



فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

۲۲۹-۲۴۲

مقاله پژوهشی

اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گوزن قرمز خزری (*Cervus elaphus maral*) در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی

فرید سلمان پور^۱، فراهم احمدزاده^{۱*}، بهرام کیایی^۲ و رومینا سیاح نیا^۳

^۱ گروه زیستی و مدیریت اکوسیستم، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
^۲ گروه علوم جانوری و زیست شناسی دریایی، دانشکده علوم زیستی و بیوتکنولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
^۳ گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

سلمان پور، ف.، ف. احمدزاده، ب. کیایی، و ر. سیاح نیا. ۱۴۰۱. اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گوزن قرمز خزری (*Cervus elaphus maral*) در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی. فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۴): ۲۲۹-۲۴۲.

سابقه و هدف: تغییرات آب و هوایی به همراه توسعه انسانی فشار مضاعفی بر اکوسیستم‌ها وارد کرده، بطوری که در بسیاری از موارد سبب کاهش تنوع زیستی شده است. ادامه روند تغییر اقلیم امروزه به عنوان یک بحران فراگیر و جهانی محسوب می‌شود. تغییر اقلیم به یک اندازه بر همه زیستگاه‌ها و گونه‌ها تأثیر نمی‌گذارد. بلکه گونه‌های بزرگ جثه بیشتر تحت تأثیر تغییر اقلیم و تغییر زیستگاه قرار گرفته‌اند و به نسبت دیگر گونه‌ها آسیب‌پذیرتر هستند. همینطور مطالعات نشان می‌دهد که کشورهای خاورمیانه تحت تأثیر شدید اثرات تغییر اقلیم قرار گرفته‌اند. علفخواران بزرگ جثه، بخصوص گوزن قرمز نه تنها تحت تأثیر تغییرات زیستگاهی حاصل از تغییر اقلیم قرار دارند، بلکه افزایش دما سبب کاهش نرخ بقای گوساله‌ها و اختلال در زادآوری شده است. گوزن قرمز خزری (مرال) در ایران، تحت تأثیر تخریب زیستگاه و شکار غیرمجاز اغلب جمعیت خود را از دست داده است، که امروزه جمعیت باقی مانده فشار مضاعفی از جانب تغییر اقلیم را تحمل می‌کند. منطقه حفاظت شده البرز مرکزی به عنوان اصلی‌ترین زیستگاه زادآور گوزن قرمز خزری محسوب می‌شود، که امروزه تحت تأثیر توسعه انسانی و تغییر اقلیم قرار دارد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به منظور بررسی میزان تأثیر تغییر اقلیم بر جمعیت گوزن قرمز، از اطلاعات دما و بارش دو پایگاه هواشناسی نوشهر در ارتفاع پایین دست، و بلده در ارتفاعات جنوبی استفاده شد. همینطور نقاط حضور و عدم حضور گونه مورد مطالعه توسط ترانسکت‌های تصادفی بصورت مشاهده مستقیم، آثار و نمایه‌ها و همینطور توسط تصاویر بدست آمده از دوربین‌های تله‌ای، جمع‌آوری شد.

نتایج و بحث: با استفاده از ۱۹ پارامتر آب و هوایی ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی در آینده، نشان داد که با ادامه روند تغییر اقلیم در چهار سناریوی خوشبینانه تا بدبینانه با استفاده از پنج الگوریتم MaxEnt, RF, ANN, GLM, MARS، از مطلوبیت مناطق کم ارتفاع در بخش‌های شمالی و شرقی کاسته، و به مطلوبیت ارتفاعات بخش جنوب‌غربی افزوده خواهد شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دمای متوسط

* Corresponding Author: Email Address. f_ahmadzade@sbu.ac.ir

<http://dx.doi.org/10.48308/envs.2023.1260>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.4.16.1>

سالانه، میانگین دمای روزانه، متوسط دمای فصل خشک، متوسط دمای گرمترین فصل، بارندگی سالانه، بارش در مرطوب‌ترین فصل، بارش در گرمترین فصل نقش موثری در میزان تعیین مطلوبیت زیستگاهی گونه مورد مطالعه دارد. نتایج داده‌های آب و هوایی نشان داد، ارتفاع نقش موثری در کاهش تأثیرات تغییر اقلیمی دارد، بطوری که تغییر اقلیم در مناطق پایین دست شدت معناداری نسبت به مناطق مرتفع دارد. با توجه به تغییر مطلوبیت زیستگاهی حاصل از ادامه روند تغییر اقلیم، زون جنگلی کجور ثبات نسبی مطلوبیت برای گونه مورد مطالعه را در حال و آینده نشان می‌دهد اما جاده جنگلی خیرود با مجموع بیش از ۵۰ کیلومتر طول در عمق این منطقه قرار گرفته است که تردد وسایل نقلیه دامداران، طبیعتگردان و به ویژه شکارچیان غیر مجاز در عمق این منطقه را تسهیل کرده که جدی‌ترین تهدید برای بقای گوزن قرمز در این بخش از زیستگاه محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری: با ادامه روند تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زیستگاه گونه مورد مطالعه در آینده، انتظار می‌رود که گوزن‌های ماده در بخش‌های نا امن زیستگاه مشاهده شوند. از این رو برای حفاظت از جمعیت گوزن قرمز خزری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی نیاز به اقدامات جدی مدیریتی مبتنی بر تغییرات زیستگاهی پیش آمده در آینده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی زیستگاه، استان مازندران، دما، بارش، پایگاه هواشناسی، ارتفاع.

مقدمه

کوریدورها، مانعی بزرگ برای انتشار سریع گونه‌ها در مواجهه با تغییر اقلیم است که در آینده عامل اصلی انقراض بسیاری از گونه‌ها خواهد شد (Tilman *et al.*, 2017; Román and Wiens, 2020).

پستانداران بزرگ جثه، به نسبت دارای جمعیت‌های کوچک‌تری هستند که در مقابل، به محدوده زیستگاهی بزرگ‌تری نیاز دارند، بنابراین در مواجهه با تغییر اقلیم و تخریب زیستگاه، آسیب‌پذیرتر هستند (Beaumont *et al.*, 2019; Pacifici *et al.*, 2020). علفخواران بزرگ جثه، بخصوص گوزن‌ها نسبت به گونه‌های دیگر، نه تنها بیشتر تحت تأثیر گرمایش جهانی قرار دارند (Millán *et al.*, 2021) بلکه فشارهای مضاعفی مانند دامداری و چرای دام اهلی (Salvatori *et al.*, 2022) شکار و توسعه انسانی (Tilman *et al.*, 2017)، را تحمل می‌کنند، که روند انقراض آنها را تسریع کرده است (Atwood *et al.*, 2020). از طرفی تغییر اقلیم با برهم زدن رابطه دانه و جانور پراکنده کننده دانه، تعادل اکولوژیک اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ovaskainen *et al.*, 2013). این در حالی است که علفخواران بزرگ جثه مانند گوزن به عنوان یک گونه مهم در پراکنده کردن دانه گیاهان نقش کلیدی در اکوسیستم ایفا

مطالعات نشان داده است که تغییر اقلیم تمامی افراد گونه‌های خشکی‌زی را تحت تأثیر قرار داده است (Manes *et al.*, 2021). کاهش بارش و افزایش دما یکی از اصلی‌ترین نشانه‌های تغییر اقلیم محسوب می‌شود که با تأثیر بر زیستگاه، نه تنها سبب کاهش تنوع‌زیستی شده (Habibullah *et al.*, 2022) بلکه امروزه به عنوان یک تهدید جدی و رو به رشد در سطح جهان محسوب می‌شود (Weiskopf *et al.*, 2020). افزایش جمعیت و توسعه انسانی به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل تغییر آب و هوا در سطح جهان محسوب می‌شود (Verma, 2021) که سبب تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع‌زیستی در جهان شده است (Morecroft *et al.*, 2019). ادامه روند رو به رشد جمعیت انسانی در آینده، با افزایش مصرف منابع سبب تشدید از دست رفتن تنوع‌زیستی در سال‌های آینده خواهد شد (Driscoll *et al.*, 2021). کاهش تنوع‌زیستی توسط تغییر کاربری عرصه‌های طبیعی (Tilman *et al.*, 2017) نه تنها سبب تکه‌تکه شدن زیستگاه و افزایش آتش‌سوزی‌های ناشی از تغییر اقلیم شده (Driscoll *et al.*, 2021)، بلکه سبب جزیره‌ای شدن جمعیت‌ها در سراسر جهان می‌شود (Morecroft *et al.*, 2019). از بین رفتن زیستگاه و

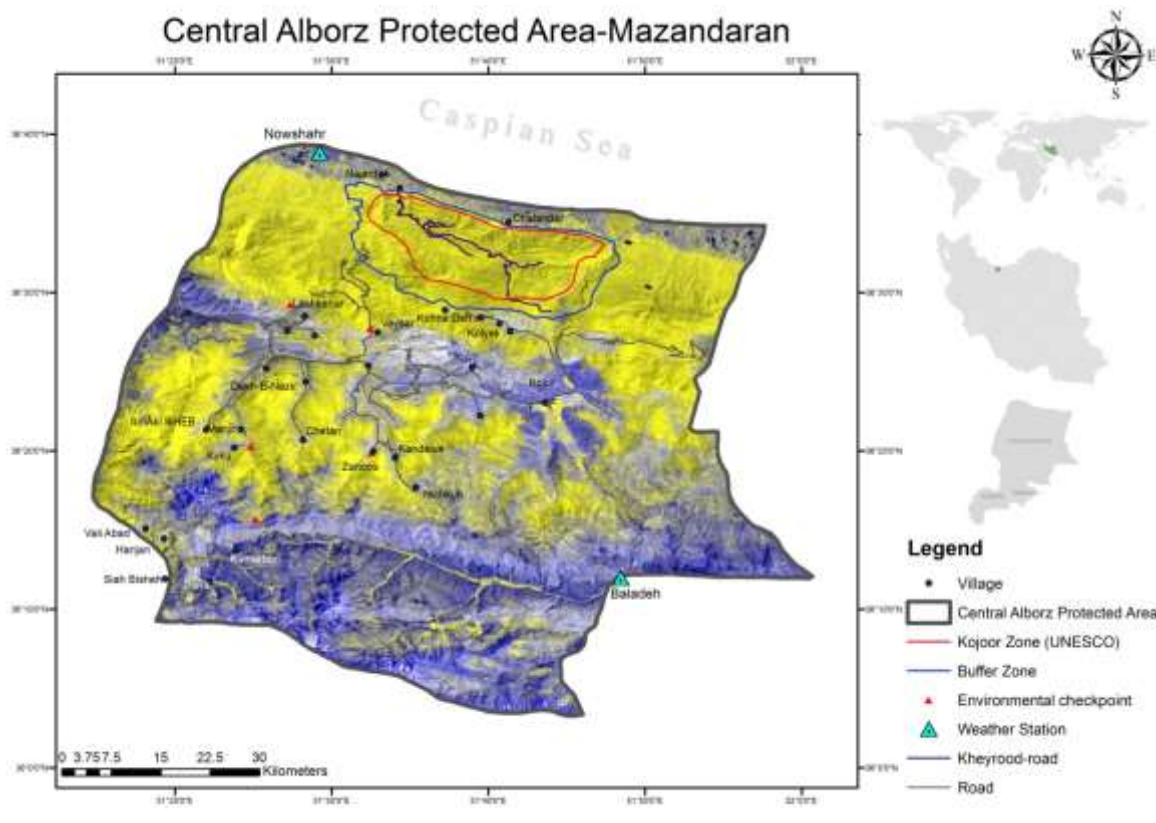
مکانی انجام گیرد (Trew and Maclean, 2021). مدلسازی زیستگاهی بر اساس حضور گونه، یکی از موثرترین و کارآمدترین روشهای حفاظتی در امر مدیریت زیستگاه محسوب می‌شود (Varasteh *et al.*, 2019) زیرا اتصال زیستگاهی و ترمیم کوریدورها می‌تواند در کاهش پیامدهای تغییر اقلیم موثر واقع شود (Yousefi *et al.*, 2019). از رو هدف این مطالعه ارزیابی حال و آینده مطلوبیت زیستگاهی گوزن قرمز در چهار سناریو با استفاده از داده‌های آب و هوایی و مکانی (حضور و عدم حضور گونه) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این مطالعه در دامنه‌های شمالی منطقه حفاظت شده البرز مرکزی، حوزه استحفاظی اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران انجام شده است (شکل ۱). مساحت کل منطقه حفاظت شده البرز مرکزی ۳۹۸۸۲۶ هکتار است که سهم استان‌های مازندران، البرز و تهران بشرح ذیل می‌باشد: استان مازندران: ۲۹۵۷۶۸ هکتار، استان البرز: ۶۴۱۴۹ هکتار، استان تهران: ۳۸۹۰۹ هکتار است. منطقه حفاظت شده البرز مرکزی به واسطه وسعت زیاد و در بر گرفتن شیب شمالی رشته کوه البرز از یک طرف به دریای خزر و از طرف دیگر با قله مرتفع البرز محدود می‌شود. طیف وسیعی از اکوسیستم‌ها از جلگه‌ای، هیرکانی مترکم تا کوهستانی مرتفع را در بر می‌گیرد که زیستگاه گونه‌های با ارزشی مانند پلنگ (*Panthera pardus tulliana*)، خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*)، گرگ خاکستری (*Canis lupus*)، گوزن قرمز خزری، شوکا (*Capreolus capreolus*) و گراز (*Sus scrofa*) است (Salmanpour *et al.*, 2021; 2023; Farhadinia *et al.*, 2022).

می‌کند، و با محدود شدن زیستگاه می‌تواند پویایی پوشش گیاهی را تحت تاثیر قرار داده و سبب آسیب‌پذیری بیش از پیش یک زیستگاه شود (Karimi *et al.*, 2019).

وضعیت جهانی گوزن قرمز در فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت^۱، کمترین نگرانی ارزیابی شده (Lovari *et al.*, 2018)، اما گوزن قرمز خزری (*Cervus elaphus maral*) به واسطه تخریب زیستگاه و شکار و فشار ناشی از دامداری (Soofi *et al.*, 2018) در دهه‌های اخیر، اغلب جمعیت خود را از دست داده است (Shokri *et al.*, 2021). گوزن قرمز خزری یکی از سه عضو خانواده گوزن‌ها و همچنین بزرگ جثه‌ترین زوج سم کشور محسوب می‌شود، که امروزه در خطر انقراض (En) قرار گرفته است (Soofi *et al.*, 2017). اصلی‌ترین جمعیت باقی مانده از گوزن قرمز خزری فقط محدود به پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده البرز مرکزی در استان مازندران می‌شود (Shokri *et al.*, 2021). منطقه حفاظت شده البرز مرکزی به عنوان زادآورترین زیستگاه گوزن قرمز خزری در ایران محسوب می‌شود (Faghihi *et al.*, 2022). این در صورتی است که گونه‌های بومی نسبت به سایر گونه‌ها بیشتر تحت تاثیر تغییر آب و هوایی قرار گرفته‌اند (Manes *et al.*, 2021). از طرفی مطالعات (Yousefi *et al.*, 2019) نشان داده است که کاهش پیامدهای تغییر اقلیم، مشکل اساسی در حفاظت از تنوع زیستی ایران، محسوب می‌شود. رشته کوه البرز و جنگل‌های هیرکانی به عنوان نقاط داغ تنوع زیستی محسوب می‌شود (Noroozi *et al.*, 2019). به منظور کاهش فشار ناشی از تغییر اقلیم بر تنوع زیستی نیاز است مطالعات در مناطق داغ تنوع زیستی با تکیه بر داده‌های آب و هوایی و



شکل ۱- منطقه مطالعاتی

Fig. 1- Study area

و سپس سلول‌هایی که شانس کمتری برای حضور (مانند روستا و جاده) داشتند، حذف شدند. با توجه میزان جمعیت بسیار آسیب‌پذیر گوزن قرمز خزری، و ریسک بالای روش تهاجمی و علامت‌گذاری، از روش غیرتهاجمی و جمع‌آوری داده‌ها، انحصاراً مبتنی بر مشاهدات انجام گرفت (Sutherland, 2006). مختصات جغرافیایی ۱۱ نقطه حضور و ۸۲ نقطه عدم حضور گوزن قرمز خزری طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۱ به کمک دوربین‌های تله‌ای و ترانسکت‌های تصادفی بر اساس مشاهدات مستقیم و یا آثار و نمایه‌ها (سرگین، ردپا،...) توسط یک دستگاه GPSMap64s ثبت گردید. در این مطالعه ۱۹ پارامتر آب و هوایی (شکل ۲) به همراه لایه ارتفاعی مورد استفاده قرار گرفت. سپس از پنج الگوریتم MaxEnt, RF, ANN, GLM, MARS با استفاده از پکیج R-Biomod2 (Thuiller et al., 2009) بر اساس نقاط حضور و عدم حضور گونه در زمان حال و پیش‌بینی ۵۰ سال آینده استفاده شد. همینطور اطلاعات هواشناسی

زیستگاه گوزن قرمز خزری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی، از جنوب به جاده بلده، از ضلع غرب به جاده چالوس، از شرق توسط جاده بلده-نور و از شمال به محور چالوس-نور ختم می‌شود که ارتباط را از با دو زیستگاه شرقی و غربی محدود کرده است. از طرفی توسعه روستاها باعث افزایش تردد جاده کجور شده است که زیستگاه گوزن قرمز را در این منطقه به قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرده که سبب محدودیت در گذارهای فصلی شده است. جمعیت گوزن قرمز خزری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی ۳۰۰ راس برآورد می‌شود (گزارش منتشر نشده) که حدوداً ۴۰٪ از کل جمعیت وحشی تخمین زده شده از گوزن قرمز خزری در ایران محسوب می‌شود (Shokri et al., 2021).

جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل اطلاعات: ابتدا توسط نرم‌افزار ArcGIS منطقه مطالعاتی به سلول‌های ۳×۳ کیلومتری، بر فرض میزان جابه‌جایی گونه مورد مطالعه، تقسیم‌بندی شد

برای ارزیابی روند تغییر آب و هوایی، از پایگاه اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید و هفت پارامتر آب و هوایی موثر بر گونه مورد مطالعه ($\alpha=0.05$)، با استفاده از مدل آماری Fitted line plots مورد تحلیل قرار گرفت.

(سینوپتیک روزانه) از ایستگاه هواشناسی نوشهر (۱۹۹۲-۲۰۲۲) با ارتفاع ۱۶- متر از سطح آب‌های آزاد در بخش شمال غربی و ایستگاه هواشناسی بلده (۲۰۰۶-۲۰۲۲) در ارتفاع ۲۰۵۰ متر در بخش جنوب شرقی منطقه مطالعاتی

جدول ۱-۱۹ پارامتر آب و هوایی مورد ارزیابی
Table 1. 19 climate parameters were evaluated

متغیر Variable	توضیح Explanation	متغیر Variable	توضیح Explanation
BIO1	دمای متوسط سالانه Average annual temperature	BIO11	دمای متوسط سردترین فصل Average temperature of the coldest season
BIO2	میانگین دمای روزانه Average daily temperature	BIO12	بارندگی سالانه Annual rainfall
BIO3	میانگین دمای مطلق هوا Average absolute air temperature	BIO13	بارش مرطوب‌ترین ماه سال Precipitation of the wettest month of the year
BIO4	دمای فصلی Seasonal temperature	BIO14	بارش خشک‌ترین ماه سال Precipitation of the driest month of the year
BIO5	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال The maximum temperature of the hottest month of the year	BIO15	بارش فصلی Seasonal rainfall
BIO6	حداقل دما در سردترین ماه سال Minimum temperature in the coldest month of the year	BIO16	بارش در مرطوب‌ترین فصل Precipitation in the wettest season
BIO7	محدوده دمای سالانه Annual temperature range	BIO17	بارش در خشک‌ترین فصل Rainfall in the driest season
BIO8	متوسط دمای فصل مرطوب Average wet season temperature	BIO18	بارش در گرم‌ترین فصل Rainfall in the hottest season
BIO9	متوسط دمای فصل خشک Average dry season temperature	BIO19	بارش در سردترین فصل Precipitation in the coldest season
BIO10	متوسط دمای گرم‌ترین فصل Average temperature of the hottest season		

نتایج و بحث

داد. پارامترهای اصلی که تاثیرگذاری بالای ۰/۹۵ داشتند عبارتند از: دمای متوسط سالانه (AAT)^۲، میانگین دمای روزانه (ADT)^۳، متوسط دمای فصل خشک (ADST)^۴،

گوزن قرمز خزری در منطقه مورد مطالعه از ۱۹ پارامتر آب‌وهوایی، به هفت پارامتر وابستگی بالایی از خود نشان

قرمز در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی، نشان دهنده تمرکز جمعیت در جنگل‌های متراکم و کم‌تر دست خورده و مرتفع است. همینطور در مقابل اینطور به نظر می‌رسد که افزایش جمعیت روستایی و تردد جاده‌ای تاثیر منفی بر میزان مطلوبیت فعلی گونه مورد مطالعه داشته است زیرا در حاشیه روستاهای کجور و پول، و همچنین اطراف جاده اصلی کجور و روستاهای پر تردد مانند کندلوس بطور معناداری از مطلوبیت زیستگاهی گونه مورد مطالعه کاسته شده است که می‌تواند حاصل از کاهش تراکم پوشش گیاهی و افزایش دمای نقطه‌ای حاصل از توسعه انسانی باشد.

مدلسازی ۵۰ سال آینده در هر چهار سناریوی (RCP) از خوشبینانه تا بدبینانه (2.6-4.5-6-8.5) تغییر مطلوبیت را در برخی نقاط افزایشی و در بیشتر نقاط کاهش نشان می‌دهد. همینطور برخی از مناطق روستایی در مرکز، افزایش نسبی مطلوبیت در آینده را از خود نشان می‌دهند. از مقایسه نقشه بدست آمده از زمان حال و سناریوی خوشبینانه RCP2.6 اینطور به نظر می‌رسد، مطلوبیت در آینده بطور معناداری در اطراف روستاهای کجور، بلده در شرق کاهش خواهد یافت و در مقابل با افزایش نسبی برخی مناطق مانند هریجان، ولی‌آباد و سیاه‌بیشه سبب افزایش مساحت زیستگاهی خواهد شد. در مقایسه سناریوی خوشبینانه RCP2.6 با RCP4.5 اینطور به نظر می‌رسد احتمال کاهش مطلوبیت بخش‌های شرقی منطقه مورد مطالعه نسبت به مناطق غربی نمایان می‌شود. همینطور مناطقی با مطلوبیت پایین نسبت به مناطقی با مطلوبیت بالا، بیشتر تحت تاثیر قرار خواهند گرفت. در مقایسه سناریوی RCP4.5 با RCP6 افزایش مطلوبیت در ارتفاعات بخش‌های جنوب غربی و در مقابل کاهش مطلوبیت در بخش‌های شرقی و مرکزی را نشان می‌دهد. اما تغییر معناداری در مناطقی با مطلوبیت بالا به نظر نمی‌رسد. مقایسه سناریوی RCP6 با سناریوی بدبینانه RCP8.5 ادامه روند کاهش مطلوبیت در شرق و مرکز، و افزایش مطلوبیت در بخش‌های شمال غربی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (شکل ۴).

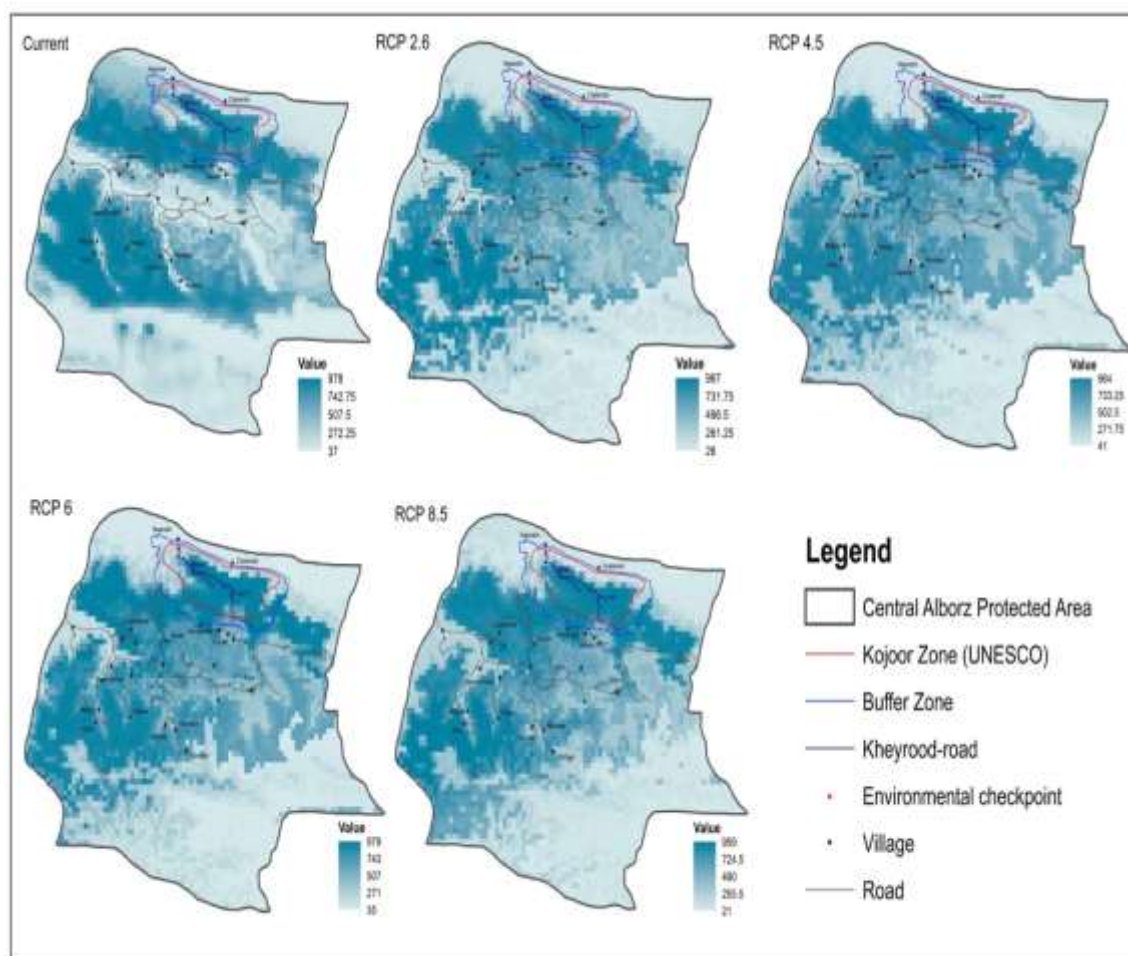
متوسط دمای گرمترین فصل (ATHS)^۵، بارندگی سالانه (AR)^۶، بارش در مرطوب‌ترین فصل (PWS)^۷، بارش در گرمترین فصل (RHS)^۸ و ارتفاع است. با توجه به میزان دما، بارش و رطوبت استخراج شده از اطلاعات دو ایستگاه هواشناسی، فصل خشک در ایستگاه هواشناسی نوشهر از ۱۱ اردیبهشت تا ۸ مرداد، اما در ایستگاه هواشناسی بلده از ۱۰ تیر تا ۸ مهر بوده است. همینطور در ایستگاه نوشهر از ۲۴ شهریور تا ۲۴ آذر و در ایستگاه بلده از ۱۰ اسفند تا ۱۰ خرداد با داشتن بیشترین بارش در سال به عنوان مرطوب‌ترین فصل محسوب می‌شود. بیشترین دما در هر دو ایستگاه از ۱۱ خرداد تا ۹ شهریور ثبت شده است که به عنوان گرمترین فصل در نظر گرفته شده است.

از نتایج بدست آمده از مدل آماری استفاده شده در تحلیل پارامترهای آب و هوایی، نشان می‌دهد که دمای متوسط سالانه، متوسط دمای فصل خشک، متوسط دمای گرمترین فصل و میانگین دمای روزانه در ایستگاه هواشناسی نوشهر، و بارندگی سالانه در ایستگاه هواشناسی کجور با داشتن p-Value=0 و ضریب تعیین بالا، تغییرات آب و هوایی شدیدتری در سال‌های گذشته داشته است (شکل ۳). نتایج آماری نشان می‌دهد که در مناطق پست بخش شمال منطقه مورد مطالعه، بطور معناداری بیشتر از ارتفاعات بخش جنوبی تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی بوده است.

جدول ۲- ضریب تعیین پارامتر آب و هوایی در طی سال‌های گذشته
Table 2. The coefficient of determining the weather parameter during the past years

P-Value	Nowshahr	Baladeh
AAT	0.000	0.795
ADT	0.000	0.817
ADST	0.000	0.158
ATHS	0.000	0.420
AR	0.949	0.171
PWS	0.644	0.241
RHS	0.490	0.870

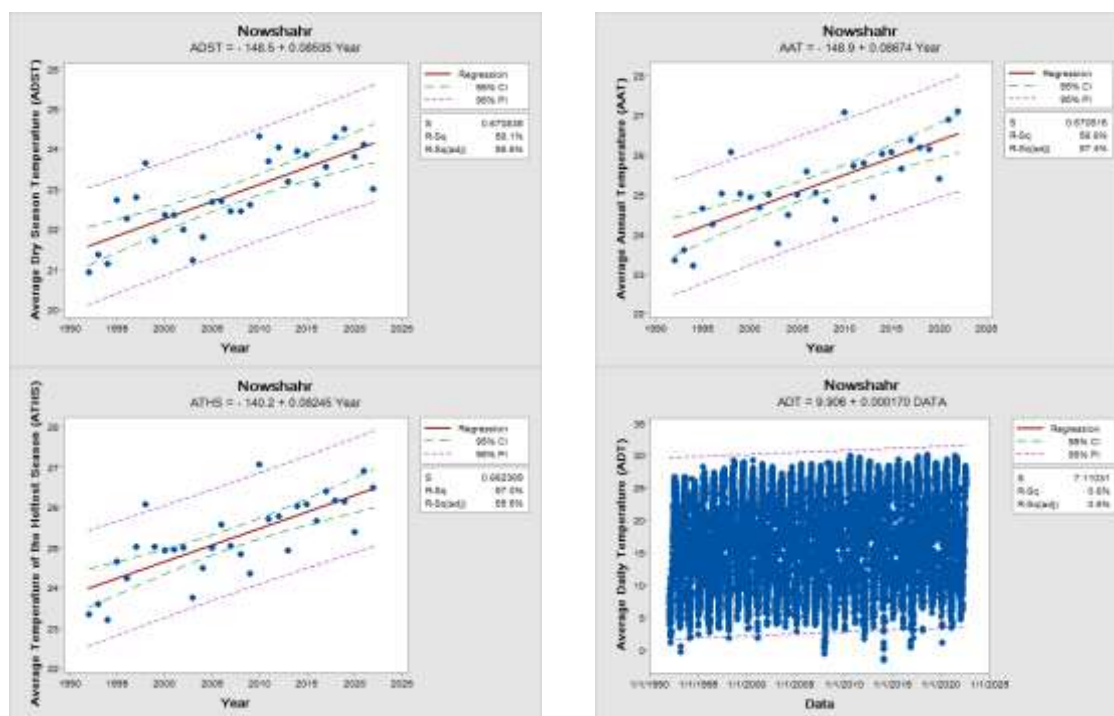
نتایج بدست آمده از مدلسازی حال حاضر^۹ زیستگاهی گوزن



شکل ۲- زیستگاه حال و پیش‌بینی آینده گوزن قرمز در البرز مرکزی
 Fig. 2- Current habitat and future prediction of red deer in Central Alborz

در طی ۳۲ سال گذشته بطور معناداری تحت تاثیر روند تغییر اقلیم، افزایش پیدا کرده است (شکل ۵). اما در مقایسه با ایستگاه هواشناسی بلده، اینطور به نظر می‌رسد که ارتفاع نقش موثری در کاهش تاثیرات تغییر اقلیم دارد. از نتایج می‌توان اینطور استنباط کرد که افزایش مطلوبیت نسبی در بخش‌های مرتفع جنوب غربی منطقه مطالعاتی، و کاهش محسوس مطلوبیت در بخش‌های شمال غربی و شرقی با بردباری زیستگاه‌های مرتفع در مقابل تغییرات اقلیمی، نسبت به مناطق کم ارتفاع قابل توجیح است. زیرا با ادامه روند تغییر اقلیم و افزایش دما، انتخاب زیستگاه‌های کوهستانی توسط گوزن قرمز افزایش و در مقابل انتخاب زیستگاه‌های مرتعی پایین دست کاهش پیدا خواهد کرد (Pérez et al., 2013).

نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد پوشش گیاهی متراکم و مرتفع بطور معناداری در حفظ میزان مطلوبیت زیستگاهی نقش دارد. همینطور بخش‌های با مطلوبیت زیستگاهی بالا در هر چهار سناریو با تاثیرپذیری از تغییرات آب و هوایی، میزان تاب‌آوری بیشتری از خود نشان می‌دهد. زون کجور یکی از مناطقی با مطلوبیت بالا در بخش شمالی منطقه مطالعاتی قرار گرفته است، که بردباری معناداری در مقابل تغییرات آب و هوایی در آینده از خود نشان می‌دهد. از هفت پارامتر اقلیمی مورد ارزیابی، چهار پارامتر دمای متوسط سالانه (AAT)، دمای میانگین روزانه (ADT)، دمای میانگین فصل خشک (ADST) و میانگین دمای گرمترین فصل (ATHS) در ایستگاه هواشناسی نوشهر،



شکل ۳- نمودار روند تغییرات موثر آب و هوایی
Fig. 3- Effective climate change trend diagram

ماده‌ها، زیستگاه‌های مطلوب‌تری را اشغال می‌کنند و ماده‌ها مجبور هستند بخصوص در تابستان در ارتفاعات بالاتری سپری کنند (Rivrud *et al.*, 2019) که برای مهاجرت به مناطق مرتفع بخصوص به همراه گوساله‌های تازه متولد شده، با محدودیت‌های زیستگاهی مواجه هستند. با توجه به نتایج این مطالعه مهاجرت گوزن قرمز از بخش‌های شمالی و شرقی به سمت بخش‌های جنوب غربی خواهد بود که جاده کجور با داشتن بار ترافیکی بیشتر نسبت به دیگر جاده‌های روستایی در البرز مرکزی، جدی‌ترین محدودیت در مهاجرت گوزن قرمز محسوب می‌شود.

زون کجور که در سال ۲۰۱۹ در کنوانسیون میراث جهانی (یونسکو) ثبت شده است، تنها قسمت مطلوب در بخش شمالی زیستگاه گوزن قرمز در منطقه مطالعاتی محسوب می‌شود که در حال حاضر و در آینده توانایی پذیرش جمعیت منبع را دارد. اما جاده جنگلی خیرود با مجموع بیش از ۵۰ کیلومتر طول در عمق این منطقه قرار گرفته است که سبب تسهیل تردد وسایل نقلیه دامداران، طبیعتگردان و به ویژه شکارچیان غیر مجاز در عمق این

ادامه روند تغییر اقلیم و افزایش توسعه انسانی سبب کاهش مطلوبیت بخش بزرگی از زیستگاه گوزن قرمز در البرز مرکزی خواهد شد. هر چند که گوزن قرمز نسبت به جاده‌هایی با بار ترافیکی کم، می‌توانند سازگار شوند (Meisingset *et al.*, 2013) اما افزایش توسعه انسانی مانند معادن و ویلاسازی سبب افزایش چشم گیر تردد وسایل نقلیه در سال‌های اخیر در منطقه مطالعاتی شده است که سبب کاهش گذرهای فصلی میان بخش‌های شمالی جنگلی و کوهستانی جنوبی شده است. این در صورتی که مطالعات (Bojarska *et al.*, 2020) نشان می‌دهد احتمالاً با ادامه روند تغییر اقلیم مهاجرت در گوزن قرمز کاهش خواهد یافت که می‌توان با کاهش کیفیت و مطلوبیت زیستگاهی قابل توجیح باشد. تغییرات آب و هوا به ویژه افزایش دما، زادآوری گوزن قرمز را تحت تاثیر قرار داده است (Tyler *et al.*, 2020; F.Millán *et al.*, 2021) که متناسب با تغییر مطلوبیت زیستگاهی در آینده، مجبور به مهاجرت از مناطقی با مطلوبیت کم به مناطق مطلوب‌تر خواهند شد. گوزن‌های نر نسبت به

نتیجه‌گیری

با ادامه تغییر روند تغییر اقلیم، از مطلوبیت زیستگاهی گوزن قرمز در پایین دست کاسته و به ارتفاعات افزوده خواهد شد زیرا نتایج تحلیل اطلاعات پایگاه‌های هواشناسی نشان می‌دهد شدت تغییرات در پایین دست بیشتر خواهد بود. تغییر اقلیم با تاثیر بر چهار پارامتر دمای متوسط سالانه (AAT)، دمای میانگین روزانه (ADT)، دمای میانگین فصل خشک (ADST) و میانگین دمای گرمترین فصل (ATHS) بیشترین تاثیر را بر تغییر میزان مطلوبیت زیستگاه داشته است. به منظور حفاظت از گوزن قرمز خزری نیاز به بررسی میزان تاثیر تغییر اقلیم بر تمامی زیستگاه‌های طبیعی گوزن قرمز خزری در شمال ایران، برای مدیریت جمعیت‌های باقی مانده در آینده ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به تاثیر تغییر اقلیم بر فنولوژی تولید مثل گوزن قرمز، بررسی زمان زایمان و جفت‌گیری با استفاده از داده‌های آب و هوایی نزدیک ترین پایگاه هواشناسی، می‌تواند مدیران را در برنامه‌های حفاظتی مبتنی بر پیش‌بینی‌های آینده باری کند با توجه به افزوده شدن زیستگاه‌های مطلوب برای حضور گوزن قرمز خزری در جنوب غرب منطقه حفاظت شده البرز مرکزی در آینده، افزایش مرز منطقه حفاظت شده توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود مختصات نقاط حضور گونه مورد مطالعه توسط محیط‌بانان به همراه زمان و تفکیک سن و جنس جمع‌آوری شده تا در طی سال‌های آینده روند تغییرات حضور گونه مورد مطالعه و بازبینی قرار گیرد. شناسایی و احیای کوریدورها و حفاظت از آنها در بخش ولی‌آباد، هریجان و سیاه‌بیشه سبب برقراری ارتباط با زیستگاه‌های مرتفع غربی در جنوب منطقه حفاظت شده چهار باغ خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش شانس بقای گوزن قرمز در مواجهه با تغییرات اقلیمی می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از محیط‌بانان منطقه حفاظت شده البرز

منطقه شده است که جدی‌ترین تهدید برای حفاظت از گوزن قرمز در این بخش از زیستگاه محسوب می‌شود. این قسمت بخش تحقیقاتی دانشگاه تهران است و عدم وجود پاسگاه محیط‌بانی سبب شده تردد افراد و وسایل نقلیه توسط افرادی به غیر از محیط‌بانان کنترل شود. با توجه به تمرکز پستانداران بزرگ جثه در اطراف پاسگاه‌های محیط‌بانی به واسطه حفظ امنیت (Salmanpour *et al.*, 2022) احداث پاسگاه محیط‌بانی در منطقه خیرود و زون کجور ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج بدست آمده از مدلسازی زیستگاهی، نشان می‌دهد که زیستگاه‌های جنگلی متراکم با ارتفاع بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا مطلوبیت نسبی خود را در مواجهه با انواع هر ۴ سناریویی پیش‌بینی شده آب و هوایی حفظ خواهد کرد که تفاوت روند آب و هوایی سال‌های گذشته پایگاه هواشناسی بلده در مقایسه با ایستگاه هواشناسی نوشهر نشان‌دهنده نقش ارتفاع در کاهش تاثیرات تغییر اقلیم است. همین‌طور از نتایج به نظر می‌سد در هر ۴ سناریوی آب و هوایی پیش‌بینی شده، از میزان مطلوبیت کلی زیستگاهی گوزن قرمز در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی کاسته و به مساحت آن افزوده خواهد شد. از این رو می‌توان انتظار داشت با ادامه روند تغییرات آب و هوایی در آینده، گونه در مناطق غیر از پراکندگی خود در گذشته، مشاهده شود. حضور گونه در نقاط غیر قابل انتظار، سبب دشواری در حفاظت و افزایش خطر شکار غیر مجاز را در پی خواهد داشت.

حضور گوزن‌های ماده در بخش‌های مرتفع تر نسبت به نرها، بخصوص در فصل زایمان و شیردهی (Rivrud *et al.*, 2019) و افزایش مطلوبیت در بخش‌های مرتفع منطقه مطالعاتی، انتظار می‌رود که گوزن‌های ماده در بخش‌های نا امن زیستگاه مشاهده شوند. از این رو برای حفاظت از جمعیت گوزن قرمز خزری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی نیاز به اقدامات جدی مدیریتی مبتنی بر تغییرات زیستگاهی در آینده می‌باشد.

مازندران بابت همکاری‌های اداری و صدور مجوزهای مطالعاتی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

پی‌نوشت‌ها

¹International Union for Conservation of Nature

²Average Annual Temperature

³Average Daily Temperature

⁴Average Dry Season Temperature

⁵Average Temperature of the Hottest Season

⁶Annual Rainfall

⁷Precipitation in the Wettest Season

⁸Rain in the Hottest Season

⁹Current

Atwood, T.B., Valentine, S.A., Hammill, E., McCauley, D.J., Madin, E.M., Beard, K.H. and Pearse, W.D., 2020. Herbivores at the highest risk of extinction among mammals, birds, and reptiles. *Science Advances*. 6(32), 58-84.

Beaumont, L.J., Esperón-Rodríguez, M., Nipperess, D.A., Wauchope-Drumm, M. and Baumgartner, J.B., 2019. Incorporating future climate uncertainty into the identification of climate change refugia for threatened species. *Biological Conservation*. 237, 230-237.

Bojarska, K., Kurek, K., Śnieżko, S., Wierzbowska, I., Król, W., Zyśk-Gorczyńska, E., Baś, G., Widera, E. and Okarma, H., 2020. Winter severity and anthropogenic factors affect spatial behaviour of red deer in the Carpathians. *Mammal Research*. 65, 815-823.

Driscoll, D.A., Armenteras, D., Bennett, A.F., Brotons, L. and Clarke, M.F., 2021. and Wevill T., How fire interacts with habitat loss and fragmentation. *Biological Reviews*. 96(3), 976-998.

Faghihi, H., Nezami, B., Shams-Esfandabad, B., Eshaghi, R., Kia Heyrati, M., and Ghomi, S., 2022. The effect of environmental factors on the selection of suitable breeding areas of red deer *cervus elaphus maral* in Mazandaran Province.

مرکزی آقایان مهدی کیا حیرتی، رحمان اسحاقی و سعید قمی و همینطور از جناب آقای مهدی تیزرویان کمال تشکر را دارند که در جمع آوری داده های میدانی همکاری صمیمانه داشتند. نویسندگان از جناب آقای هادی خوشناموند و سرکار خانم زهرا شکوری و سرکار خانم مریم عظیمی که در بخش نرم‌افزاری صمیمانه همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را دارند. همینطور نویسندگان از اداره کل حفاظت محیط زیست استان

منابع

Experimental Animal Biology. 10(3), 53-61.

Farhadinia, M.S., Soofi, M., Rosen, T., Moghadas, P., Hobeali, K., Behnoud, P., Amanov, A., Dieterich, T., Hojamuradov, H., Hudaikuliev, N., Karryeva, S., Kaczensky, P., Mengliev, S., Muhashov, A., Nurmuhambetov, Z., Pestov, M., Potaeva, A., Terentyev, V., Salmanpour, F., Tizrouyan, H., Alinezhad, H., Jafari, B., Ommatmohammadi, M., Rabie, K., Veyisov, A. and Linnell, J., 2022. Status of persian leopards in northern Iran and Central Asia. *CATnews Special*. Issue1. 5, 29-35.

Habibullah, M. S., Din, B. H., Tan, S. H. and Zahid, H., 2022. Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environmental Science and Pollution Research*. 29(1), 1073-1086.

Karimi, S., Hemami, M., Esfahani, M.T. and Baltzinge, C., 2019. Potential and realised endozoochorous dispersal by herbivores and omnivores in a Caspian Forest steppe area. *Environmental Science and Pollution Research*. 29, 1073-1086.

Lovari, S., Lorenzini, R., Masseti, M., Pereladova, O., Carden, R.F., Brook, S.M. and Mattioli, S., 2018. *Cervus elaphus* (errata version published in 2019). The IUCN Red List of Threatened Species.

- Manes, S., Costello, M.J., Beckett, H., Debnath, A., Devenish-Nelson, E., Grey, K.A., Jenkins, R., Khan, T.M., Kiessling, W., Krause, C. and Maharaj, S.S., 2021. Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. *Biological Conservation*. 257.
- Meisingset, E. L., Loe, L. E., Brekkum, Ø., Van Moorter, B. and Mysterud, A., 2013. Red deer habitat selection and movements in relation to roads. *The Journal of wildlife management*. 77(1), 181-191.
- Millán, F., Carranza, M., Seoane, J.M. and Pérez-González, J., 2022. Forage quality of consecutive years interact to affect body condition, reproductive rate and rut phenology in Iberian red deer. *Plos One*. 17(12), 278-367.
- Morecroft, M. D., Duffield, S., Harley, M., Pearce-Higgins, J. W., Stevens, N., Watts, O. and Whitaker, J., 2019. Measuring the success of climate change adaptation and mitigation in terrestrial ecosystems. *Science*. 366(6471), 1329-1355.
- Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., Manafzadeh, S., Asgarpour, Z. and Schneeweiss, G.M., 2019. Endemic diversity and distribution of the Iranian vascular flora across phytogeographical regions, biodiversity hotspots and areas of endemism. *Scientific Reports*. 9(1), 12991.
- Ovaskainen, O., Skorokhodova, S., Yakovleva, M., Sukhov, A., Kutenkov, A., Kutenkova, N., Shcherbakov, A., Meyke, E. and Delgado, M.D.M., 2013. Community-level phenological response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(33), 13434-13439.
- Pacifici, M., Rondinini, C., Rhodes, J.R., Burbidge, A.A., Cristiano, A., Watson, J.E., Woinarski, J.C. and Di Marco, M., 2020. Global correlates of range contractions and expansions in terrestrial mammals. *Nature Communications*. 11(1), 2840.
- Pérez-Barbería, F.J., Hooper, R.J. and Gordon, I.J., 2013. Long-term density-dependent changes in habitat selection in red deer (*Cervus elaphus*). *Oecologia*. 173, 837-847.
- Rivrud, I. M., Meisingset, E. L., Loe, L. E. and Mysterud, A., 2019. Future suitability of habitat in a migratory ungulate under climate change. *Proceedings of the Royal Society*. 286(1899).
- Román-Palacios, C. and Wiens, J. J., 2020. Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 117(8), 4211-4217.
- Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M. and Ghomi, S., 2021. Investigating the factors affecting leopard (*Panthera pardus tulliana*) conflict with domestic livestock compared to other large carnivores in Nowshahr Hyrcanian forests. *Journal of Animal Environment*. 13(2), 1-8.
- Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M., Eshaghi, R., Ghaderi, M., Ghomi, S., Kaveh, R., Rabie, K., Kiabi, B.H. and Farhadinia, M.S., 2023. Mineral lick use by a community of large herbivores in northern Iran. *Ecology and Evolution*. 13(1).
- Salmanpour, M., Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M., Eshaghi, R., Ghaderi, M. and Ghomi, S., 2022. Effects of environmental checkpoints on wildlife species conservation in north-central Alborz protected area. 22nd National and 10th International Congress on Biology. 30th August-1st September, Shahrekord, Iran. pp. 157-158.
- Salvatori, M., Oberosler, V., Augugliaro, C., Krofel, M. and Rovero, F., 2022. Effects of freeranging livestock on occurrence and

interspecific interactions of a mammalian community. *Ecological applications*. 32(7), 1-13.

Shokri, S., Jafari, A., Rabei, K., Hadipour, E., Alinejad, H., Zeppenfeld, T., Soufi, M., Qashqaei, A., Ahmadpour, M., Zehzad, B. and Kiabi, B.H., 2021. Conserving populations at the edge of their geographic range: The endangered Caspian red deer (*Cervus elaphus maral*) across protected areas of Iran. *Biodiversity and Conservation*. 30, 85-105.

Soofi, M., Ghoddousi, A., Zeppenfeld, T., Shokri, S., Soufi, M., Jafari, A., Ahmadpour, M., Qashqaei, A.T., Egli, L., Ghadirian, T. and Chahartaghi, N.R., 2018. Livestock grazing in protected areas and its effects on large mammals in the Hyrcanian forest, Iran. *Biological Conservation*. 217, 377-382.

Soofi, M., Egli, L., Ghoddousi, A., Shokri, S., Soufi, M., Rabei, K. and Hosseini, M., 2017. The populations status and distribution of Caspian red deer (*maral*) *Cervus elaphus maral* in Iran. *DSG Newsletter*. 29, 1-28.

Sutherland, W. J., 2006. *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge university press.

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. and Araújo, M.B., 2009. BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions.

Tilman, D., Clark, M., Williams, D.R., Kimmel, K., Polasky, S. and Packer, C., 2017. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*. 546(7656), 73-81.

Trew, B. T. and Maclean, I.M., 2021. Vulnerability of global biodiversity hotspots to climate change. *Global Ecology and Biogeography*. 30(4), 768-783.

Tyler, N.J., Gregorini, P., Parker, K.L. and Hazlerigg, D.G., 2020. Animal responses to

environmental variation: physiological mechanisms in ecological models of performance in deer (*Cervidae*). *Animal Production Science*. 60(10), 1248-1270.

Varasteh Moradi, H., Sadizadeh, T. and Soofi, M., 2019. Occupancy Modeling of Red Deer in Hyrcanian Forests (case Study: Golestan National Park). *Environmental Researches*. 9(18), 189-200.

Verma, A. K., 2021. Influence of climate change on balanced ecosystem, biodiversity and sustainable development: An overview. *International Journal of Biological Innovations*.

Weiskopf, S.R., Rubenstein, M.A., Crozier, L.G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J.E., Hyde, K.J., Morelli, T.L., Morisette, J.T., Muñoz, R.C. and Pershing, A.J., 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*. 733, 137782.

Yousefi, M., Kafash, A., Valizadegan, N., Ilanloo, S.S., Rajabizadeh, M., Malekoutikhah, S., Yousefkhani, S.S.H. and Ashrafi, S., 2019. Climate change is a major problem for biodiversity conservation: A systematic review of recent studies in Iran. *Contemporary Problems of Ecology*. 12, 394-403.





Environmental Sciences Vol.20 / No.4 / Winter 2023

229-242

Original Article

The effect of climate change on the distribution of Caspian red deer (*Cervus elaphus maral*) in Central Alborz Protected Area

Farid Salmanpour,¹ Faraham Ahmadzadeh,^{1*} Bahram Kiabi² and Romina Sayahnia³

¹ Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Department of Animal Sciences and Marine Biology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2022.12.28 Accepted: 2023.2.13

Salmanpour, F., Ahmadzadeh, F., Kiabi, B. and Sayahnia, R. 2023. The effect of climate change on the distribution of Caspian red deer (*Cervus elaphus maral*) in Central Alborz Protected Area. Environmental Sciences. 20(4): 229-242.

Introduction: Climate change along with human development created additional pressure on ecosystems, so in many cases it has caused a decrease in biodiversity. Global climate change continues as a global crisis. Climate change does not affect all habitats and species equally. Rather, large species are more affected by climate change and habitat change and are more vulnerable than other species. Also, studies show that the countries of the Middle East have been severely affected by the effects of climate change. Large herbivores, especially red deer (*Cervus elaphus*), are not only affected by habitat changes resulting from climate change, but also the increase in temperature has reduced the survival rate of calves and impaired reproduction. The Caspian red deer in Iran has lost a lot of its population under the influence of habitat destruction and illegal hunting, and today the remaining population tolerate additional pressure from climate change. Central Alborz Protected Area is considered as a main breeding habitat of Caspian red deer, which is affected by human development and climate change today.

Material and methods: In this study, in order to investigate the impact of climate change on the red deer population, temperature and precipitation data of two meteorological stations, Nowshahr in the lower

* Corresponding Author: *Email Address.* f_ahmadzade@sbu.ac.ir

<http://dx.doi.org/10.52547/envs.2023.1260>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.4.16.1>

elevations, and Baladeh in the southern elevations, were used. Also, presence and non-presence points of the species were collected random transects direct observation, as well as pictures of camera traps.

Results and discussion: Using 19 climate parameters to evaluate habitat suitability in the future, it revealed that continuation of the climate change process in four optimistic to pessimistic scenarios using five MaxEnt, RF, ANN, GLM, MARS algorithms, the suitability of low altitude areas in the sectors of north and east will be reduced, and will be increased towards to highlands in southwest. The results showed that the parameters of average annual temperature, average daily temperature, average temperature of the dry season, average temperature of the hottest season, annual rainfall, rainfall in the wettest season, and rainfall in the hottest season have an effective role in determination of the habitat suitability of the species. The results of the climate data showed that the altitude plays an effective role in reducing the effects of climate change, so that the climate change in the downstream areas has a significant intensity compared to the high areas. According to the change of habitat suitability resulting from the continuation of the climate change, Kojoor forest zone shows the relative stability of desirability for the studied species in the present and future, but the Kheyroud forest road with a total length of more than 50 km is located in the depth of this area, where the traffic of vehicles of herders, ecotourists and especially illegal hunters have facilitated access to this habitat, which is the most main threat to survival of red deer in this habitat.

Conclusion: With the continuation of climate change and its effects on the habitat in the future, it is expected that female deers will be observed in unsafe parts of the habitat. Therefore, for conservation of the Caspian red deer population in the central Alborz Protected Area, robust management measures are needed based on created habitat changes in the future.

Keywords: Habitat modeling, Mazandaran province, Temperature, Precipitation, Weather station, Altitude.