

**ORIGINAL ARTICLE**

## Habitat suitability modeling of Persian leopard (*Panthera pardus*) in Lorestan province, Iran

Mohammad Reza Ashrafzadeh<sup>1\*</sup>, Ali Asghar Naghipour<sup>1</sup>, Alireza Mohammadi<sup>2</sup>, Maryam Haidarian<sup>3</sup>, Hadi Khoshnamvand<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

<sup>2</sup> Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

<sup>3</sup> Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

<sup>4</sup> Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

**Correspondence**

Mohammad Reza Ashrafzadeh  
Email: [mrashrafzadeh@sku.ac.ir](mailto:mrashrafzadeh@sku.ac.ir)

**How to cite**

Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Mohammadi, A., Haidarian, M. & Khoshnamvand, H. (2023). Habitat suitability modeling of Persian leopard (*Panthera pardus*) in Lorestan province, Iran. *Experimental Animal Biology*, 12(4), 95-108.

**ABSTRACT**

Lorestan province, as a predominantly mountainous region, covers important part of critical habitats of Persian leopard (*Panthera pardus*) in west of Iran. However, there is little information on geographical distribution of the leopard in this province. This study aims to identify suitable habitats of the Persian leopard in Lorestan province, using an ensemble model consisting of seven species distribution models. The ensemble model identified 6,185 km<sup>2</sup> (21.85%) of the study area as suitable habitat for the Persian leopard. Distance to conservation areas (30%), distance to village (29%), distance to farmlands (11%), annual precipitation (8%) and distance to forest (7%) made the highest contribution to the model performance. About 49% of the identified suitable habitat covered by conservation areas. Establishing more conservation areas in suitable habitats and re-evaluation of the network of conservation areas are crucial strategies to conserve endangered populations of the leopard. Many large carnivores, due to their large home ranges, depend on habitat patches outside protected areas and corridors between them. Thus, conserving the habitat patches and connectivity between them are crucial. Monitoring and surveillance of habitats, using effective conservation strategies, and promoting local community involvement are other important issues.

**KEYWORDS**

Ensemble modeling, Persian leopard, Protected areas, Species distribution modeling, Zagros.

نشریه علمی

## زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

# مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) در استان لرستان

محمد رضا اشرف‌زاده<sup>۱\*</sup>، علی اصغر نقی‌پور<sup>۱</sup>، علیرضا محمدی<sup>۲</sup>، مریم حیدریان<sup>۳</sup>، هادی خوشناموند<sup>۴</sup>

### چکیده

استان لرستان، به‌عنوان یک منطقه عمدتاً کوهستانی، بخش مهمی از گستره پراکنش پلنگ را در غرب کشور در خود جای داده است. با این وجود، اطلاعات چندانی از پراکنش جغرافیایی پلنگ در این استان در دسترس نیست. هدف از پژوهش حاضر، تعیین زیستگاه‌های مطلوب پلنگ ایرانی با استفاده از یک رویکرد تلفیقی حاصل از هفت الگوریتم مختلف در سطح استان لرستان است. براساس نتایج، در حدود ۶۱۸۵/۴۱ کیلومتر مربع (۲۱/۸۵ درصد) از ناحیه محدوده به‌عنوان زیستگاه مطلوب پلنگ شناسایی شد. فاصله از مناطق حفاظت‌شده (۳۰ درصد)، فاصله از روستا (۲۹ درصد)، فاصله از زمین‌های کشاورزی (۱۱ درصد)، مجموع بارندگی سالانه (۸ درصد) و فاصله از جنگل (۷ درصد) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای موثر بر انتخاب زیستگاه پلنگ شناسایی شدند. در حدود ۴۹ درصد از گستره زیستگاه‌های مناسب توسط شبکه مناطق حفاظت‌شده پوشش داده شده است. تأسیس مناطق حفاظت‌شده و تکمیل شبکه حفاظتی به‌ویژه در زیستگاه‌های مطلوب از مهم‌ترین راهبردها در حفاظت از جمعیت‌های در خطر پلنگ‌ها هستند. گوشتخواران بزرگ، به‌دلیل گستره خانگی بزرگ، عمدتاً به لکه‌های زیستگاهی خارج از مناطق حفاظت‌شده و ارتباط بین این زیستگاه‌ها وابسته هستند. بنابراین، حفاظت از لکه‌های زیستگاهی و ارتباط بین آنها ضروری است. پایش و نظارت زیستگاه‌ها، استفاده از رویکردهای حفاظتی کارآمد و تقویت مشارکت جوامع محلی، از دیگر مسائل مهم هستند.

### واژه‌های کلیدی

پلنگ ایرانی، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، زاگرس، مدل‌سازی تلفیقی، مناطق حفاظت‌شده.

<sup>۱</sup> گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.  
<sup>۲</sup> گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.  
<sup>۳</sup> گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.  
<sup>۴</sup> گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

محمد رضا اشرف‌زاده

رایانامه: [mrashrafzadeh@sku.ac.ir](mailto:mrashrafzadeh@sku.ac.ir)

استناد به این مقاله:

اشرف‌زاده، محمد رضا، نقی‌پور، علی اصغر، محمدی، علیرضا، حیدریان، مریم و خوشناموند، هادی (۱۴۰۲). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) در استان لرستان. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۱(۴)، ۹۵-۱۰۸.

<https://eab.journals.pnu.ac.ir/>

## مقدمه

گوشتخواران بزرگ‌جثه عموماً به‌عنوان گونه‌های چتر و کلیدی در اکوسیستم‌ها شناخته می‌شوند که از اهمیت زیستی و بوم‌شناختی بالایی برخوردارند (Crooks, 2002; Shepherd *et al.*, 2014). به‌عبارتی، با حفاظت از گوشتخواران بزرگ‌جثه، دیگر گونه‌های ساکن زیستگاه (یعنی گوشتخواران کوچک‌جثه، مهره‌داران، بی‌مهرگان و گیاهان) نیز حفاظت خواهند شد (Beier *et al.*, 2008; Sampson, 2013). بنابراین، کاهش در اندازه جمعیت و انقراض این گونه‌ها می‌تواند سبب تغییرات اساسی در ساختار اکوسیستم و فرایندهای بوم‌شناختی و جوامع زیستی وابسته شود (Crooks, 2002; Estes *et al.*, 2011).

افزایش روزافزون جمعیت انسان و توسعه در داخل و پیرامون زیستگاه‌های طبیعی منجر به افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی، تجاوز به زیستگاه‌های حیات‌وحش و در نتیجه تخریب یا کاهش کیفیت زیستگاه‌ها شده است (Madhusudan & Karanth, 2002; Woodroffe, 2000). براساس بررسی‌ها، جمعیت‌های کوچک و کم‌تراکم، عدم ارتباط بین جمعیت‌ها و تعارض با انسان از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده زیستایی گوشتخواران بزرگ‌جثه به‌شمار می‌روند که این گونه‌ها را در تهدید انقراض محلی قرار می‌دهند (Mohammadi *et al.*, 2021). تخریب و تغییر ساختار زیستگاه، از مهم‌ترین تهدیدهای بقای گربه‌سانان بزرگ در سطح جهان است (Mazzolli *et al.*, 2002; Kaboodvandpour *et al.*, 2021). انسان با تغییر کاربری در زیستگاه‌های گربه‌سانان بزرگ‌جثه از جمله پلنگ، سبب ناامن شدن زیستگاه برای حیوان شده که نتیجه آن جستجوی غذا در خارج از زیستگاه‌های طبیعی و شدت گرفتن تعارض این گوشتخواران و جوامع محلی می‌شود (Kumar & Chauhan, 2015; Kumar *et al.*, 2011).

پلنگ (*Panthera pardus*) در زیرخانواده Pantherinae قرار گرفته است که دارای هشت زیرگونه در جهان است (Jacobson *et al.*, 2016). اگرچه پلنگ در تنوعی از شرایط آب و هوایی از مناطق مرطوب جنگلی تا بیابان‌های خشک و در ارتفاعات حضور دارد، معمولاً مناطق کوهستانی و جنگلی را برای زندگی ترجیح می‌دهد. در غرب آسیا، زیرگونه پلنگ ایرانی با نام علمی *P. p. saxicolor* حضور دارد که از افغانستان و پاکستان تا ایران، قفقاز، ترکیه و عراق پراکنده است. ایران به‌عنوان یکی از مراکز مهم زیستی در گستره اصلی پراکنش پلنگ در سطح جهان شناخته می‌شود و دربرگیرنده بخش عمده‌ای از جمعیت باقی‌مانده زیرگونه پلنگ ایرانی

است. در ایران، زیستگاه پلنگ عمدتاً با دو رشته کوه اصلی البرز و زاگرس که هم‌مرز با بیابان‌ها و کویرهای کشور واقع شده‌اند هم‌پوشی داشته و در هر جا که طعمه مناسب از قبیل گراز، کل و بز و قوچ و میش وجود دارد (Sanei & Zakaria, 2011; Khorozyan *et al.*, 2018)، یافت می‌شود. پلنگ جزو گونه‌های شب‌فعال است، اما در صورتی که منطقه سکونت آن امنیت و آرامش لازم را داشته باشد در روز نیز قابل مشاهده است (Kiabi *et al.*, 2002). اندازه جمعیت زیرگونه ایرانی پلنگ ۱۳۰۰ فرد در جهان برآورد شده است که گمان می‌رود بین ۵۰۰ تا ۸۵۰ فرد آن در ایران حضور داشته باشد (Kiabi *et al.*, 2002). پلنگ در طبقه آسیب‌پذیر (VU) فهرست سرخ IUCN (Stein *et al.*, 2020) و در ضمیمه یک کنوانسیون سائیس (CITES, 2014) طبقه‌بندی شده است. اگرچه زیرگونه پلنگ ایرانی در فهرست قرمز IUCN (Khorozyan, 2016) به‌عنوان یک گونه در معرض خطر انقراض طبقه‌بندی شده است، اما در ارزیابی‌های اخیر به‌دلیل داده‌های متناقض و کمبود اطلاعات وضعیت حفاظتی آن به‌درستی مشخص نشده است (Stein *et al.*, 2020). میانگین قلمرو برای پلنگ در زیستگاه‌های مناسب با تراکم طعمه مناسب در پارک ملی تندوره در حدود ۱۰۳ کیلومتر مربع برای نرهای ساکن برآورد شده است. در مورد نرهای غیرساکن، وسعت قلمرو تا ۲۲۷۰ کیلومتر مربع برآورد شده است. در منطقه حفاظت شده بافق، وسعت قلمرو برای یک پلنگ بیش از ۶۰۰ کیلومتر مربع برآورد شده است (Farhadinia & Mohammadi Moqanaki, 2018).

تجزیه و تخریب زیستگاه، کاهش طعمه و تعارض با دام از مهم‌ترین عواملی هستند که منجر به کاهش جمعیت پلنگ‌ها در سراسر گستره جغرافیایی‌شان شده‌اند (Ray *et al.*, 2005; Hunter *et al.*, 2013). تبدیل زیستگاه‌های جنگلی و علفزارها به زمین‌های کشاورزی، دامداری و توسعه سکونتگاه‌های انسانی و شهری به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش گستره جغرافیایی پلنگ‌ها شده‌اند (Athreya *et al.*, 2011). شکار تروفه (Balme *et al.*, 2010) و شکار پلنگ‌ها به‌منظور تجارت پوست‌شان (Datta *et al.*, 2008) از دیگر عوامل تهدید پلنگ‌ها به‌شمار می‌روند که می‌توانند اثرات قابل توجهی بر جمعیت‌های محلی این گونه داشته باشند. توانایی پلنگ‌ها برای زندگی در زیستگاه‌های با حضور گسترده انسان و تغذیه از طیف متنوعی از منابع غذایی تا حدودی به بقای این گونه در مناطق مختلف کمک نموده است. با این وجود، روندهای اخیر نشان می‌دهند که تهدیدهای کنونی به‌طور اساسی جمعیت‌های پلنگ را در سراسر غرب و مرکز

مطلوب پلنگ ایرانی با استفاده از یک رویکردی تلفیقی حاصل از الگوریتم‌های مختلف در سطح استان لرستان است.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، استان لرستان، با مساحتی در حدود ۳۸۳۰۶ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران (در حدود ۱/۸ درصد از مساحت کشور) به‌عنوان محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شده است (شکل ۱). لرستان سرزمینی کوهستانی است. پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و مرتفع‌ترین قله استان اشترانکوه با ارتفاع ۴۱۵۰ متر در میان رشته‌کوه زاگرس قرار دارد. میانگین ارتفاع در این استان بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است. استان لرستان با بارش میانگین سالانه ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر پس از استان‌های گیلان و مازندران سومین استان از نظر بارندگی در کشور است. بیشینه دمای ثبت‌شده ۴۷/۴ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای مطلق ثبت شده ۳۵- درجه سانتی‌گراد است. اختلاف ثبت‌شده در شهرهای استان لرستان بین بیشینه و کمینه مطلق دما بیش از ۸۰ درجه سانتی‌گراد است. حدود ۱ میلیون و ۲۰۰ هزار هکتار از مساحت استان لرستان پوشیده از جنگل است. در این استان، تاکنون بیش از ۱۸۰۰ گونه گیاهی شناسایی شده که بسیاری از آنها بومی و اندمیک استان هستند. تاکنون بیش از ۳۹۸ گونه مهره‌دار در استان، شامل ۳۹ گونه ماهی، ۶ گونه دوزیست، ۲۴۰ گونه پرنده، ۶۱ گونه خزنده و ۵۲ گونه پستاندار گزارش شده است. در حال حاضر، وسعت کل مناطق چهارگانه استان لرستان در حدود ۱۷۷۶۱۹/۲۷ هکتار و وسعت کل مناطق شکار ممنوع استان در حدود ۲۴۵۳۹۸ هکتار است.

### نقاط حضور

گردآوری موقعیت‌های حضور به‌منظور تهیه نقشه پراکنش و شناسایی زیستگاه‌های مناسب پلنگ برپایه بازدیدهای میدانی گسترده در فصول مختلف سال در سراسر استان، بررسی نمایه‌ها و آثار موجود، استفاده از تجهیزاتی مانند دوربین تله‌ای، دریافت نظرات کارشناسان و محیط‌بانان با تجربه اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان و مصاحبه با جوامع محلی استوار است. بنابراین، تنها اطلاعات و داده‌های قابل اطمینان در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. در مجموع، تعداد ۷۷ نقطه حضور برای پلنگ در سراسر استان گردآوری شد. برای کاهش خودهمبستگی مکانی داده‌های

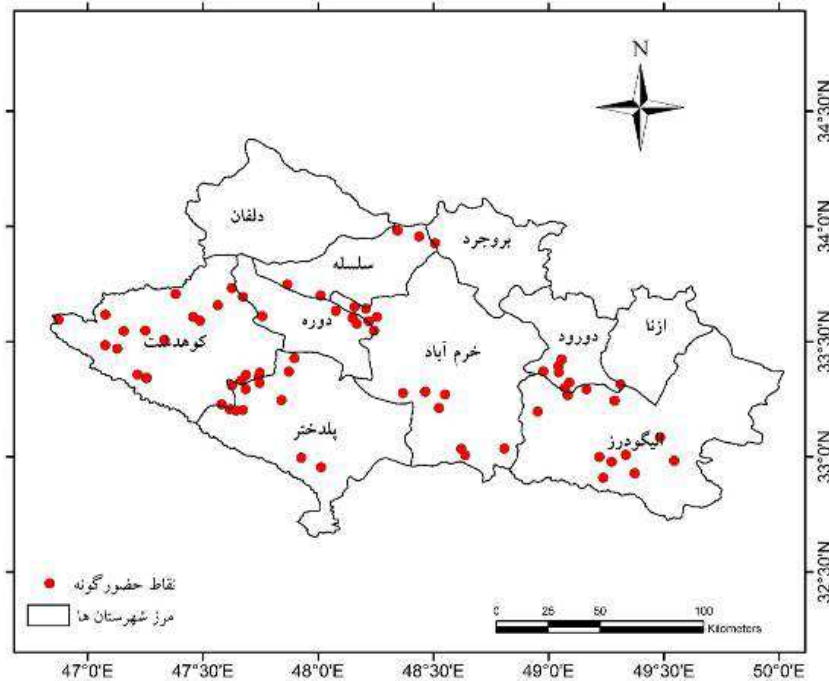
آفریقا، جنوب غرب و جنوب شرق آسیا و چین کاهش داده‌اند (Stein et al., 2020).

براساس پژوهش‌ها، مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان زیستگاه اصلی حیات وحش اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های مدیریت و حفاظتی دارند. این موضوع از آن جنبه دارای اهمیت است که براساس گزارش‌های موجود، در اوراسیا، جمعیت‌های بسیاری از گونه‌های شاخص به‌ندرت در خارج از مناطق حفاظت‌شده مشاهده می‌شوند (Ashrafzadeh et al., Shepherd et al., 2014). با این وجود، تعداد اندکی از مناطق حفاظت‌شده دارای اندازه‌های به نسبت کافی برای نگهداری از جمعیت‌های زیستگاهی گربه‌سانان بزرگ هستند (Breitenmoser et al., 2005). بنابراین، توانایی نگهداری طولانی‌مدت از جمعیت‌های زیستگاهی مناطق حفاظت‌شده یکی از پرسش‌های کلیدی است که نیازمند پژوهش‌های بیشتر است.

تعیین پراکنش گونه‌های حیات وحش و همچنین زیستگاه‌هایی که دارای ارزش حفاظتی هستند در رسیدن به اهدافی از قبیل ایجاد شبکه مناطق حفاظت‌شده، بررسی کارایی شبکه مناطق حفاظت‌شده، اولویت‌بندی مناطق حفاظت‌شده و بهینه‌سازی منابع موجود برای حفاظت، تعیین نقاط داغ تنوع زیستی برای پایش و مدیریت موثر و کارآمد از تنوع زیستی، ارزیابی اثرات توسعه و همچنین اجرای پروژه‌های احیا و بازسازی زیستگاه‌ها و مناطق حفاظت‌شده بسیار ضروری است. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه (Guisan & Zimmermann, 2000) به‌طور گسترده برای پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب حیات وحش، به‌ویژه گونه‌های شب‌فعال مانند گوشت‌خواران بزرگ‌جثه، استفاده شده‌اند (Beier et al., 2007). تاکنون، پژوهش‌های متعددی در زمینه مدل‌سازی زیستگاه پلنگ ایرانی به انجام رسیده است (از جمله Khosravi et al., 2018; Farhadinia et al., 2015; Khosravi et al., 2019; Ashrafzadeh et al., 2018; Ashrafzadeh et al., 2020; Hosseini et al., 2019; Kaboodvandpour et al., Khosravi et al., 2021). استان لرستان، باتوجه به شرایط زیستگاهی، بخش مهمی از گستره زیستگاهی پلنگ را در غرب کشور در خود جای داده است. این استان از نظر برقراری ارتباط زیستگاهی و جریان ژنی بین جمعیت‌های پلنگ ایرانی ساکن زاگرس مرکزی و زاگرس شمالی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. با این وجود، اطلاعات چندانی از وضعیت زیستی و پراکنش این گونه در استان لرستان در دسترس نیست. هدف از پژوهش حاضر، تعیین زیستگاه‌های

2015؛ Ashrafzadeh *et al.*, 2019) تنها یک نقطه در تحلیل‌ها استفاده شد. در نهایت، تعداد ۷۱ نقطه در تحلیل‌های مرتبط با مدل‌سازی زیستگاه‌های مناسب پلنگ در استان استفاده شدند.

حضور، از بین نقاط در شعاع کمتر از ۲/۵ کیلومتر (منطبق بر میانگین فاصله بیشینه پیموده‌شده توسط پلنگ ایرانی یعنی پنج کیلومتر) (Farhadinia *et al.*, Ghoddousi *et al.*, 2010)؛



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط حضور پلنگ در استان لرستان

فاصله تا زمین‌های کشاورزی، فاصله تا جنگل به‌کار گرفته شد. پوشش سرزمین به‌دلیل اینکه با منابع غذایی، پوشش حرارتی و امنیتی و مزاحمت‌های انسانی در ارتباط است، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای محیط زیستی شناخته می‌شود. نقشه انحراف معیار ارتفاع همه سلول‌های رستری (Topographic roughness)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای موثر بر ناهمگونی توپوگرافی، استفاده شد. به‌منظور کمی‌سازی اثرات انسان بر بوم‌سامانه‌ها، از مدل ردپای انسان استفاده شد (Sanderson *et al.*, 2002). این مدل با استفاده از اطلاعات مربوط به تراکم جمعیت، دسترسی‌پذیری انسان، تغییر کاربری سرزمین و وجود زیرساخت‌هایی مانند جاده‌ها، به‌دست آمده است. نقشه‌های فاصله از مرتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده، فاصله از روستا، فاصله از رودخانه و فاصله از مناطق حفاظت‌شده با ابزار فاصله اقلیدسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 تهیه شد. تمامی لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی یکسان‌سازی شدند. پیش از اجرای مدل‌سازی، برای

### متغیرهای محیطی

به‌منظور شناسایی متغیرهای محیطی مهم و تاثیرگذار بر انتخاب زیستگاه پلنگ، پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفتند (Breitenmoser *et al.*, 2010؛ Ghoddousi *et al.*, 2010؛ Khorozyan *et al.*, 2015؛ Khorozyan *et al.*, 2010؛ Sanei *et al.*, 2016؛ Farhadinia *et al.*, 2015؛ Kaboodvandpour *et al.*، Ashrafzadeh *et al.*, 2019). در این پژوهش، از متغیرهای اقلیمی، پوشش/ کاربری سرزمین، توپوگرافی و متغیرهای انسانی به‌منظور شناسایی زیستگاه‌های مطلوب استفاده شد. برای بررسی اثر متغیرهای اقلیمی، تنها از چهار متغیر اصلی میانگین درجه حرارت سالانه (Bio<sub>1</sub>)، تغییرات فصلی دما (Bio<sub>4</sub>)، مجموع بارش سالانه (Bio<sub>12</sub>) و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال (Bio<sub>17</sub>) استفاده شد. متغیرهای اقلیمی از پایگاه [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) و با دقت ۳۰ ثانیه (تقریباً یک کیلومتر مربع) استخراج شدند. نقشه پوشش/ کاربری سرزمین، تهیه‌شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، به‌منظور استخراج نقشه‌های فاصله تا مرتع،

براساس رویکرد تلفیقی، در حدود ۲۱/۸۵ درصد (۶۱۸۵/۴۱) کیلومتر مربع) از محدوده استان لرستان به‌عنوان زیستگاه مطلوب (با احتمال حضور بیشتر از ۰/۶) پلنگ شناسایی شد. کل محدوده منطقه مورد مطالعه از نظر کیفیت زیستگاهی به چهار طبقه شامل زیستگاه نامناسب (احتمال حضور کمتر از ۰/۱)، زیستگاه با مطلوبیت کم (احتمال حضور ۰/۱ تا ۰/۴)، زیستگاه با مطلوبیت متوسط (احتمال حضور ۰/۴ تا ۰/۶) و زیستگاه با مطلوبیت زیاد (احتمال حضور بیشتر از ۰/۶) تفکیک شد (جدول ۲ و شکل ۴). در این پژوهش، نقاط حضور پلنگ از ارتفاع حدود ۶۳۷ متر از سطح دریا تا ۳۵۶۹ متر ثبت شده است. براساس تحلیل‌ها، زیستگاه‌های مطلوب (با آستانه  $< 0/6$ ) از حدود ۱۰۶۷ متر تا حدود ۳۹۳۱ متر شناسایی شد.

### مهم‌ترین متغیرهای زیستگاهی

براساس تحلیل‌ها، متغیرهای فاصله از مناطق حفاظت‌شده (۳۰ درصد)، فاصله از روستا (۲۹ درصد)، فاصله از زمین‌های کشاورزی (۱۱ درصد)، مجموع بارندگی سالانه (۸ درصد) و فاصله از جنگل (۷ درصد) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای موثر بر انتخاب زیستگاه پلنگ در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند (جدول ۳). بر این اساس، پلنگ‌ها عمدتاً مناطق کوهستانی و جنگلی را ترجیح می‌دهند. از سوی دیگر، مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان مناطق دربرگیرنده آخرین بقایای جمعیت‌های سم‌داران وحشی در کشور مورد توجه هستند. بنابراین، مناطق حضور سم‌داران وحشی از مناسب‌ترین زیستگاه‌های پلنگ در استان به‌شمار می‌روند.

در شکل ۵ منحنی‌های پاسخ پلنگ در برابر متغیرهای محیطی مختلف ارائه شده است. مناطق حضور پلنگ با متغیرهای مجموع بارندگی سالانه، فاصله از روستا، فاصله از جاده و فاصله از زمین‌های کشاورزی ارتباط مستقیم نشان دادند. بنابراین، مناطق پیرامونی روستاها از جمله مراتع دارای جمعیت‌های دام اهلی از مناطق مهم برای حضور پلنگ به‌شمار نمی‌رود. این موضوع از آن جنبه دارای اهمیت است که مناطق حضور دام اهلی احتمالاً به‌عنوان زیستگاه مناسب پلنگ شناخته نمی‌شود، چراکه دام اهلی، باتوجه به مراقبت توسط انسان، به‌عنوان یک طعمه راحت برای گوشتخواران شناخته نمی‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد در صورت وجود جمعیت‌های مناسب از طعمه‌های وحشی گوشتخواران، احتمال حمله گوشتخواران به دام اهلی کاهش خواهد یافت (Farhadinia et al., 2014).

بررسی هم‌خطی ( $> 0/7$ ) بین متغیرهای محیطی و انسانی مختلف از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در مجموع، ۱۳ متغیر شامل مجموع بارندگی سالانه، درجه حرارت سالانه، تغییرات فصلی دما، مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال، ناهمواری، ردپای انسان، فاصله از مرتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده، فاصله از روستا، فاصله از رودخانه و فاصله از مناطق حفاظت‌شده در مدل‌سازی استفاده شدند.

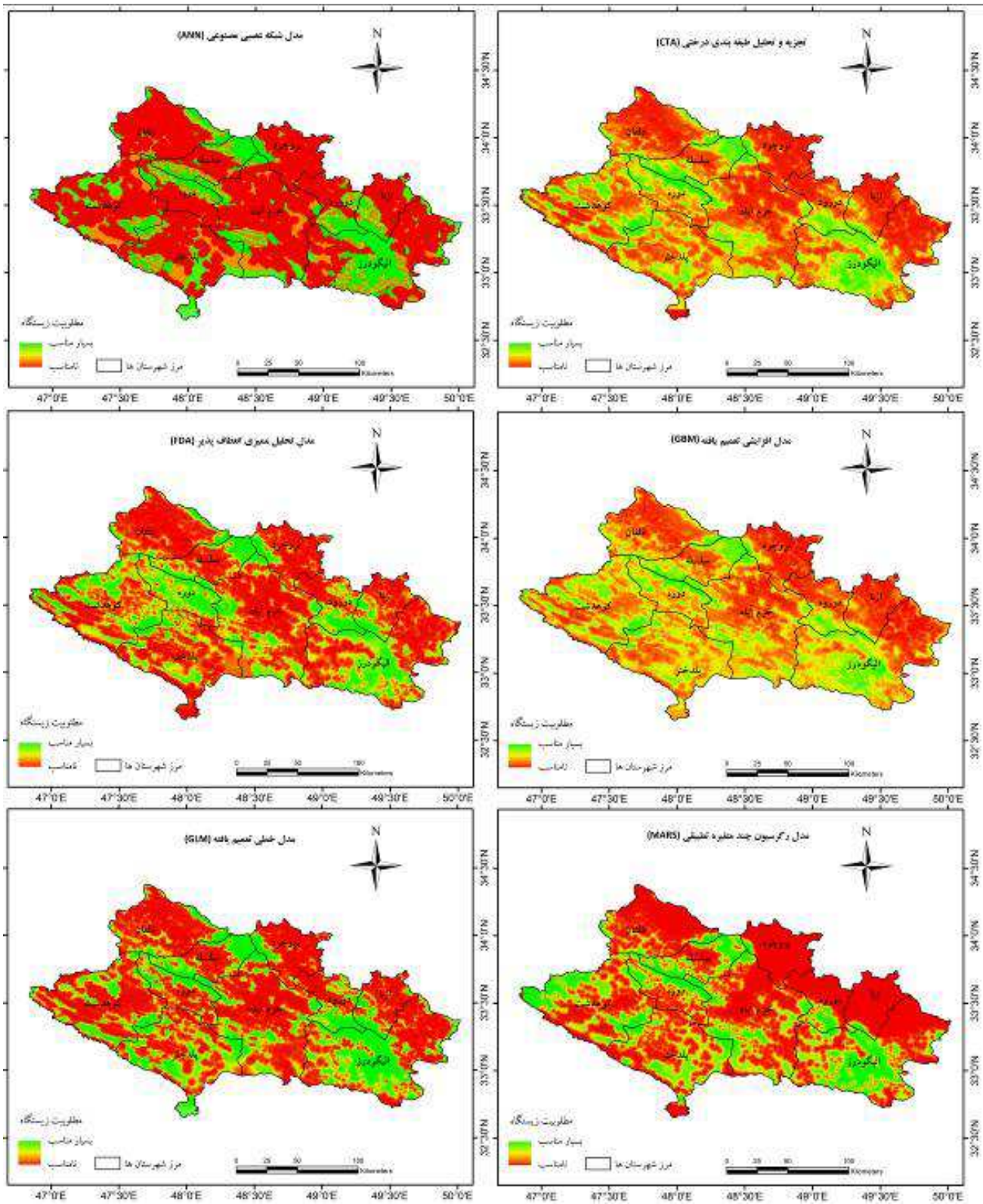
### مدل‌سازی زیستگاه

در راستای پیش‌بینی پراکنش زیستگاه‌های مطلوب پلنگ در استان لرستان از بسته نرم‌افزاری Biomod2 (Thuiller et al., 2009) در محیط R (نسخه 3.1.2) (R Development Core Team, 2014) استفاده شد. از مدل‌های تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر (FDA)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، روش تعمیمی تقویت‌شده (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)، جنگل تصادفی (RF)، رگرسیون چندمتغیره تطبیقی (MARS) و تحلیل طبقه‌بندی درختی (CTA) برای برآورد زیستگاه‌های مطلوب استفاده شد. به‌دلیل اینکه تمامی مدل‌های مورد استفاده به داده‌های زمینه‌ای (مانند نقاط عدم حضور کاذب) نیاز دارند، به‌طور تصادفی تعداد ۷۱ نقطه زمینه‌ای (برابر با تعداد نقاط حضور) در گستره مورد مطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. برای واسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شدند. از معیار ناحیه زیر منحنی (AUC) و آماره TSS برای ارزیابی مدل‌ها استفاده شد (Allouche et al., 2006). سطح اهمیت متغیرهای مختلف در مدل‌های پراکنش گونه برآورد شد. برای برآورد هم‌پوشی زیستگاه‌های مطلوب با مناطق حفاظت‌شده، نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه با شبکه مناطق حفاظتی استان روی هم‌گذاری شدند.

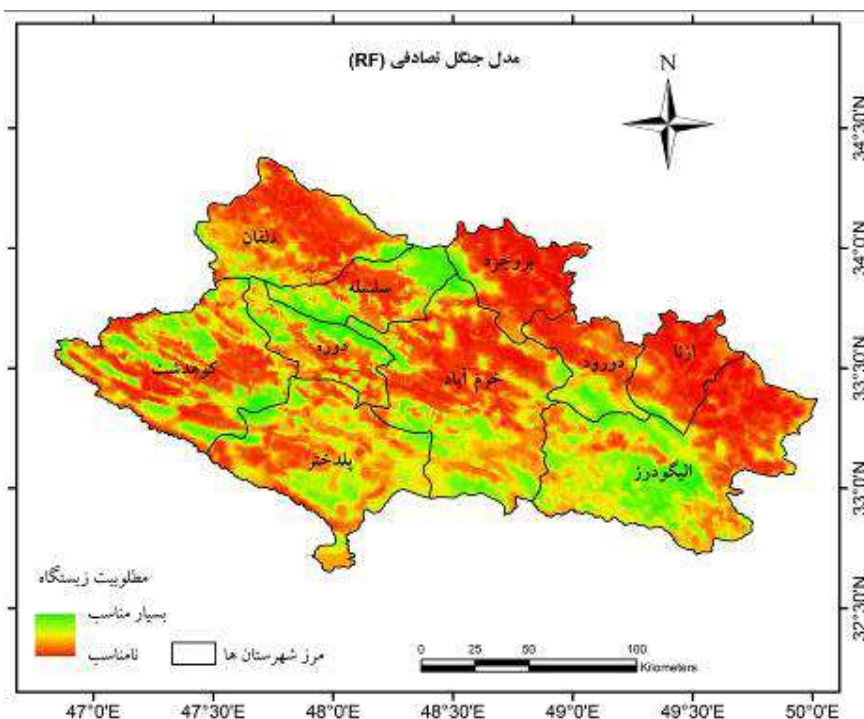
### نتایج

#### زیستگاه‌های مطلوب

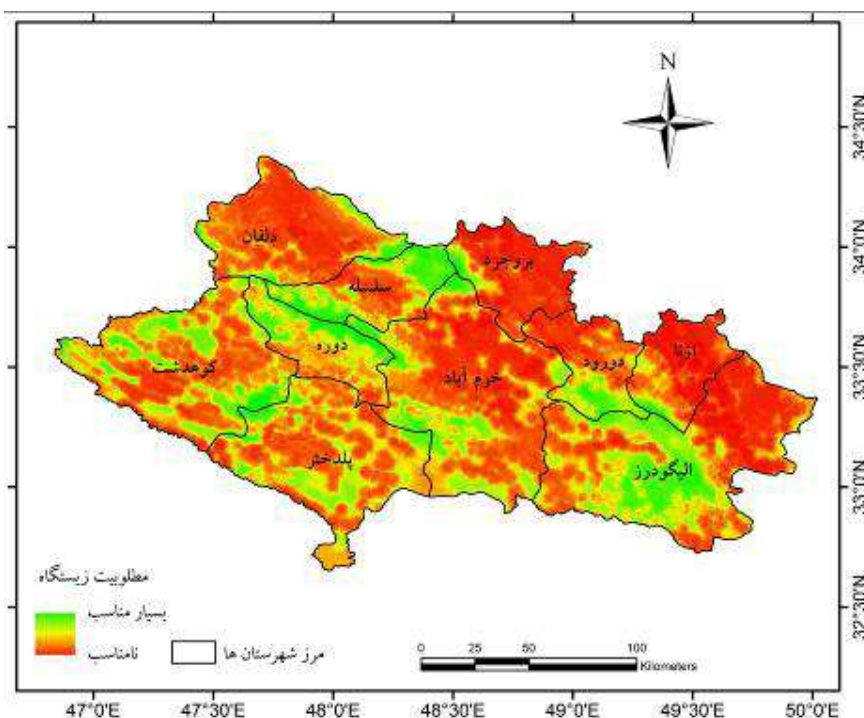
براساس یافته‌ها، ارزش‌های معیار AUC ( $> 0/9$ ) برای همه مدل‌ها در سطح عالی ارزیابی شدند. همچنین، مدل‌ها براساس TSS ( $> 0/68$ ) در رتبه خوب تا عالی قرار گرفتند (جدول ۱). شکل‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب زیستگاه‌های مطلوب پلنگ را با استفاده از مدل‌های مختلف و رویکرد مدل تلفیقی نشان می‌دهند.



شکل ۲. زیستگاه‌های مناسب پلنگ ایرانی در استان لرستان براساس مدل‌های مختلف



ادامه شکل ۲



شکل ۳. زیستگاه‌های مناسب پلنگ ایرانی در استان لرستان براساس یک رویکرد تلفیقی حاصل از هفت مدل مختلف

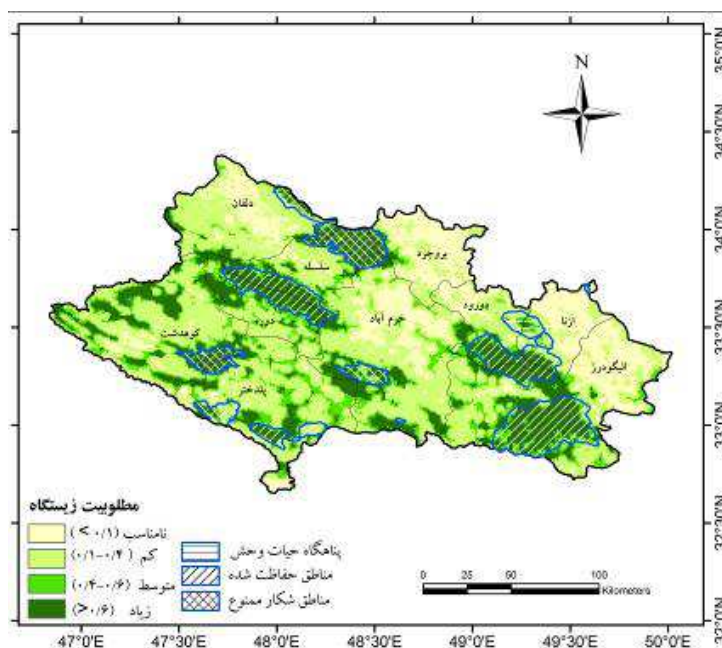
جدول ۱. برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و TSS در الگوریتم‌های مختلف اجرا شده

CTA	GBM	ANN	FDA	GLM	RF	MARS	معیار
۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۳	۱	۰/۹۷	AUC
۰/۸۳	۰/۹۸	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۷۶	۱	۰/۸۶	TSS



جدول ۲. طبقه‌بندی محدوده مورد مطالعه براساس آستانه‌های کیفیت زیستگاه برای پلنگ

ردیف	میزان مطلوبیت	احتمال حضور گونه	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱	نامناسب	$< 0/1$	۵۷۳۹/۶۹	۲۰/۲۸
۲	کم	$0/1 - 0/4$	۱۲۵۳۵	۴۴/۲۸
۳	متوسط	$0/4 - 0/6$	۳۸۴۵/۹۰	۱۳/۵۹
۴	زیاد	$> 0/6$	۶۱۸۵/۴۱	۲۱/۸۵



شکل ۴. تقسیم محدوده مورد مطالعه از نظر کیفیت زیستگاهی به چهار طبقه شامل زیستگاه نامناسب تا زیستگاه‌های با مطلوبیت زیاد. الگوهای مختلف نشان‌دهنده میزان هم‌پوشی زیستگاه‌های مطلوب پلنگ ایرانی با شبکه مناطق حفاظت‌شده هستند.

اهمیت نسبی	متغیرهای محیطی
۳/۹۹	درجه حرارت سالیانه
۳/۱۷	فاصله تا جاده
۲/۲۶	ناهمواری
۱/۸۹	ردپای انسان
۱/۱۴	تغییرات فصلی دما
۰/۴۳	فاصله تا مرتع
۰/۱۴	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال
۰/۰۴	فاصله تا رودخانه

### اهمیت مناطق حفاظت‌شده

یافته‌ها نشان دادند که در حدود ۴۹ درصد (۳۰۳۰/۸۵) کیلومتر مربع) از گستره زیستگاه‌های مناسب (با آستانه بیش از ۰/۶) پلنگ در استان لرستان توسط مناطق حفاظت‌شده و شکار ممنوع پوشش داده شده است (شکل ۴). بر این اساس، زیستگاه‌های مطلوب بالقوه پلنگ در تمامی مناطق حفاظت‌شده استان قابل مشاهده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر تاکید دارند که اغلب زیستگاه‌های مطلوب پلنگ در استان لرستان، در مناطق مرتفع کوهستانی واقع شده‌اند، زیرا این مناطق فراهم‌کننده شرایط امن زیستگاهی و تعارض کمتر با فعالیت‌های انسانی هستند. از طرف دیگر، مناطق با ارتفاع بالا رقابت‌های غذایی کمتر و فضای بیشتری را برای گونه فراهم

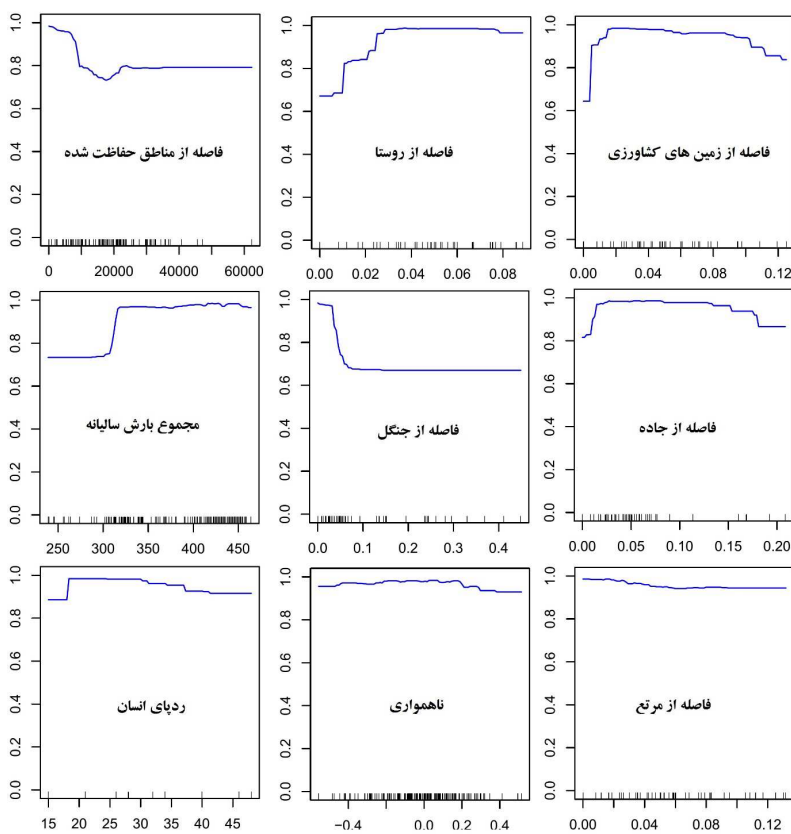
جدول ۳. متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی زیستگاه پلنگ و اهمیت نسبی آنها

اهمیت نسبی	متغیرهای محیطی
۳۰/۶۱	فاصله از مناطق حفاظت‌شده
۲۹/۱۶	فاصله تا روستا
۱۱/۵۰	فاصله تا زمین‌های کشاورزی
۸/۶۶	مجموع بارندگی سالانه
۷/۰۲	فاصله تا جنگل

مانند پلنگ برای تأمین منابع غذایی وابستگی زیادی به سم‌داران وحشی ساکن در مناطق حفاظت شده دارند. نتایج این مطالعه با یافته‌های Kaboodvandpour و همکاران (۲۰۲۱) هم‌راستا بود. بالاترین آمار مشاهده و گزارش‌ها از حضور پلنگ در مناطق مرکزی، غرب، جنوب و شرق استان است. در این میان، منطقه حفاظت شده سفیدکوه خرم‌آباد، منطقه حفاظت شده اشترانکوه، منطقه حفاظت شده قالیکوه، منطقه شکارممنوع هشتادپهلو و منطقه شکارممنوع گنجینه سرکن و باباحیب از مهم‌ترین زیستگاه‌های پلنگ در استان به‌شمار می‌روند. منطقه شکارممنوع گرین در شمال استان نیز از دیگر مناطق حضور پلنگ در استان است. بر این اساس، از بین رفتن جمعیت‌های سم‌داران وحشی ساکن مناطق حفاظت شده می‌تواند تشدید تعارض بین پلنگ و جوامع محلی را در پی داشته باشد و ادامه حیات پلنگ را با چالش‌های جدی روبرو نماید. به‌عنوان مثال نتایج Ghoddousi و همکاران (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که استفاده از زیستگاه پلنگ با دسترس بودن طعمه افزایش پیدا می‌کند و در مناطقی که تراکم طعمه پایین است (خارج از مناطق حفاظت شده) احتمال ریسک حمله پلنگ به دام و افزایش تعارض بین پلنگ و جوامع بومی وجود دارد. همچنین، نتایج نشان دادند که امکان مشاهده این گونه در سراسر گستره‌های جنگلی - کوهستانی استان وجود دارد.

می‌آورد. این نتایج با پژوهش‌های Erfanian و همکاران (۲۰۱۳)، Swanepoel و همکاران (۲۰۱۳) هم‌راستا هستند. نتایج مطالعه محققین دیگر نشان می‌دهد که پلنگ مناطق مرتفع کوهستانی را بیشتر ترجیح می‌دهد. به‌عنوان مثال، نتایج مطالعه Khosravi و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان داد که پلنگ در مناطق مرکزی ایران بیشتر مناطق مرتفع را انتخاب می‌کند، زیرا این مناطق طعمه بیشتری دارد و همچنین آشفستگی انسانی در این مناطق کمتر است.

نتایج نشان دادند که متغیر فاصله تا مناطق حفاظت شده با حدود ۳۱ درصد مشارکت در مدل، به‌عنوان یکی مهم‌ترین متغیرهای موثر بر انتخاب زیستگاه در مطلوبیت و پراکنش زیستگاهی پلنگ در استان لرستان می‌باشد. در تمامی مدل‌های انفرادی نیز متغیر فاصله تا مناطق حفاظت شده به‌عنوان یک متغیر کلیدی مهم شناسایی شده است. در واقع، در این مناطق به‌دلیل وجود برنامه‌های حفاظتی فعال که توسط نیروی انسانی در چهارچوب قانون صورت می‌گیرد، سبب افزایش جمعیت‌های قابل توجهی از جانوران از جمله سم‌داران که عمده منبع غذایی برای گونه پلنگ می‌باشد، شده است. بنابراین، شواهد نیز نشان می‌دهند که جمعیت‌های سم‌داران وحشی عمدتاً در مناطق آزاد کشور از بین رفته است و به مناطق حفاظت شده محدود شده‌اند (Bashari & Hemami, 2013) و گوشتخواران بزرگ‌جثه



شکل ۵. منحنی‌های پاسخ پلنگ ایرانی در برابر متغیرهای محیطی مورد استفاده در این پژوهش

زیستگاهی پلنگ در استان لرستان نقش مهمی در برقراری ارتباط ژنتیکی بین جمعیت‌های پلنگ ایرانی ساکن زاگرس مرکزی و زاگرس شمالی دارد، بنابراین تضمین بقای جمعیت‌های این گونه در زیستگاه‌های طبیعی استان و همچنین نگهداری از به هم پیوستگی لکه‌های زیستگاهی اصلی پلنگ در این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.

براساس پژوهش‌ها و تجربیات موجود، تأسیس مناطق حفاظت‌شده و تکمیل شبکه حفاظتی به‌ویژه در مناطق مطلوب شناسایی شده از عوامل مهم در حفاظت از جمعیت پلنگ‌ها به‌شمار می‌روند. از طرف دیگر، گوشتخواران بزرگ به‌دلیل گستره خانگی بزرگ و نیازهای غذایی گسترده نمی‌توانند فقط در مناطق حفاظت‌شده باقی بمانند و به‌شدت به زیستگاه‌های خارج از مناطق حفاظت‌شده وابسته هستند. مطالعه Ghoddousi و همکاران، ۲۰۲۰ نشان داد که بسیاری از مناطق حفاظت‌شده به اندازه کافی بزرگ نیستند تا زیستگاه مناسبی برای جمعیت گوشتخواران فراهم کنند. به همین دلیل، شناسایی کریدورها و لکه‌های زیستگاهی به‌ویژه آنهایی که در خارج از شبکه مناطق حفاظت‌شده استان هستند امری ضروری است. استفاده از رویکردهای حفاظتی کارآمد در داخل و خارج از مناطق حفاظت‌شده، دستورالعمل‌های مدیریتی روشن و قدرتمند، بهره‌گیری از توانمندی جوامع پیرامونی، پایش، مدل‌سازی و ارزیابی وضعیت موجود و تأسیس کریدورها بین زیستگاه‌های مناسب (Almasieh et al., 2022; Petracca, 2010) از دیگر موارد مهم در راستای حفاظت از جمعیت‌های پلنگ هستند.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد و اداره کل حفاظت محیط زیست استان لرستان طی قرارداد پژوهشی شماره ۹۸/۲۶-۱/۴۹۷۳ مورخ ۹۸/۱۲/۱۱ به انجام رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری ارزشمند اداره کل حفاظت محیط زیست استان لرستان در برگزاری بازدیدها و نمونه‌برداری‌های میدانی سپاسگزاری نمایند.

یافته‌های این پژوهش نشان دادند عواملی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با فعالیت‌های انسانی هستند از قبیل: فاصله تا روستا، فاصله تا زمین‌های کشاورزی، فاصله تا جاده و ردپای انسان روی هم رفته با درصد اهمیت نسبی حدود ۴۶ درصد، از دیگر عوامل مهم در پراکنش و مطلوبیت زیستگاهی برای گونه پلنگ در استان لرستان است. در واقع شناخت این عوامل و فعالیت‌ها، از آن جهت دارای اهمیت است که پلنگ وابستگی زیستگاهی به ناهمواری‌ها و زیستگاه‌های طبیعی که عاری از سیمای سرزمینی با بیشترین فعالیت‌های انسانی است، دارد. یافته‌های این مطالعه با نتایج Farhadinia و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که احتمال حضور پلنگ با افزایش تراکم فعالیت‌های انسانی (جاده، زمین‌های کشاورزی و ردپای انسانی) کاهش پیدا خواهد کرد. حضور و فعالیت‌های گسترده انسان از جمله شکار غیرقانونی (مهم‌ترین عامل از بین رفتن حیات وحش در استان)، احداث و بهره‌برداری از جاده‌ها، سدسازی، توسعه سکونتگاه‌های انسانی، ورود دام اهلی و سگ‌های نگهبان به داخل زیستگاه‌های اصلی پلنگ از مهم‌ترین عواملی هستند که امکان حضور و ارتباط بین جمعیت‌های پلنگ را در سطح استان با چالش‌های گسترده‌ای مواجه ساخته‌اند.

دیگر نتایج مربوط به عوامل طبیعی از جمله: مجموع بارندگی سالانه، درجه حرارت سالیانه، تغییرات فصلی دما و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال با مجموع حدود ۱۴ درصد سهم مهمی در وضعیت پراکنش و مطلوبیت زیستگاه برای گونه پلنگ در استان لرستان داشتند. عوامل اقلیمی از جمله دما و بارندگی ارتباط مستقیمی با رویش و افزایش غنای گونه‌های گیاهان دارد. با افزایش تراکم پوشش گیاهی، فراوانی زیستمدان منطقه از جمله سم‌دارانی مانند قوچ و میش، کل و بز و گراز که جزو اصلی‌ترین منبع غذایی برای گونه پلنگ هستند، افزایش می‌یابد. به همین دلیل نیز حضور پلنگ افزایش پیدا خواهد کرد. به‌عنوان مثال، مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که تراکم پوشش گیاهی نقش مهمی در حضور پلنگ دارد. از نظر اقلیم نیز مطالعات نشان داده‌اند که پلنگ در مناطقی حضور دارد که نوسان دما کم خواهد بود (Farhadinia et al., 2015; Mohammadi et al., 2022).

به هر حال، شناخت عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ به‌عنوان یک ابزار مفید در مدیریت و حفاظت از زیستگاه‌های باقی‌مانده در استان لرستان، می‌تواند مدیران حفاظت را در مدیریت موثر این گونه یاری رساند و از آنجایی که گستره

## References

- Allouche, O.; Tsoar, A.; Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*; 43(6): 1223-1232.
- Almasieh, K.; Mohammadi, A.; Alvandi, R. (2022). Identifying core habitats and corridors of a near threatened carnivore, striped hyaena (*Hyaena hyaena*) in southwestern Iran. *Scientific Reports*; 12(1):1-11.
- Ashrafzadeh, M.R.; Naghipour, A.A.; Haidarian, M.; Khorozyan, I. (2018). Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. *Mammal Research*; 64: 39–51.
- Ashrafzadeh, M.R.; Naghipour, A.A.; Haidarian, M.; Kusza, S.; Pilliod, D.S. (2019). Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. *Global Ecology and Conservation*; 19: p.e00637.
- Ashrafzadeh, M.R.; Khosravi, R.; Adibi, M.A.; Taktehrani, A.; Wan, H.Y.; Cushman, S.A. (2020). A multi-scale, multi-species approach for assessing the effectiveness of habitat and connectivity conservation for endangered felids. *Biological Conservation*; 245: 108523.
- Athreya, V.; Odden, M.; Linnell, J.D.C.; Karanth, U. (2011). Translocation as a tool for mitigating conflict with leopards in human-dominated landscapes of India. *Conservation Biology*; 25: 133-141.
- Balme, G.A.; Slotow, R.; Hunter, L.T.B. (2010). Edge effects and the impact of non-protected areas in carnivore conservation: leopards in the Phinda-Mkhuze Complex, South Africa. *Animal Conservation*; 13(3): 315-323.
- Bashari, H.; Hemami, M-R. (2013). A predictive diagnostic model for wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability in Iran. *Journal for Nature Conservation*; 21(5): 319-325.
- Beier, P.; Majka, D.; Jenness, J. (2007). Conceptual steps for designing wildlife corridors. <https://www.corri.dordec.org/>. Accessed 10 June 2019
- Beier, P.; Majka, D.; Spencer, W.D. (2008). Forks in the road: Choices in procedures for designing wildland linkages. *Conservation Biology*; 22(4): 836–851.
- Breitenmoser, U.; Angst, C.; Landry, J.M.; Breitenmoser-Wu"Rsten, C.; Linnell, J.D.C.; Weber, J.M. (2005). Non-lethal techniques for reducing depredation. In *People and Wildlife, Conflict or Coexistence?* (eds R. Woodroffe, S. Thirgood and A. Rabinowitz), pp.49–71. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Breitenmoser, U.; Shavgulidze, I.; Askerov, E.; Khorozyan, I.; Farhadinia, M.S.; Can, E.; Bilgin, C.; Zazanashvili, N. (2010). Leopard conservation in the Caucasus. *Cat News*; 53: 39–40.
- Crooks, K.R. (2002). Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology*; 16: 488–502.
- Datta, A.; Anand, M. O.; Naniwadekar, R. (2008). Empty forests: Large carnivore and prey abundance in Namdapha National Park, north-east India. *Biological Conservation*; 141(5): 1429–1435.
- Erfanian, B.; Mirkarimi, S.H.; Mahini, A.S.; Rezaei, H.R. (2013). A presence-only habitat suitability model for Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Golestan National Park, Iran. *Wildlife Biology*; 19( 2): 170-178.
- Estes, J.A.; Terborgh, J.; Brashares, J.S.; Power, M.E.; Berger, J.; Bond, W.J.; Carpenter, S.R.; Essington, T.E.; Holt, R.D.; Jackson, J.B.C.; Marquis, R.J.; Oksanen, L.; Oksanen, T.; Paine, R.T.; Pickett, E.K.; Ripple, W.J.; Sandin, S.A.; Scheffer, M.; Schoener, T.W.; ... Wardle, D.A. (2011). Trophic downgrading of planet earth. *Science*; 333: 301–307.
- Farhadinia, M.S.; Moqanaki, E.M.; Hosseini-Zavarei, F. (2014). Predator–prey relationships in a middle Asian Montane steppe: Persian leopard versus urial wild sheep in Northeastern Iran. *European Journal of Wildlife Research*; 60(2): pp.341-349.
- 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.
- Farhadinia, M.S.; Mohammadi Moqanaki, E. (2018). A guide to managing the conflict between human- large carnivores. Iranian Department of Environment.
- Ghoddousi, A.; Hamidi, A.K.; Ghadirian, T.; Ashayeri, D.; Khorozyan, I. (2010). The status of the endangered Persian leopard *Panthera pardus saxicolor* in Bamu National Park, Iran. *Oryx*; 44: 551–557.
- Ghoddousi, A.; Bleyhl, B.; Sichau, C.; Ashayeri, D.; Moghadas, P.; Sepahvand, P.; ... Kuemmerle, T. (2020). Mapping connectivity and conflict risk to identify safe corridors for the Persian leopard. *Landscape Ecology*; 35(8): 1809-1825.
- Guisan, A.; Zimmermann, N.E. (2000). Predictive

- habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*; 135: 147–186.
- Hosseini, M; Farashi, A; Khani, A; Farhadinia, M.S. (2019). Landscape connectivity for mammalian megafauna along the Iran-Turkmenistan-Afghanistan borderland. *Journal for Nature Conservation*; 52: 125735.
- Hunter, L.T.B. (2013). *Panthera pardus*. In: J. Kingdon, M. Hoffmann (eds), *Mammals of Africa. Volume V: Carnivora, Pangolins, Equids and Rhinoceroses*, pp. 159-168. Bloomsbury Publishing, London.
- Jacobson, A.P; Gerngross, P; Lemeris Jr, J.R; Schoonover, R.F; Anco, C; Breitenmoser-Würsten, C; Durant, S.M; Farhadinia, M.S; Henschel, P; Kamler, J.F; Laguardia, A. (2016). Leopard (*Panthera pardus*) status, distribution, and the research efforts across its range. *PeerJ*; 4: p.e1974.
- Kaboodvandpour, S; Almasieh, K; Zamani, N. (2021). Habitat suitability and connectivity implications for the conservation of the Persian leopard along the Iran–Iraq border. *Ecology and Evolution*; 11: 13464–13474.
- Khorozyan, I.G; Malkhasyan, A.G; Asmaryan, S.G; Abramov, A.V. (2010). Using geographical mapping and occupancy modeling to study the distribution of the critically endangered leopard (*Panthera pardus*) population in Armenia. In: Cushman SA, Huettmann F (eds) *Spatial complexity, informatics, and wildlife conservation*. Springer, Tokyo: 331–347.
- Khorozyan, I; Soofi, M; Hamidi, A.K; Ghoddousi, A; Waltert, M. (2015). Dissatisfaction with veterinary services is associated with leopard (*Panthera pardus*) predation on domestic animals. *PLoS One*; 10: e0129221
- Khorozyan, I. (2016). *Panthera pardus* ssp. *saxicolor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016, e.T15961A96947473. Accessed 12 September 2020.
- Khorozyan, I; Ghoddousi, S; Soufi, M; Soofi, M; Waltert, M. (2018). Cattle selectivity by leopards suggests ways to mitigate human–leopard conflict. *Ecology and Evolution*; 8: 8011–8018.
- Khosravi, R; Hemami, M. R; Cushman, S.A. (2018). Multispecies assessment of core areas and connectivity of desert carnivores in central Iran. *Diversity and Distributions*; 24(2): 193–207.
- Khosravi, R; Hemami, M.-R; Cushman, S.A. (2019). Multi-scale niche modeling of three sympatric felids of conservation importance in central Iran. *Landscape Ecology*; 34: 2451–2467.
- Khosravi, R; Hemami, M.-R; Malakoutikhah, S; Ashrafzadeh, M.R; Cushman, S.A. (2021). Prey availability modulates predicted range contraction of two large felids in response to changing climate. *Biological Conservation*; 255: 109018.
- Kiabi, B.H; Dareshouri, B.F; Ghaemi, R.A; Jahanshahi, M. (2002). Population status of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Iran. *Zoology in the Middle East*; 26(1): 41–47.
- Kumar, D; Chauhan, N.P.S. (2011). Human–leopard conflict in Mandi district, Himachal Pradesh. In: India 8th conference proceeding of the European vertebrate pest management conference: 180–181.
- Kumar, P; Chandel, S; Kumar, V. (2015). Leopard–Human Conflict Led Casualties and Conservation Awareness Campaign in Shivalik Hills of Northern India. Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: *Biological Sciences*; 87: 893.
- Madhusudan, M.D. and Karanth, K.U. (2002). Local hunting and the conservation of large mammals in India. *Ambio*: 49-54.
- Mazzolli, M; Graipel, M.E; Dunstone, N. (2002). Mountain lion depredation in southern Brazil. *Biological Conservation*; 105(1): 43-51.
- Mohammadi, A; Almasieh, K; Nayeri, D; Ataei, F; Khani, A; López-Bao, J. V; Penteriani, V; Cushman, S. A. (2021). Identifying priority core habitats and corridors for effective conservation of brown bears in Iran. *Scientific Reports*; 11: 1044.
- Mohammadi, A; Almasieh, K; Nayeri, D; Adibi, M.A; Wan, H. Y. (2022). Comparison of habitat suitability and connectivity modelling for three carnivores of conservation concern in an Iranian montane landscape. *Landscape Ecology*; 37(2): 411-430.
- Petracca, L.S. (2010). Use of site occupancy modeling to delineate a jaguar corridor in southern Belize. Masters project submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment of Duke University.
- R Development Core Team. (2014). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ray, J.C; Hunter, L; Zigouris, J. (2005). *Setting conservation and research priorities for larger African carnivores*. Wildlife Conservation Society, New York, USA.
- Sampson, A.M. (2013). A habitat suitability

- analysis for cougar (*Puma concolor*) in Minnesota. MSc Thesis. University of Minnesota.
- Sanei, A; Zakaria, M. (2011). Distribution pattern of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Iran. *Asia Life Sciences* 7 (Supplement): 7-18.
- Swanepoel, L.H; Lindsey, P; Somers, M.J; Hoven, M; Dalerum, F. (2013). Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. *Animal Conservation*; 16(1): 41-50.
- Sanderson, E.W; Jaiteh, M; Levy, M.A; Redford, K.H; Wannebo, A.V; Woolmer, G. (2002). The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience*; 52(10): pp.891-904.
- Sanei, A; Mousavi, M; Kiabi, B.H; Masoud, M.R; Mardi, E.G; Mohamadi, H; Shakiba, M; Zehi, A.B; Teimouri, M; Raeesi, T. (2016). Status assessment of the Persian leopard in Iran. *Cat News*; 10: 43-50.
- Shepherd, S.M; Mills, A; Shoff, W.H. (2014). Human attacks by large felid carnivores in captivity and in the wild. *Wilderness and Environmental Medicine*; 25(2): 220-230.
- Stein, A.B; Athreya, V; Gerngross, P; Balme, G; Henschel, P; Karanth, U; Miquelle, D; Rostro-Garcia, S; Kamler, J.F; Laguardia, A; Khorozyan, I; Ghoddousi, A. (2020). *Panthera pardus* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T15954A163991139. Accessed 12 September 2020.
- Thuiller, W; Lafourcade, B; Engler, R; Araújo, M.B. (2009). BIOMOD—a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*; 32(3): 369-373.
- Woodroffe, R. (2000). May. Predators and people: using human densities to interpret declines of large carnivores. In *Animal conservation forum* (Vol. 3, No. 2, pp. 165-173). Cambridge University Press.