

## پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه گونه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) در استان مرکزی با استفاده از مدل‌سازی اجماعی

امیر انصاری، استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران  
a-ansari@araku.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

### چکیده

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه حیات وحش برای حفاظت و مدیریت آنها ضروری است. این مطالعه با هدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه گونه گوسفند وحشی، به عنوان یکی از گونه‌های بومی ایران، با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در استان مرکزی انجام شد. پنج روش مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه در چارچوب روش اجماعی و با استفاده از بسته biomod2 در نرم افزار R انجام شد. نتایج مطالعه نشان داد که همه مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه مقادیر AUC بالاتر از ۰/۹ و عملکرد عالی دارا بودند. میانگین دمای سالانه و میانگین مجموع بارندگی سالانه در حدود ۱۱۳/۱۴ تغییرات مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی را توجیه نمودند، و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه داشتند. بر اساس نتایج حاصل از اجماع مدل‌ها، ۴۱/۵۵ درصد معادل ۱۲۱۱۳۱۶/۲ هکتار از مساحت استان مرکزی برای گونه گوسفند وحشی مطلوبیت زیستگاهی دارد. تغییرات مطلوبیت زیستگاه گونه در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6 و RCP8.5 نشان داد که وسعت زیستگاه مطلوب گونه به ترتیب ۵۰/۳ و ۷۳/۴ درصد کاهش می‌یابد. بیش‌تر کاهش زیستگاه در مناطق حفاظت شده مربوط به مناطق ورسان، بازرجان، موته، جاسب و هفتادقله و کم‌ترین کاهش زیستگاه مربوط به مناطق رازقان و چال خاتون است. همچنین در برخی قسمت‌ها شاهد بروز زیستگاه مطلوب و حضور گونه به ترتیب ۴/۱ و ۱۲/۱ درصد خواهیم بود. از نتایج این مطالعه می‌توان در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی گوسفند وحشی و مدیریت مناطق حفاظت شده استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** مطلوبیت زیستگاه؛ گوسفند وحشی؛ تغییر اقلیم؛ مناطق حفاظت شده؛ استان مرکزی.

### مقدمه

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی هستند. Biomod2 یک بسته رایانه‌ای به منظور اجماع پیش-بینی‌های حاصل از مدل‌های پراکنش گونه‌ای است که برای اولین بار چندین مدل را در اکولوژی مورد استفاده قرار داد. به عبارت دیگر، بوم‌شناسان رابطه بین حضور یا فراوانی گونه‌ها و متغیرهای محیطی تعیین شده را توسط الگوریتم به کار رفته و فرضیات زیربنایی آن توصیف نمودند. Biomod2 مانند کتابخانه‌ای در برنامه R است که توانایی مقایسه و ترکیب مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها و ترکیب R با سیستم اطلاعات جغرافیایی را دارد [۳۱].

تغییر اقلیم حاصل از فعالیت‌های انسانی با چنان سرعتی رخ می‌دهد که بسیاری از گونه‌ها قادر به سازگاری با آن نخواهند بود. در واقع پیش‌بینی می‌شود که در پایان این قرن، بخش بزرگی از تنوع زیستی جهانی را از دست بدهیم [۵]. جابه‌جایی یا تغییر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، یک روش به منظور پایدار ماندن آن‌ها در برابر تغییر اقلیم خواهد بود. بنابراین لازم است که تصمیمات مدیریتی با درک اثر بالقوه تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و کاهش اثر مخرب تغییر اقلیم بر تنوع زیستی گرفته شوند [۲۹]. مدل‌های پراکنش گونه‌ای<sup>۱</sup> پرکاربردترین روش‌ها به منظور

<sup>۱</sup> - Species Distribution Models

گونه‌ها و تغییر الگوهای استفاده از زیستگاه در این گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم به دست آید [۱۵]. مدل‌سازی زیست‌اقلیمی یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در راستای پیش‌بینی پراکنش و انقراض جمعیت‌های در معرض تهدید است [۴]. با توجه به این که اغلب مطالعات پستانداران در ایران با رویکرد روشمند و رده‌بندی، مورفولوژی و ارزیابی زیستگاه در شرایط حاضر است و جنبه‌های بوم‌شناختی مانند اثر تغییر اقلیم بر روی پستانداران به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است، مطالعه حاضر را می‌توان اولین گام در برای درک اثر تغییر اقلیم بر روی گونه‌های پستاندار بویژه علفخواران و همچنین مناطق حفاظت شده در ایران دانست.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

استان مرکزی با مساحتی معادل ۲۹۱۵۰۳۰/۵۲ هکتار معادل ۱/۸ درصد از مساحت کشور بین ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). پست‌ترین نقطه استان در جنوب ساوه با ارتفاع ۹۵۰ متر و بلندترین نقطه آن شهباز با ارتفاع ۳۳۸۸ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه برابر ۲۸۰ میلی‌متر است.

شمال استان در بخش زرنند کم باران‌ترین و ارتفاعات شازند در جنوب غرب استان از پر باران‌ترین مناطق استان است. متوسط درجه حرارت استان  $12/5^{\circ}\text{C}$  است. تقریباً نیمی از مساحت استان اقلیم معتدل کوهستانی، ۳۸ درصد اقلیم نیمه‌بیابانی و ۱۲ درصد اقلیم سرد کوهستانی دارد. گوسفند وحشی در فهرست IUCN در طبقه آسیب پذیر (Vu<sup>۱</sup>) قرار دارد [۱۶]. در اغلب مناطق کوهستانی و تپه ماهوری استان مرکزی پستاندار بزرگ جثه علفخوار شاخص گوسفند وحشی است که تقریباً در تمام مناطق حفاظت شده کوهستانی استان مرکزی مشاهده می‌شود. بیش‌ترین جمعیت قوچ و میش ارمنی<sup>۲</sup>، در منطقه حفاظت شده هفتادقه به بیش از ۲۵۰۰ راس می‌رسد [۱۰].

روش‌های مدل‌سازی زیستگاه که از سال ۱۹۷۰ تاکنون به سرعت در مدیریت حیات وحش مورد استفاده قرار گرفته و ابزاری مناسب برای غلبه بر مشکلات زمان و بودجه قابل دسترس برای مطالعه گونه‌های مختلف حیات‌وحش در مقیاس وسیع معرفی شده است [۲، ۲۵]. به تازگی مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها به عنوان ابزار دقیق، سریع و کم هزینه به منظور یافتن زیستگاه‌های مطلوب، پیش‌بینی حضور جمعیت‌های ناشناخته، نادر و کمیاب در مناطق دور از دسترس است [۲۵، ۳۷]. همچنین مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها تحت سناریوهای تغییر اقلیم به کاربرده می‌شوند [۲۰]. باید توجه داشت که اقلیم به عنوان یک عامل عمده نگران‌کننده برای مدیریت و حفاظت تنوع زیستی محسوب می‌شود چرا که جنبه‌های مختلف زیستی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی تنوع زیستی انجام شده است [۹، ۲۷].

با وجود نگرانی‌های موجود در ارتباط با اثر تغییر اقلیم در حال حاضر در ایران اثر اقلیم بر گونه‌های گیاهی و جانوری ناشناخته و مطالعاتی برای بررسی اثرات احتمالی آن انجام شده ولی کم می‌باشد و دانش اندکی در ارتباط با تاثیر تغییر اقلیم آینده بر روی گونه‌های جانوری در ایران وجود دارد [۲۶]. تغییر اقلیم یکی از عوامل تهدیدکننده پستانداران بزرگ جثه در مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی است [۱۱]. گرمایش جهانی زیستگاه‌های محلی گونه‌های این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳۲]. تغییر اقلیم دسترسی به زیستگاه‌های مطلوب را برای گونه‌های سُم‌داران مناطق کوهستانی تغییر می‌دهد [۲۳، ۲۴]. گرمایش جهانی دوره‌های زمانی دسترسی به علوفه با کیفیت را کم‌تر می‌نماید، بنابراین نرخ زاد و ولد و زیستایی سُم‌داران مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی کاهش می‌یابد [۲۸]. تغییر اقلیم به دلیل کاهش وسعت زیستگاه‌های مطلوب و آسیب‌پذیری سُم‌داران و سایر پستانداران مناطق کوهستانی و نیمه‌کوهستانی به افزایش دما می‌تواند فراوانی گونه‌ها را کاهش دهد [۱۳، ۲۸].

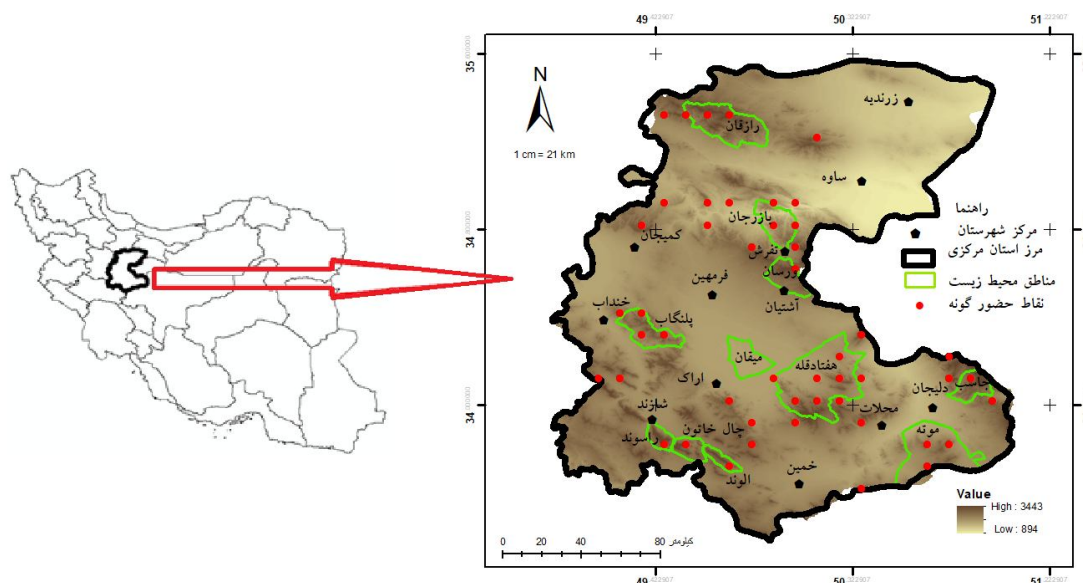
بر این اساس، به منظور اتخاذ رویکردهای حفاظتی و مدیریتی بهتر و شناسایی زیستگاه‌های بحرانی، ضروری است که درک بهتری از چگونگی پراکنش جغرافیایی

<sup>۱</sup> - Vulnerable

<sup>۲</sup> - *Ovis orientalis gmelini*

تفرش (۲۶۹۷۷ هکتار)، منطقه شکار ممنوع کلاهه (ورسان) آشتیان (۱۹۹۲۰ هکتار)، منطقه شکار ممنوع پلنگاب خنداب (۲۳۰۰۲ هکتار)، منطقه شکار ممنوع خرقان (رازقان) ساوه (۴۷۷۰۴ هکتار) و بخشی از موته اصفهان (۶۳۹۱۹ هکتار)، پلنگدره قم، گلپراباد همدان است [۹].

مهم‌ترین مناطق استان مرکزی که گوسفند وحشی در آن گزارش شده است شامل منطقه حفاظت شده هفتاد قله اراک (۹۷۴۳۷ هکتار)، منطقه حفاظت شده الوند خمین (۸۶۱۷ هکتار)، پناهگاه حیات وحش جاسب دلیجان (۱۷۲۳۴ هکتار)، پناهگاه حیات وحش راسوند شازند (۱۰۶۱۷ هکتار)، منطقه شکار ممنوع چال خاتون شازند (۱۳۸۹۷ هکتار)، منطقه شکار ممنوع بازرگان



شکل ۱- نقشه موقعیت استان مرکزی در کشور، مناطق حفاظت شده و نقاط حضور گونه گوسفند وحشی

[۳۰]. در آخر برای گونه گوسفند وحشی ۱۲۵ داده حضور و ۲۳۹ داده غیاب به دست آمد. با توجه به متغیرهای مورد نیاز زیست اقلیمی برای مدل biomod2 در نرم‌افزار R تعداد ۵ متغیر ریز مقیاس شده برای شرایط اقلیمی حاضر (۲۰۰۰-۱۹۵۰) و آینده (۲۰۶۰-۲۰۴۱) به عنوان سال ۲۰۵۰ با تفکیک فضایی ۱ کیلومتر مربع از پایگاه داده های Worldclim به دست آمد [۱۴].

در این تحقیق برای بررسی اثر تغییر اقلیم در سال ۲۰۵۰ و با توجه به عدم قطعیت‌های ناشی از مدل گردش عمومی جو (GCMs) از مدل گردش عمومی CCSM4<sup>۱</sup> تحت دو سناریو شامل RCP2.6 و RCP8.5 استفاده شد (جدول ۱).

## روش تحقیق

داده‌های حضور و غیاب گونه گوسفند وحشی بر اساس بازدید میدانی در گستره‌های احتمالی پراکنش جغرافیایی گوسفند وحشی در طی چندین مرحله از بهار ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ و همچنین از داده‌های سرشماری سالانه پستانداران مناطق تحت مدیریت اداره کل حفاظت محیط زیست استان مرکزی به دست آمد [۱۰]. برای اجتناب از آریب ناشی از نمونه‌برداری در مناطق حفاظت شده و مناطق آزاد برای هر ۱ کیلومتر مربع تنها یک داده حضور برای گونه گوسفند وحشی انتخاب شد (در تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه یا ۱ کیلومتر مربع) [۳۴].

همچنین داده‌های غیاب تکمیلی در مناطقی که بدون گوسفند وحشی بود با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی و مناطق حفاظت شده استان مرکزی در محیط نرم‌افزارهای R و Arc GIS 10.3 استخراج شد

<sup>۱</sup> - The Community Climate System Model

جدول ۱- متغیرهای زیست اقلیمی استفاده شده در

ردیف	نمایه متغیر	توصیف اقلیمی	پژوهش
۱	Bio_3	شاخص هم دمایی (bio2/bio7) * ۱۰۰	
۲	Bio_4	تغییرات فصلی دما (۱۰۰ * انحراف معیار)	
۳	Bio_7	دامنه سالانه دما (bio5-bio6)	
۴	Bio_11	میانگین دمای سردترین فصل سال	
۵	Bio_12	مجموع بارندگی سالانه	

در سناریو RCP2.6 حداکثر مقدار واداشت تابشی ۳ وات بر متر مربع و سپس کاهش می‌یابد و غلظت دی-اکسیدکربن ۴۹۰ ppm قبل از سال ۲۱۰۰ و سپس کاهش می‌یابد. و در سناریو RCP8.5 مقدار واداشت تابشی بیشتر از ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌شود و غلظت دی‌اکسیدکربن به ۱۳۷۰ ppm تا سال ۲۱۰۰ می‌رسد [۱۷].

داده‌های حضور گونه و متغیرهای زیست اقلیمی به منظور ایجاد مدل‌های ارزیابی زیستگاه گونه توسط مدل‌سازی اجماعی به کار رفتند. پنج روش مدل‌سازی شامل SRE<sup>۱</sup> و CTR<sup>۲</sup> و RF<sup>۳</sup> و MARS<sup>۴</sup> و FDA<sup>۵</sup> برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه فعلی گونه گوسفند وحشی و همچنین ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه آینده این گونه استفاده شد. مدل‌سازی‌ها با استفاده از بسته biomod2 در محیط نرم افزار R انجام گرفت [۳۰]. به منظور ارزیابی مدل‌ها از شاخص‌های AUC<sup>۶</sup> (سطح زیر منحنی) و (بیشینه‌سازی آماره مهارت درست) TSS<sup>۷</sup> و (بیشینه‌سازی) کاپا استفاده شد.

در این مطالعه ۷۰ درصد نقاط حضور گونه برای تولید مدل‌ها و ۳۰ درصد به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها به صورت تصادفی انتخاب و استفاده شد. برای افزایش و کارایی هر یک از مدل‌های مورد استفاده، هر روش مدل‌سازی با ۱۰ بار تکرار اجرا شد. بنابراین ۵۰ نقشه احتمال حضور برای واسنجی حال حاضر گونه و ۱۰۰ نقشه

احتمال حضور برای واسنجی سال ۲۰۵۰ به کار رفت. نقشه نهایی برای حال حاضر و آینده از جمع‌بندی این نقشه‌های احتمال حضور حاصل شد. سپس نقشه‌های نهایی حال حاضر و آینده حاصل از برنامه R برای انطباق با نقشه مناطق حفاظت شده و خروجی گرفتن وارد نرم افزار Arc GIS 10.3 شدند. مساحت زیستگاه مطلوب گونه در شرایط آب و هوایی حال حاضر و آینده برای مناطق حفاظت شده توسط نرم افزار Terrset محاسبه گردید.

### نتایج

کل مدل‌های مورد مطالعه AUC، TSS و Kappa بالاتر از ۰/۹ داشتند. بنابراین همه آنها دارای عملکرد عالی بودند. در بین مدل‌ها بر اساس شاخص AUC به جز مدل MARS سایر مدل‌ها عملکرد یکسان دارند و بر اساس شاخص TSS نیز به جز مدل MARS سایر مدل‌ها عملکرد یکسان دارند. بر اساس شاخص کاپا مدل جنگل تصادفی RF بهترین پیش‌بینی و در سایر مدل‌ها به جز مدل SRE مابقی مدل‌ها عملکرد یکسان داشتند (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهد دمای سالانه، مجموع بارندگی سالانه و میانگین دمای سردترین فصل بیش‌ترین سهم را در تعیین مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی داشتند. میانگین سالانه دما و میانگین مجموع بارندگی سالانه در مجموع در حدود ۱۱۳/۱۴ درصد تغییرات زیستگاه گونه را توجیه نمودند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت زیستگاه داشتند (جدول ۳).

با استفاده از اجماع نتایج حاصل از تمام مدل‌ها یک نقشه از مناطق مناسب زیستگاه در حال حاضر آماده شد. حضور گونه در حال حاضر در رشته کوه‌های قسمت جنوب، غرب و شمال استان مرکزی به ویژه در مناطق حفاظت شده است. سطح زیستگاه مناسب گونه با توجه به نقشه مطلوبیت زیستگاه فعلی ۱۲۱۱۳۱۶/۱۹ هکتار معادل ۴۱/۵۵ درصد از استان مرکزی را به خود اختصاص داده است (جدول ۴ و شکل ۲).

1 - Surface Range Envelop

2 - Classification Tree Analysis

3 - Random Forest

4 - Multiple Adaptive Regression Splines

5 - Flexible Discriminant Analysis

6 - Area Under The Curve

7 - True Skill Statistic

جدول ۲- مقادیر AUC، TSS و Kappa برای مدل‌های استفاده شده

مدل					شاخص
FDA	MARS	RF	CTR	SRE	
۰/۹۹۵	۰/۹۸۵	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵	AUC
۰/۹۹۰	۰/۹۸۹	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	TSS
۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۰/۹۹۵	۰/۹۹۳	۰/۹۹۴	Kappa

جدول ۳- سهم نسبی هر یک از متغیرهای استفاده شده در مدل‌ها برای زیستگاه گوسفند وحشی

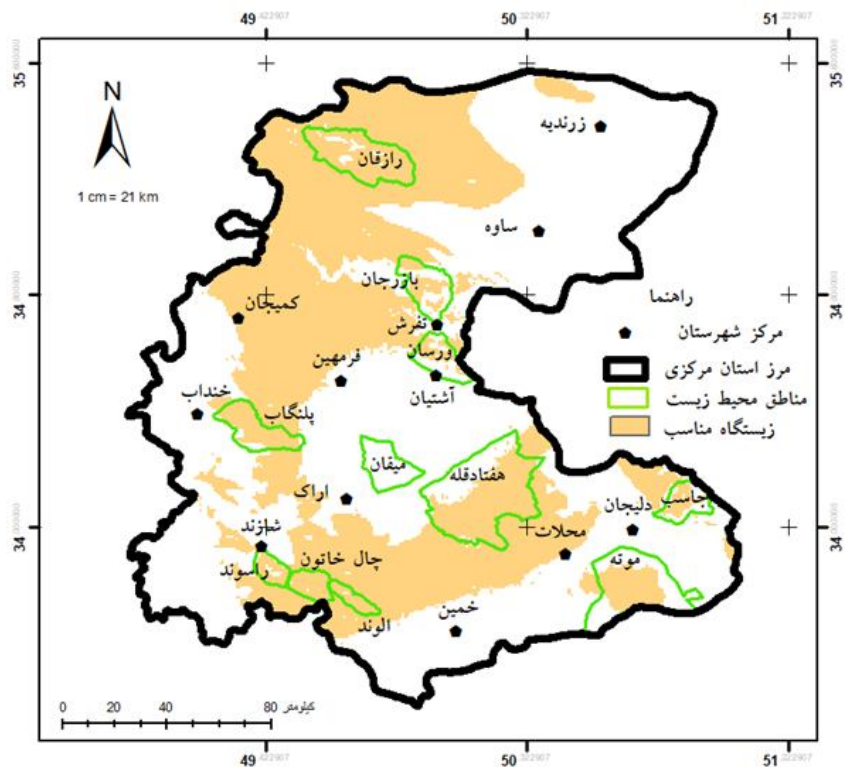
میانگین سهم نسبی در مدل‌ها	مدل					متغیر
	FDA	MARS	RF	CTR	SRE	
۶۰/۰۸	۳۳/۸	۸۲/۸	۹۶/۳	۷۲/۶	۱۴/۹	دامنه سالانه دما (bio_7)
۳۹/۵	۷۵/۳	۰	۹۷	۱۱/۴	۱۳/۸	تغییرات فصلی دما (bio_4)
۳۹/۷	۸۷/۶	۵/۵	۹۴/۵	۰	۱۰/۹	شاخص هم دمایی (bio_3)
۴۶/۷۶	۴۴/۱	۴/۶	۹۶/۲	۵۴/۲	۳۴/۷	میانگین دمای سردترین فصل (bio_11)
۵۳/۰۶	۵۹/۲	۳۵/۱	۹۵/۷	۴۰/۸	۳۴/۵	مجموع بارندگی سالانه (bio_12)

جدول ۴- مساحت و تغییرات زیستگاه گوسفند وحشی تحت تاثیر تغییر اقلیم در استان مرکزی

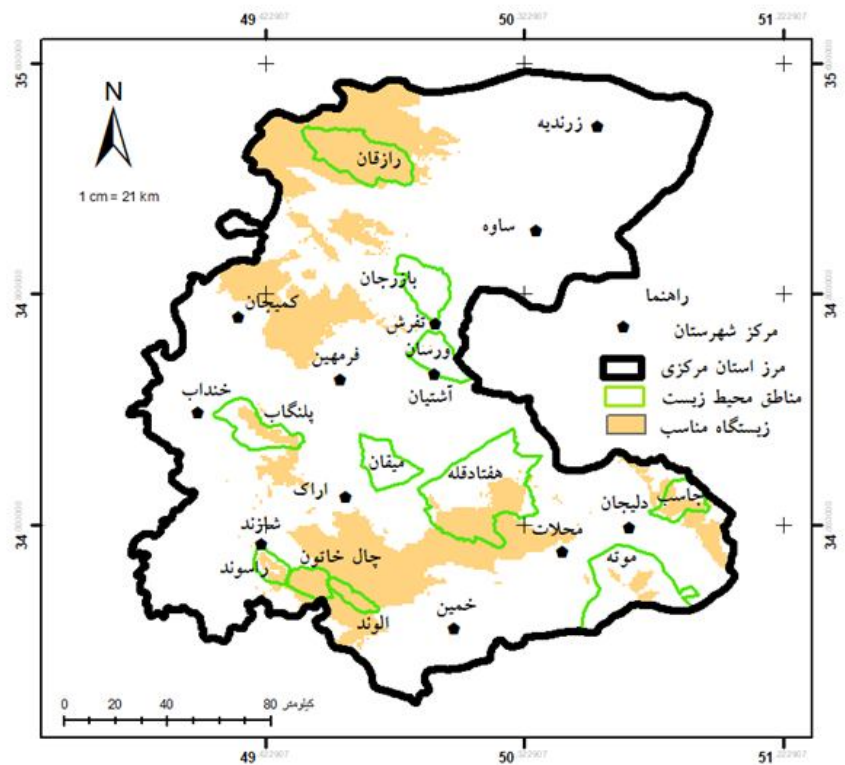
تغییرات زیستگاه مطلوب		زیستگاه مطلوب		زیستگاه نامطلوب		شرایط اقلیمی فعلی
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	
-	-	۴۱/۵۵	-	۵۸/۴۵	۱۷۰۳۷۱۴/۳۳	
-۵۰/۳۰	۶۰۲۰۳۹/۷۹	۲۰/۶۵	۶۰۲۰۳۹/۷۹	۶۰۲۰۳۹/۷۹	۲۳۱۲۹۹۰/۷۳	RCP2.6
-۷۳/۴۲	۳۲۱۹۶۶/۰۲	۱۱/۰۴	۳۲۱۹۶۶/۰۲	۳۲۱۹۶۶/۰۲	۲۵۹۳۰۶۴/۵	RCP8.5

کمتر زیستگاه مطلوب به ترتیب مربوط به مناطق رازقان، لوند، جاسب و چال خاتون است (جدول ۵). نتایج تحلیل تغییرات زیستگاه گوسفند وحشی نشان می‌دهد که در شرایط تغییر اقلیم در سال ۲۰۵۰ در خوش بینانه‌ترین حالت (RCP2.6) تنها ۴۶/۷۸ درصد زیستگاه فعلی (زیستگاه مطلوب پایدار) مطلوبیت زیستگاهی خود را حفظ خواهند کرد (شکل ۵)، در صورتی که در بدبینانه‌ترین حالت (RCP8.5) این میزان با کاهش شدیدتر به ۲۴/۵۶ درصد خواهد رسید (شکل ۶). همچنین در سال ۲۰۵۰ وسعت زیستگاه مطلوب از دست رفته تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 به ترتیب برابر با ۵۶/۱۵ درصد و ۷۷/۴۵ درصد خواهد بود و زیستگاه مطلوب به دست آمده در اثر تغییر اقلیم تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 به ترتیب برابر ۴/۰۶ درصد و ۱۲/۰۸ درصد خواهد بود (جدول ۶).

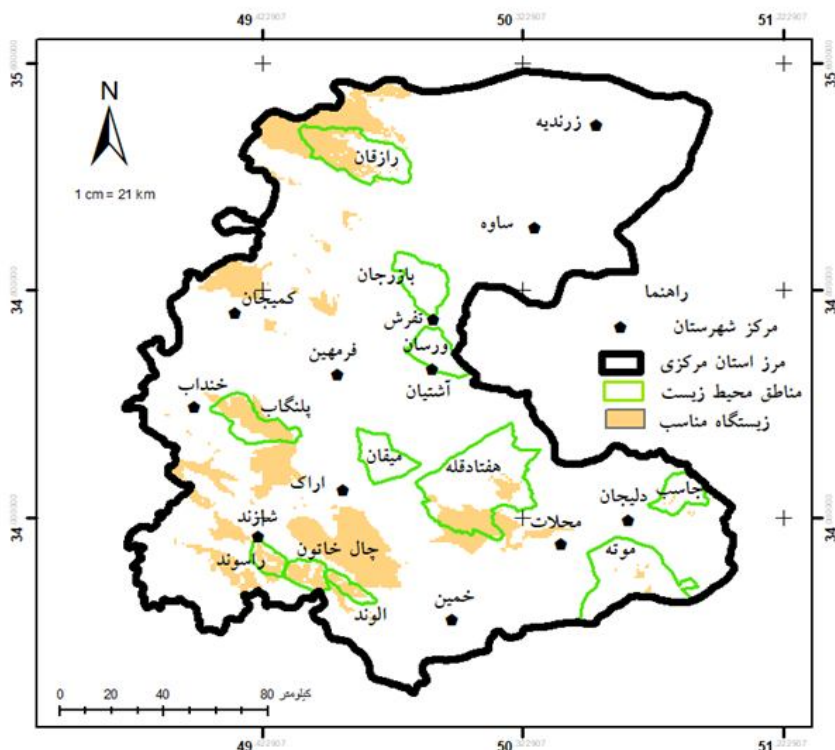
نتایج تغییر اقلیم در سناریوهای اقلیمی خوش بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) برای سال ۲۰۵۰ نشان داد با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم وسعت زیستگاه گوسفند وحشی به ترتیب به میزان ۵۰/۳۰ و ۷۳/۴۲ درصد کاهش خواهد داشت (جدول ۴، شکل‌های ۳ و ۴). نتایج نشان می‌دهد در سناریو بدبینانه (RCP8.5) بیشتر کاهش زیستگاه به ترتیب مربوط به مناطق ورسان، بازرجان، موته، جاسب و هفتادقله می‌باشد. به طوری که مناطق بازرجان و ورسان فاقد زیستگاه مطلوب برای گوسفند وحشی خواهند شد. کاهش کمتر زیستگاه مطلوب به ترتیب مربوط به مناطق پلنگاب و چال خاتون است. در سناریو خوش بینانه (RCP2.6) بیشتر کاهش زیستگاه به ترتیب مربوط به مناطق بازرجان، ورسان، موته، پلنگاب و هفتادقله می‌باشد. به طوری که منطقه بازرجان فاقد زیستگاه مطلوب برای گوسفند وحشی خواهد شد. کاهش



شکل ۲- نقشه مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی حاصل از اجماع مدل‌ها در شرایط فعلی



شکل ۳- نقشه مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی حاصل از اجماع مدل‌ها در سال ۲۰۵۰ با سناریو RCP2.6



شکل ۴- نقشه مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی حاصل از اجماع مدل‌ها در سال ۲۰۵۰ با سناریو RCP8.5

### بحث و نتیجه‌گیری

همه مدل‌های مورد مطالعه AUC، TSS و Kappa بالاتر از ۰/۹ داشته و دارای عملکرد عالی بودند [۱]. در بین مدل‌ها بر اساس شاخص AUC مدل جنگل تصادفی RF بهترین پیش‌بینی را داشتند. چنگ و همکاران (۲۰۱۲) بیان می‌نمایند که مدل جنگل تصادفی یک روش کارآمد برای مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها است [۷]. روش مدل‌سازی اجماعی نیز به عنوان تنها راه حل برای کاهش عدم قطعیت و ارزیابی یک مدل ملاحظه شده است [۴]. در این مطالعه نیز روش مدل‌سازی اجماعی روشی مطلوب شناخته شد [۲۵].

میانگین دامنه سالانه دما و میانگین مجموع بارندگی سالانه جمعاً در حدود ۱۱۳/۱۴ درصد تغییرات زیستگاه گونه را توجیه نمودند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت زیستگاه داشتند. با استفاده از اجماع نتایج حاصل از تمام مدل‌ها سطح زیستگاه مناسب گونه در شرایط فعلی ۱۲۱۱۳۱۶/۱۹ هکتار معادل ۴۱/۵۵ درصد از استان مرکزی را به خود اختصاص داده است. نتایج تغییر

اقلیم در سناریوهای اقلیمی خوش بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) برای سال ۲۰۵۰ نشان داد با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم وسعت زیستگاه گوسفند وحشی به ترتیب به میزان ۵۰/۳۰ و ۷۳/۴۲ درصد کاهش خواهد داشت.

سالاس و همکاران (۲۰۱۸) برآورد نمودند که تغییر اقلیم پیامدهای منفی معنی‌داری بر زیستگاه‌های گوسفند وحشی آرگالی در شرق تاجیکستان خواهد داشت. بر اساس مدل‌سازی‌ها، گوسفند وحشی مارکوپولو احتمالاً بیش از دو سوم زیستگاه‌های مطلوب امروزی خود را تا سال ۲۰۷۰ از دست خواهد داد [۳۱]. لو و همکاران سال ۲۰۱۵ برآورد کردند که بیش از نیمی از زیستگاه‌های مطلوب امروزی سُم‌داران تبت تا سال ۲۰۸۰ به واسطه تغییر اقلیم از دست خواهد رفت [۲۳]. به هر حال، ممکن است که سُم‌داران ساکن مناطق مختلف، نیازمندی‌های زیستگاهی متفاوتی داشته و بنابراین حساسیت یکسانی به تغییر اقلیم نداشته باشند [۶].

جدول ۵- مساحت و تغییرات زیستگاه مطلوب گوسفند وحشی تحت تأثیر تغییر اقلیم در مناطق حفاظت شده استان مرکزی

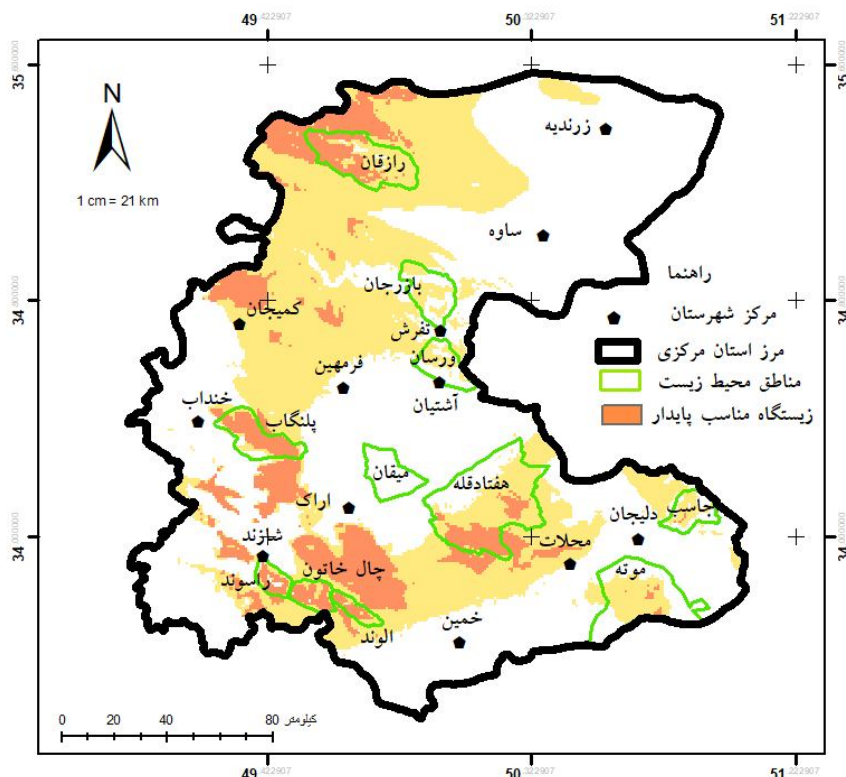
تغییرات زیستگاه		شرایط اقلیمی		فعلی	مناطق حفاظت شده
سال ۲۰۵۰		سال ۲۰۵۰			
RCP8.5	RCP2.6	RCP8.5	RCP2.6		
					هفتادقله
-۴۸۲۱۸/۹۹	-۳۵۹۲۶/۳۵	۱۸۵۲۰/۶	۳۰۸۱۳/۲۴	۶۶۷۳۹/۵۹	هکتار
-۷۲/۲۵	-۵۳/۸۳	۱۹	۳۱/۶۲	۶۸/۵	درصد
-۳۰۲۳۸/۰۵	-۲۴۴۴۵/۵۱	۱۵۹۲/۹۱	۷۳۸۵/۴۵	۳۱۸۳۰/۹۶	هکتار
-۹۵	-۷۶/۷۹	۲/۵	۱۱/۵۵	۴۹/۸	درصد
-۳۸۴۲/۴۴	-۱۴۴/۸۴	۴۷۰۴/۸۵	۸۵۴۶/۸۷	۸۵۴۶/۸۷	هکتار
-۴۴/۹۵	۰	۵۴/۶۰	۱۰۰	۹۹/۱۷	درصد
-۷۷۹۴/۳۲	-۲۸۶/۹	۵۷۴/۹۷	۸۰۸۲/۳۹	۸۳۶۹/۲۹	هکتار
-۹۳/۱۳	-۳/۴۳	۳/۲۳	۴۵/۴۸	۴۷/۰۹	درصد
-۷۴۲۰/۴۵	-۲۳۱۴/۹۲	۳۲۱۴/۴۲	۵۴۲۶/۹۵	۷۷۴۱/۸۷	هکتار
-۵۸/۴۸	-۲۹/۹۰	۳۰/۲۷	۵۱/۱۱	۷۲/۹۲	درصد
-۱۱۴۹/۹۴	-۷۲۳/۵۵	۱۱۵۱۸/۷۴	۱۱۹۴۵/۱۳	۱۳۸۹۷/۶۸	هکتار
-۱۷/۱۲	-۱۴/۰۵	۸۲/۸۸	۸۵/۹۵	۱۰۰	درصد
-۲۲۰۱/۵۹	-۱۲۹۴۳/۲۲	۲۱۳۲۱/۲۳	۱۰۵۷۹/۶۰	۲۳۵۲۲/۸۲	هکتار
-۹/۳۶	-۵۵/۰۲	۷۸/۳۵	۳۸/۸۷	۸۶/۴۴	درصد
۰	۰	۰	۰	۱۲۶۲۱/۸۴	هکتار
-۱۰۰	-۱۰۰	۰	۰	۴۹	درصد
-۲۰۵۷۶/۲۵	+۲۹۰۰/۱۵	۲۳۷۴۷/۸۶	۴۷۲۲۱/۲۶	۴۴۳۲۴/۱۱	هکتار
-۴۶/۴۲	+۶/۵۳	۴۹/۷۸	۹۸/۹۸	۹۲/۹۱	درصد
۰	-۷۶۹۷/۲	۰	۲۵۰	۷۹۴۷/۲	هکتار
-۱۰۰	-۹۶/۸۵	۰	۱/۲۵	۳۹/۹	درصد

اقلیم را کاهش سطح مطلوبیت زیستگاه بیان می‌کند [۲۶]. تطبیق مساحت مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی با محدوده مناطق حفاظت شده مشخص می‌گردد، در سناریو بدبینانه (RCP8.5) بیشتر کاهش زیستگاه به ترتیب مربوط به مناطق ورسان، بازرجان، موته، جاسب و هفتادقله می‌باشد. به طوری که مناطق بازرجان و ورسان فاقد زیستگاه مطلوب برای گوسفند وحشی خواهند شد و کاهش کم‌تر زیستگاه مطلوب به ترتیب مربوط به مناطق پلنگاب و چال خاتون است. همچنین در سناریو خوش بینانه (RCP2.6) بیشتر کاهش زیستگاه به ترتیب مربوط به مناطق بازرجان، ورسان، موته، پلنگاب و هفتادقله می‌باشد به طوری که منطقه بازرجان فاقد زیستگاه مطلوب برای گوسفند وحشی خواهد شد.

وایت و همکاران بر اساس کلیه سناریوهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۸۵، اثر منفی (کاهش اندازه جمعیت و گستره جغرافیایی) برای جمعیت‌های بز وحشی در آلاسکا را برآورد نمودند [۳۴]. بر این اساس، در حالی که درصد تغییرات زیستگاه‌های مطلوب در بین سناریوها متفاوت بود اما روندهای مشابهی از تغییر در تمامی سناریوها برآورد گردید. 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 دیگر سناریوها پیش‌بینی نمودند [۳۳].

مروتی و همکاران (۱۳۹۶) نیز بیان کردند که مساحت مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در سال ۲۰۷۰ نسبت به شرایط کنونی تحت سناریوهای خفیف و شدید کاهش خواهد داشت. بر این اساس نتایج این تحقیق نیز تأثیر تغییر





شکل ۵- نقشه زیستگاه مناسب پایدار گوسفند وحشی حاصل از اجماع مدل‌ها در سال ۲۰۵۰ با سناریو RCP8.5

جدول ۶- نتایج تغییرات زیستگاه گوسفند وحشی تحت تأثیر تغییر اقلیم در استان مرکزی

مجموع زیستگاه مطلوب		زیستگاه مطلوب پایدار		زیستگاه مطلوب از دست رفته تحت تأثیر تغییر اقلیم		زیستگاه مطلوب به دست آمده تحت تأثیر تغییر اقلیم	
هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
شرایط اقلیمی							
فعلی							
۱۲۱۱۳۱۶/۱۹	۴۱/۵۵	-	-	-	-	-	-
۶۰۲۰۳۹/۷۹	۲۰/۶۵	۵۶۶۶۱۸/۸۶	۴۶/۷۸	۶۸۰۱۱۸/۲۶	۵۶/۱۵	۲۴۴۳۵/۸۶	۴/۰۶
۳۲۱۹۶۶/۰۲	۱۱/۰۴	۲۹۷۵۳۰/۱۶	۲۴/۵۶	۹۳۸۲۲۱/۸۹	۷۷/۴۵	۳۸۸۸۹/۱۳	۱۲/۰۸
سال ۲۰۵۰							
۳۲۱۹۶۶/۰۲	۱۱/۰۴	۲۹۷۵۳۰/۱۶	۲۴/۵۶	۹۳۸۲۲۱/۸۹	۷۷/۴۵	۳۸۸۸۹/۱۳	۱۲/۰۸
RCP2.6							
۶۰۲۰۳۹/۷۹	۲۰/۶۵	۵۶۶۶۱۸/۸۶	۴۶/۷۸	۶۸۰۱۱۸/۲۶	۵۶/۱۵	۲۴۴۳۵/۸۶	۴/۰۶
RCP8.5							

مطلوبیت زیستگاهی خود را حفظ خواهند کرد در صورتی که در بدبینانه ترین حالت (RCP8.5) این میزان با کاهش شدیدتر به ۲۴/۲ درصد خواهد رسید. بنابراین قسمتی از زیستگاه مطلوب پایدار در مناطق حفاظت شده قرار دارند.

در سال ۲۰۵۰ وسعت زیستگاه مطلوب از دست رفته تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 به ترتیب برابر با ۵۶/۱۵ درصد و ۷۷/۴۵ درصد خواهد بود [۱۶] و زیستگاه مطلوب به دست آمده در اثر تغییر اقلیم تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 به ترتیب برابر ۴/۰۶ درصد و

کاهش کمتر زیستگاه مطلوب به ترتیب مربوط به مناطق رازقان، الوند، جاسب و چال خاتون است. این یافته‌ها می‌تواند به عنوان هشدار جدی برای تغییرات اقلیمی کره زمین و اثر آن بر تنوع زیستی به ویژه مناطق محیط زیست و گونه گوسفند وحشی به عنوان طعمه گونه‌های در معرض خطر انقراض مثل پلنگ و یوزپلنگ تلقی کرد [۳، ۲۱، ۳۹، ۳۵].

زیستگاه گوسفند وحشی در شرایط تغییر اقلیم در سال ۲۰۵۰ در خوش بینانه‌ترین حالت (RCP2.6) تنها ۴۶/۷۸ درصد زیستگاه فعلی (زیستگاه مطلوب پایدار)

مناسب در خارج از محدوده مناطق فعلی نیز تحت حفاظت قرار گیرند و پژوهش‌های برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر دیگر گونه‌ها به عنوان مثال بز وحشی ( *Capra aegagrus* )، آهوی ایرانی ( *Gazella subgutturosa* ) و غیره انجام گیرد.

### سپاسگزاری

از کارشناسان و محیط‌بانان اداره حفاظت محیط زیست استان مرکزی که در ارائه اطلاعات نقاط حضور گوسفند وحشی همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌گردد.

### References

- [1]. Allouche, O., Tsoar A., Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS), *Journal of Applied Ecology*, (43), 1223–1232.
- [2]. Anderson, R.P., Lew, D., Townsend Peterson, A., (2003). Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 244-292.
- [3]. Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology letters*, 14: 484–492.
- [4]. Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Haidarian, M., Khorozyan, I. (2019a). Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. *Mammal Research*, (64): 1-13.
- [5]. Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4): 365-377.
- [6]. Chen, I.C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B., Thomas, C.D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333(6045): 1024-1026.
- [7]. Cheng, L., Lek, S., Lek-Ang, S., Li, Z. (2012). Predicting fish assemblages and diversity in shallow lakes in the Yangtze River basin. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 42(2): 127-136.
- [8]. Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., Mace, G.M. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025): 53-58.
- [9]. DOE Markazi. (2010). Natural Features Atlas of Markazi Province. Publisher: NAQSH-E MANA by Order of Department of Environment Markazi. (in Farsi).
- [10]. DOE Markazi. (2017). Report of census on the population of mammals in the Haftad-Gholleh protected area. <http://markazi.doe.ir/Portal/>. (in Farsi).
- [11]. Granados, A., 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, 223-235.
- [12]. Grenouillet, G., Buisson, L., Casajus, N., Lek, S. (2011). Ensemble modelling of species distribution: the effects of geographical and environmental ranges. *Ecography*, 34(1), 9-17.
- [13]. 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*, 123: 147-160.
- [14]. Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P.J. (2004). The worldclim

- interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 1.3.
- [15]. Hole, D.G., Willis, S.G., Pain, D.J., Fishpool, L.D., Butchart, S.H.M., Collingham, Y.C., Huntley, B. (2009). Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network. *Ecology Letters*, 12: 420-431.
- [16]. Hosseini, S.M., Fazilati, M., Moulavi, F., Foruzanfar, M., Hajian, M., 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*, (55), 239-246.
- [17]. Intergovernmental Panel on Climate Change, (2014). *Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge University Press, 650 pp.
- [18]. Jowkar, H., Ostrowski, S., Tahbaz, M., Zahler, P. (2016). The conservation of biodiversity in Iran: threats, challenges and hopes. *Iran Stud*, 49, 1065–1077.
- [19]. Kafash, A., Kaboli, M., Koehler, G. (2014). Predicting the impacts of climate change on the Mesopotamian Spiny-tailed Lizard (*Saara loricata*): Using maximum entropy algorithm and Bioclim. *Journal of Animal Biology*, 7(1), 75-82
- [20]. Kafash, A., Kaboli, M., Koehler, G., Yousefi, M., Asadi, A. (2016). Ensemble distribution modeling of the Mesopotamian spiny-tailed lizard, *Saara loricata* (Blanford, 1874), in Iran: an insight into the impact of climate change. *Turkish Journal of Zoology*, 40(2), 262-271.
- [21]. Karami, M., Ghadirian, T., Faizolah, K. (2012). *The atlas of mammals of Iran*. Department of Environment, Tehran.
- [22]. Kumar, S., Stohlgren, T.J., (2009). Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*, 4(1), 31-33.
- [23]. Lamsal, P., Kumar, L., Aryal, A., Atreya, K., 2018. Future climate and habitat distribution of Himalayan Musk Deer (*Moschus chrysogaster*). *Ecological Informatics*, 44, 101-108.
- [24]. Luo, Z., Jiang, Z., Tang, S. (2015). Impacts of climate change on distributions and diversity of ungulates on the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, 25(1), 24-38.
- [25]. Mack, E.L., Firbank, L.G., Bellary, P.E., Hinsley, S.A., Veitch, N. (1997). The comparison of remotely sensed and ground-based habitat area data using species-area models. *Applied Ecology*, 91: 4222-4223.
- [26]. Morovati, M., Kaboli, M., Panahandeh, M., Sarbaz, M., Ahmadian, S. (2017). Modeling the Habitat suitability of Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) under the influence of climate change in Iran using software MAXENT. *Journal of Animal Environment*, 9(1): 13-20.
- [27]. Pereira, H.M., Leadley, P.W., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J.P.W., Fernandez Manjarres, J.F. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 24st century. *Science*, 991: 4132-4214.
- [28]. Pettorelli, N., Pelletier, F., von Hardenberg, A., Festa-Bianchet, M., Côté, S.D., 2007. Early onset of vegetation growth vs. rapid green-up: Impacts on juvenile mountain ungulates. *Ecology*, 88: 381-390.
- [29]. Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M., Wilson, K.A. (2007). Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11), 583-592
- [30]. R Development Core Team (2014) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- [31]. Salas, E.A.L., Valdez, R., Michel, S., 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* 8(10), 5124-5138.
- [32]. Sexton, J.P., McIntyre, P.J., Angert, A.L., Rice, K.J., 2009. Evolution and ecology of species range limits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 415-436.
- [33]. Sinclair, S., White, M., Newell, G. (2010). How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? *Ecology and Society*, 15(1), 8 [online].

- [34]. Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F., Georges, M.D., Thuiller, C.W. (2016). Package 'biomod2'. <https://cran.r-project.org/package=biomod2>
- [35]. White, K.S., Gregovich, D.P., Levi, T. (2018). Projecting the future of an alpine ungulate under climate change scenarios. *Global change biology*, 24(3): 1136-1149.
- [36]. Williams, S.E., Bolitho, E.E., Fox, S. (2003). Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proc. R. Soc. Lond*, 221: 4332-4332.
- [37]. Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Rezaei, A., Kafash, A., Khani, A., Sehhatiasabet, M.E., Adibi, M.A., Goudarzi, F., 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*, 27(2): 294-304.
- [38]. Zhang, M.G., Zhou, Z.K., Chen, W.Y., Slik, J.F., Cannon, C.H., & Raes, N. (2012). Using species distribution modeling to improve conservation and land use planning of Yunnan, China. *Biological Conservation*, 153: 257-264.
- [39]. Ziaie, H. (2008). A Field Guide to the Mammals of Iran. Tehran, Publishers: Wildlife Reconnaissance Center, 419p.

## Prediction of climate change effects on wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability using ensemble modeling in Markazi province

Amir Ansari, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.

a-ansari@araku.ac.ir

Received: 13 July 2020

Accepted: 31 Oct 2020

### Abstract

Predicting the habitat suitability of wildlife in response to climate change is essential for their conservation and management. Wild sheep is a wildlife species native to Iran. Therefore, this study aimed at predicting the effect of climate change on wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability using ensemble modeling in Markazi Province. In this regard, Five modeling approaches such as Surface Range Envelop (SRE), Multiple Adaptive Regression Splines (MARS), Random Forest (RF), Classification Tree Analysis (CTA), Flexible Discriminant Analysis (FDA) were used to determine relationships between the occurrence of species and environmental factors under the ensemble framework by using Biomod2 and R software. R results showed that AUC values greater than 0.9 and functioning of all models been excellent. The mean temperature annual range and Annual precipitation had the most important role for habitat suitability of this species and 113.1% changes in *O. orientalis* habitat suitability was justified. R results of the model showed that 1211316.19 ha, (41.55%) of in Markazi province for the *O. orientalis* have had high habitat suitability. Under RCP2.6 and RCP8.5 climate scenario *O. orientalis* might lose respectively 50.30% and 73.42% of its climatically suitable habitats due to climate change factors, by 2050, while in a number of areas 4.1% and 12.1%, the current unsuitable habitats may be converted to suitable. More habitat reduction in protected areas related to Varsan, Bazarjan, Mouteh, Jasb and Haftad-Gholeh areas. The lowest habitat reduction in the Razeghan and Chal-khaton areas. The results of this study can be used in planning, conservation and rehabilitation of *O. orientalis* and protected areas managemen.

**Keywords:** Habitat suitability; *Ovis orientalis*; climate change; Protected areas; Markazi Province.