **رم‌یاز، م.؛ نادری، ن.؛ کرمی، پ. و بهنام، غ.، ۱۳۹۶.** مدل‌سازی مطلوبیت‌زیستگاه‌پاییزه و زمستانه‌گوسفندوحشی (*Ovis orientalis*) در منطقه حفاظت‌شده پرور براساس روش حداکثر آنتروپی بیشینه (MaxEnt). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۱۷ تا ۲۴.

۵. **سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی. ۱۳۹۳.** گزارش پتانسیل‌ها و ذخایر معدنی استان لرستان. ۷۵ صفحه.

۶. **شمس‌اسفندآباد، ب.؛ کرمی، م. و همامی، م.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، رویکردی نوین برای برنامه‌ریزی حفاظت از تنوع زیستی. همایش ملی بررسی تهدیدها و عوامل تخریب تنوع زیستی در منطقه زاگرس مرکزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

۷. **ضیایی، ه. ۱۳۸۷.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. انتشارت کانون آشنایی با حیات وحش. ۴۲۰ صفحه.

۸. **فلاح‌باقری، ف.؛ کابلی، م. و فراشی، آ.، ۱۳۸۸.** ارزیابی زیستگاه قوچ و میش اصفهانی *Ovis orientalis isfahanica* در پارک ملی کلاه‌قاضی با روش ENFA. همایش ژئوماتیک. ۸ صفحه.

۹. **کرمانی‌القریشی، ز.؛ علی‌محمدی‌سراب، ع. و کیابی، ب.، ۱۳۸۹.** عوامل بوم‌شناختی موثر بر پراکنش گوسفند وحشی در پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار. نشریه محیط زیست طبیعی. سال ۶۳، شماره ۴، صفحات ۳۵۹ تا ۳۷۲.

۱۰. **گلجانی، ر.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پاییزه گوسفند وحشی البرز مرکزی در مجموعه حفاظت شده جاجرود. محیط زیست طبیعی. سال ۶۳، صفحات ۱۷۳ تا ۱۸۶.

۱۱. **ماهینی، ع.، ۱۳۷۱.** ارزیابی زیستگاه مجموعه حفاظت شده توران با تاکید بر تصاویر ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۲. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.، ۱۳۸۶.** تهیه پارامترهای زیستگاهی قوچ و میش وحشی اصفهانی در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۳. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.؛ همامی، م. و ماهینی، ع.، ۱۳۸۹.** تعیین مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isphahanica*) در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی. نشریه محیط زیست طبیعی. سال ۶۳، صفحات ۲۷۹ تا ۲۹۰.

۱۴. **نقیب‌زاده، ع.؛ رضایی، ن.؛ سرهنگ‌زاده، ج. و سیدی، ن.، ۱۳۹۷.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه گوسفند وحشی در پناهگاه حیات وحش بوروئیه استان یزد با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۷۵ تا ۸۲.

۱۵. **Allouche, O.; Tsoar, A. and Kadmon, R., 2006.** Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology. Vol. 43, No. 6, pp: 1223-۱۲۳۲.

۱۶. **Aryal, A.; Brunton, D. and Raubenheimer, D., 2013**. Habitat assessment for the translocation of blue sheep to maintain a viable snow leopard population in the Mt Everest Region, Nepal. Zoology and Ecology. Vol. 23, No. 1, pp: 66-82.

۱۷. **Ashrafzadeh, M.R.; Naghipour, A.A.; Haidarian, M. and Khorozyan, I., 2019a.** Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. Mammal Research. Vol. 64, No. 1, pp: 1-۱۳.

۱۸. **Ashrafzadeh, M.R.; Naghipour, A.A.; Haidarian, M.; Kusza, S. and Pilliod, D.S., 2019b.** Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. Global Ecology and Conservation. Vol. 19, pp: e00637.

۱۹. **Bashari, H. and Hemami, M.R., 2013.** A predictive diagnostic model for wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability in Iran. Journal for Nature Conservation. Vol. 21, No. 5, pp: 319-325.

۲۰. **Cardenas, A.S.; Cardenas, I.G.; Dmaz, S.; Tessaro P.G. and Gallina, S., 2001.** The variables of physical habitat Cirelli, M. T. (2002). Legal trends in wildlife management. In FAO legislative study. Selection by the desert bighorn sheep (*Ovis canadensis* weemsi) in the Sierra del Mechudo, Baja California Sur, Mexico" Journal of Arid Environments. Vol. 49, pp: 357-374.

۲۱. C**hen, I.C.; Hill, J.K.; Ohlemüller, R.; Roy, D.B. and Thomas, C.D., 2011.** Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. Science. Vol. 333, No. 6045, pp: 1024-1026.

۲۲. **Doswald, N.; Willis, S.G.; Collingham, Y.C.; Pain, D.J.; Green, R.E. and Huntley, B., 2009.** Potential impacts of climatic change on the breeding and nonbreeding ranges and migration distance of European Sylvia warblers. Journal of Biogeography. Vol. 36, pp: 1194-۱۲۰۸.

۲۳. E**brahimi, 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.

۲۴. **Favilli, F.; Hoffmann, C.; Ravazzoli, E. and Streifeneder, T., 2013.** BioRegio Carpathians: Advanced tools and methodologies adopted GIS Model Design for deriving ecological corridors. European Academy of Bolzano: Institute for Regional Development and Location Management. pp: 1-54.

۲۵. **Giuseppe, P. and Luigi, M., 2016.** Combining multiple tools to provide realistic potential distributions for the mouflon in Sardinia: species distribution models, spatial pattern analysis and circuit theory. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. pp: 1-7.

۲۶. **Granados, A. and Brodie, J.F., 2016.** Persistence of tropical Asian ungulates in the face of hunting and climate change. In: Sankaran, M., Ahrestani, F. (Eds.), The Ecology of Large Herbivores in South and Southeast Asia. Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp: 223-235.

۲۷. **Haynes, M.A.; Kung, K.S.; Brandt, J.S.; Yongping, Y.; Waller, D.M., 2014.** Accelerated climate change and its potential impact on yak herding livelihoods in the eastern Tibetan plateau. Climatic Change. Vol. 123, pp: 147-۱۶۰.

۲۸. **Hilty, J.A.; Lidicker, W.Z. and Merenlender, A., 2012.** Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press. 344 p.

۲۹. **Hole, D.G.; Willis, S.G.; Pain, D.J.; Fishpool, L.D.; Butchart, S.H.M.; Collingham, Y.C. and Huntley, B., 2009.** Projected impacts of climate change on a continent wide protected area network. Ecology Letters. Vol. 12, pp: 420-431.

۳۰. **Hosseini, S.M.; Fazilati, M.; Moulavi, F.; Foruzanfar, M.; Hajian, M. and Abedi, P., 2009.** Reproductive potential of domestic *Ovis aries* for preservation of threatened *Ovis orientalis isphahanica*: In vitro and in vivo studies. European Journal of Wildlife Research. Vol. 55, pp: 239-2٤٦.

۳۱. **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007.** Climate Change 2007: IPCC Fourth Assessment Report. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 112 p

۳۲. **Jetz, W.; Wilcove, D.S. and Dobson, A.P., 2007.** Projected impacts of climate and landuse change on the global diversity of birds. PLoS One. Vol. 5, pp: 1210-۱۲۱۹.

۳۳. **Kanellopoulos, N.; Mertzanis, G.; Korakis, G. and Panagiotopoulou, M., 2006.** Selective habitat uses by brown bear (*Ursus arctos* L.) in northern Pindos, Greece. Journal of Biological Research. Vol. 5, pp: 23-33.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

۳۴. **Khan, B.; Ablimit, A.; Khan, G.; Jasra, A.W.; Ali, H.; Ali, R.; Ahmad, E. and Ismail, M., 2016.** Abundance, distribution and conservation status of Siberian ibex, Marco Polo and Blue sheep in Karakoram-Pamir mountain area. Journal of King Saud University-Science. Vol. 28, No. 3, pp: 216-225.

۳۵. **Lamsal, P.; Kumar, L.; Aryal, A. and Atreya, K., 2018**. Future climate and habitat distribution of Himalayan Musk Deer (*Moschus chrysogaster*). Ecological Informatics. Vol. 44, pp: 101-108.

۳۶. **Luo, Z.; Jiang, Z. and Tang, S., 2015.** Impacts of climate change on distributions and diversity of ungulates on the Tibetan Plateau. Ecological Applications. Vol. 25, No. 1, pp: 24-38.

۳۷. **Malekpoor, H.; Morovati, M.; Tazeh, M. and Taghizadeh, R., 2018.** Evaluating the desirable habitat of Ovis orientalis using the MaxEnt model (Case study: Tang Sayyad Protected Area). Animal Environment. Vol. 10, No. 4, pp: 45-54.

۳۸. **Manne, L.L.; Brooks, T.M. and Pimm, S.L., 1999.** Relative risk of extinction of passerine birds on continents and islands. Nature. Vol. 399, pp: 258-261.

۳۹. **Milanovich, J.R.; Peterman, W.E.; Nibbelink, N.P. and Maerz, J.C., 2010.** Projected loss of a salamander diversity hotspot as a consequence of projected global climate change. PLoS One. Vol. 5, pp: e12189.

۴۰. **Mohammadi, S.; Ebrahimi, E.; Moghadam, M.S. and Bosso, L., 2019.** Modelling current and future potential distributions of two desert jerboas under climate change in Iran. Ecological Informatics. Vol. 52, pp: 7-1۳.

۴۱. **Pettorelli, N.; Pelletier, F.; von Hardenberg, A.; Festa Bianchet, M. and Coté, S.D., 2007.** Early onset of vegetation growth vs. rapid green up: Impacts on juvenile mountain ungulates. Ecology. Vol. 88, pp: 381-3۹۰.

۴۲. **R Development Core Team. 2014.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

۴۳. **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. and Schmitz, O.J., 2014.** Status and ecological effects of the world's largest carnivores. Science. Vol. 343, No. 6167, pp: 124-148.

۴۴. **Salas, E.A.L.; Seamster, V.A.; Boykin, K.G.; Harings, N.M. and Dixon, K.W., 2017a.** Modeling the impacts of climate change on Species of Concern (birds) in South Central USA based on bioclimatic variables. AIMS Environmental Science. Vol. 4, pp: 358-3۸۵.

۴۵. **Salas, E.A.L.; Valdez, R. and Michel, S., 2017b.** Summer and winter habitat suitability of Marco Polo argali in southeastern Tajikistan: A modeling approach. Heliyon. Vol. 3, No. 11, pp: e00445.

۴۶. **Salas, E.A.L.; Valdez, R.; Michel, S. and Boykin, K.G., 2018.** Habitat assessment of Marco Polo sheep (*Ovis ammon* polii) in Eastern Tajikistan: Modeling the effects of climate change. Ecology and evolution. Vol. 8, No. 10, pp: 5124-5138.

۴۷. **Sanderson, E.W.; Jaiteh, M.; Levy, M.A.; Redford, K.H.; Wannebo, A.V. and Woolmer, G., 2002.** The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. AIBS Bulletin. Vol. 52, No. 10, pp: 891-904.

۴۸. **Sexton, J.P.; McIntyre, P.J.; Angert, A.L. and Rice, K.J., 2009.** Evolution and ecology of species range limits. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. Vol. 40, pp: 415-436.

۴۹. **St-Louis, A. and Côté, S.D., 2014.** Resource selection in a high-altitude rangeland equid, the kiang (*Equus kiang*): influence of forage abundance and quality at multiple spatial scales. Canadian Journal of Zoology. Vol. 92, No. 3, pp: 239-249.

۵۰. **Su, J.; Aryal, A.; Nan, Z. and Ji, W., 2015.** Climate change induced range expansion of a subterranean rodent: Implications for rangeland management in Qinghai-Tibetan Plateau. PloS One. Vol. 10, No. 9, pp: e0138969.

۵۱. **Thuiller, W.; Georges, D.; Engler, R.; Breiner, F.; Georges, M.D. and Thuiller, C.W., 2016.** Package 'biomod2'. https://cran.r-project.org/package=biomod2.

۵۲. **Valdez, R., 2008.** IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Retrieved from: http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search Accessed 22.03.12.

۵۳. **Valdez, R.; Nadler, C.F. and Bunch, T.D., 1978.** Evolution of wild sheep in Iran. Evolution. Vol. 32, pp: 56-7۲.

۵۴. **Van Beest, F.M. and Milner, J.M., 2013.** Behavioural responses to thermal conditions affect seasonal mass change in a heat-sensitive northern ungulate. PloS One. Vol. 8, No. 6, pp: e65972.

۵۵. **Warren, D.L.; Matzke, N.J. and Iglesias, T.L., 2020**. Evaluating presence-only species distribution models with discrimination accuracy is uninformative for many applications. Journal of Biogeography, 4۷, pp: ۱۶۷-۱۸۰.

۵۶. **White, K.S.; Gregovich, D.P. and Levi, T., 2018.** Projecting the future of an alpine ungulate under climate change scenarios. Global change biology. Vol. 24, No. 3, pp: 1136-1149.

۵۷. **Yousefi, M.; Ahmadi, M.; Nourani, E.; Rezaei, A.; Kafash, A.; Khani, A.; Sehhatisabet, M.E.; Adibi, M.A.; Goudarzi, F. and Kaboli, M., 2017.** Habitat suitability and impacts of climate change on the distribution of wintering population of Asian Houbara Bustard *Chlamydotis macqueenii* in Iran. Bird Conservation International. Vol. 27, No. 2, pp: 294-304.

۵۸. **Zuur, A.F.; Ieno, E.N. and Elphick, C.S., 2010**. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in ecology and evolution. Vol. 1, No. 1, pp: 3-14.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110302

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Modeling the effects of climate change on the geographic distribution of the wild sheep in Lorestan Province, Iran

- **Mohammad Reza Ashrafzadeh*:** Department of Fisheries and Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
- **Ali Asghar Naghipour:** Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
- **Maryam Haidarian:** Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- **Rouhollah Mirzaei:** Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

Received: April 2020 Accepted: July 2020

Key board: Threatened species, Habitat loss, Climate change, Species distribution modeling, Conservation

Abstract

Habitat loss is the main threat to the endangered populations of wildlife and anthropogenic climate change is expected to exacerbate this. Here, we identify suitable habitats of wild sheep in Lorestan Province and how these habitats are affected by the climate change scenarios, in order to address conservation and management efforts. The ensemble modeling based on six species distribution models (SDMs) was used to predict current and future distributions, in response to the changing climate. Our models predicted that 7.4% of the 28,294 km^2 study area is currently suitable habitat for the species. Land cover, temperature seasonality (bio4), distance to spring, human footprint and distance to escape terrain made the highest contribution (80%) to the distribution model performance. Findings show that about 62.14 (RCP4.5) to 76.97% (RCP8.5) of present suitable habitat would be lost by 2050 due to climate change under four future representative concentration pathways within BCC-CSM1-1 general circulation model. In contrast, habitat gains observed for models were 5.89 (RCP8.5) to 17.01% (RCP4.5). Our findings could provide useful information for conservation planning to protect and restore wild sheep populations.

* Corresponding Author's email: mrashrafzadeh@sku.ac.ir