

## ارزیابی پتانسیل مناطق خشک و نیمه خشک در حفظ زیستگاه‌های مطلوب سم‌داران کوه‌زی تحت تاثیر تغییر اقلیم آینده:

مطالعه موردی قوچ وحشی (*Ovis sp.*) و بز وحشی (*Capra aegagrus*)

- شیما ملکوتی خواه\*: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- سیما فاخران: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- محمود رضا همای: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- جوزف سن: موسسه تحقیقات فدرال جنگل، برف و منظر، زوریخ، سوییس

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

### چکیده

تهدیدات انسانی در طول چندین دهه اخیر تأثیرات منفی زیادی بر جمعیت‌های سم‌داران ایران داشته است. این درحالی است که تغییر اقلیم نیز می‌تواند به واسطه تغییر شرایط زیستگاهی کنونی این گونه‌ها به‌طور مضاعف میزان آسیب‌پذیری آن‌ها را افزایش دهد. در این مطالعه، تاثیر تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های مطلوب دو سم‌دار آسیب‌پذیر قوچ وحشی (*Ovis sp.*) و بز وحشی (*Capra aegagrus*) و همچنین میزان جابه‌جایی پراکنش کنونی آن‌ها در امتداد گرادیان ارتفاع و عرض جغرافیایی در مناطق مرکزی ایران بررسی گردید. پیش‌بینی‌های آینده با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تجمعی و داده‌های اقلیمی تهیه شده توسط پنج مدل گردش عمومی جو براساس سناریو RCP ۸.۵ انجام گرفت. جابه‌جایی پراکنش گونه‌ها در واکنش به تغییر اقلیم نیز با محاسبه اختلاف میانگین ارتفاع و اختلاف فاصله جغرافیایی میان مراکز ثقل پراکنش کنونی و آینده کمی گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تغییر اقلیم آینده به‌ترتیب سبب کاهش بیش از ۶۸٪ و ۷۵٪ زیستگاه‌های مطلوب قوچ وحشی و بز وحشی خواهد شد که بیش‌تر زیستگاه‌های واقع در مناطق کم ارتفاع بخش جنوب (خراسان جنوبی، یزد و فارس) و مرکز (شرق اصفهان) منطقه مطالعه را شامل می‌شود. در نتیجه تغییر اقلیم هم‌چنین بخش اندکی از زیستگاه‌های نامطلوب کنونی برای دو گونه در آینده مطلوب خواهد شد که طبق پیش‌بینی‌ها گسترش آن‌ها محدود به شمال منطقه (استان سمنان) می‌باشد. نتایج ارزیابی‌ها هم‌چنین نشان داد که پراکنش کنونی قوچ وحشی و بز وحشی به‌ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۶۷ متر در امتداد گرادیان ارتفاع و ۱۲۴ و ۱۶۷ کیلومتر در امتداد عرض جغرافیایی جابه‌جا خواهد شد.

**کلمات کلیدی:** سم‌داران آسیب‌پذیر، تغییر اقلیم، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، ناهمگنی ارتفاعی، عرض جغرافیایی، مناطق حفاظت شده



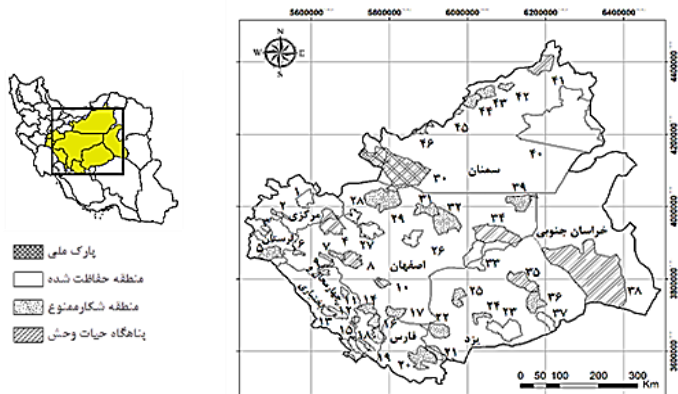
## مقدمه

در حال حاضر، تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از جدی‌ترین تهدیدات متوجه بقا و پویایی گونه‌ها و بوم‌سازگان‌ها شناخته شده است (IPCC, 2013). از جمله مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم تأثیر آن بر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها است که در نتیجه آن پیش‌بینی می‌شود بسیاری از گونه‌ها پراکنش کنونی خود را به سمت ارتفاعات و عرض‌های بالاتر جابه‌جا نمایند (Chen و همکاران، 2011). تغییرات رخ داده در پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در زمان حاضر نیز برای بسیاری از گونه‌ها مشاهده شده است. در این ارتباط، Chen و همکاران (2011) در مطالعه خود نشان دادند که از بین 329 گونه مورد بررسی در بازه سال‌های 1970 تا 2000، پراکنش حدود 84٪ به سمت زیستگاه‌های مجاور در واکنش به تغییر اقلیم تغییر یافته است. طبق برآوردهای انجام گرفته، مقدار این جابه‌جایی‌ها به‌ازای هر دهه به‌طور متوسط به‌ترتیب به‌اندازه 11 متر و 17 کیلومتر به سمت نواحی مرتفع‌تر و عرض‌های بالاتر بوده است (Chen و همکاران، 2011). تأثیرات منفی تغییر اقلیم بر پستانداران بزرگ‌جثه از جمله سم‌داران بسیار حائز اهمیت است، چراکه آن‌ها توانایی پایینی برای تغییر دمای بدن هم‌زمان با تغییر دمای محیط پیرامونی دارند (Fuller و همکاران، 2016). پستانداران بزرگ‌جثه به‌واسطه اندازه جثه خود به شکلی غیرقابل اجتناب در معرض شرایط اقلیمی محیط پیرامونی قرار داشته و در عین حال امکان استفاده از پناهگاه‌های اقلیمی خرد (مناطق واقع در زیرزمین و پوشش گیاهی) که به سهولت در دسترس پستانداران کوچک‌جثه‌تر است را ندارند (Cardillo و همکاران، 2005؛ Liow و همکاران، 2009). با این وجود، پستانداران بزرگ‌جثه از قدرت بالایی برای انتشار برخوردار بوده که به آن‌ها این توانایی را می‌دهد تا شرایط اقلیمی مطلوب خود را در طول زمان دنبال نموده و به زیستگاه‌های مطلوبی که برای پستانداران کوچک‌تر غیرقابل دسترس می‌باشد دسترسی پیدا کنند (Angert و همکاران، 2011؛ Scholls و همکاران، 2012). البته لازم به ذکر است که نیاز به جابه‌جا نمودن محدوده پراکنش در واکنش به تغییر اقلیم در بین پستانداران بزرگ‌جثه بسته به محدوده تحمل شرایط اقلیمی متفاوت است. در این مورد، پستانداران ساکن مناطق بیابانی و کوهستانی را می‌توان در دو انتهای این طیف در نظر گرفت. پستانداران ساکن مناطق خشک به‌واسطه سازگاری با شرایط زیستگاهی این مناطق احتمالاً از توانایی بیشتری برای تحمل شرایط نامساعد اقلیمی در آینده برخوردار می‌باشند. با این وجود، به‌دلیل این‌که این گونه‌ها در نزدیکی محدوده بالای تحمل خود نسبت به پارامترهای اقلیمی زندگی می‌کنند (Somero و همکاران، 2010)، در صورتی که تغییرات رخ داده در شرایط اقلیمی از محدوده تحمل فیزیولوژیک تجاوز نموده به‌نحوی که بقا آن‌ها به خطر بیافتد

تغییر در محدوده پراکنش محتمل خواهد بود (Moses و همکاران، 2012). نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs = species distribution models) نشان داده است که تغییر اقلیم به‌طور ویژه‌ای گونه‌های ساکن نواحی مرتفع و کوهستانی را تهدید می‌کند (Brambilla و همکاران، 2016). دلیل آسیب‌پذیری بالای این گونه‌ها نیز سازگاری‌های ویژه و محدوده تحمل باریک آن‌ها نسبت به شرایط اقلیمی حاکم بر این مناطق است (Jetz و La Sorte، 2010). با توجه به این سازگاری‌های محدود، این امکان وجود دارد که با تغییر شرایط اقلیمی پستانداران ساکن این مناطق سریع‌تر خارج از محدوده تحمل فیزیولوژیک خود قرار گرفته و پراکنش آن‌ها بیش‌تر تحت تأثیرات منفی تغییر اقلیم قرار بگیرد. دلیل دیگری که سبب افزایش آسیب‌پذیری پستانداران ساکن مناطق کوهستانی به تغییر اقلیم است پراکنش لکه‌ای و محدود آن‌ها می‌باشد که به‌واسطه آن تغییر اقلیم می‌تواند بر فراوانی جمعیت آن‌ها تأثیر منفی داشته باشد (Tamburello و همکاران، 2015). برای این گونه‌ها، زیستگاه‌های مطلوب در آینده تنها در ارتفاعات بالاتر در دسترس خواهد بود که به‌دلیل تأثیر توپوگرافی مناطق کوهستانی ممکن است وسعت کم‌تری در مقایسه با زیستگاه‌های کنونی داشته و در نتیجه توانایی حمایت از جمعیت‌های اولیه را نداشته باشند. مطالعات انجام گرفته در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش سم‌داران ساکن مناطق مرتفع در دنیا تأثیر منفی تغییر اقلیم بر پراکنش کنونی آن‌ها در آینده را پیش‌بینی نموده‌اند از جمله کاهش وسعت زیستگاه‌های مطلوب آنتی لوپ تبتی (*Pantholopshodgsonii*)، غزال تبتی (*Procapra picticaudata*) (Luo و همکاران، 2015)، قوچ وحشی مارکوپولو (*Ovis ammon polii*) (Salsa و همکاران، 2018) و گوزن هیمالیایی (*Moschus chrysogaster*) (Lamsal و همکاران، 2018). در مورد برخی سم‌داران، تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش کنونی آن‌ها در طول دهه‌های اخیر نیز مشاهده شده است. برای مثال، Buntgen و همکاران (2017) در مطالعه خود نشان دادند که تغییرات رخ داده در محدوده پراکنش سم‌داران ساکن آلپ در طول 22 سال گذشته با تغییرات مکانی رخ داده در شرایط اقلیمی هماهنگی دارد (Buntgen و همکاران، 2017). در مطالعه‌ای دیگر، Epps و همکاران (2004) نشان دادند که تغییر اقلیم در طول دهه‌های اخیر سبب کاهش بخشی از محدوده پراکنش جغرافیایی اولیه Bighorn sheep در مناطق بیابانی کالیفرنیا شده است در ایران، تاکنون مطالعات متعددی باهدف پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش گروه‌های مختلف جانوری و گیاهی انجام گرفته است (حیدریان‌آقاخانی و همکاران، 1396؛ Kafash و همکاران، 2015؛ Yousefi و همکاران، 2015) که در میان توجه کم‌تری به پستانداران سم‌دار می‌ذول گردیده است (رضوانی و همکاران، 1396). قوچ وحشی (*Ovis sp.*) و بز وحشی (*Capra aegagrus*)



برای جمعیت‌های دو گونه قوچ وحشی و بز وحشی در منطقه به‌شمار می‌آیند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعه در بخش مرکزی ایران به همراه استان‌ها و مناطق تحت حفاظت واقع در محدوده

**جمع‌آوری داده‌های حضوری:** پایش‌های میدانی به منظور جمع‌آوری داده‌های حضور دو گونه سم‌دار هدف در داخل و بخشی نیز در خارج از شبکه مناطق حفاظت‌شده در بازه زمانی دوساله (۹۵-۹۷) انجام گرفت. نقاط حضور گونه‌ها طی پایش‌های میدانی از طریق مشاهده مستقیم افراد و گله‌ها در زیستگاه و نمایه‌های به‌جامانده (سرگین و ردپا) و بخشی نیز از طریق مشاهدات محیط‌بانان که پیش از این به ثبت رسیده بودند به‌دست آمدند. در مجموع تعداد ۵۹۳ و ۶۹۷ نقطه حضور به ترتیب برای بز وحشی و قوچ وحشی جمع‌آوری شد که به منظور افزایش کیفیت آن‌ها پیش از ورود به مرحله مدل‌سازی از نظر وجود تکرارهای کاذب و خودهم‌بستگی مکانی بررسی شدند. میزان خودهم‌بستگی نقاط حضور نشان‌دهنده درجه کپه‌ای بودن ساختار داده‌ها بوده و می‌تواند سبب کاهش صحت پیش‌بینی مدل‌های پراکنش گونه‌ای گردد (Segurado و همکاران، ۲۰۰۶). برای این منظور، میزان خودهم‌بستگی داده‌ها با استفاده از شاخص Moran's محاسبه و برای کاهش آن بخشی از نقاط حضور با در نظر گرفتن آستانه ۵ کیلومتری به عنوان حداقل فاصله میان نقاط حذف شدند (Khosravi و همکاران، ۲۰۱۶).

**متغیرهای توصیفی:** در این پژوهش، ابتدا ۲۷ متغیر اقلیمی، زیستگاهی (تیپ پوشش گیاهی و شاخص پوشش گیاهی SAVI (soil adjusted vegetation index)، توپوگرافی (شیب، ارتفاع، جهت و شاخص ناهمواری سیمای سرزمین (Vector of ruggedness measure) و انسانی (اراضی کشاورزی و نواحی شهری) با دقت مکانی یک کیلومتر در نظر گرفته شدند. برای متغیرهای گسسته اراضی کشاورزی، نواحی شهری و تیپ پوشش گیاهی، ابتدا طبقات مربوطه از نقشه کاربری/پوشش اراضی منطقه مطالعه (سازمان جنگل‌ها و مرتع کشور، ۱۳۹۳) استخراج

از جمله گونه‌های سم‌دار آسیب‌پذیر در کشور بوده که علی‌رغم محدوده پراکنش گسترده، بخش زیادی از زیستگاه‌های مطلوب آن‌ها در داخل محدوده پراکنش کنونی به دلیل کاربری‌های اراضی و سایر توسعه‌های انسانی نابود شده است (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵؛ Bashari و Hemami، ۲۰۱۳). این در حالی است که باتوجه به موقعیت ایران و قرارگیری بخش بیش‌تر وسعت آن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، تغییر اقلیم نیز به واسطه تشدید شرایط اقلیمی و تغییر شرایط زیستگاهی می‌تواند تهدید جدی دیگری برای این گونه‌ها در کشور باشد. هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی کمی تاثیر تغییر اقلیم آینده بر پراکنش قوچ وحشی و بز وحشی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مرکزی می‌باشد. علاوه بر مقایسه وسعت زیستگاه‌های مطلوب در دسترس این دو گونه بین زمان حال و تحت شرایط اقلیمی آینده، جابه‌جایی محدوده پراکنش دو گونه در امتداد گرادیان ارتفاعی و عرض‌های جغرافیایی در واکنش به تغییر اقلیم آینده در بخش مرکزی ایران نیز بررسی گردید. این ارزیابی هم‌چنین برای شبکه مناطق حفاظت‌شده نیز انجام گرفته و مناطقی که کارایی آن‌ها در آینده کاهش یافته و حفظ خواهد شد نیز شناسایی گردیدند.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مطالعه:** در این پژوهش، مدل‌سازی پراکنش حال و آینده گونه‌های هدف در گستره‌ای به وسعت ۵۴۶۶۳۶ کیلومتر مربع در محدوده استان‌های اصفهان، سمنان، مرکزی، لرستان، چهارمحال و بختیاری، فارس، یزد و خراسان جنوبی در بخش مرکزی ایران انجام گرفت. براساس آمارهای به‌دست آمده در یک دوره ۶۶ ساله (۲۰۱۷-۱۹۵۱)، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار متوسط دمای سالیانه در منطقه به ترتیب به استان‌های چهارمحال و بختیاری و یزد با مقادیر ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین و بیش‌ترین متوسط بارش سالیانه نیز به ترتیب به استان‌های یزد و چهارمحال و بختیاری با مقادیر ۴۸/۷ و ۱۳۴۰/۵۵ میلی‌لیتر تعلق دارد. از نظر اقلیمی، بخش زیادی از وسعت منطقه مطالعه (حدود ۹۰ درصد) دارای اقلیم فراهشک، خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که استان‌های اصفهان (شرق و شمال‌شرق)، سمنان، یزد و خراسان جنوبی را دربر گرفته است. مابقی وسعت منطقه مطالعه توسط اقلیم مرطوب و مدیترانه‌ای احاطه شده است که به حاشیه غربی و جنوبی منطقه در استان‌های اصفهان (جنوب و غرب)، چهارمحال و بختیاری، استان لرستان (شرق و جنوب‌شرق) محدود است. از نظر توپوگرافی، نواحی دشتی و کم‌ارتفاع بیش‌ترین وسعت منطقه را دربر گرفته که در شرق، شمال‌شرق و جنوب‌شرق منطقه گسترش یافته‌اند. ارتفاعات منطقه شامل ارتفاعات ایزوله در مرکز و شرق و رشته کوه‌های بهم پیوسته زاگرس و کرکس در مناطق غرب و جنوب است که بهترین نواحی زیستگاهی

تجمعی نیازمند داده‌های عدم حضور می‌باشد و با توجه به وسعت منطقه مطالعه، تعداد ۵۰۰۰ نقطه تصادفی از کل منطقه انتخاب و به‌عنوان نقاط عدم حضور غیرواقعی به مدل وارد شدند. از کل داده‌های حضور، ۷۵ درصد برای یافتن رابطه میان متغیرها و پراکنش هر گونه و مابقی برای ارزیابی عملکرد در انجام پیش‌بینی استفاده شدند. ارزیابی عملکرد هر یک از مدل‌ها نیز با استفاده از دو شاخص مستقل از آستانه AUC (Area under the curve) و TSS (True skill statistics) انجام گرفت. در مورد آینده، به‌منظور کاهش عدم قطعیت موجود در پیش‌بینی‌ها، از داده‌های اقلیمی ۵ مدل گردش عمومی GFDL-CM3، CCSM4، MIROC5، GISS-E2-R و Had GEM-AO استفاده شد. پیش‌بینی پراکنش گونه‌های هدف تحت تاثیر تغییر اقلیم در سال ۲۰۷۰ و براساس سناریوی ۸٫۵ RCP (Representative concentration pathway) که نشان‌دهنده بیش‌ترین میزان افزایش دما (۶/۷-۲/۴ درجه سانتی‌گراد) (IPCC، ۲۰۱۳) و حداکثر تاثیر تغییر اقلیم است انجام شد. برای هر گونه، پنج مدل پراکنش برای زمان حال و پنج مدل پراکنش برای سال ۲۰۷۰ تهیه گردید که میانگین آن‌ها محاسبه و به‌عنوان مدل پراکنش نهایی در زمان حاضر و آینده در نظر گرفته شدند. درگام بعد، براساس حداقل مطلوبیت در نقاط حضور به‌عنوان آستانه، نقشه‌های پراکنش کنونی و آینده به نقشه‌های گسسته حضور/عدم حضور تبدیل و سه طبقه زیستگاهی شامل: زیستگاه‌های کاهش یافته، زیستگاه‌های با مطلوبیت ثابت و زیستگاه‌های جدید تحت تاثیر اقلیم آینده شناسایی شدند. علاوه بر پیش‌بینی تاثیر تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه‌های کنونی گونه‌های هدف، جابه‌جایی احتمالی محدوده پراکنش کنونی آن‌ها در امتداد گرادیان ارتفاعی و عرض جغرافیایی در واکنش به تغییر اقلیم نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. برای جابه‌جایی ارتفاعی، میانگین ارتفاع محدوده پراکنش کنونی و آینده هر گونه به‌دست آمده و اختلاف میان آن‌ها محاسبه گردید. برای مورد دوم، ابتدا مرکز ثقل محدوده پراکنش کنونی و آینده هر گونه تعیین گردید و سپس فاصله جغرافیایی میان دو مرکز ثقل به‌عنوان معیاری از میزان جابه‌جایی محدوده پراکنش کنونی در امتداد عرض جغرافیایی در نظر گرفته شد.

## نتایج

**عملکرد مدل‌ها و متغیرهای توصیفی مهم:** مقادیر محاسبه شده دو شاخص AUC و TSS برای تمامی مدل‌ها به‌ترتیب بالاتر از ۰/۸ و ۰/۶ به‌دست آمد که بیانگر عملکرد عالی و خوب آن‌ها در پیش‌بینی پراکنش هر دو گونه می‌باشد. در میان الگوریتم‌های مدل‌سازی، بالاترین عملکرد را مدل‌های RF (AUC=۰/۹۹) و MaxEnt (TSS = ۰/۹۴) برای قوچ وحشی و مدل‌های RF (AUC=۰/۹۹)، GBM (TSS = ۰/۹۵) و MaxEnt (TSS = ۰/۹۵) برای بز وحشی نشان دادند. با توجه

و با محاسبه تراکم هر یک از طبقات مذکور در کل منطقه، لایه‌های رستری مربوطه با دقت یک کیلومتر تهیه شدند. از میان تمامی طبقات تیپ‌های گیاهی، طبقات مهم براساس توزیع نقاط حضور هر گونه در هر تیپ و نظر کارشناس انتخاب و لایه رستری مربوطه تهیه گردید. برای تهیه شاخص SAVI، از ۲۳ تصویر برداشت شده توسط سنجنده مودیس با دقت مکانی ۲۵۰ متر در سال ۲۰۱۷ استفاده شد. دو باند قرمز و مادون قرمز از هر تصویر استخراج و براساس فرمول ارائه شده توسط Huete (۱۹۸۸)، ۲۳ شاخص SAVI محاسبه گردید (Huete، ۱۹۸۸). به‌منظور تهیه یک شاخص با بیش‌ترین میزان اطلاعات از بیومس منطقه، از آنالیز مولفه اصلی استفاده و اولین مولفه با بیش‌ترین میزان واریانس به‌عنوان شاخص نهایی پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. شیب، جهت و شاخص ناهمواری سرزمین با استفاده از اطلاعات مربوط به گرادیان ارتفاع در منطقه مطالعه تهیه شدند. شیب نشان‌دهنده اختلاف ارتفاع میان دو نقطه می‌باشد اما، اطلاعاتی در مورد میزان ناهمواری سطح در اختیار نمی‌گذارد. از این‌رو به‌منظور انعکاس بهتر خصوصیات توپوگرافی منطقه مطالعه، میزان ناهمواری توپوگرافی منطقه با استفاده از شاخص ناهمواری سیمای سرزمین کمی گردید. پس از آماده‌سازی و تهیه متغیرها، میزان هم‌بستگی میان آن‌ها با استفاده از یکج Caret در محیط نرم‌افزار R ارزیابی گردید. برای این منظور، شاخص spearman برای جفت متغیرها محاسبه و متغیرهای هم‌بسته براساس آستانه ۰/۸ شناسایی شدند. درگام بعد، تمامی متغیرهای هم‌بسته و غیرهم‌بسته وارد الگوریتم مدل‌سازی MaxEnt شده و مهم‌ترین آن‌ها از نظر مشارکت در پیش‌بینی حضور گونه‌ها براساس آزمون جک‌نایف شناسایی شدند. در این مرحله، در صورت وجود هم‌بستگی میان متغیرهای مهم، با در نظر گرفتن بوم‌شناسی گونه، شرایط منطقه مطالعه و نظر متخصص یک متغیر به‌عنوان متغیر نهایی به‌منظور پیش‌بینی پراکنش گونه در مرحله بعد انتخاب گردید. در نهایت، ۱۱ متغیر ارتفاع، شاخص ناهمواری سیمای سرزمین، تیپ پوشش گیاهی، شاخص SAVI، تراکم اراضی کشاورزی، تراکم نواحی شهری ساخت، میانگین دامنه تغییرات ماهیانه دما (bio2)، میانگین تغییرات سالانه دما (bio7)، متوسط دمای سه ماه مرطوب سال (bio8)، بارش فصلی (bio15) و بارش سه ماه مرطوب سال (bio16) به‌عنوان متغیرهای مهم برای هر دو گونه انتخاب شدند.

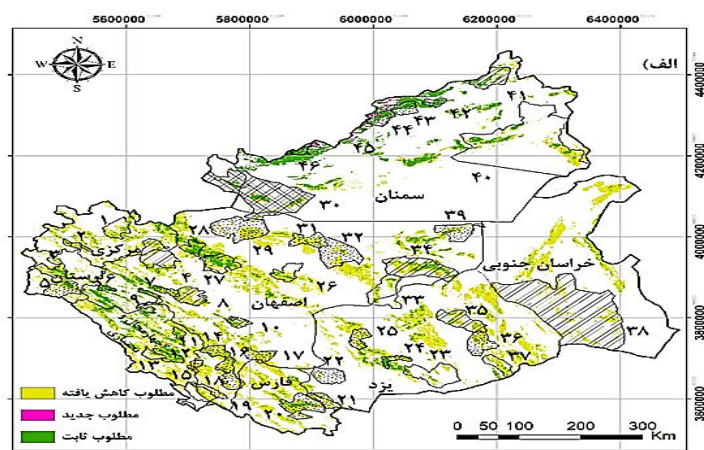
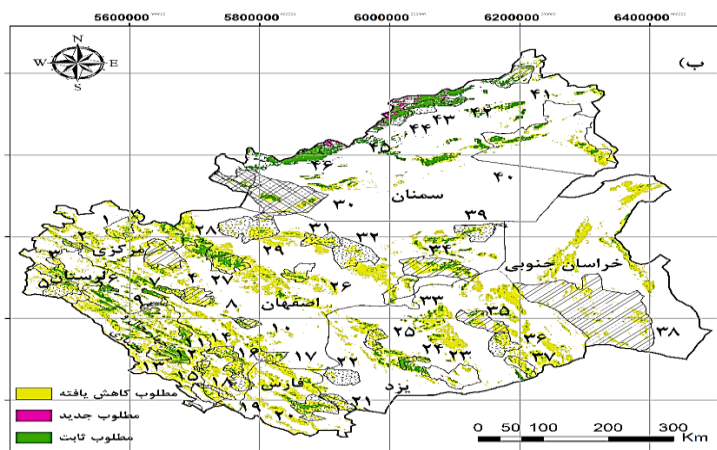
**مدل‌سازی پراکنش کنونی و آینده:** پیش‌بینی پراکنش دو گونه هدف در این مطالعه براساس رویکرد مدل‌سازی تجمعی (Ensemble modelling) و با استفاده از پنج الگوریتم مدل‌سازی (Generalized Linear Model (GLM)، (Generalized boosted regression model) GBM، (linear model)، (Random forest) RF، (Multiadaptive regression splines) MARS، و MaxEnt و با استفاده از بسته مدل‌سازی BIOMOD2 (Thuiller) و همکاران، ۲۰۰۹) در محیط نرم‌افزار R انجام گرفت. از آنجایی که رویکرد



۲۴/۱٪ در سال ۲۰۷۰) خواهد بود. در داخل شبکه مناطق تحت حفاظت نیز از بین مناطقی که به احتمال زیاد کارایی خود را در آینده از دست خواهند داد می‌توان به منطقه حفاظت شده بافق (شماره ۳۷)، پناهگاه حیات وحش دره انجیر (شماره ۳۵)، منطقه حفاظت شده کالمند بهادران (شماره ۲۳)، پناهگاه حیات وحش نایبندان (شماره ۳۸)، منطقه شکار ممنوع کوه بزرگی (شماره ۳۲)، منطقه شکارممنوع دشتک (شماره ۱۴) و منطقه شکارممنوع زرچشمه (شماره ۱۶) (کاهش ۱۰۰-۷۰ درصدی زیستگاه‌های مطلوب) اشاره نمود. طبق پیش‌بینی‌ها، تنها حدود ۳۱٪ و ۲۴٪ درصد از زیستگاه‌های کنونی قوچ وحشی و بز وحشی مطلوبیت خود را تحت تاثیر تغییر اقلیم حفظ خواهند نمود که بیش‌تر زیستگاه‌های واقع در مناطق مرتفع و مناطق شمالی را شامل می‌شوند. در داخل شبکه مناطق حفاظت شده، مناطق واقع در استان سمنان (شماره ۴۶-۴۱)، پناهگاه حیات وحش عباس‌آباد (شماره ۳۴)، منطقه حفاظت شده قمصر (شماره ۲۸)، پناهگاه حیات وحش موته (شماره ۴)، منطقه حفاظت شده کرکس (شماره ۲۷)، پارک ملی کویر (شماره ۳۰)، منطقه حفاظت شده هفتاد قله (شماره ۱) و منطقه شکارممنوع پلنگالون (شماره ۷) از جمله مهم‌ترین مناطقی بوده که هم‌چنان بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب قوچ وحشی را تا سال ۲۰۷۰ حفظ خواهند نمود. برای بز وحشی نیز مناطق واقع در استان سمنان (شماره ۴۱-۵۶)، پارک ملی کویر (شماره ۳۰)، منطقه حفاظت شده سبزکوه (شماره ۱۲)، منطقه حفاظت شده دالانکوه (شماره ۹)، منطقه حفاظت شده قمصر (شماره ۲۸)، منطقه حفاظت شده کرکس (شماره ۲۷)، منطقه حفاظت شده اشترانکوه (شماره ۵) و پناهگاه حیات وحش عباس‌آباد (شماره ۳۴) در زمره مناطقی هستند که هم‌چنان پتانسیل حفاظت از جمعیت‌های بز وحشی در آینده را خواهند داشت.

به‌استفاده از رویکرد تجمعی، برای هر متغیر توصیفی پنج وزن (به‌ازای هر مدل پراکنش گونه‌ای) که نشان‌دهنده اهمیت متغیر در پیش‌بینی پراکنش قوچ وحشی و بز وحشی بوده به‌دست آمد که میانگین آن‌ها محاسبه و به‌عنوان اهمیت نهایی هر متغیر در تعیین پراکنش هر یک از آن‌ها در نظر گرفته شد. براین اساس و برای هر دو گونه، پنج متغیر شاخص ناهمواری سیمای سرزمین، ارتفاع، بارش سه ماه مرطوب سال، میانگین دامنه تغییرات ماهیانه دما و بارش فصلی بالاترین میزان مشارکت را در تعیین پراکنش قوچ وحشی و بز وحشی در منطقه مطالعه نشان دادند.

**پراکنش کنونی و آینده گونه‌های هدف:** همان‌طور که خروجی مدل‌های ensemble نشان می‌دهد (شکل ۲)، الگوی تقریباً مشابهی از پراکنش زیستگاه‌های مطلوب کنونی برای بز وحشی و قوچ وحشی در بخش ایران مرکزی پیش‌بینی شده است. مطلوب‌ترین نواحی زیستگاهی در سرتاسر منطقه در نواحی تپه ماهوری، ارتفاعات ایزوله در شرق، جنوب و مرکز و ارتفاعات پیوسته در شمال غرب، غرب و جنوب غرب مشاهده می‌شوند. تنها تفاوت مهم در پراکنش بز وحشی و قوچ وحشی در منتهی‌الیه نیمه غربی (از شمال تا جنوب) منطقه به چشم می‌خورد که به دلیل وجود ارتفاعات زاگرس مطلوبیت بالایی برای بز وحشی دارد. مقایسه گستره‌های زیستگاهی مطلوب گونه‌های هدف بین زمان حال و آینده نشان داد که تحت تاثیر تغییر اقلیم، قوچ وحشی و بز وحشی به ترتیب حدود ۶۸٪ و ۷۵٪ از زیستگاه‌های مطلوب کنونی خود را تا سال ۲۰۷۰ از دست خواهند داد که بیش‌ترین کاهش‌ها برای زیستگاه‌های جنوب و مرکز منطقه پیش‌بینی شده است. این تغییرات در داخل شبکه حفاظت شده نیز سبب کاهش کارایی کنونی مناطق حفاظت شده به میزان ۱۹٪ و ۶٪ به ترتیب برای قوچ وحشی (از ۲۹٪/۲ کنونی به ۱۰۴٪/۱ در سال ۲۰۷۰) و بز وحشی (از ۳۰۶٪/۳ کنونی به



شکل ۲: مقایسه پراکنش زیستگاه‌های مطلوب بز وحشی (شکل چپ) و قوچ وحشی (شکل راست) در نتیجه تغییر اقلیم آینده و تحت سناریوی RCP ۸.۵ در بخش مرکزی ایران. زیستگاه‌هایی که در حال حاضر مطلوب بوده اما، در آینده نامطلوب خواهند شد با رنگ زرد، زیستگاه‌هایی که در حال حاضر نامطلوب‌اند اما، تحت تاثیر تغییر اقلیم مطلوب خواهند شد با رنگ صورتی و زیستگاه‌هایی که مطلوبیت آن‌ها تحت تاثیر تغییر اقلیم هم‌چنان حفظ خواهد شد با رنگ سبز مشخص شده‌اند.

و قوچ وحشی، مناطق گریزگاه بخش مهمی از زیستگاه‌ها آن‌ها را تشکیل می‌دهد چرا که به واسطه داشتن امنیت کافی، امکان فرار از دست دشمنان و استراحت جمعیت‌های آن‌ها را فراهم می‌نمایند (ماهینی، ۱۳۷۳). اهمیت این متغیر برای سم‌داران کوه‌زی در مطالعات مشابه دیگر نیز گزارش شده است (Sarhangzadeh و همکاران، ۲۰۱۲؛ Gross و همکاران، ۲۰۰۲). در مورد متغیر ارتفاع نیز اهمیت این متغیر در تعیین پراکنش سایر گونه‌های سم‌داران کوه‌زی در سایر مناطق دنیا نشان داده شده است (Aryal و همکاران، ۲۰۱۴). طبق نتایج این پژوهش، بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات رخ داده در محدوده پراکنش قوچ وحشی و بز وحشی برای طبقه زیستگاه‌های مطلوب کاهش یافته و زیستگاه‌های جدید پیش‌بینی شد که در کل نشان‌دهنده کاهش پراکنش کنونی آن‌ها تحت تاثیر تغییر اقلیم می‌باشد. این نتیجه با نتایج مطالعه Luo و همکاران (۲۰۱۵) که تاثیر تغییر اقلیم بر پراکنش سم‌داران در منطقه فلات تبت را پیش‌بینی نمودند هم‌خوانی دارد. نتایج برخی مطالعات نیز متفاوت با نتایج این مطالعه است به نحوی که تحت تاثیر تغییر اقلیم، وسعت زیستگاه‌های جدید پیش‌بینی شده در مقایسه با وسعت زیستگاه‌های کاهش یافته بیشتر بوده است. برای مثال، در مطالعه Salsa و همکاران (۲۰۱۸) که تاثیر تغییر اقلیم بر پراکنش قوچ وحشی مارکوپولو (*Ovis ammon polii*) را پیش‌بینی نمودند مشخص شد که وسعت زیستگاه‌های مطلوب جدید برای این سم‌دار کوه‌زی تا سال ۲۰۷۰ به میزان ۱۱۷٪ افزایش خواهد یافت در حالی که، حدود ۶۳٪ درصد از زیستگاه‌های مطلوب کنونی خود را در آینده از دست خواهد داد. در ایران، تنها مطالعه مرتبط انجام گرفته بر روی سم‌داران، مطالعه رضوانی و همکاران (۱۳۹۶) است که تاثیر تغییر اقلیم بر پراکنش قوچ وحشی (*Ovis orientalis*) در پناهگاه حیات وحش موته در استان اصفهان و منطقه حفاظت شده اراک را بررسی نموده است. طبق پیش‌بینی آن‌ها، تغییر اقلیم به ترتیب سبب افزایش و کاهش وسعت زیستگاه‌های مطلوب در منطقه حفاظت شده هفتاد قله و پناهگاه حیات وحش موته خواهد بود. در این مطالعه نیز هرچند کاهش کارایی منطقه موته در سال ۲۰۷۰ پیش‌بینی شد (کاهش حدود ۵۰ درصد زیستگاه‌های مطلوب کنونی) اما، هیچ‌گونه افزایشی در زیستگاه‌های مطلوب در منطقه هفتاد قله پیش‌بینی نگردید که این تفاوت می‌تواند به نوع رویکرد مدل‌سازی، متغیرها و مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده مربوط باشد. جابه‌جا شدن محدوده پراکنش گونه‌ها به سمت نواحی مرتفع‌تر و عرض‌های بالاتر رویکردی است که گونه‌ها را قادر می‌سازد تا نسبت به تغییر اقلیم سازگاری پیدا کنند (Chen و همکاران، ۲۰۱۱). در این مطالعه نیز هرچند پیش‌بینی‌های آینده نشان‌دهنده تغییرات ارتفاعی محدوده پراکنش کنونی قوچ وحشی و بز وحشی است اما، این تغییر به دلیل گسترش محدوده پراکنش آن‌ها به سمت ارتفاعات جدیدتر

برای هر دو گونه، طبقه زیستگاه‌های مطلوب جدید کم‌ترین وسعت را در مقایسه با دو طبقه دیگر داشته (افزایش به ترتیب ۰/۸ و ۱/۳ درصدی این طبقه زیستگاهی برای قوچ وحشی و بز وحشی) که گسترش آن‌ها تنها به شمال منطقه در محدوده استان سمنان محدود شده است. از کل وسعت این طبقه زیستگاهی، گسترش حدود ۷/۵٪ و ۲۱٪ درصد به ترتیب برای قوچ وحشی و بز وحشی در داخل شبکه حفاظت‌شده و در استان سمنان (شماره ۴۶-۴۱) می‌باشد. ارزیابی‌های انجام گرفته هم‌چنین نشان داد که در نتیجه تغییر اقلیم آینده محدوده کنونی پراکنش بز وحشی و قوچ وحشی به ترتیب به اندازه ۱۵۰ و ۲۷ متر در امتداد گرادیان ارتفاعی و ۱۶۷ و ۱۲۴ کیلومتر در امتداد عرض جغرافیایی در محدوده ایران مرکزی جابه‌جا خواهد شد.

## بحث

در حال حاضر، عوامل انسانی متعددی از جمله شکار بی‌رویه، نابودی زیستگاه و چرای دام جمعیت‌های سم‌داران ایران و زیستگاه‌های آن‌ها را تهدید می‌نمایند (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵). همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد تغییر اقلیم نیز به واسطه تاثیر منفی برگستره‌های زیستگاهی مطلوب بز وحشی و قوچ وحشی می‌تواند عامل تهدیدکننده مهم دیگری در افزایش آسیب‌پذیری این گونه‌ها در آینده باشد. براساس نتایج حاصل از مدل‌های Ensemble، متغیرهای شاخص ناهمواری سیمای سرزمین، ارتفاع، بارش سه ماه مرطوب سال، میانگین اختلاف حداکثر و حداقل دمای ماهیانه (میانگین محدوده ماهیانه دما) و بارش فصلی بالاترین مشارکت را در تعیین پراکنش قوچ وحشی و بز وحشی در ایران مرکزی نشان دادند. متغیرهای اقلیمی وابسته به بارش (بارش فصلی و بارش سه ماه مرطوب سال) مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی تاثیرگذار در پراکنش این دو گونه شناسایی شدند. اهمیت متغیر بارش در تعیین مطلوبیت زیست‌گاه این دو سم‌دار را می‌توان براساس تاثیر آن بر رشد بر پوشش گیاهی (Hsu و همکاران، ۲۰۱۲) به عنوان یک متغیر زیستگاهی مهم در تعیین پراکنش پستانداران علف‌خوار (Salsa و همکاران، ۲۰۱۸؛ St-Louis و Cote، ۲۰۱۴) تفسیر نمود. براین اساس، بخشی از تغییرات پیش‌بینی شده در محدوده پراکنش دو گونه را می‌توان به تغییرات رخ داده در پراکنش پوشش گیاهی مطلوب آن‌ها در نتیجه تغییر اقلیم نسبت داد. برای هر دو گونه، متغیرهای توپوگرافی بالاترین مشارکت را در میان متغیرهای غیراقلیمی در تعیین پراکنش دو گونه نشان دادند که این نتیجه باتوجه به وابستگی آن‌ها به زیستگاه‌های مرتفع و کوهستانی قابل توجه می‌باشد. اهمیت شاخص ناهمواری سیمای سرزمین را می‌توان با توجه به نقش این متغیر در تعیین مناطق گریزگاه تفسیر نمود (Sappington و همکاران، ۲۰۰۷). برای بز وحشی



و بز وحشی به خوبی در بخش‌های جنوبی منطقه نشان داده شد. در این ارتباط می‌توان به زیستگاه‌های مطلوب در استان یزد فارس اشاره نمود که علی‌رغم قرارگیری در اقلیم فراخشک، به دلیل داشتن نواحی مرتفع‌تر در مقایسه با استان خراسان جنوبی هم‌چنان بخشی از زیستگاه‌های مطلوب خود را در آینده حفظ خواهند نمود. با این وجود، برای هر دو گونه زیستگاه‌هایی نیز شناسایی شدند که علی‌رغم ناهمگنی ارتفاعی پایین و قرارگیری در مناطق کم ارتفاع، تقریباً تمامی وسعت کنونی آن‌ها در آینده حفظ خواهد شد. دلیل آن نیز قرارگیری این زیستگاه‌ها در بخش شمالی منطقه در عرض بالاتر (زیستگاه‌های واقع در استان سمنان) است که در مقایسه با سایر مناطق کم‌تر تحت تاثیر تغییر اقلیم آینده خواهند بود. در این نواحی، مناطق حفاظت‌شده واقع در استان سمنان از جمله منطقه حفاظت‌شده توران (شماره ۴۰) و پارک ملی کویر (شماره ۳۰) در زمره مهم‌ترین مناطق در داخل شبکه تحت حفاظت هستند که با حفظ وسعت قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب کنونی (بیش‌تر از حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع) دو گونه تا سال ۲۰۷۰ نقش کلیدی در حفاظت از جمعیت‌های دو گونه در مناطق کویری شرق و شمال شرق ایفا خواهند نمود. براساس نتایج این مطالعه، ارزیابی کلی از میزان آسیب‌پذیری جمعیت‌های قوچ وحشی و بز وحشی و هم‌چنین مناطق حفاظت‌شده ایران مرکزی در برابر تغییر اقلیم آینده انجام گرفت. این نتایج، اطلاعات مفیدی در اختیار نهاده که براساس آن می‌توان اقدامات مدیریتی سازشی باهدف کاهش تاثیرات منفی تغییر اقلیم بر این گونه‌ها اتخاذ نمود. برای مثال، ارتقاء سطح حفاظتی برخی از مناطق شکارممنوع و پناهگاه‌های حیات وحش که در آینده نیز نقش مهمی در حفاظت از جمعیت‌های دو گونه خواهند داشت، چرا که افزایش امنیت این مناطق می‌تواند تا حد زیادی در حفظ زیستگاه‌های مطلوب کنونی برای آینده حائز اهمیت باشد. افزایش وسعت مناطق حفاظت‌شده به نحوی که تا حد ممکن گرادیان ارتفاعی بالاتری را دربرگیرند نیز می‌تواند از جمله رویکردهای حفاظتی موثر برای جمعیت‌های دو گونه باشد.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از مسئولین ادارات محیط‌زیست مراکز استان‌ها و شهرستان‌ها و هم‌چنین محیط‌بانان محترم به‌منظور همکاری و هماهنگی‌های لازم جهت بازدیدهای میدانی از مناطق حفاظت‌شده صمیمانه تشکر می‌نمایند.

## منابع

۱. حیدریان آفاخانی، م.؛ تهرناش، ر.؛ جعفریان، ز.؛ ترکش اصفهانی، م. و طاطیان، م. ر.، ۱۳۹۶. پیش‌بینی اثرات تغییر

در خارج از محدوده پراکنش کنونی نبوده بلکه، نتیجه کاهش رخ داده در وسعت زیستگاه‌های مطلوب واقع در مناطق جنوبی می‌باشد. این نتیجه، با نتایج مطالعه Liao و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی دارد در حالی که با نتایج مطالعه Buntgen و همکاران (۲۰۱۷) و مطالعه White و همکاران (۲۰۱۷) در تناقض است. علت این نتیجه را می‌توان با توجه به خصوصیات توپوگرافی منطقه مطالعه و نیازهای زیستگاهی گونه‌ها توضیح داد. به دلیل گرادیان ارتفاعی محدود ایران مرکزی (حداکثر تا ارتفاع ۴۵۰۰ متر)، این احتمال وجود دارد که زیستگاه‌های کنونی قوچ وحشی و بز وحشی در آخرین محدوده‌های ارتفاعی در دسترس این گونه‌ها واقع شده باشند. در مورد قوچ وحشی، هرچند در مقایسه با بز وحشی در ارتفاعات پایین‌تری ساکن است اما، به دلیل محدودیت فیزیولوژیک امکان استفاده از نواحی بسیار مرتفع را نخواهد داشت. در نتیجه تاثیر این دو عامل، گسترش زیستگاه‌های جدید در محدوده نواحی مرتفع‌تر و جابه‌جایی قوچ وحشی و بز وحشی به سمت این مناطق در واکنش به تغییر اقلیم با محدودیت روبه‌رو خواهد بود. این مساله به خوبی در نتایج مدل‌های آینده نیز نشان داده شد به نحوی که زیستگاه‌های جدید در محدوده ارتفاعی مشابه محدود ارتفاعی زیستگاه‌های مطلوب کنونی گسترش خواهند داشت. هرچند که برای هر دو گونه نتایج مدل‌های آینده حاکی از حفظ مطلوبیت زیستگاه‌های واقع در نواحی شمالی و شمال‌غربی منطقه مطالعه است اما، به دلیل کاهش وسعت محدوده پراکنش در نواحی جنوبی در محدوده استان‌های فارس، یزد، خراسان و جنوب اصفهان، تغییرات رخ داده در محدوده پراکنش این دو گونه در امتداد عرض جغرافیایی را می‌توان به‌عنوان جابه‌جایی پراکنش آن‌ها به سمت مناطق شمال و عرض بالاتر تلقی نمود. چنانچه، ارزیابی تغییرات مکانی پراکنش کنونی آن‌ها نیز بیانگر جابه‌جایی قابل توجه به‌میزان ۱۶۷ و ۱۲۱ کیلومتر به سمت نواحی شمالی می‌باشد. Salsa و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه خود بر روی قوچ وحشی مارکوپولو به نتیجه‌ای مشابه دست یافتند، با این تفاوت که در مطالعه آن‌ها به دلیل گسترش زیستگاه‌های مطلوب جدید در نواحی مرتفع‌تر در شمال تاجیکستان جابه‌جایی ارتفاعی قابل توجه در پراکنش گونه نیز پیش‌بینی گردید. برای قوچ وحشی و بز وحشی، ارزیابی الگوی مکانی پراکنش طبقه زیستگاه‌های با مطلوبیت ثابت و زیستگاه‌هایی که در آینده نامطلوب می‌شوند بیانگر تاثیر بارز فاکتور ارتفاع و هم‌چنین عرض جغرافیایی در میزان کاهش یا حفظ زیستگاه‌های مطلوب این دو گونه می‌باشد. زیستگاه‌هایی که در آینده نامطلوب خواهند شد زیستگاه‌هایی هستند که گرادیان ارتفاعی پایینی داشته و تحت تاثیر تغییر اقلیم پتانسیل حفاظت از جمعیت‌های دو گونه را نخواهند داشت. تاثیر مثبت فاکتور ارتفاع در ماندگاری زیستگاه‌های مطلوب قوچ وحشی



- insight into the impact of climate change. Turkish Journal of Zoology. Vol. 40, No. 2, pp: 262-271.
۱۹. **Khosravi, R.; Hemami, M.R.; Malekian, M.; Flint, A. and Flint, L., 2016.** Maxent modeling for predicting potential distribution of goitered gazelle in central Iran: the effect of extent and grain size on performance of the model. Turkish Journal of Zoology. Vol. 40, No. 4, pp: 574-585.
  ۲۰. **Khosravi, R.; Hemami, M.R. and Cushman, S.A., 2018.** Multispecies assessment of core areas and connectivity of desert carnivores in central Iran. Diversity and Distributions. Vol. 24, No. 2, pp: 193-207.
  ۲۱. **Lamsal, P.; Kumar, L.; Aryal, A. and Atreya, K., 2018.** Future climate and habitat distribution of Himalayan Musk Deer. Ecological Informatics. Vol. 44, pp: 101-108.
  ۲۲. **La-Sorte, F.A. and Jetz, W., 2010.** Projected range contractions of montane biodiversity under global warming. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. Vol. 277, No. 1699, pp: 3401-3410.
  ۲۳. **Liow, L.H.F.; Ortelius, M.; Lintulaakso, K.; Mannila, H. and Stenseth, N.C., 2009.** Lower extinction risk in sleep orhide mammals. American Naturalist. Vol. 173, No. 2, pp: 264-272.
  ۲۴. **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.
  ۲۵. **Moses, M.R.; Frey, J.K. and Roemer, G.W., 2012.** Elevated surface temperature depresses survival of banner-tailed kangaroo rats: will climate change cook a desert icon? Oecologia. Vol. 168, No. 1, pp: 257-268.
  ۲۶. **Sappington, J.M.; Longshore, K.M. and Thompson, D.B., 2007.** Quantifying landscape ruggedness for animal habitat analysis: a case study using bighorn sheep in the Mojave Desert. Wildlife management. Vol. 71, No. 5, pp: 1419-1426.
  ۲۷. **Sarhangzadeh, J.; Yavari, A.R.; Hemami, M.R.; Jafari, H.R. and Shams-Esfandabad, B., 2013.** Habitat suitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in a mountainous arid area, central Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences. Vol. 11, No. 1, pp: 41-51.
  ۲۸. **Schloss, C.A.; Nunez, T.A. and Lawler, J., 2012.** Dispersal will limit ability of mammals to track climate change in the Western Hemisphere. Proceedings of the national academy of sciences. Vol. 109, No. 22, pp: 8606-8611.
  ۲۹. **Segurado, P.; Araujo, M.B. and Kunin, W.E., 2006.** Consequences of spatial autocorrelation for niche based models. J of Applied Ecology. Vol. 43, No. 3, pp: 433-444.
  ۳۰. **Somero, G.N., 2010.** The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine winners and losers. Journal of Experimental Biology. Vol. 213, No. 6, pp: 912-920.
  ۳۱. **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 J of Zoology. Vol. 92, No. 3, pp: 239-249.
  ۳۲. **Tamburello, N.; Côté, I.M. and Dulvy, N.K., 2015.** Energy and the scaling of animal space use. American Naturalist. Vol. 186, No. 2, pp: 196-211.
  ۳۳. **Thuiller, W.; Lafourcade, B.; Engler, R. and Araújo, M.B., 2009.** BIOMOD, a platform for ensemble forecasting of species distributions. Ecography. Vol. 32, pp: 369-373.
  ۳۴. **Yousefi, M.; Ahmadi, M.; Nourani, E.; Behrooz, R.; Rajabzadeh, M.; Geniez, P. and Kaboli, M., 2015.** Upward altitudinal shifts in habitat suitability of mountain vipers since the last glacial maximum. PloS one. Vol. 10, No. 9, pp: e0138087.
  ۳۵. **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.
- اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک با استفاده از مدل‌سازی ۳  
اجماعی در زاگرس مرکزی. مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات  
جغرافیایی در منابع طبیعی. سال ۸، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۴.
۲. **رضوانی، ا.؛ فاخران، س. و سفیانیان، ع.، ۱۳۹۶.** مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی قوچ و میش وحشی در مواجهه با تغییرات اقلیمی. نخستین همایش بین‌المللی سامانه اطلاعات جغرافیایی جاده ابریشم، دانشگاه صنعتی اصفهان.
  ۳. **رنجبر، ن.؛ همامی، م.ر.؛ ترکش، م. و شاهقلیان، ج.، ۱۳۹۵.** ارزیابی فصلی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در مناطق کوهستانی پارک ملی کلاه قاضی با روش حداکثر آنتروپی. مجله بوم‌شناسی کاربردی. سال ۵، شماره ۱۶، صفحات ۶۹ تا ۸۲.
  ۴. **ماهینی، ع.ا.، ۱۳۷۳.** ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش در ذخیره‌گاه زیست‌کره توران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی پردیس کرج، دانشگاه تهران. ۲۵۲ صفحه.
  ۵. **Angert, A.L.; Crozier, L.G.; Rissler, L.J.; Gilman, S.E.; Tewksbury, J.J. and Chunco, A.J., 2011.** Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges? Ecology Letters. Vol. 14, No. 7, pp: 677-689.
  ۶. **Aryal, A.; Brunton, D.; Ji, W.; Karmacharya, D.; McCarthy, T.; Bencini, R. and Raubenheimer, D., 2014.** Multipronged strategy including genetic analysis for assessing conservation options for the snow leopard in the central Himalaya. J of Mamma. Vol. 95, No. 4, pp: 871-881.
  ۷. **Bashari, H. and Hemami, M.R., 2013.** A predictive diagnostic model for wild sheep habitat suitability in Iran. J for Nature Conservation. Vol. 21, No. 5, pp: 319-325.
  ۸. **Brambilla, M.; Pedrini, P.; Rolando, A. and Chamberlain, D. E., 2016.** Climate change will increase the potential conflict between skiing and high-elevation bird species in the Alps. J of Biogeogra. Vol. 43, pp: 2299-2309.
  ۹. **Büntgen, U.; Greuter, L.; Bollmann, K.; Jenny, H.; Liebhold, A.; Galván, J.D.; Stenseth, N.C.; Andrew, C. and Mysterud, A., 2017.** Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. Ecosphere. Vol. 8, No. 4.
  ۱۰. **Cardillo, M.; Mace, G.M.; Jones, K.E.; Bielby, J.; Bininda-Emonds, O.R.P.; Sechrest, W.; Orme, C.D.L. and Purvis, A., 2005.** Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. Science. Vol. 309, No. 5738, pp: 309-1241.
  ۱۱. **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.
  ۱۲. **Epps, C.W.; McCullough, D.R.; Wehausen, J.D.; Bleich, V.C. and Rechel, J.L., 2004.** Effects of climate change on population persistence of desert-dwelling mountain sheep in California. Conservation Biology. Vol. 18, pp: 102-113.
  ۱۳. **Fuller, A.; Mitchell, D.; Maloney, S.K. and Hetem, R., 2016.** Towards a mechanistic understanding of the responses of large terrestrial mammals to heat and aridity associated with climate change. Climate Change Responses. Vol. 3, No. 10, pp: 10.
  ۱۴. **Gross, J.E.; Kneeland, M.C.; Reed, D.F. and Reich, R.M., 2002.** GIS-based habitat models for mountain goats. Journal of Mammalogy. Vol. 83, No. 1, pp: 218-228.
  ۱۵. **Huete, A.R.A., 1988.** soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sens. Environ. Vol. 25, No. 3, pp: 295-309.
  ۱۶. **Hsu, J.S.; Powell, J. and Adler, P.B., 2012.** Sensitivity of mean annual primary production to precipitation. Global Change Biology. Vol. 18, No. 7, pp: 2246-2255.
  ۱۷. **IPCC, 2013.** Working Group, I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC, AR5, 2014.
  ۱۸. **Kafash, A.; Kaboli, M.; Koehler, G.; Yousefi, M. and Asadi, A., 2015.** Ensemble distribution modeling of the Mesopotamian spiny-tailed lizard, *Saara loricata* in Iran: an

