

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر کارامدی شبکه حفاظت ایران با تأکید بر خانواده گاوسان و گوزنها

محیا خسروی^۱؛ عاطفه چمنی^{۲*}، روح اله میرزایی^۳

۱- دانشجوی دکتری تنوع زیستی، گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان،

ایران

۲- استادیار گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

(تاریخ دریافت ۹۹/۱۱/۲۰-تاریخ پذیرش ۰۰/۰۱/۳۰)

چکیده:

از میان گونه‌های مختلف پستانداران، سه گروه همبوم از خانواده گاوسانان شامل مرال - شوکا، آهو - جبیر و کل و بز - قوچ و میش همواره در برنامه‌های حفاظتی مورد توجه بوده‌اند. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مفهوم مدل‌سازی پراکنش گونه با استفاده از مدل بی‌نظمی بیشینه با هدف شناسایی زیستگاه‌های مطلوب برای این گونه‌ها به انجام رسید. براساس روی هم‌گذاری و تجمیع نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها، مناطق داغ تنوع زیستی گونه‌های مورد مطالعه در زمان حاضر شناسایی شد و اثر تغییر اقلیم بر آن تا سال ۲۰۵۰ میلادی ارزیابی شد. نتایج مقایسه مساحت مناطق مطلوب در حال حاضر و سال ۲۰۵۰ میلادی نشان داد که همه گونه‌ها به جز آهو و جبیر، در آینده با کاهش وسعت زیستگاه‌های مطلوب مواجه خواهند شد. دو گونه مرال و شوکا، به ترتیب با ۷۰ و ۶۱ درصد، بیشترین سطح از زیستگاه‌های مطلوب را تا سال ۲۰۵۰ از دست خواهند داد. ارزیابی کارایی سیستم حفاظتی کشور نشان داد که به ترتیب تنها ۱۲ و ۱۸ درصد از مناطق داغ تنوع زیستی (طبقات ۴ و ۵ غنای گونه‌ای) در حال حاضر و تا سال ۲۰۵۰ تحت پوشش سیستم حفاظتی کشور خواهند بود. به این ترتیب، پژوهش حاضر با شناسایی مناطق داغ تنوع زیستی، به‌عنوان ابزاری مناسب و کاربردی برای برنامه‌ریزی هدفمند حفاظتی در حال حاضر و آینده کاربرد خواهد داشت.

کلید واژگان: تغییر اقلیم، طرح‌ریزی حفاظت، گاوسانان و گوزن‌های ایران، مدل‌سازی پراکنش، مناطق حفاظت‌شده

۱. مقدمه

زیست‌بوم را تضمین کند (Sergio *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2020). تغییرات جهانی اقلیم تأثیرات زیادی بر محدوده‌های پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری کره زمین داشته است (Garcia *et al.*, 2014). هم‌بستگی و اثرهای مضاعف تغییرات اقلیمی در قرن بیست‌ویکم نیز با دیگر تهدیدهای ناشی از فعالیت‌های مخرب انسانی مانند تخریب زیستگاه‌های طبیعی مشکلات و تعارض‌های فراوانی در مدیریت و حفاظت تنوع زیستی به وجود آورده است (García- Valdés *et al.*, 2015). برآورد شده است که در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی، در حدود یک‌چهارم از همه گونه‌ها، از جمله پستانداران بزرگ‌جثه، با خطرهای فزاینده انقراض روبه‌رو هستند (Thomas *et al.*, 2004). پستانداران بزرگ‌جثه به دلیل ویژگی‌های ذاتی مانند تراکم کم جمعیت، نرخ تولید مثل کم، طول نسل زیاد و اندازه بدن بزرگ (Owens and Fisher, 2004) در برابر عوامل انسانی از جمله تخریب زیستگاه، شکار غیرقانونی و تغییرات کاربری (Malakoutikhah *et al.*, 2020) بسیار آسیب‌پذیرند و در معرض خطر انقراض قرار دارند. تغییرات آب‌وهوایی در هم‌بستگی با این عوامل می‌تواند پستانداران بزرگ را در معرض خطر بیشتر انقراض قرار دهد (Cardillo *et al.*, 2005). یکی از مهم‌ترین اثرهای منفی تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی تأثیرگذاری بر تغییر گستره پراکنش و محدوده‌های زیستگاهی مطلوب برای گونه‌هاست. در ادامه، تکه‌تکه شدن زیستگاه و کاهش قابلیت انتشار ناشی از کاربری‌های انسانی می‌تواند به‌طور چشمگیری مانع تغییر دامنه پراکنش گونه‌ها در پاسخ به تغییر آب‌وهوا شود (Robillard *et al.*, 2015). از این‌رو پیش‌بینی آثار تغییر اقلیم بر الگوی پراکنش

افزایش تهدیدهای تنوع زیستی و کاهش مناطق مطلوب زیستگاهی برای گونه‌های مختلف در کره زمین به‌طور عام و در ایران به‌طور خاص، لزوم توجه به مفهوم زیست‌شناسی حفاظت و اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت تنوع زیستی را دوچندان کرده است. دستیابی به اهداف حفاظت و تسهیل در اتخاذ تصمیمات مدیریتی گونه‌های حیات وحش نیازمند ارزیابی درست محدوده‌های پراکنش و فراوانی آنهاست (Zeller and Rabinowitz, 2010). انتخاب مناطق حفاظتی و تمرکز اقدامات مدیریتی در این مناطق، گامی راهبردی در حمایت از جمعیت‌های گونه‌های حیات وحش بزرگ‌جثه و دستیابی به اهداف نهایی حفاظت است. از سوی دیگر، برای بسیاری از گونه‌های دیگر نیز به لحاظ نادر بودن و اطلاعات اندک از زیست‌شناسی و محدوده پراکنش، مطالعات بوم‌شناختی بنیادین با هدف طرح‌ریزی اقدامات حفاظتی میسر نیست. بدین ترتیب مفهوم گونه‌های کانونی^۲ برای مدیریت زیستگاه و شناسایی مناطق داغ تنوع زیستی و برنامه‌ریزی حفاظتی مبتنی بر این گونه‌ها مدنظر قرار گرفته است (Carroll *et al.*, 2001). به‌واسطه اهمیت زیاد در شبکه غذایی (Fritz *et al.*, 2011) و نیز تمرکز حفاظتی بر این گونه‌ها به‌عنوان گونه شکار^۳، علفخواران بزرگ‌جثه اغلب به‌عنوان گونه‌های کانونی مطرح می‌شوند که حفاظت از مجموعه آنها به‌عنوان گونه‌های چتر^۴ یا پرچمدار^۵ با در نظر گرفتن مجموعه نیازهای متفاوت زیستگاهی آنها می‌تواند حفاظت از گونه‌های دیگر موجود در آن

² Focal species

³ Game species

⁴ Umbrella species

⁵ Flagship

در درون شبکه مناطق تحت حفاظت، انتظار می‌رود در این مناطق سطوح بالاتری از تنوع زیستی و مناطق داغ تنوع زیستی مشاهده شود. همچنین با تکیه بر این گونه‌ها می‌توان کارایی سیستم حفاظتی ایران در حمایت از مناطق داغ تنوع زیستی در حال حاضر و آینده را بررسی کرد. به این ترتیب می‌توان مناطقی را شناسایی و اولویت‌بندی کرد که دارای بیشترین حساسیت به الگوهای تغییر اقلیم‌اند یا همچنان کارکردهای حفاظتی خود را حفظ می‌کنند. شایان ذکر است که Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۹) پیش از این، اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گاوسانان ایران را بررسی کرده‌اند. اما در پژوهش ذکر شده تنها به پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر کاهش یا افزایش گستره‌های مطلوب برای گونه‌ها پرداخته شده، در حالی که بررسی اثر تغییر اقلیم بر کارکرد و گستره حفاظتی شبکه مناطق حفاظت‌شده ایران در مقیاس کشوری تا کنون موضوع هیچ پژوهشی نبوده است. در پژوهش حاضر تلاش شد با لحاظ خانواده گونه‌های گاوسانان ایران شامل قوچ و میش، کل و بز، آهوی ایرانی، جبیر و دو گونه از خانواده گوزن‌ها شامل مرال و شوکا و براساس مدل‌سازی پراکنش آنها در ایران، مناطق داغ تنوع زیستی نیازمند بیشترین سطح حفاظت شناسایی شود. به این منظور پس از پیش‌بینی محدوده‌های پراکنش فعلی گونه‌های مدنظر با استفاده از متغیرهای اقلیمی کنونی، روند تغییرات الگوی پراکنش تا سال ۲۰۵۰ میلادی بررسی و مدل‌سازی شد. سپس براساس تحلیل تناسب حفاظتی، میزان کارایی مناطق تحت حفاظت ایران در حمایت از این مناطق داغ به‌صورت کمی بررسی شد.

تنوع زیستی برای مدیریت و حفاظت منابع طبیعی ضرورت دارد (McMahon *et al.*, 2011). ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه‌ها، اغلب با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه صورت می‌گیرد که با نام مدل مطلوبیت زیستگاه نیز شناخته می‌شود. در وهله اول، هدف کلی روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه، کمی‌سازی الگوی پراکنش گونه‌ها در زینه‌های محیطی است (Guisan, 2000 and Zimmermann); موضوعی که موجب شده به کاربردهای مختلفی در مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی توجه شود. بررسی الگوی پراکنش و شناسایی عوامل مختلف مؤثر بر حضور گونه‌ها در مقیاس‌های مختلف جغرافیایی (Farhadinia *et al.*, 2015)، ارزیابی سطح پوشش حفاظت و بررسی کارامدی مناطق تحت مدیریت (Ahmadi *et al.*, Guisan *et al.*, 2013, 2020); ارزیابی اثر گونه‌های مهاجم در زیستگاه‌های معرفی‌شده (Fernandes *et al.*, 2014) و بررسی اثر تغییر اقلیم بر الگوی پراکنش گونه‌ها (Tingley *et al.*, 2014) از کاربردهای مدل‌سازی پراکنش گونه است. مدل‌سازی پراکنش گونه، امکان ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم در مناطق حفاظت‌شده را نیز فراهم می‌کند که خود سبب شناسایی مناطق حساس یا مقاوم (مناطق که کارکرد حفاظتی خود را همچنان حفظ می‌کنند) می‌شود (Malakoutikhah *et al.*, 2020). با وجود وضعیت به‌نسبت مناسب شبکه مناطق حفاظت‌شده در ایران در مقایسه با کشورهای منطقه، انتخاب مناطق حفاظتی در ایران اغلب با تکیه بر علفخواران بزرگ و با تأکید بر خانواده گاوسانان و گوزن‌ها صورت می‌گیرد (Kolahi *et al.*, 2012). به دلیل طرح‌ریزی مناسب‌تر اقدامات حفاظتی

⁶ Gradient

۲. مواد و روش ها

۱-۲. نقاط حضور

اطلاعات مرتبط با نقاط حضور گونه‌ها از منابع مختلفی جمع‌آوری شد. نخست اطلاعات حضور گونه‌ها در طی بررسی‌های مستقیم میدانی در خلال سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ در مناطق تحت حفاظت استان‌های اصفهان، یزد، کرمان و سمنان جمع‌آوری شد. با استفاده از پایگاه داده «تسهیلات جهانی اطلاعات تنوع زیستی»^۷ و نیز اطلاعات جمع‌آوری شده توسط ادارات کل حفاظت محیط زیست استان‌های دیگر تلاش شد بیشترین تعداد نقاط حضور از گونه‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شود. همچنین از اطلاعات اطلس پستانداران ایران (Karami et al., 2016) و اطلس مناطق حفاظت‌شده (Darvishsefat, 2006) برای غربال‌گری و تأیید نقاط جمع‌آوری شده استفاده شد.

پس استخراج اطلاعات مربوط به نقاط حضور گونه‌ها از پایگاه‌های اطلاعاتی یادشده، پیش‌پردازش‌های اولیه صورت گرفت و شیپ فایل نقاط حضور گونه در محیط ArcGIS تهیه شد (شکل ۱). در مجموع، ۸۶۸ نقطه حضور از همه گونه‌ها در کل گستره پراکنش آنها در ایران جمع‌آوری شد (جدول ۱). بیشترین تعداد نقاط حضور برای آهوی گواتردار (۱۴۸ نقطه) و کمترین تعداد نقاط حضور برای قوچ ارمنی (۸۹ نقطه) جمع‌آوری شد. در پژوهش حاضر، نقاط حضور قوچ اصفهان و قوچ لارستان که به‌عنوان زیرگونه‌هایی از قوچ ارمنی معرفی شده‌اند (Rezaei et al., 2010) همراه با نقاط حضور قوچ ارمنی در

مدلسازی استفاده شد. در خصوص قوچ بلوچی (افغانی) به‌عنوان زیرگونه‌ای از قوچ اورپال و نیز قوچ کرمان به‌عنوان هیبریدی از قوچ بلوچی و قوچ لارستان (Michel & Ghoddousi, 2020)، از آنجا که بیشتر نقاط حضور در جنوب و شرق مناطق بیابانی کشور پراکنده شده و با قوچ اورپال همپوشی زیادی دارد، نقاط حضور این دو گروه همراه قوچ اورپال در مدلسازی وارد شد. همچنین از آنجا که قوچ‌های البرز مرکزی در محدوده شرقی و مرکزی پراکندگی خود (غرب و جنوب شاهرود تا مناطق خجیر، سرخه‌حصار، جاجرود و منطقه ورجین در مجاور تهران) به قوچ اورپال شباهت بیشتری دارند، نقاط حضور آنها به‌عنوان گونه قوچ اورپال در مدلسازی به‌کار گرفته شد. در مناطق غربی حوزه پراکندگی (حدود طالقان، الموت، قزوین و مناطق جنوبی آن) موهای زیر گردن و سینه نسبتاً کوتاه و سیاه است. لکه سفید زین‌شکل در قوچ‌ها وجود دارد. شاخ‌ها شباهت زیادی به قوچ ارمنی دارند (Ziaie, 2008). به این ترتیب نقاط حضور قوچ‌های این منطقه در دسته قوچ ارمنی در مدلسازی وارد شد. نقاط به‌دست‌آمده از نظر مکانی در برخی مناطق کپه‌ای‌تر است که سبب بروز درجاتی از خودهمبستگی مکانی^۸ بین نقاط حضور می‌شود. خودهمبستگی مکانی در نهایت موجب برآورد نادرست متغیرهای تأثیرگذار و وزن‌دهی بیشتر به نفع مناطق دارای تراکم بیشتر نقاط حضور می‌شود (Dorman et al., 2007). برای کاهش اثر منفی خودهمبستگی مکانی بین نقاط حضور از یک بافر ۵ کیلومتری (Malakoutikhah et al., 2019) استفاده شد و نقاط تکراری درون بافر حذف شدند. به

⁸ Spatial autocorrelation⁷ Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

جدول ۱- تعداد نقاط حضور گونه استفاده شده در مدل سازی مطلوبیت زیستگاه

استفاده شده در مدل سازی	قبل از مدل سازی				نام علمی	نام گونه
	مجموع	GBIF	غیرمستقیم	مستقیم		
۱۰۸	۱۳۸	۲۴	۵۱	۶۳	<i>Capra aegagrus</i>	کل و بز
۱۱۰	۱۳۲	۹	۱۲۳	-	<i>Capreolus capreolus</i>	شوکا
۸۷	۱۰۲	۱۳	۸۹	-	<i>Cervus elaphus</i>	مرال
۱۰۳	۱۱۵	۱۵	۵۶	۴۴	<i>Gazella bennettii</i>	جیبر
۱۳۶	۱۴۸	۲۱	۶۶	۶۳	<i>Gazella subgutturosa</i>	آهوی گواتردار
۷۵	۸۹	۹	۳۶	۴۴	<i>Ovis gmelini</i>	قوچ ارمنی
۱۲۴	۱۴۵	۱۳	۷۶	۵۶	<i>Ovis vignei</i>	قوچ اورپال

تکرار^۹ و انتخاب ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی به عنوان نقاط زمینه انجام می‌گیرد. برای ارزیابی عملکرد مدل پراکنش تهیه شده آماره مساحت سطح زیرمنحنی (AUC) حاصل از منحنی ROC محاسبه شد. مقادیر عددی AUC به طور معمول بین ۰/۵ تا ۱ است. مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان دهنده این است که برآزش مدل با داده‌ها بهتر از مدل تصادفی نیست و عدد ۱ نشان دهنده برآزش کامل است (Phillips et al., 2006). پس از پیش‌بینی محدوده‌های پراکنش هر یک از گونه‌ها برای دوره حاضر، الگوی پراکنش آنها در سال ۲۰۵۰ بررسی و مدل سازی شد. مدل آشیان بوم‌شناختی اقلیمی گونه‌ها تنها براساس پارامترهای اقلیمی تهیه و به متغیرهای اقلیمی آینده تعمیم داده شد. متغیرهای شبیه‌سازی شده برای اقلیم آینده توسط هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) تأیید شده است. به همین منظور از دو مدل اقلیمی CCSM4 و MIROC5 استفاده شد که در تحقیقات متعددی از این دو مدل برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش تنوع زیستی استفاده شده است

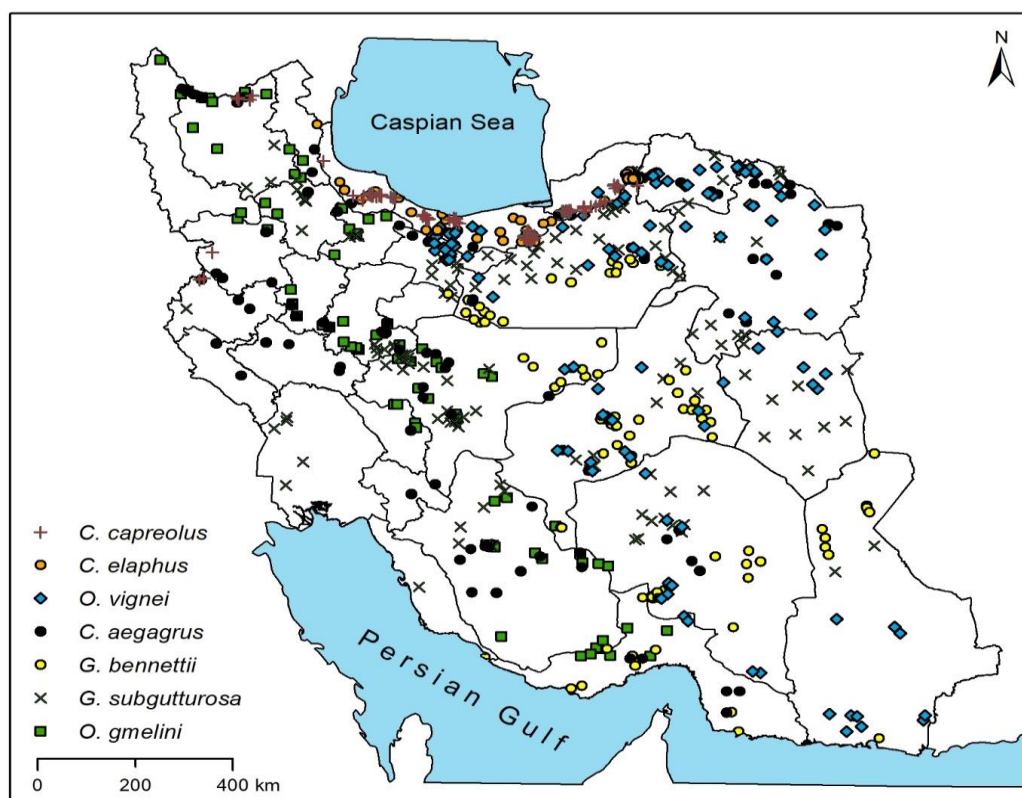
بیانی دیگر، حداقل فاصله بین نقاط ۵ کیلومتر در نظر گرفته شد. در نهایت ۷۴۳ نقطه حضور برای همه گونه‌های مورد مطالعه حاصل شده و در مدل سازی استفاده شد (جدول ۱).

۲-۲. مدل سازی پراکنش گونه‌ها و ارزیابی اثر

تغییر اقلیم

در پژوهش حاضر از روش بی‌نظمی بیشینه (MaxEnt) برای مدل سازی آشیان بوم‌شناختی گونه‌های مختلف استفاده شد. الگوریتم بی‌نظمی بیشینه در مدل سازی وابستگی‌های غیرخطی پیچیده میان نواحی حضور گونه‌ها و متغیرهای محیطی در فضای چندبعدی، دارای انعطاف‌پذیری زیادی است و از این رو با تعریف هاچینسون از آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها تطابق بسیار زیادی دارد (Elith et al., 2010). در روش بی‌نظمی بیشینه به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر بی‌نظمی متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه پرداخته می‌شود (Phillips et al., 2006, Elith et al., 2010). مدل سازی با ۱۰۰۰

⁹ Iteration



شکل ۱- الگوی پراکنش جغرافیایی نقاط حضور گونه‌های مورد مطالعه

درجات جغرافیایی (حدود ۱ کیلومتر) استخراج شد. این بانک داده دربرگیرنده نوزده پارامتر اقلیمی شامل مقادیر سالانه، فصلی و ماهانه دو پارامتر درجه حرارت و بارش است که به‌طور کلی همبستگی قوی دارند. وجود همبستگی قوی میان متغیرهای محیطی در مدل‌سازی و پیش‌بینی پراکنش موجب بروز مسائلی مانند برآورد نادرست می‌شود و از سوی دیگر تعداد زیاد متغیر، به پیچیده‌تر شدن مدل خروجی می‌انجامد (Franklin, 2010) که تفسیر نتایج را مشکل‌تر می‌کند (and Guisan, 2000). به همین منظور با استفاده از تحلیل Principal Component در محیط ArcGIS همبستگی دوتایی میان متغیرها براساس روش پیرسون محاسبه شد و متغیرهای دارای همبستگی بیشتر از ۰/۷۵ (Franklin, 2010) ادامه تحلیل حذف شدند. در نهایت، شش متغیر میانگین

(Yousefi *et al.*, 2015; Heshmati *et al.*, 2019). مدل‌های پیش‌بینی برای اقلیم آینده براساس چهار سناریوی تغییر اقلیم یا RCP توسعه یافته‌اند. RCP سناریوهایی برای نشان دادن روند تغییرات غلظت آلاینده‌های مؤثر بر گرمایش جهانی هستند (Van Vuuren *et al.*, 2011) که در گزارش ارزیابی پنجم هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم در سال ۲۰۱۴ به تصویب رسیده است. بر این اساس، چهار سناریوی تغییر اقلیم برای مدل‌سازی و پژوهش در زمینه تغییر اقلیم براساس میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده ارائه شده‌اند که از خفیف تا شدید عبارت‌اند از RCP 2.6 (خفیف)، RCP 4.5 (متوسط)، RCP 6 (زیاد) و RCP 8.5 (شدید). در پژوهش حاضر، سناریو RCP 6 برای مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم استفاده شد. متغیرهای اقلیم آینده نیز از سایت WorldClim با اندازه سلول ۳۰ ثانیه از

براساس رویکرد «تجمیع مدل‌های توزیع گونه^{۱۳}» ارائه شده توسط D'Amen و همکاران (۲۰۱۵)، مناطق دارای بیشترین غنای گونه‌ای شناسایی شد. پس از شناسایی مناطق داغ تنوع گونه‌ای، کارایی شبکه حفاظت کنونی در پوشش این مناطق بررسی شد. بدین منظور جدیدترین نقشه سال ۱۳۹۸ شیپ فایل مناطق حفاظتی ایران شامل پارک‌های ملی، مناطق حفاظت شده، پناهگاه‌های حیات وحش و مناطق شکار ممنوع از سازمان حفاظت محیط زیست تهیه و در محیط ArcGIS با استفاده از تابع Tabulate Area هم‌پوشی هر یک از گونه‌ها و نقشه مناطق داغ تنوع زیستی آنها با شبکه مناطق حفاظتی ارزیابی شد. این عملیات برای نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها در اقلیم آینده نیز به انجام رسید. به این ترتیب کارایی شبکه کنونی مناطق حفاظتی در پوشش زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها در آینده بررسی و مناطق دچار خلأ حفاظتی که در آینده نیازمند توجه حفاظتی بیشتری هستند شناسایی شد.

۳. نتایج

مدل‌های پراکنش گونه‌های مورد بررسی برای اقلیم حاضر و سال ۲۰۵۰ میلادی تهیه شد و نقشه‌های حاصل در قالب رستری به نرم‌افزار ArcGIS انتقال یافت (شکل‌های ۳ و ۴). جدول ۲ عملکرد پیش‌بینی مدل بی‌نظمی بیشینه را برای هر یک از گونه‌ها نشان می‌دهد که با توجه به AUC بیشتر از ۰/۸، همه مدل‌ها از قابلیت پیش‌بینی مناسبی برخوردارند. کمترین AUC برای گونه‌های آهوی گواتردار و کل و بز و بیشترین AUC برای گونه‌های مرال و شوکا به دست آمد (جدول ۲). مقایسه پاسخ گونه‌ها به تغییرات متغیرهای اقلیمی نشان داد که گروه‌های

درجه حرارت سالانه (bio1)، درجه حرارت فصلی (bio4)، بیشترین درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال (bio5)، کل بارش سالانه (bio12)، کمترین بارش در خشک‌ترین ماه سال (bio4) و بارش فصلی (bio15) برای مدل‌سازی پراکنش گونه انتخاب شدند. پس از تهیه نقشه‌های مطلوبیت براساس دو مدل اقلیمی CCSM4 و MIROC5 برای هر یک از گونه‌ها نقشه مطلوبیت به دست آمده از دو مدل وارد نرم‌افزار ArcGIS شد و براساس تحلیل جبر نقشه‌ها از این دو نقشه میانگین‌گیری شده و نقشه مطلوبیت اقلیمی در سال ۲۰۵۰ در نظر گرفته شد. سپس برای هر گونه، نقشه مطلوبیت به دست آمده براساس حد آستانه بیشینه مقدار مجموع احتمال طبقه‌بندی درست نقاط حضور و احتمال طبقه‌بندی درست نقاط زمینه^{۱۰} به دو طبقه مطلوب/ نامطلوب کلاسه‌بندی شد. در مرحله بعد با روی هم‌گذاری نقشه‌های طبقه‌بندی شده مطلوبیت برای اقلیم حاضر و اقلیم آینده سلول‌هایی که هم‌اکنون مطلوبیت دارند، اما در آینده در طبقه نامطلوب قرار می‌گیرند به عنوان ازدست‌دهی مطلوبیت^{۱۱} و سلول‌هایی که در حال حاضر نامطلوب‌اند، اما در اقلیم آینده برای گونه دارای مطلوبیت خواهند شد به عنوان افزایش مطلوبیت^{۱۲} شناسایی شدند.

۲-۳. تحلیل گپ شبکه مناطق حفاظتی ایران

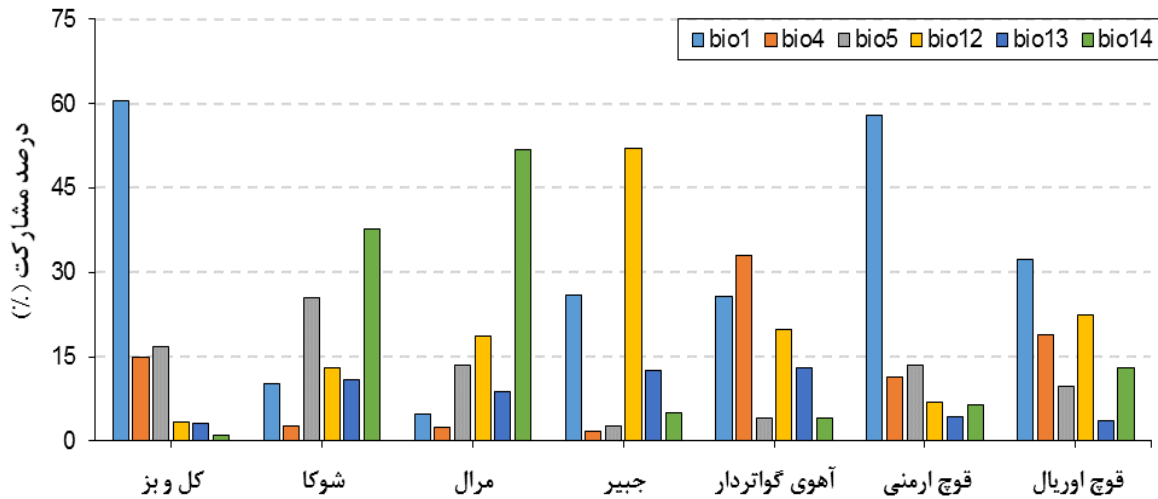
در پژوهش حاضر، تحلیل خلأ مناطق حفاظتی ایران با تکیه بر پنج گونه گاوسان و دو گونه گوزن به انجام رسید. بدین منظور پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی شده زیستگاه‌های مطلوب/ نامطلوب از مدل بی‌نظمی بیشینه، نقشه‌های مورد نظر، روی هم‌گذاری شده و

¹⁰ Maximum training sensitivity plus specificity

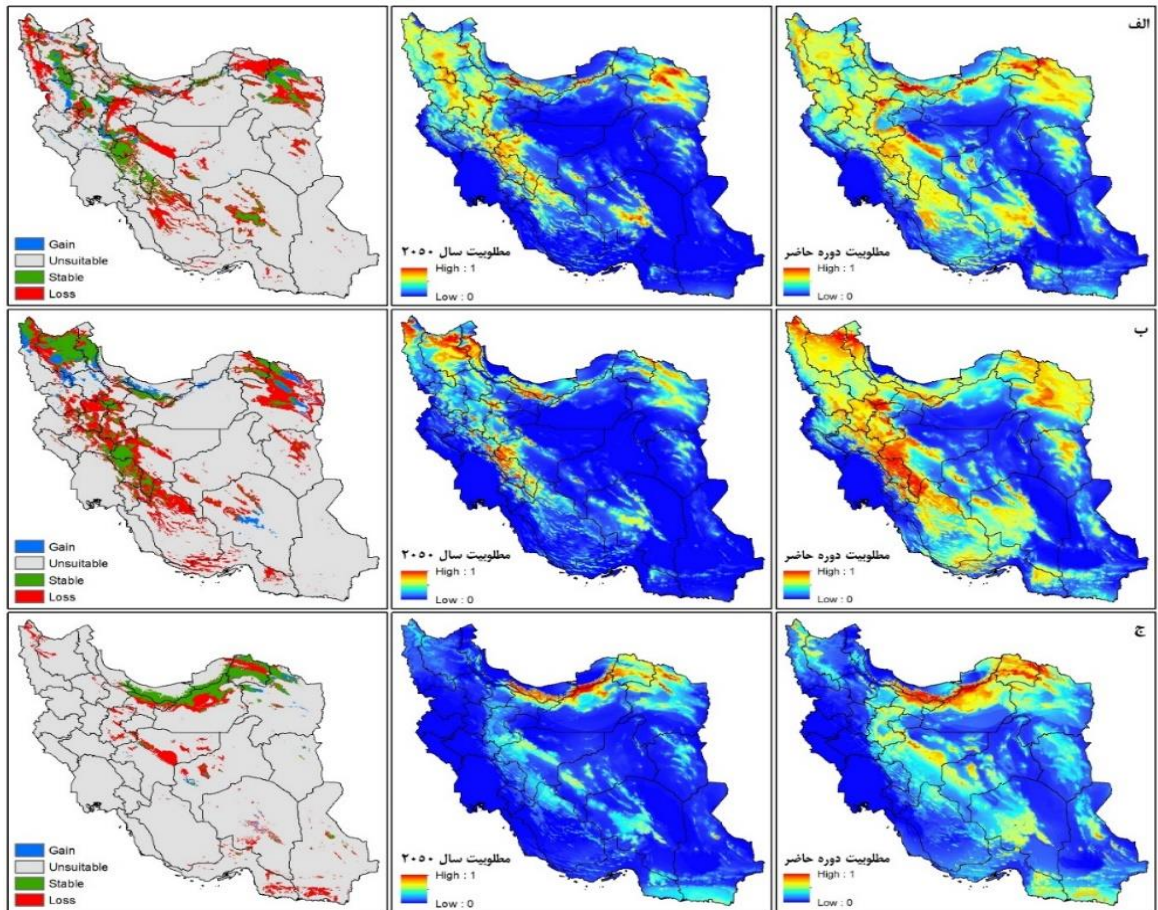
¹¹ Habitat loss

¹² Habitat gain

¹³ Stacked Species Distribution Models (SSDM)



شکل ۲- درصد مشارکت متغیرهای اقلیمی در مدل مطلوبیت زیستگاه هریک از گونه‌های مورد مطالعه



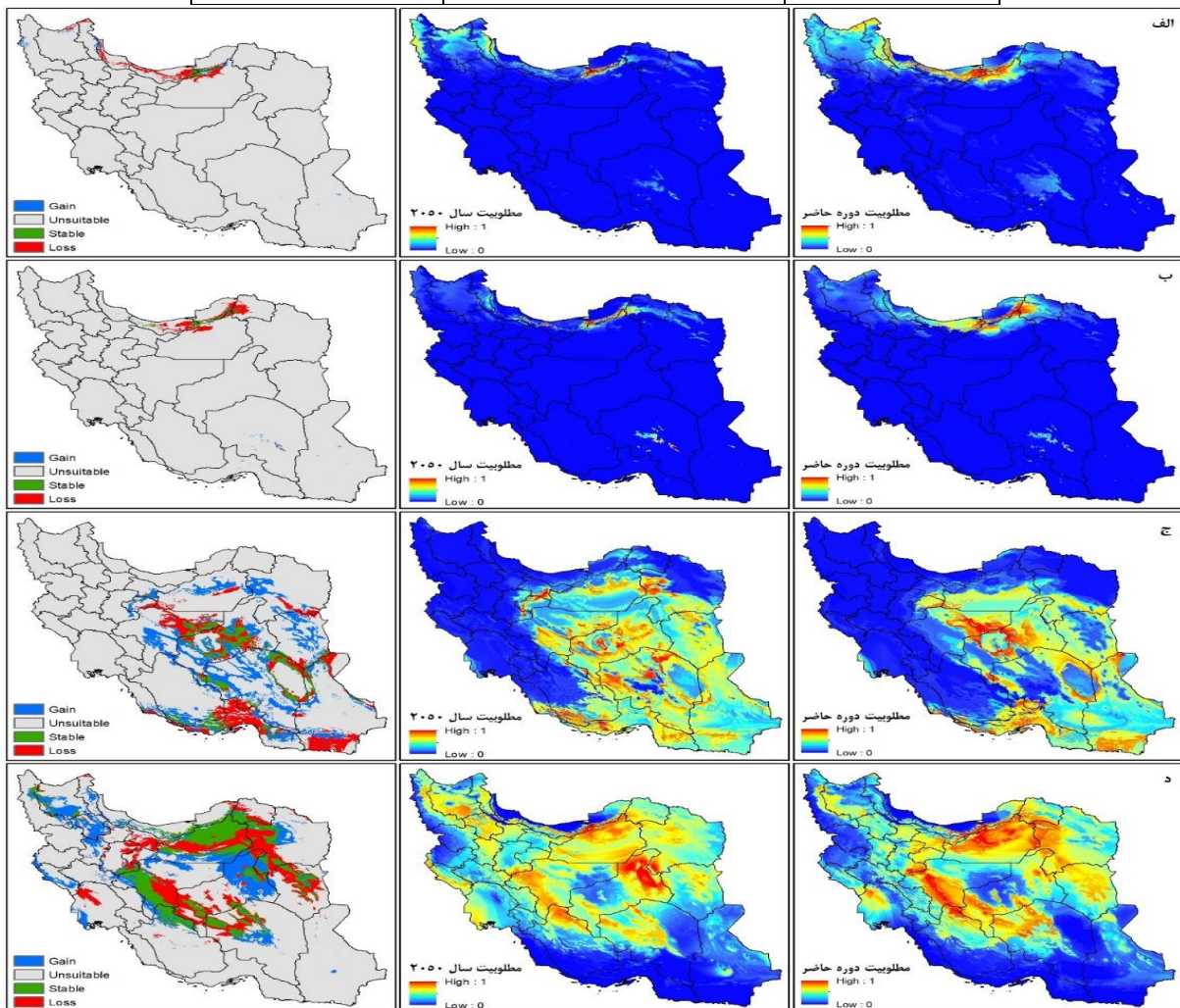
شکل ۳- مطلوبیت اقلیمی گونه‌های کل و بز (الف)، قوچ ارمنی (ب) و قوچ اوریال (ج) در دوره حاضر و سال ۲۰۵۰ براساس مدل بی‌نظمی پیشینه

قوچ رامنی و قوچ اوریال است (شکل ۲). این سه گونه به‌طور تقریبی پاسخ مشابهی به متغیرهای اقلیمی نشان دادند که دور از انتظار نیست. برای دو گونه مرال - شوکا، بارش در خشک‌ترین ماه سال، درجه

همبوم با توجه به الگوی جغرافیای زیستی به‌نسبت مشابه، مطابق انتظار، الگوی پاسخ مشابهی دارند. بر این اساس، میانگین درجه حرارت سالانه، مهم‌ترین شاخص اقلیمی مؤثر بر پراکنش گونه‌های کل و بز،

جدول ۲- مساحت سطح زیر نمودار (AUC) به دست آمده براساس مدل پراکنش گونه‌های مورد مطالعه به روش بی‌نظمی بیشینه

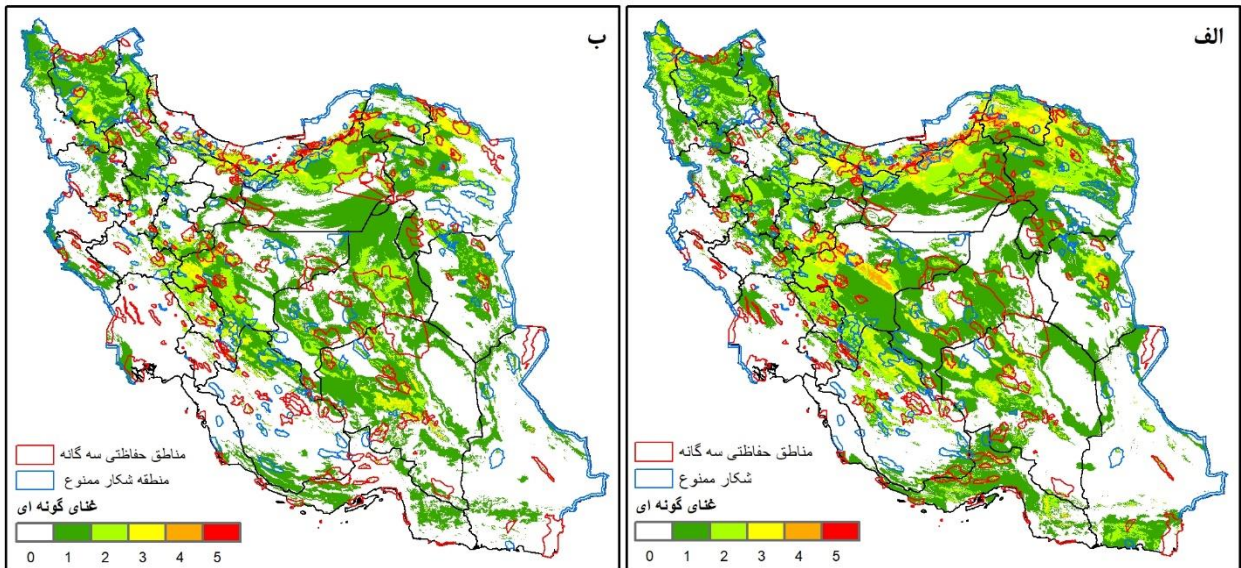
نام گونه	نام علمی	AUC
کل و بز	<i>Capra aegagrus</i>	۰/۸۴۷
شوکا	<i>Capreolus capreolus</i>	۰/۹۷۴
مرال	<i>Cervus elaphus</i>	۰/۹۸۴
جبیر	<i>Gazella bennettii</i>	۰/۹۰۶
آهوی گواتردار	<i>Gazella subgutturosa</i>	۰/۸۳۸
قوچ ارمنی	<i>Ovis gmelini</i>	۰/۸۵۲
قوچ اورپال	<i>Ovis vignei</i>	۰/۸۷۳



شکل ۴- مطلوبیت اقلیمی شوکا (الف)، مرال (ب)، جبیر (ج) و آهوی گواتردار (د) در دوره کنونی و سال ۲۰۵۰ براساس مدل بی‌نظمی بیشینه

حرارت سالانه و بارش سالانه و برای جبیر، کل بارش سالانه و میانگین درجه حرارت سالانه به ترتیب مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر کارآمدی شبکه است

حرارت در سردترین ماه سال و کل بارش سالانه، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر پراکنش است. برای آهوی گواتردار، درجه حرارت فصلی، میانگین درجه



شکل ۵- مناطق داغ تنوع زیستی گونه های مورد مطالعه و سطح پوشش حفاظتی موجود در حال حاضر (الف) و سال ۲۰۵۰ میلادی (ب)

جدول ۳- مساحت زیستگاه‌های مطلوب پیش‌بینی‌شده برای دوره حاضر و سال ۲۰۵۰ میلادی و میزان تغییرات مساحت

نام گونه	مساحت کنونی (km ²)	مساحت ۲۰۵۰ (km ²)	تغییر مساحت (%)
کل و بز	۳۲۵۹۶۲	۱۵۶۶۲۸	-۵۳
شوکا	۲۶۵۸۵	۱۰۶۳۱	-۶۱
مرال	۲۹۶۶۸	۹۰۹۶	-۷۰
جبیر	۲۴۵۲۲۷	۳۳۶۳۸۷	+۲۷
آهوی گواتردار	۴۴۳۲۲۳	۴۶۱۸۸۶	+۴
قوچ ارمنی	۳۷۲۳۵۴	۱۷۶۸۰۱	-۵۲
قوچ اوریال	۱۹۸۱۲۱	۱۰۰۸۶۸	-۴۹

جدول ۴- پوشش حفاظتی مناطق داغ تنوع زیستی (طبقه‌های ۴ و ۵) براساس متغیرهای اقلیمی حال حاضر و ۲۰۵۰ میلادی

حفاظت شکار ممنوع		حفاظت شده سه‌گانه		مساحت	
درصد	مساحت	درصد	مساحت		
۱۰/۱	۲۴۵۵	۱۲/۱	۲۸۲۸	۲۳۴۸۵	دوره حاضر
۱۰/۶	۱۲۵۶	۱۸/۲	۲۱۶۳	۱۱۸۷۷	آینده (۲۰۵۰)

صرفاً اقلیمی ارزیابی شد. از آنجا که گونه‌های خانواده گاوسانان و گوزن‌ها اغلب گونه حفاظتی و شکار برای معرفی مناطق حفاظتی به شمار می‌روند (Kolahi et al., 2012)، از نتایج پژوهش حاضر از طریق شناسایی زیستگاه‌های مطلوب می‌توان در شناخت مناطق دارای بیشترین اولویت حفاظتی و شناسایی گونه‌ها و عرصه‌های حساس به تغییرات اقلیمی استفاده کرد. به‌طور کلی تاکنون پژوهش‌های متعددی درباره بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش زیست‌مندان کشور صورت گرفته که هدف اغلب آنها بررسی روند تغییر محدوده‌های مطلوب اقلیمی بوده است (Yousefi et al., 2015; Taleshi et al., 2020; Malakoutikhah et al., 2019). در این زمینه، تحقیق Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۹) نمونه مشابهی از بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گاوسانان ایران است. Malakoutikhah و همکاران (۲۰۲۰) نیز آسیب‌پذیری کریدورهای ارتباطی و کارامدی مناطق حفاظت‌شده را در مواجهه با تغییرات اقلیمی برای سه گونه کل و بز، قوچ و میش و آهوی گواتردار در مناطق گرم و خشک مرکز ایران بررسی کرده‌اند. پژوهش حاضر از یک‌سو اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های مورد مطالعه در کل کشور را بررسی کرده و از دیگر سو، با شناسایی مناطق داغ تنوع زیستی این گونه‌ها و بررسی کارامدی شبکه حفاظتی کل کشور، از مطالعات مشابه متمایز است. براساس نتایج پژوهش‌های مشابه، به‌طور کلی اثر تغییر اقلیم بر محدوده پراکنش گونه‌ها اغلب به‌صورت تغییر دامنه توزیع^{۱۴} یا کاهش گستره‌های مطلوب^{۱۵} نمود می‌یابد (Parmesan, 2006, González-Orozco et al., 2016). در حالت تغییر دامنه توزیع گونه‌ها، به‌ویژه

(شکل ۲). نتایج پیش‌بینی مدل اقلیمی سال ۲۰۵۰ نشان داد که گستره مناطق مطلوب برای دو گونه جبیر و آهوی گواتردار افزایش خواهد یافت، اما برای گونه‌های دیگر تا سال ۲۰۵۰ میلادی از مساحت مناطق مطلوب تا حد چشمگیری کاسته خواهد شد (جدول ۳). بر این اساس، گونه‌های مرال و شوکا به‌ترتیب با ۷۰ و ۶۱ درصد کاهش گستره مناطق مطلوب در مناطق جنگلی مواجه خواهند شد. شکل ۵ مناطق داغ تنوع زیستی گونه‌های مورد مطالعه تهیه‌شده براساس روش SSDM برای دوره حاضر و سال ۲۰۵۰ را نشان می‌دهد. براساس اهداف پژوهشی دو طبقه ۴ و ۵ که به‌ترتیب نشان‌دهنده هم‌زیستگاهی ۴ و ۵ گونه مورد مطالعه است، مناطق داغ غنای گونه‌های آنها در نظر گرفته شد. بر این اساس، مناطق داغ تنوع زیستی گونه‌های مورد مطالعه در دوره حاضر در استان‌های گرگان، خراسان شمالی، سمنان و مازندران دیده می‌شود. به‌عبارت دیگر، احتمال هم‌زیستگاهی برای همه گونه‌ها پیش‌بینی نشد. مناطق مطلوب در سال ۲۰۵۰، در استان‌های خراسان شمالی، سمنان و مازندران تا حد زیادی از دست می‌رود و به استان گرگان محدود می‌شود. مقایسه کارایی نظام حفاظتی کشور در پوشش مناطق داغ تنوع زیستی (طبقات ۴ و ۵ غنای گونه‌ای) نشان داد که به‌ترتیب تنها ۱۲ و ۱۸ درصد از مناطق داغ در حال حاضر و تا سال ۲۰۵۰ تحت پوشش سیستم حفاظتی کشور خواهند بود (جدول ۴).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، اثر تغییر اقلیم بر تغییرات گستره پراکنش گونه‌های مورد مطالعه با تکیه بر متغیرهای

¹⁴ Range change

¹⁵ Range shrinkage

مواجه‌اند. زیاد بودن میزان ازدست‌دهی زیستگاه مرال و شوکا ناشی از تغییرات اقلیمی از یک‌سو نشان‌دهنده حساسیت زیاد جنگل‌های هیرکانی - زیستگاه مرال و شوکا- به تغییر شرایط اقلیمی است که Taleshi و همکاران (۲۰۱۹) نیز بر آن تأکید داشته‌اند. از سوی دیگر، این دو گونه دامنه‌آشیان بوم‌شناختی و گستره پراکنش بسیار محدودی در ایران دارند و با تغییرات اقلیم و کاهش مطلوبیت اقلیمی در آینده، عرصه‌های بیشتری را از دست خواهند داد که این وضعیت، خطر انقراض محلی این گونه‌ها را در ایران افزایش می‌دهد. به‌طور کلی شدت تخصصی بودن رفتار انتخاب زیستگاه، جمعیت‌های منزوی، گستره وقوع محدود و روند کاهشی جمعیت، عوامل افزایش آسیب‌پذیری چنین گونه‌هایی به تغییر اقلیم هستند (Bellard *et al.*, 2012; Pearson *et al.*, 2014). افزون‌بر این، افزایش انزوا و لکه‌ای شدن زیستگاه‌های باقی‌مانده، قابلیت انتشار محدود، کاهش جریان ژنی بین جمعیت‌های جداافتاده و کم‌تعداد بودن جمعیت مؤثر^{۱۶} ناشی از کاهش جمعیت، از عوامل کاهش تنوع ژنتیکی درون جمعیت‌ها و در نهایت کاهش ظرفیت سازگاری گونه‌ها به روند تغییرات اقلیمی می‌شوند (Whitlock and Aitken, 2013). عوامل دیگری هم خطر انقراض گونه‌ها را تشدید می‌کنند، از جمله تهدیدهای تصادفی (مانند عوامل بیماری‌زا، آتش‌سوزی و گونه‌های مهاجم) که با اینکه وقوع کمی دارند، تبعات شدید و جبران‌ناپذیری خواهند داشت. این عوامل با افزایش تغییرات اقلیمی هم‌افزایی خواهند داشت و خطر انقراض گونه‌ها را به‌شدت افزایش خواهند داد (Parmesan, 2006). ازدست‌دهی زیستگاه‌های مطلوب گونه‌های گاوسان

آنهایی که گستره پراکنش وسیعی دارند، اغلب به‌صورت جابه‌جایی در دامنه پراکنش خود در عرض‌های جغرافیایی به سمت شمال یا جنوب جغرافیایی واکنش نشان می‌دهند (Garcia *et al.*, 2014). درحالی که برای گونه‌های با دامنه پراکنش محدود، مانند گونه‌های ساکن در مناطق کوهستانی، واکنش اغلب به‌صورت کاهش محدوده‌های مطلوب در خلال زینه ارتفاعی به سمت مناطق مرتفع‌تر است (Yousefi *et al.*, 2015, Parmesan, 2006). پژوهش حاضر، نتایج بررسی اثر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که واکنش این گونه‌ها در مقابل تغییر اقلیم به هر دو حالت دیده می‌شود. درحالی که گونه‌های ساکن استپ‌های خشک بیابانی (آهو و جبیر) با تغییر اقلیم بر پراکنش خود می‌افزایند، دیگر گونه‌های ساکن در مناطق جنگلی (مرال و شوکا) و کوهستانی (کل و بز و قوچ و میش) محدوده مناطق مطلوب خود را از دست خواهند داد و گستره مناطق مطلوب آنها به سمت ارتفاعات بالاتر خواهد رفت. مقایسه میانگین ارتفاع لکه‌های زیستگاهی مطلوب در حال حاضر و آینده نشان داد که شوکا، مرال، کل و بز، قوچ ارمنی و قوچ اوریال به ترتیب شاهد ۳۸۵ متر، ۳۲۰ متر، ۲۷۶ متر، ۲۴۱ متر و ۲۱۰ متر تغییر به سمت ارتفاعات بالاتر خواهند بود؛ اگرچه گونه‌های مختلف واکنش متفاوتی به تغییر اقلیم نشان خواهند داد. بیشترین کاهش شرایط مطلوب اقلیمی برای دو گونه مرال و شوکا به میزان ۷۰ و ۶۱ درصد از دست دادن زیستگاه‌های کنونی در آینده دیده شد. این دو گونه در حال حاضر نیز با شرایط نامطلوب تخریب محدوده‌های جنگلی در اثر تغییر کاربری اراضی و برداشتهای بیش از حد از عرصه‌های جنگلی

¹⁶ Effective population size

بر متغیرهای اقلیمی به انجام رسید، درحالی که زیستگاه گونه شامل مؤلفه‌های محیطی دیگر همچون عوامل انسانی و پوشش اراضی است (Franklin, 2010). اما شبیه‌سازی چنین عواملی برای شرایط آینده در مقیاس وسیع امکان‌پذیر نبوده و اغلب چنین اطلاعاتی در دسترس نیست. در حقیقت این موضوع یکی از محدودیت‌های مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مدل‌سازی پراکنش گونه‌هاست (Garcia et al., 2014) و بدین ترتیب باید برآوردهای به‌دست‌آمده با احتیاط بیشتری لحاظ شود. همچنین به‌کارگیری مدل‌های GCM متفاوت و سناریوهای متعدد اقلیمی، در کاهش عدم قطعیت‌های مدل‌سازی مؤثر خواهد بود.

براساس عوامل اقلیمی، بخش‌هایی از مناطق مرکزی ایران، شرایط مناسبی برای حضور حداکثر پنج گونه از گاوسانان یادشده دارند. این مناطق اغلب در زیستگاه‌های کوهستانی نیمه‌بیابانی مرکزی ایران دیده می‌شوند. چنین مناطقی در حال حاضر می‌توانند تنوع زیادی از گونه‌ها را تأمین کنند، اما در شرایط تغییر اقلیم بسیاری از عرصه‌های مطلوب را از دست می‌دهند و با کاهش غنای گونه‌ای مواجه می‌شوند. به‌طوری که براساس نتایج پژوهش حاضر، مساحت مناطق داغ تنوع زیستی گونه‌های گونه‌های مورد مطالعه (طبقه‌های ۴ و ۵ غنای گونه‌ای) از ۲۳۰۰۰ کیلومترمربع در حال حاضر به تنها ۱۱۰۰۰ کیلومترمربع تا سال ۲۰۵۰ میلادی خواهد رسید که بیانگر ۵۲ درصد کاهش مساحت است. بررسی همپوشانی مناطق داغ تنوع زیستی با شبکه حفاظتی ایران نیز نشان می‌دهد که سیستم‌های حفاظتی موجود، کارایی خوبی در حمایت از گستره‌های مطلوب برای گونه‌های مختلف مورد مطالعه ندارند.

در پژوهش‌های مشابه نیز به اثبات رسیده است، برای مثال نتایج پژوهش Malakoutikhah و همکاران (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که کل و بز، قوچ و میش و آهوی گواتردار تا سال ۲۰۷۰ میلادی به‌ترتیب ۷۶، ۶۹ و ۵۵ درصد از زیستگاه‌های مطلوب خود در مناطق گرم و خشک مرکز ایران را از دست خواهند داد. از سوی دیگر، دستیابی به عرصه‌های مطلوب در دسترس برای گونه در مواجهه با تغییر شرایط زیستگاهی (مانند تغییرات اقلیمی) به قابلیت انتشار گونه و حصول شرایط زیستگاهی مناسب برای جابه‌جایی در محدوده‌های پراکنش وابسته است. در مورد گونه‌های گونه‌های مورد مطالعه، افزایش توسعه انسانی و تغییرات کاربری اراضی تهدیدهای جدی برای پیوستگی و ارتباط جمعیتی این گونه‌ها پدید آورده‌اند (Khosravi et al., 2018). در نهایت، در صورتی که گونه‌ها نتوانند پویایی پراکنش خود را با تغییر شرایط محیطی مانند تغییر اقلیم تطبیق دهند، طرح‌ریزی اقدامات مدیریتی و حفاظتی مانند شناسایی و حفاظت کریدورهای ارتباطی بین جمعیتی ضرورت خواهد داشت (Cushman et al., 2013). افزون بر این، با توجه به کاهش شدید شرایط زیستگاهی مناسب، اقدامات مدیریتی متمرکز و نابرجا^{۱۷} مانند برنامه‌های تکثیر در اسارت، معرفی مجدد یا معرفی به زیستگاه‌های جدید، راهبرد حفاظتی کارامدی برای احیای جمعیت‌های کاهش‌یافته یا از دست‌رفته به‌ویژه در مناطق جنگلی هیرکانی خواهد بود که حساسیت زیادی به تغییرات اقلیمی دارند (Taleshi et al., 2019). از سوی دیگر شایان ذکر است که در پژوهش حاضر، مقایسه مطلوبیت زیستگاهی حال و آینده گونه‌ها تنها با تکیه

¹⁷ Ex situ

شبکه حفاظتی کشور به صورت هدفمند با کمترین هزینه‌های جاری، مهم‌ترین راهبرد به شمار می‌رود. افزون بر معرفی مناطق جدید، ارتقای سطح حفاظتی مناطقی مانند شکارممنوع به پارک‌های ملی یا پناهگاه‌های حیات وحش، از راهکارهای مدیریتی-حفاظتی مؤثر خواهد بود. بدین ترتیب نتایج پژوهش حاضر با شناسایی مناطق داغ تنوع زیستی و نیز شناسایی مهم‌ترین عرصه‌های نیازمند توجه حفاظتی بیشتر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی لحاظ شود.

References

Ahmadi, M., Farhadinia, M.S., Cushman, S.A., Hemami, M.R., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Macdonald, D.W., 2020. Species and space: a combined gap analysis to guide management planning of conservation areas. *Landscape Ecology* 35, 1505-1517.

Aitken, S.N., Whitlock, M.C., 2013. Assisted gene flow to facilitate local adaptation to climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 44, 367-388.

Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 365-377.

Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-Emonds, O.R., Sechrest, W., Purvis, A., 2005. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science* 309 (5738), 1239-1241.

Carroll, C., Noss, R.F., Paquet, P.C., 2001. Carnivores as focal species for conservation planning in the Rocky Mountain region. *Ecological Application* 11, 961-980.

Cushman, S.A., McRae, B., Adriaensen, F., Beier, P., Shirley, M., Zeller, K., 2013. Biological corridors and connectivity [Chapter 21]. *Key*

یکی از مهم‌ترین بندهای کنوانسیون تنوع زیستی افزایش حفاظت و اختصاص منابع و عرصه‌های بیشتر به شبکه‌های حفاظتی موجود است، به طوری که مقرر شده تا سال ۲۰۲۰، ۱۷ درصد از عرصه‌های خشکی به موضوع حفاظت اختصاص یابد. نتایج نشان می‌دهد که در حال حاضر، چیزی حدود ۱۵ درصد از عرصه‌های خشکی تحت حفاظت قرار گرفته‌اند (Visconti *et al.*, 2019).

نتایج تحلیل خلأ حفاظتی در پژوهش حاضر نیز نشان داد که شبکه حفاظت فعلی اگرچه مناسب است، ناکافی است و چه در شرایط فعلی و چه در آینده نیازمند بازنگری است. بنابراین افزایش مساحت

Topics in Conservation Biology 2. . D. Macdonald and K. Willis. Hoboken, NJ.; Wiley-Blackwell, pp: 384-404.

Darvishsefat, A.A., 2006. Atlas of Protected Areas of Iran. University of Tehran, Tehran (In persian)

Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araujo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, W.D., 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* 30, 609-628.

Elith, J., Kearney, M., Phillips, S., 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1,330-342.

Farhadinia, M.S.; Ahmadi, M., Sharbafi, E., Khosravi, S., Alinezhad, H., Macdonald, D.W., 2015. Leveraging trans-boundary conservation partnerships: persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. *Biological Conservation* 191, 770-778.

Fernandes, R.F., Vicente, J.R., Georges, D., Alves, P., Thuiller, W., Honrado, J.P., 2014. A novel downscaling approach to predict plant invasions and improve local conservation actions. *Biological Invasions* 16, 2577-2590.

- Fisher, D.O., Owens, I.P., 2004. The comparative method in conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 19(7), 391–398.
- Franklin J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press.
- Fritz, H., Loreau, M., Chamaillé-Jammes, S., Valeix, M., Clobert, J., 2011. A food web perspective on large herbivore community limitation. *Ecography*, 34(2), 196-202.
- Garcia, R.A., Cabeza, M., Rahbek, C., Araújo, M.B., 2014. Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. *Science* 344(6183).
- García- Valdés. R., Svenning, J.C., Zavala, M.A., Purves, D.W., Araujo, M.B., 2015. Evaluating the combined effects of climate and land- use change on tree species distributions. *Journal of Applied Ecology*, 52, 902-912.
- González-Orozco, C.E., Pollock, L.J., Thornhill, A.H., Mishler, B.D., Knerr, N., Laffan, S.W.; Miller, J.T., Rosauer, D.F., Faith, D.P., Nipperess, D.A., 2016. Phylogenetic approaches reveal biodiversity threats under climate change. *Nature Climate Change* 6: 110.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, pp: 147–186.
- Karami, M., Ghadirian, T., Faizolahi K., 2016. The Atlas of Mammals of Iran. Iran Department of the Environment, Tehran. 292 p. (In persian)
- Khosravi, R., Hemami, M.R., Malekian, M., Silva, T.L., Rezaei, H.R., Brito, J.C., 2018. Effect of landscape features on genetic structure of the goitered gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Central Iran. *Conservation Genetics* 19(2), 323-336.
- Kolahi, M., Sakai, T., Moriya, K., Makhdoum, M.F., 2012. Challenges to the future development of Iran's protected areas system. *Environmental Management* 50, 750-765.
- Malakoutikhah, S., Fakheran, S., Hemami, M-R., Tarkesh, M., Senn, J., 2020. Assessing future distribution, suitability of corridors and efficiency of protected areas to conserve vulnerable ungulates under climate change. *Diversity and Distributions*. 26, 1383-1396.
- McMahon, S.M.; Harrison, S.P., Armbruster, W.S., Bartlein, P.J., Beale, C.M., Edwards, M.E. and Prentice, I.C. 2011. Improving assessment and modelling of climate change impacts on global terrestrial biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 26, pp: 249-259.
- Michel, S., Ghoddousi, A., 2020. *Ovis gmelini*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020:e.T54940218A22147055. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20202.RLTS.T54940218A22147055.en>.
- Parmesan, C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37, 637-669.
- Pearson, R.G., Stanton, J.C., Shoemaker, K.T., Aiello-Lammens, M.E., Ersts, P.J., Horning, N., Fordham, D.A., Raxworthy, C.J., Ryu, H.Y., McNeese, J., 2014. Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change* 4, 217-221.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231-259.
- Rabinowitz, A. and Zeller, K.A. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, 143, pp: 939–945.
- Rezaei, H.R., Naderi, S., Chintauan-Marquier, I.C., Taberlet, P., Virk, A.T., Naghash, H.R., Rioux, D., Kaboli, M., Pompanon, F., 2010. Evolution and taxonomy of the wild species of the genus *Ovis* (Mammalia, Artiodactyla, Bovidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54, 315-326.
- Robillard, C. M., Coristine, L.E., Soares, R.N., Kerr, J.T., 2015. Facilitating climate-change-induced range shifts across continental land-use barriers. *Conservation Biology* 29, 1586-1595.
- Rödger, D., Lötters, S., 2009. Niche shift versus niche conservatism? Climatic characteristics of the

native and invasive ranges of the Mediterranean house gecko (*Hemidactylus turcicus*). *Global Ecology and Biogeography* 18, 674-687.

Sergio, F., Newton, I., Marchesi, L., Pedrini, P., 2006. Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *Journal of Applied Ecology* 43, 1049-1055.

Syfert, M.M., Joppa, L., Smith, M.J., Coomes, D.A., Bachman, S.P., Brummitt, N.A., 2014. Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments. *Biological Conservation* 177, 174-184.

Taleshi, H., Jalali, S.G., Alavi, S.J., Hosseini, S.M., Naimi, B., Zimmermann, N.E., 2019. Climate change impacts on the distribution and diversity of major tree species in the temperate forests of Northern Iran. *Regional Environmental Change* 19(8), 2711-2728.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Williams, S.E., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427(6970), 145.

Tingley, R., Vallinoto, M., Sequeira, F., Kearney, M.R., 2014. Realized niche shift during a global

biological invasion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 10233-10238.

Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.F., Masui, T., 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109(1-2), 5.

Visconti, P.; Butchart, S.H., Brooks, T.M., Langhammer, P.F., Marnewick, D., Vergara, S., Yanosky, A., Watson, J.E., 2019. Protected area targets post-2020. *Science* 364, 239-241.

Yousefi, M.; Ahmadi, M., Nourani, E., Behrooz, R., Rajabizadeh, M., Geniez, P., Kaboli, M., 2015. Upward Altitudinal Shifts in Habitat Suitability of Mountain Vipers since the Last Glacial Maximum. *PloS One* 10(9), e0138087.

Ziaie, H., 2011. A field guide to the mammals of Iran. Iran Wildlife Center, 432 pages (In Persian)

Zhang, C., Zhu, R., Sui, X., Chen, K., Li, B., Chen, Y., 2020. Ecological use of vertebrate surrogate species in ecosystem conservation. *Global Ecology and Conservation* 24, e01344.

Ziaie, H., 2008. A Field Guide to The Mammals of Iran. 1th Edition, Iran Wildlife Center, Tehran.