

مدل سازی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گوسفند وحشی در استان لرستان

- **محمدرضا اشرف زاده***: گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
- **علی اصغر نقی پور**: 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
- **روح الله 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 تکه تکه شدگی زیستگاه به عنوان مهم ترین عامل تهدید کننده جمعیت های در خطر حیات وحش شناخته می شود و ممکن است تغییر اقلیم منجر به افزایش شدت این پدیده شود. هدف از پژوهش حاضر، مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی در استان لرستان و بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر زیستگاه های شناسایی شده است. به منظور پیش بینی پراکنش این گونه در شرایط حال حاضر و آینده از رویکرد مدل سازی اجماعی با استفاده از شش مدل پراکنش گونه ای استفاده شد. براساس مدل های مورد استفاده، در حدود ۷/۴ درصد (۲۰۹۳/۹۸ کیلومتر مربع) از ناحیه مورد مطالعه به عنوان زیستگاه مطلوب پیش بینی 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. یافته ها نشان می دهد که ۶۲/۱۴ درصد (RCP۴/۵) تا ۷۶/۹۷ درصد (RCP۸/۵) از زیستگاه های مطلوب گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ به واسطه تغییر اقلیم تحت چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه ای و مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 از دست خواهد رفت. در مقابل، در همین دوره زمانی در حدود ۵/۸۹ درصد (RCP۸/۵) تا ۱۷/۰۱ درصد (RCP۴/۵) به زیستگاه های مطلوب اضافه خواهد شد. یافته های این پژوهش اطلاعات سودمندی را برای طرح ریزی حفاظتی به منظور حفاظت و بازسازی جمعیت های گوسفند وحشی فراهم می سازد.

کلمات کلیدی: گونه های تهدید شده، تخریب زیستگاه، تغییر اقلیم، مدل سازی پراکنش گونه ای، حفاظت



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 (Milner و van Beest، 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، به واسطه 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 به شدت 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 خلیج فارس 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، به دلیل 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 تأثیر قرار می‌دهد (Sexton و همکاران، ۲۰۰۹). تغییر اقلیم، دسترسی پذیری سمداران مناطق کوهستانی را به زیستگاه‌های مطلوب تحت تأثیر قرار می‌دهد (Luo و همکاران، ۲۰۱۵؛ Lamsal و همکاران، ۲۰۱۸). فنولوژی گیاهان به واسطه گرمایش تغییر می‌یابد و دوره‌های زمانی دسترسی به علوفه با کیفیت کوتاه شده و نرخ زاد و ولد و زیستایی سمداران مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی کاهش می‌یابد (Pettorelli و همکاران، ۲۰۰۷). تغییر اقلیم به دلیل 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 تأثیر 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). همان‌طور که اشاره شد اثرات چندگانه و زنجیره‌ای تغییر اقلیم می‌تواند فشار بیش‌تری بر زیستایی جمعیت‌های حیات وحش 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 سفیدکوه‌ازنا 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

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 برگرفته شیب‌های بیش از ۳۰ درصد (Salas و همکاران، ۲۰۱۷؛ 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 کمی‌سازی 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 ($VIF > 3$) 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 و تحلیل طبقه‌بندی درختی (CTA)، جنگل تصادفی (RF) و رگرسیون چندمتغیره تطبیقی (MARS) برای برآورد زیستگاه‌های مطلوب 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).

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

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه در برگرفته 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 اربابی 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 (ملکی نجف‌آبادی، ۱۳۸۶؛ گلجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ شمس اسفند آباد و همکاران، ۱۳۸۹؛ رم‌باز و همکاران، ۱۳۹۶؛ نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Bashari و Hemami، ۲۰۱۳؛ Luigi و Giuseppe، 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 (مرتفع خوب، مرتفع متوسط، مرتفع فقیر، کشتزار، جنگل، سایر موارد) استخراج شد.



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

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

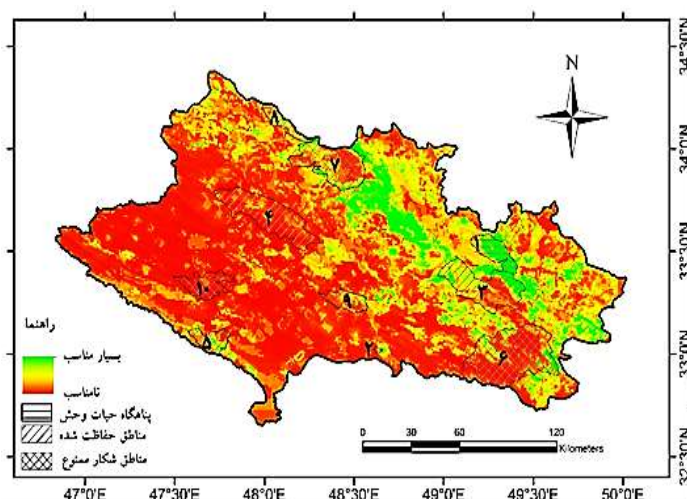
ابتدا از یک سطح بحرانی (براساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب استفاده شد. سپس، وسعت زیستگاه‌های جدید و زیستگاه‌های نامناسب شده به دلیل تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ در سناریوهای مختلف برآورد شدند.

نتایج

براساس شاخص AUC، همه مدل‌ها با درجه خوب تا عالی (>0.81) ارزیابی شدند. هم‌چنین، مدل‌ها براساس معیار TSS در رتبه‌های خوب تا عالی (>0.69) قرار گرفتند (جدول ۲). مدل‌های RF، MaxEnt، GLM و CTA به ترتیب با مقادیر معادل ۰/۹۷، ۰/۹۴، ۰/۹۱ و ۰/۹۰ بالاترین ارزش‌های AUC را به خود اختصاص دادند. براساس یافته‌های حاصل از مدل‌سازی اجماعی، در حدود ۷/۳۹ درصد (۲۰۹۳/۹۸ کیلومتر مربع) از گستره استان لرستان می‌تواند به عنوان زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی در نظر گرفته شود (شکل ۱). کمینه و بیشینه ارتفاع حضور گونه در منطقه از ۱۸۲۲ تا ۲۶۰۷ متر از سطح دریا به دست آمد و میانگین این ارتفاع در حدود ۲۱۶۳ متر برآورد شد. درحالی که زیستگاه‌های مطلوب به صورت پراکنده در مناطق مختلف استان مشاهده می‌شوند، به نظر می‌رسد شرق و شمال شرق 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

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 متغیرهای مورد استفاده با استفاده از آنالیز حساسیت مدل‌ها به متغیرها انجام گرفت. پس از تشکیل مدل نهایی در هر روش مدل‌سازی، یکی از متغیرها از مدل خارج شده 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 کمی قابل اتکایی از شرایط اقلیمی آینده فراهم می‌سازند. پیش‌بینی‌های مربوط به مدل‌سازی پراکنش اقلیمی به مدل گردش عمومی و سناریوهای 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 (RCP۴/۵، RCP۲/۶، RCP۸/۵ و RCP۶) و مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 تهیه شد. مدل گردش عمومی BCC-CSM1-1 یکی از بهترین مدل‌های شناسایی شده برای برآورد پراکنش گونه‌های مختلف در ایران به شمار می‌رود (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۹a,b). به منظور ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه هدف،

وحشی تا سال ۲۰۵۰ بین ۴۵/۱۳ درصد (RCP۴/۵) تا ۷۱/۰۸ درصد (RCP۸/۵) برآورد شد. براساس یافته‌ها، به‌نظر می‌رسد سناریوهای RCP۴/۵ و RCP۸/۵ 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 پهلوی (۹) و گنجینه سرکن و باباحیب (۱۰)

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

یافته‌ها نشان داد که 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 نشان دادند 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 درصد (RCP۴/۵) زیستگاه‌های مطلوب این گونه اضافه خواهد شد. به‌طور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن زیستگاه مطلوب گوسفند

جدول ۳: تغییرات سطح زیستگاه (Km²) گوسفند وحشی تا سال ۲۰۵۰ و تحت سناریوهای اقلیمی مختلف در مقایسه با شرایط امروزی

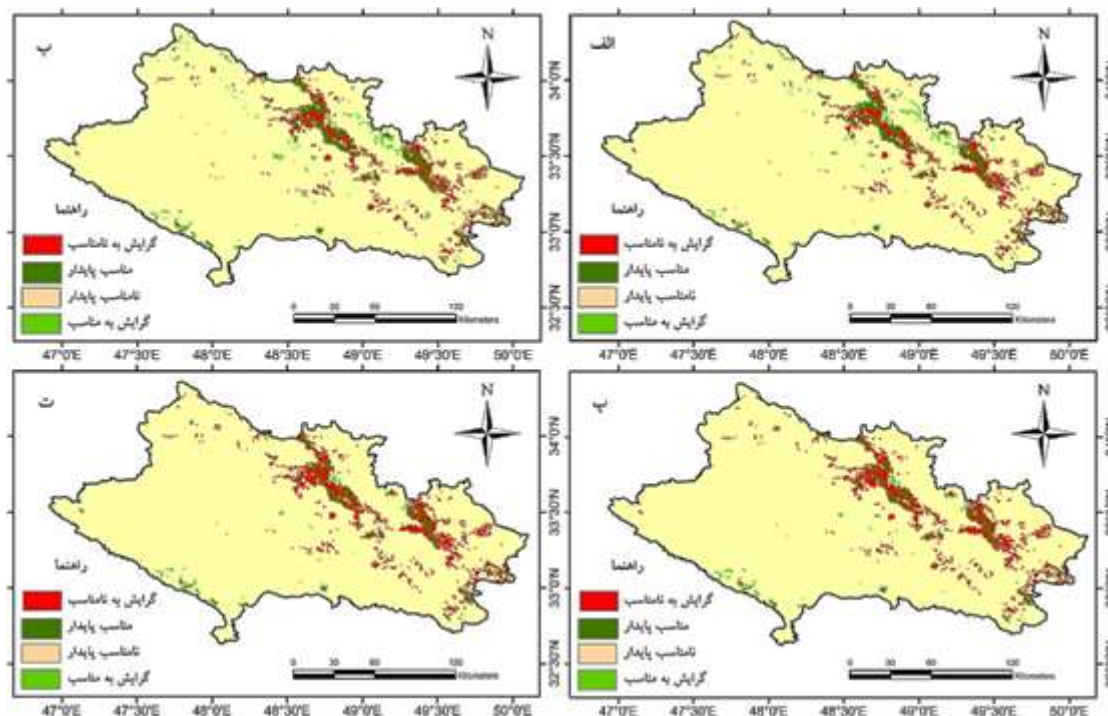
سناریو	حضور پایدار	عدم حضور پایدار	زیستگاه از دست رفته		زیستگاه جدید		تغییرات در زیستگاه
			مساحت	درصد	مساحت	درصد	
RCP سناریو ۲/۶	۷۶۷/۶۷	۲۵۹۳۶/۵۵	۱۳۲۶/۳۱	۶۳/۳۴	۲۷۳/۹۱	۱۳/۰۸	-۵۰/۲۶
RCP سناریو ۴/۵	۷۹۲/۹۰	۲۵۸۵۴/۳۷	۱۳۰۱/۰۸	۶۲/۱۴	۳۵۶/۰۹	۱۷/۰۱	-۴۵/۱۳
RCP سناریو ۶	۴۸۲/۹۵	۲۶۰۷۴/۲۲	۱۶۱۱/۰۳	۷۶/۹۴	۱۳۶/۲۴	۶/۵۱	-۷۰/۴۳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

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.

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

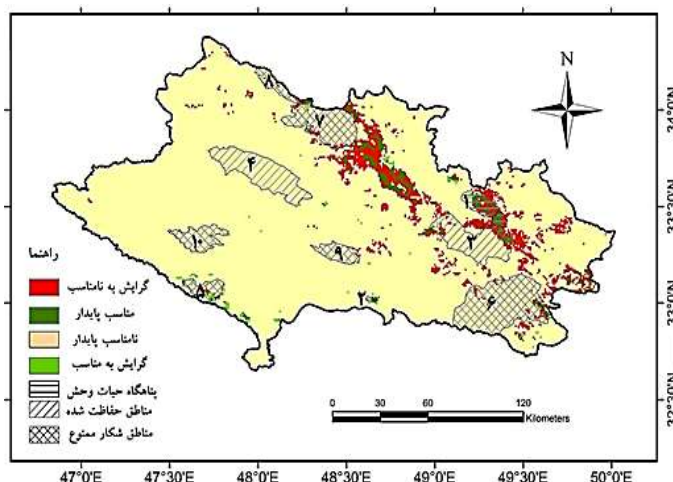




شکل ۲: تغییرات در گستره جغرافیایی زیستگاه‌های مطلوب گوسفند وحشی در آینده (سال ۲۰۵۰)

الف تا ت به ترتیب سناریوهای RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 و RCP8.5 را نشان می‌دهند.

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). و همکاران (۲۰۱۵) برآورد کردند که بیش از نیمی از زیستگاه‌های مطلوب امروزی سمداران ثبت تا سال ۲۰۸۰ به واسطه تغییر اقلیم از دست خواهد رفت. به هر 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، درحالی که 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 RCP8.5 نسبت به سناریوهای دیگر نشان داد. سناریوهای با انتشار بیش‌تر گازهای گلخانه‌ای (RCP8.5) 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



شکل ۳: هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده و شکار ممنوع با زیستگاه‌های

گوسفند وحشی در استان لرستان براساس سناریوی RCP8.5.

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

شرایط زیستی برای گوسفند وحشی در مناطق کم ارتفاع‌تر استان لرستان نامطلوب‌تر خواهد شد. در مقابل، در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه که مناطق مرتفع‌تر وجود دارند پیش‌بینی می‌شود که زیستگاه‌های مطلوب بدون تغییر باقی‌مانند. Salas و همکاران (۲۰۱۸) برآورد کردند که تغییر اقلیم پیامدهای منفی معنی‌داری بر زیستگاه‌های گوسفند وحشی آرگالی در شرق تاجیکستان خواهد

شمال شرق استان (ازنا، الیگودرز، دورود و همچنین بروجرد) شناسایی شدند. درحالی که 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 به نظر می‌رسد پناهگاه حیات وحش سفیدکوه ازنا در شرق 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) از جمله 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. به نظر 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 سبته 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 جوامع محلی، امکان حضور بسیار پراکنده‌ای از 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 منابع غذایی، 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 (Côté و St- Louis، 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 مؤثر 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 (ملکی‌نجدآبادی 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 ۱۰۰۰ متر 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 قسمت تجزیه نموده است (سفیدکوه کوچک و سفیدکوه بزرگ). در سال‌های اخیر، تصادف‌های جاده‌ای متعددی از گوسفند وحشی و سایر گونه‌های حیات‌وحش در این منطقه



کوهنوردی نیز در صورتی که با هماهنگی و نظارت کامل نباشد می تواند پیامدهای منفی بر حضور این گونه داشته باشد. همان طور که ذکر شد وجود جاده های اصلی و فرعی متعدد در داخل زیستگاه های اصلی گوسفند وحشی (به طور ویژه در پناهگاه حیات وحش 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 ۹۵/۲۶-۲/۳۸۱۲ مورخ ۹۵/۱۱/۲۹ با عنوان بررسی وضعیت زیستگاه و پراکنش گونه های بومی و در خطر انقراض استان لرستان به انجام رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می دانند از همکاری ارزشمند اداره کل حفاظت محیط زیست استان لرستان در برگزاری بازدیدها و نمونه برداری های میدانی سپاسگزاری نمایند.

منابع

۱. اشرفزاده، م. و نظریان، ع.، ۱۳۹۶. مدل سازی زیستگاه مطلوب کبک دری (*Tetrao gallus caspius*) به عنوان یک گونه شاخص مناطق مرتفع کوهستانی. نشریه محیط زیست طبیعی. سال ۷۰، شماره ۴، صفحات ۷۴۵ تا ۷۵۶.
۲. امیری یاراحمدی، ب.؛ سپهوند، ن. و قوامی، م.، ۱۳۹۳. نقش آب و هوا و تنوع اقلیمی در فرایند توسعه گردشگری استان لرستان. همایش بین المللی علمی راهبردی توسعه گردشگری جمهوری اسلامی ایران چالش ها و چشم اندازها، پژوهشگاه گردشگری جهاد دانشگاهی، صفحات ۱ تا ۸.
۳. درویش صفت، ع. ا.، ۱۳۸۵. اطلس مناطق حفاظت شده ایران. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۵۷ صفحه.
۴. رم یاز، م.؛ نادری، ن.؛ کرمی، پ. و بهنام، غ.، ۱۳۹۶. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پاییزه و زمستانه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) در منطقه حفاظت شده 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 پتانسیل ها و ذخایر معدنی استان لرستان. ۷۵ صفحه.
۶. شمس اسفند آباد، ب.؛ کرمی، م. و همای، م.، ۱۳۸۹. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه، رویکردی نوین برای برنامه ریزی حفاظت از تنوع زیستی. همایش ملی بررسی تهدیدها و عوامل تخریب تنوع زیستی در منطقه زاگرس مرکزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

گزارش شده است. بنابراین، اتخاذ یک رویکرد مناسب (مانند احداث روگذر یا زیرگذر مناسب عبور گونه های مختلف حیات وحش) در راستای حل این مشکل ضرورتی اجتناب ناپذیر است. یکی دیگر از مشکلات موجود در زیستگاه های 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 سنگ های ساختمانی و تزئینی به همراه سایر معادن در این استان شناسایی شده است (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۹۳). فاصله تا گریزگاه به عنوان یکی دیگر از متغیرهای مشارکت کننده مهم در مدل سازی زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی شناسایی شد. گوسفند وحشی برخی مواقع برای علف خواری به شیب های پایین تر در دامنه های کوه حرکت می کند (ضیائی، ۱۳۸۷). بر این اساس، به نظر می رسد بیشترین خطر صیادی برای گوسفند وحشی در دشت ها است. Bashari و Hemami (۲۰۱۳) پیشنهاد می کنند که فاصله تا کوه نسبت به شیب، اثر برف و تغییرات تدریجی ارتفاع تأثیر بارزتری بر خطر طعمه خواری دارد. ملکی نجف آبادی و همکاران (۱۳۸۹) به طور میانگین طبقه شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد را به عنوان مناسب ترین طبقه شیب برای گوسفند وحشی در پناهگاه حیات وحش موته ارزیابی می کنند. Cardenas و همکاران (۲۰۰۲) شیب بیش تر از ۴۰ درصد را به عنوان زیستگاه مناسب برای گوسفند وحشی بیگ هورن معرفی نموده اند. کرمانی القریشی و همکاران (۱۳۸۹) بیشترین حضور گوسفند وحشی را در پارک های ملی خجیر و سرخه حصار در شیب ۱۰ تا ۳۰ درصد و طبقه ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر برآورد کردند. فلاح باقری و همکاران (۱۳۸۸) بیشترین درصد حضور گوسفند وحشی در پارک ملی کلاه قاضی را مناطق با شیب بیش از ۳۰ درصد و در ارتفاع بین ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متر بیان می کنند. گوسفند وحشی به منظور تأمین امنیت خود در برابر طعمه خوارانی مانند گرگ فاصله خود تا گریزگاه (بیشینه ۵۰۰ متر) را حفظ می کند (فلاح باقری و همکاران، ۱۳۸۸). در پارک های ملی خجیر و سرخه حصار، در حدود ۸۰ درصد حضور افراد در فاصله ۱۰۰۰ متری از گریزگاه برآورد شده است. بیشترین حضور برای پارک ملی خجیر در فاصله ۵۰۰ متری ارزیابی شده است (کرمانی القریشی و همکاران، ۱۳۸۹). به طور کلی، پناهگاه حیات وحش سفیدکوه ازنا و مناطق بسیار محدود در شرق استان لرستان به عنوان اندک زیستگاه های باقی مانده گوسفند وحشی در این استان همانند جزیره ای در میان انواع فعالیت های انسانی شامل توسعه شهری و روستایی، زمین های کشاورزی و باغ ها، فعالیت های معدن کاوی و... قرار گرفته اند. از سوی دیگر، فعالیت های دامداری نیز پیامدهای مخربی بر حضور گوسفند وحشی در این منطقه دارد. فعالیت های تفرجی همانند

- 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. Chen, 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: 1194-1208.
 ۲۳. 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.
 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: 147-160.
 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: 239-246.
 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: 1210-1219.
 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.
 ۷. ضیایی. ه. ۱۳۸۷. راهنمای صحرایی پستانداران ایران. انتشارات کانون آشنایی با حیات وحش. ۴۲۰ صفحه.
 ۸. فلاح باقری، ف.؛ کابلی، م. و فراشی، آ.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیستگاه قوچ و میش اصفهانی *Ovis orientalis isphahanica* در پارک ملی کلاه قاضی با روش ENFA. همایش ژئوماتیک. ۸ صفحه.
 ۹. کرمانی القریشی، ز.؛ علی محمدی سراب، ع. و کیایی، 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. ملکی نجف‌آبادی، 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. ملکی نجف‌آبادی، س.؛ همای، 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 بورویه 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: 1223-1232.
 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: 1-13.
 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



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.; Sehhatiasabet, 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.
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 Côté, 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: 358-3۸۰.
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.



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 km² 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

