

ارزیابی مطلوبیت و ارتباط زیستگاهی پلنگ ایرانی در مجموعه حفاظت شده دنا

محمد توکلی^۱، محسن احمدی^{۲*}، منصوره ملکیان^۳ و علیرضا محمدی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۷)

چکیده

تخریب زیستگاه، کاهش طعمه و تعارضات با انسان مهمترین عوامل تهدید پلنگ ایرانی هستند. حفاظت بلند مدت این گونه نیازمند آگاهی از الگوی پراکنش و کریدورهای زیستگاهی گونه است. پژوهش حاضر با هدف بررسی مطلوبیت و ارزیابی کریدورهای پلنگ ایرانی در مجموعه حفاظتی دنا و مناطق پیرامونی به عنوان یکی از زیستگاه‌های اصلی پلنگ ایرانی در ایران انجام شد. مدلسازی مطلوبیت زیستگاه بر اساس ترکیب پنج مدل در یک مدل اجماعی و بر اساس بسته Biomod2 در نرم‌افزار R انجام گرفت. از نقشه مطلوبیت زیستگاه برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی مطلوب و مدلسازی کریدورهای بین آنها بر اساس رویکرد تئوری مدار الکتریکی استفاده شد. تمامی مدل‌ها از عملکرد مناسبی برای شناسایی زیستگاه‌های مطلوب برخوردار بودند. متغیرهای حضور طعمه، فاصله از کاربری مسکونی، تراکم کاربری جنگل، ارتفاع و فاصله از جاده به ترتیب بیشترین تاثیر را بر پراکنش پلنگ داشتند. ۸/۱۶ درصد از منطقه مطالعاتی دارای مطلوبیت بالا برای پلنگ بوده و این میزان در مناطق تحت حفاظت ۲۰/۹ درصد می‌باشد. ارزیابی کریدورها حاکی از وجود جریان قوی درون مناطق تحت حفاظت بوده اما در مناطق پیرامونی جریان ضعیف‌تر است. بر این اساس، ارتقای سطح حفاظتی خصوصا در مناطق پیرامونی در حفاظت بلند مدت گونه در منطقه ضروری است.

واژه‌های کلیدی: پلنگ ایرانی، مدلسازی مطلوبیت زیستگاه، ارزیابی کریدور، زیستگاه‌های هسته

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. استادیار، گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳. دانشیار، گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۴. دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mahmadi@iut.ac.ir

مقدمه

با وجود کاهش اخیر از نظر تعداد و محدوده پراکنش، پلنگ ایرانی (*Panthera pardus tulliana*) به عنوان فراوان‌ترین گربه سان بزرگ و یک گونه پرچم، زیرگونه‌ای از پلنگ است که در بخش‌های وسیعی از چشم‌اندازهای کوهستانی ایران، آناتولی، قفقاز و آسیای مرکزی حضور دارد (۸). مرز جنوبی محدوده پراکنش پلنگ ایرانی خلیج فارس و دریای عمان بوده و مرز شمالی آن جنوب ترکمنستان و قسمت‌های جنوبی ازبکستان و تاجیکستان است (۱۴). از محدوده پراکنش تاریخی ذکر شده امروزه تنها ۲۷ درصد توسط پلنگ ایرانی اشغال شده است؛ بزرگترین جمعیت این زیرگونه در ایران (۸۰ درصد جمعیت) و پس از آن در ترکمنستان زیست می‌کند (۱۵ و ۳۰). پلنگ ایرانی به عنوان بزرگترین زیرگونه پلنگ، یکی از شکارچیان اصلی طعمه‌های بزرگ جثه در ایران محسوب می‌شود و از جایگاه ویژه‌ای در مدیریت و حفاظت حیات‌وحش برخوردار است (۲۹ و ۳۳). تهدیدات انسانی مهمترین تهدیدات پلنگ ایرانی را شکل می‌دهند و دلایل کاهش جمعیت این گونه همانند سایر گوشتخواران، تغییر سیمای سرزمین و به‌ویژه تخریب و تکه تکه شدن زیستگاه، چرای دام، تعارض با دام، کشتار غیرقانونی اغلب ناشی از تعارضات انسان-گوشتخوار، تلفات جاده‌ای و کاهش طعمه هستند (۸، ۲۵ و ۳۰). همگی این عوامل موجب شده‌اند که پلنگ در لیست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (International Union for Conservation of Nature, IUCN) در رده در معرض خطر انقراض (Endangered) قرار گیرد (۱۶). از بین تمام گونه‌های گربه‌سان، پلنگ بعد از یوزپلنگ ایرانی دارای وسیع‌ترین گستره خانگی می‌باشد (۲۸). در ایران همپوشانی کمی بین کریدورهای پیش‌بینی شده گوشتخواران دارای اهمیت حفاظتی و مناطق حفاظت شده وجود دارد؛ برای پلنگ ایرانی میزان این همپوشانی ۲۱/۷۱ درصد است و متأسفانه بیشتر کریدورهای پیش‌بینی شده بارها توسط جاده قطع شده‌اند (۲۵). حداقل ۸۹ درصد زیستگاه‌های هسته پلنگ ایرانی حفاظت نشده‌اند و تنها ۱۱ درصد سطح زیستگاه‌های هسته در حال حاضر

تحت حفاظت هستند و این میزان برای کریدورهای پلنگ تنها ۶ درصد می‌باشد (۸ و ۱۵). از همین رو حفظ پیوستگی زیستگاه‌های هسته درون مناطق با زیستگاه‌های دارای مطلوبیت خارج از مناطق و بین مناطق تحت حفاظت در بقای پلنگ ایرانی از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۲). در صورت عدم ارتباط زیستگاه‌های هسته و از بین رفتن کریدورها احتمالاً مطلوبیت زیستگاه این گونه کاهش می‌یابد و یا اینکه گونه مجبور به حرکت از میان جاده‌ها، اراضی کشاورزی و غیره خواهد بود که منجر به وقوع تعارضات میان این گونه و انسان خواهد شد (۲۸). طبق مطالعات انجام شده در ایران ۵ زیستگاه کلیدی برای پلنگ ایرانی وجود دارد که دور از هم بوده و طول متوسط کریدورها برای این گونه ۳۹۷ کیلومتر می‌باشد که توسط ۳۶ مانع احاطه شده است (۲۵). یکی از این زیستگاه‌های کلیدی مجموعه حفاظتی دنا شامل پارک ملی دنا و مناطق حفاظت شده دنا شرقی و غربی است که مهمترین زیستگاه زادآور این گونه در جنوب‌غرب محدوده پراکنش آن است (۱۵). به دلیل تنوع زیاد چشم‌اندازهای طبیعی منطقه، وجود کوهستان دنا و پراکنش جنگل‌های غنی بلوط در منطقه، تنوع گونه‌ای منحصر بفری در منطقه دنا شکل گرفته که شامل مجموعه متنوعی از جوامع بوم شناختی است. سابقه حفاظتی نسبتاً طولانی در منطقه نیز سبب جذب و حمایت از تنوع قابل توجهی از گونه‌های هدف حفاظتی شامل گوشتخواران بزرگ جثه مانند خرس قهوه‌ای و پلنگ ایرانی و نیز علفخوارانی مانند کل و بز در این منطقه شده است. با این وجود توسعه انسانی و تغییر کاربری اراضی خصوصاً توسعه کشاورزی و باغات در حاشیه و داخل مرز این منطقه و نیز حضور خارج از ظرفیت دام در منطقه منجر به افزایش خطر تعارضات این گونه با جوامع محلی شده است (۳). همچنین توسعه شبکه جاده‌ای در مرز منطقه جریان زیستگاهی و امکان جابجایی این گونه بین مناطق زیستگاهی منطقه را با تهدیدات غیر قابل اجتنابی مواجه نموده است (۳۷).

اتصال زیستگاه برای حفاظت طولانی مدت از گونه‌ها ضروری است و در حفظ فرایندهای ژنتیکی و جمعیت شناختی

زیست کره در ایران می باشد. مجموعه حفاظت شده دنا دارای ۱۲۰۱ گونه گیاهی (۱۶/۱) درصد گونه های گیاهی کشور شامل گونه های اندمیکی که تعداد آن از گونه های اندمیک ۴۵ کشور جهان بیشتر می باشد)، ۸۵ گونه پرنده، ۲۰ گونه آبی، ۳۹ گونه دوزیست و خزنده و ۲۵ گونه پستاندار می باشد (۲۱). پارک ملی دنا از جمله زیستگاه های مهم پلنگ ایرانی می باشد که به دلیل تغییرات کاربری اراضی در سال های گذشته، تعارضات انسان و پلنگ نیز در آن رو به افزایش بوده است (۳۷). اقلیم دنا مرطوب سرد و نیمه مرطوب سرد است. متوسط رطوبت نسبی منطقه ۶۷/۴ درصد می باشد که بیشترین مقدار آن در دی ماه و کمترین مقدار آن متعلق به ماه مرداد می باشد. رژیم بارش در دنا بصورت مدیترانه ای است که در آن زمستان های سرد و تابستان های گرم و خشک دیده می شوند. دنا دومین مرکز غنی بومزادی رشته کوه زاگرس و چهارمین مرکز غنی بومزادی ایران به حساب می آید (۲۶).

جمع آوری داده های حضور گونه

به منظور مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ در محدوده مورد مطالعه، نقاط حضور پلنگ طی ۱ سال (۱۴۰۳) فعالیت میدانی مستقیم جمع آوری شدند. نقاط حضور پلنگ در پارک ملی و منطقه حفاظت شده دنا از طریق مشاهده مستقیم (مشاهده مستقیم توسط تیم مطالعاتی و گشت های محیط بانان منطقه) و استفاده از داده های دارای اطمینان محیط بانان و عکاسان حیات وحش جمع آوری شدند. با توجه به اهمیت مستقل بودن داده ها و به منظور جلوگیری از ایجاد اربابی به سمت مناطق در دسترس تر برای ارزیابی (۵) کل منطقه مورد مطالعه پایش گردید. از آن جا که این اطلاعات ممکن است در تلاش نمونه گیری دچار خودهمبستگی مکانی شده باشند که منجر به برازش بیش از حد مدل های فضایی در مناطقی با تجمع نقاط حضور می شود (۱۰)، از یک فیلتر مکانی به منظور کاهش اثر منفی خودهمبستگی نقاط استفاده شد. بدین منظور نقاط حضور تکراری در یک شعاع ۵ کیلومتری (۱۲) حذف شدند. پس از اعمال شعاع ۵ کیلومتری، ۱۰ نقطه حضور

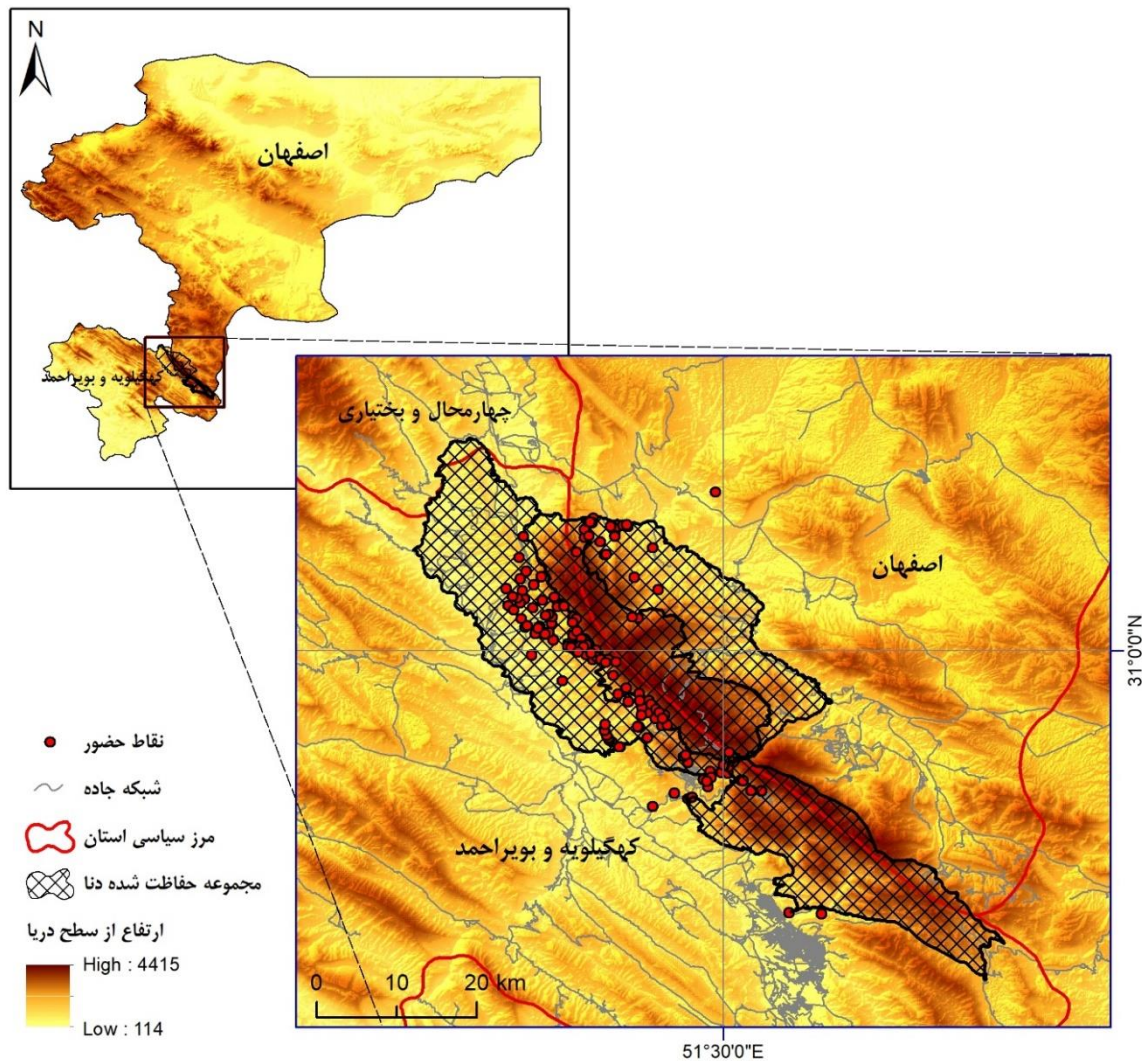
ضامن زیستایی طولانی مدت گونه ها نقش مهمی را ایفا می کند (۷ و ۲۴). زیستایی طولانی مدت گونه ها اغلب نیازمند زیستگاه های هسته بزرگ و متصل بهم از طریق شبکه ای از اتصالات است (۲۰ و ۲۵). طبق نظریه فراجمعیت، جمعیت های محصور و جدا از هم از نظر فضایی می توانند با جمعیت منبع ارتباط برقرار کرده و بین سایر جمعیت ها جریان ژنی ایجاد کنند (۱۷). با تکه تکه شدن زیستگاه اهمیت پراکنش بیشتر می شود زیرا پراکنش مکانیسم اصلی حرکت ارگانیسم ها بین فراجمعیت ها و حفظ زیستایی و تنوع ژنتیکی جمعیت است و به همین دلیل شناسایی کریدورها و حفظ اتصال زیستگاه دارای اهمیت است (۱۱).

با توجه به اهمیت بی بدیل مجموعه حفاظتی دنا در حمایت های از جمعیت های پراکنده پلنگ در جنوب غرب ایران و توسعه شدید انسانی در این منطقه شناسایی الگوی مطلوبیت زیستگاه و کریدورهای ارتباطی گونه در منطقه امری ضروری است. در مطالعه حاضر الگوی پراکنش گونه و کریدورهای ارتباطی پلنگ بین زیستگاه های هسته این گونه در مجموعه حفاظتی دنا با استفاده از مدلسازی مطلوبیت زیستگاه و مدل تئوری مدار الکتریکی شناسایی شده است. بدین ترتیب اهداف مطالعه حاضر عبارتند از: (۱) ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و شناسایی لکه های هسته زیستگاهی در منطقه، (۲) شناسایی و ترسیم کریدورهای ارتباطی پلنگ در مجموعه حفاظتی دنا و (۳) ارزیابی همپوشانی زیستگاه و کریدورهای پلنگ در منطقه با شبکه مناطق حفاظت شده فعلی.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده دنا در شمال شرق استان کهگیلویه و بویراحمد قرار گرفته (شکل ۱) و از سه بخش پارک ملی دنا با وسعت ۲۵۸۲۲ هکتار، منطقه حفاظت شده دنا با وسعت ۹۳۰۶۶۰ هکتار و منطقه حفاظت شده دنا شرقی نیز با وسعت ۲۸۰۲۰۲ هکتار تشکیل شده است (۳۷). این مجموعه یکی از ۱۳ ذخیره گاه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و نقاط حضور پلنگ ایرانی در این محدوده

حذف گردید. در نهایت از ۱۸۵ نقطه حضور باقیمانده برای مدل‌سازی توزیع گونه استفاده شد (شکل ۱).

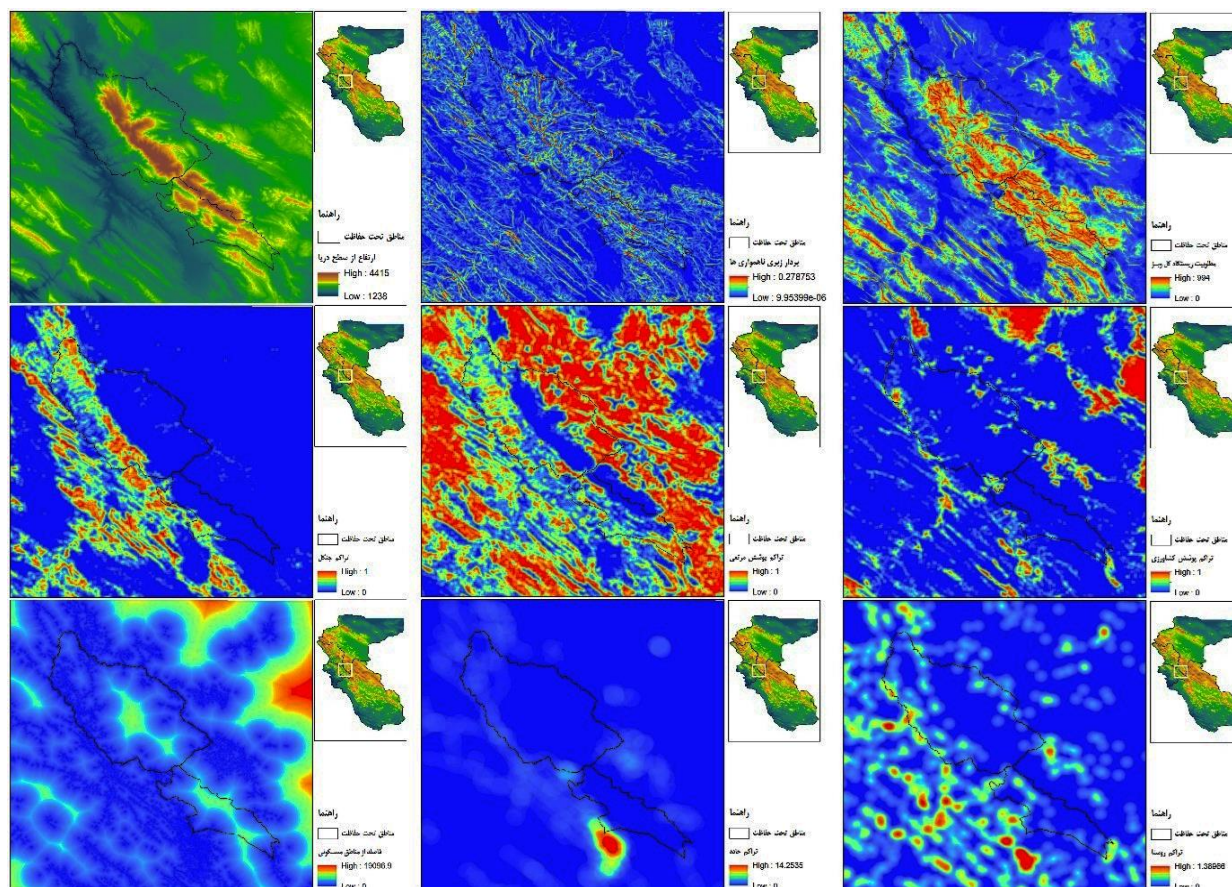
انتخاب متغیرهای محیطی اثرگذار

متغیرهای محیطی و انسانی دارای تاثیر احتمالی بر توزیع پلنگ ایرانی براساس رفتار گونه و مرور مطالعات پیشین استفاده شد این متغیرها شامل متغیرهای توپوگرافی (مدل رقومی ارتفاع، تنوع ناهمواری‌ها)، متغیرهای انسانی (فاصله از مناطق مسکونی، تراکم جاده، تراکم روستاها)، دسترسی به طعمه و کاربری اراضی (تراکم پوشش جنگلی، تراکم پوشش مرتعی و تراکم اراضی

کشاورزی) بودند (۱۲، ۲۵، ۲۹ و ۳۳). با توجه به اینکه طعمه اصلی پلنگ ایرانی کل و بز می‌باشد برای متغیر طعمه از نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) استفاده شد. بدین منظور همزمان با جمع‌آوری نقاط حضور پلنگ، نقاط حضور کل و بز نیز طی عملیات میدانی جمع‌آوری شده (۱۱۰ نقطه) و بر اساس رویکرد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه مورد نظر و نقشه متغیرهای محیطی، ابتدا نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز تهیه شد. نحوه جمع‌آوری متغیرهای ذکر شده در جدول ۱ ارائه شده است. نقشه‌های متغیرهای مورد استفاده در شکل ۲ نمایش داده شده‌اند. تمامی متغیرهای محیطی در ArcMap 10.8.2 و با اندازه سلول ۱۰۰ × ۱۰۰ متر تهیه شد. قبل از شروع مدل‌سازی،

جدول ۱. متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در دنا

منبع	توصیف	متغیر
USGS	نقشه DEM ۳۰ متری منطقه بر حسب ارتفاع از سطح دریا	ارتفاع
USGS	انحراف معیار ارتفاع سلول در یک شبکه ۵×۵ کیلومتری	تنوع ناهمواری‌ها
مدلسازی در مطالعه حاضر	مدل مطلوبیت زیستگاه کل و بز در منطقه	در دسترس بودن طعمه
۳۴	تابع Focal تپ جنگل در نقشه کاربری اراضی	تراکم پوشش جنگلی
۳۴	تابع Focal تپ مرتع در نقشه کاربری اراضی	تراکم پوشش مرتعی
۳۴	تابع Focal تپ کشاورزی در نقشه کاربری اراضی	تراکم اراضی کشاورزی
۳۴	فاصله اقلیدسی از تپ اراضی مسکونی نقشه کاربری اراضی	فاصله از مناطق مسکونی
OpenStreetMap	تراکم کرنل نقشه جاده‌های اصلی بانک داده OpenStreetMap	تراکم جاده
سازمان نقشه‌برداری	تابع کرنل روستاهای منطقه	تراکم روستا



شکل ۲. متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی

همبستگی کمتر از ۰/۷ و هم‌خطی کمتر از ۵ بودند در مدل‌سازی استفاده شد (۳۲).

ضرایب همبستگی پیرسون و شاخص تورم واریانس (Variance Inflation Factor, VIF) برای بررسی هم‌خطی چندگانه بین متغیرها محاسبه شدند. در نهایت از متغیرهایی که دارای

جدول ۲. نتایج عملکرد مدل‌های مختلف در تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی

مدل	مساحت زیر منحنی مشخصه عملکرد سیستم (AUC)	آماره مهارت واقعی (TSS)
افزایشی تعمیم یافته (GAM)	۰/۷۹۸	۰/۴۳۶
خطی تعمیم یافته (GLM)	۰/۸۳۴	۰/۴۷۳
تقویت شده تعمیم یافته (GBM)	۰/۹۱۵	۰/۶۸۱
حداکثر آنتروپی (MaxEnt)	۰/۸۹۶	۰/۶۳۹
جنگل تصادفی (RF)	۰/۹۲۱	۰/۵۰۱

جدول ۳. مساحت مطلوبیت زیستگاه پلنگ در محدوده مورد مطالعه

مساحت مطلوبیت (کیلومتر مربع)	نسبت مطلوبیت به محدوده (%)
کل محدوده مورد مطالعه	۵۹۸/۹۳
مناطق تحت حفاظت محدوده	۲۴۵/۱
زیستگاه‌های هسته در کل محدوده	۵۰۷/۶۴
زیستگاه‌های هسته در مناطق تحت حفاظت	۲۲۸/۸۹

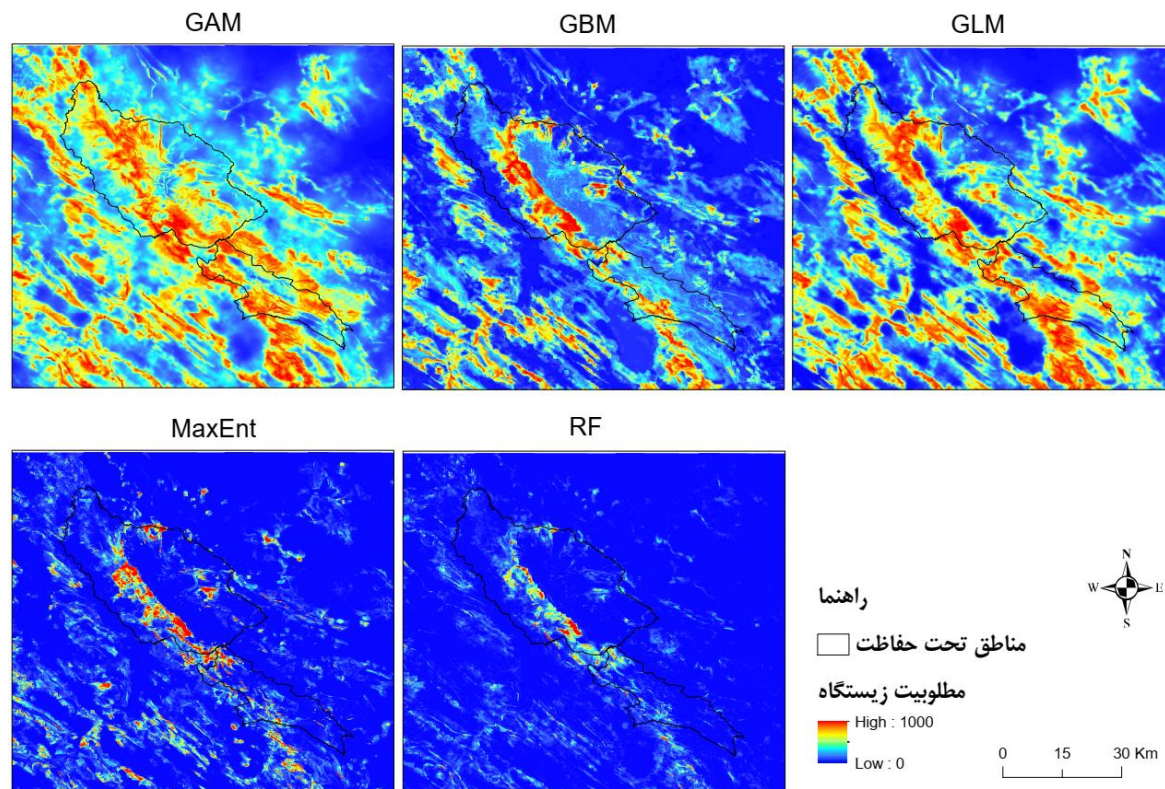
جدول ۴. میانگین اهمیت نسبی متغیرهای محیطی اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ در محدوده مورد مطالعه

متغیر	میانگین	انحراف معیار
طعمه (کل و بز)	۰/۳۴۵	۰/۲۲۹
تراکم منطقه مسکونی	۰/۳۳۳	۰/۱۳۲
تراکم پوشش جنگل	۰/۲۷۸	۰/۱۷
مدل رقومی ارتفاع	۰/۲۱۳	۰/۱۵۱
تراکم پوشش مرتع	۰/۱۶	۰/۱۳۴
تراکم جاده	۰/۱۴۶	۰/۱۳۴
تراکم پوشش کشاورزی	۰/۱۰۵	۰/۱۴
تراکم روستا	۰/۰۷۷	۰/۰۵۲
تنوع ناهمواری‌ها	۰/۰۵۳	۰/۰۴۵

مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی

برای مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی از بسته biomod2 در نرم افزار R استفاده شده است. از آنجایی که بر اساس نقشه اجماعی نهایی، مطلوب‌ترین زیستگاه پلنگ در درون پارک ملی دنا و در ارتفاعات منطقه قرار گرفته است (شکل ۵). بر این اساس ۸/۱۶ درصد از سطح محدوده مورد مطالعه دارای مطلوبیت بالا برای پلنگ بوده و این میزان در مناطق تحت حفاظت موجود ۲۰/۹ درصد می‌باشد (جدول ۳). مهمترین

متغیرهای محیطی اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ به ترتیب شامل در دسترس بودن طعمه، فاصله از مناطق مسکونی، تراکم پوشش جنگل و ارتفاع از سطح دریا بوده‌اند (جدول ۴). روش‌های مدلسازی مختلف می‌توانند نتایج متفاوتی را به همراه داشته باشند، استفاده از این روش (چندین رویکرد مدلسازی) این امکان را فراهم می‌کند که به طور همزمان نتایج حاصل از الگوریتم‌های مختلف مدلسازی را در نظر گرفته و یک مدل اجماعی یا اجماعی ایجاد نمود (۶ و ۳۵). به این منظور از



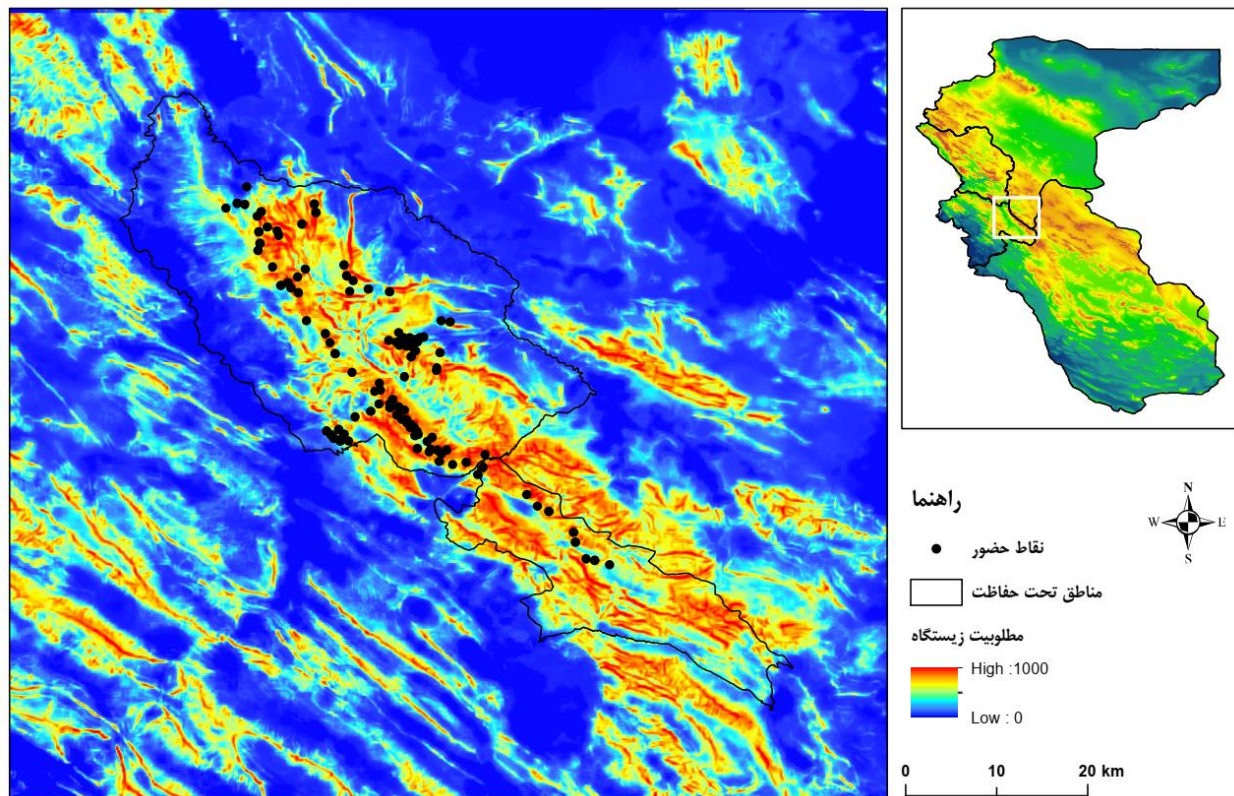
شکل ۳. نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه پلنگ بر اساس پنج الگوریتم‌های مدل‌سازی اولیه

مدل‌های مبتنی بر رگرسیون شامل دو مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model, GLM) و مدل افزایشی تعمیم یافته (Generalized Additive Model, GAM) و مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین شامل سه مدل تقویتی تعمیم یافته (Generalized Boosting Model, GBM)، جنگل تصادفی (Random Forest, RF) و حداکثر آنتروپی (Maximum Entropy, MaxEnt) استفاده شد. تمامی این مدل‌ها نیازمند داده‌های پس‌زمینه یا شبه عدم حضور هستند. بنابراین یک نمونه تصادفی شامل ۵۰۰۰ نقطه پس‌زمینه در کل منطقه مورد مطالعه به استثنای نقاط حضور انتخاب شد. مدل‌سازی با ۱۰ تکرار به روش اعتبارسنجی متقاطع انجام شد. مدل‌ها با استفاده از ۷۵ درصد از نقاط حضور به عنوان نقاط تعلیمی کالبره شد و عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها بر اساس ۲۵ درصد باقی‌مانده مجموعه داده‌ها به عنوان داده‌های آزمون ارزیابی شدند. ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها بر اساس دو شاخص مساحت زیر منحنی (Area Under the Curve, AUC) مشخصه عملکرد سیستم (Receiver Operating

مدل‌های مبتنی بر رگرسیون شامل دو مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model, GLM) و مدل افزایشی تعمیم یافته (Generalized Additive Model, GAM) و مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین شامل سه مدل تقویتی تعمیم یافته (Generalized Boosting Model, GBM)، جنگل تصادفی (Random Forest, RF) و حداکثر آنتروپی (Maximum Entropy, MaxEnt) استفاده شد. تمامی این مدل‌ها نیازمند داده‌های پس‌زمینه یا شبه عدم حضور هستند. بنابراین یک نمونه تصادفی شامل ۵۰۰۰ نقطه پس‌زمینه در کل منطقه مورد مطالعه به استثنای نقاط حضور انتخاب شد. مدل‌سازی با ۱۰ تکرار به روش اعتبارسنجی متقاطع انجام شد. مدل‌ها با استفاده از ۷۵ درصد از نقاط حضور به عنوان نقاط تعلیمی کالبره شد و عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها بر اساس ۲۵ درصد باقی‌مانده مجموعه داده‌ها به عنوان داده‌های آزمون ارزیابی شدند. ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها بر اساس دو شاخص مساحت زیر منحنی (Area Under the Curve, AUC) مشخصه عملکرد سیستم (Receiver Operating

بررسی اتصال زیستگاه پلنگ ایرانی

برای ارزیابی ارتباط زیستگاه‌های مناسب پلنگ در گستره پارک ملی دنا از مفهوم نظریه مدار و نرم افزار Circuitscape V. 3.5 استفاده شد (۲۳). این روش از طریق شناسایی چندین مسیر جایگزین، کاوش دقیقی از پیوند بالقوه و تغییرپذیری اتصال ارائه می‌کند (۳۶). نظریه مدار سلول‌ها را در یک چشم‌انداز به عنوان گره‌های الکتریکی متصل به سلول‌های همسایه توسط مقاومت‌ها با مقادیر مقاومت تعیین شده توسط مقادیر مقاومت/سانایی



شکل ۴. نقشه اجماعی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در محدوده مورد مطالعه

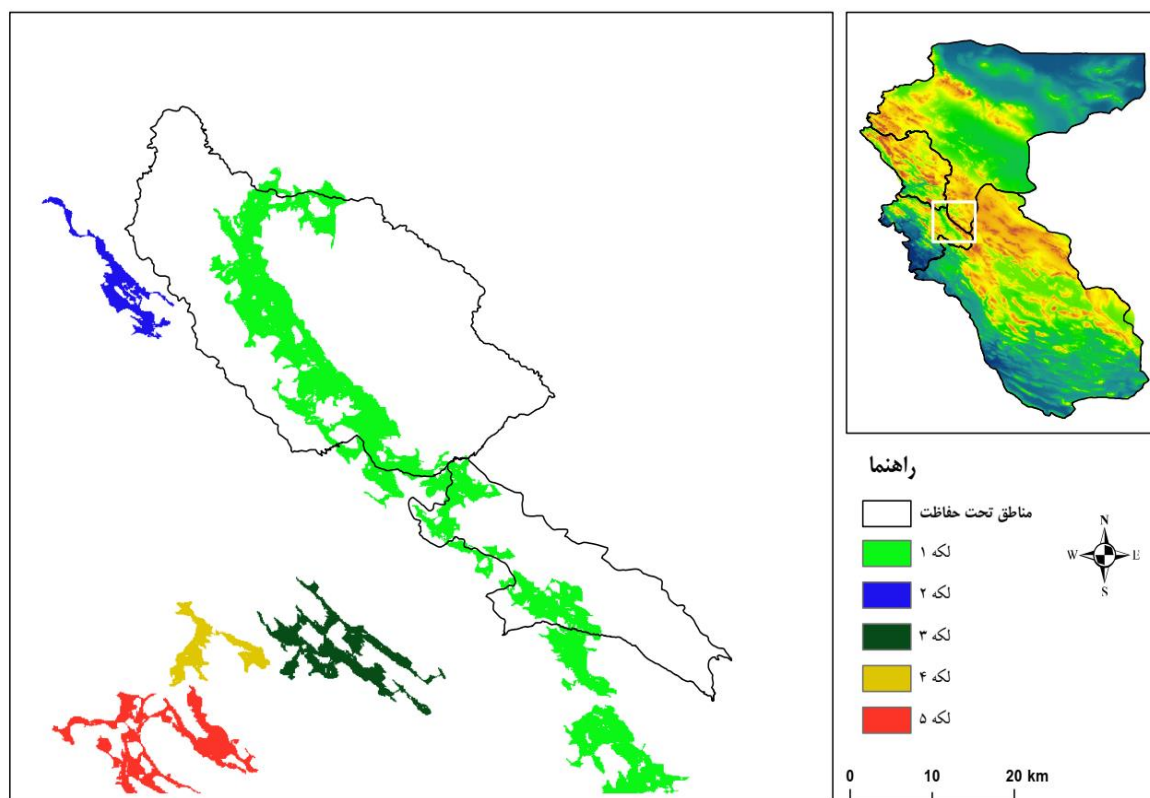
از تفاوت نتایج آنها بود. بهترین عملکرد پیش‌بینی به ترتیب مربوط به مدل‌های جنگل تصادفی، تقویت شده تعمیم یافته و حداکثر آنتروپی بوده است.

در مجموع پنج زیستگاه هسته برای پلنگ در محدوده مورد مطالعه مشخص گردید که ۶/۹ درصد از سطح محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند (شکل ۵). ۴۵/۱ درصد این زیستگاه‌ها در داخل محدوده مناطق حفاظت شده واقع شده‌اند (شکل ۵). مدلسازی کریدورهای ارتباطی پلنگ در محدوده مورد مطالعه نشان داده که کریدورها بین زیستگاه‌های هسته در مناطق حفاظت شده و مناطق پیرامونی قرار گرفته‌اند و حداکثر میزان جریان ۲/۸۸ می‌باشد (شکل ۶). طبق نتایج قسمت اعظم کریدورهای موجود در منطقه در خارج از مناطق حفاظت شده فعلی قرار داشته و این مناطق را با زیستگاه‌های مطلوب پیرامونی پلنگ در محدوده مورد مطالعه مرتبط می‌سازند.

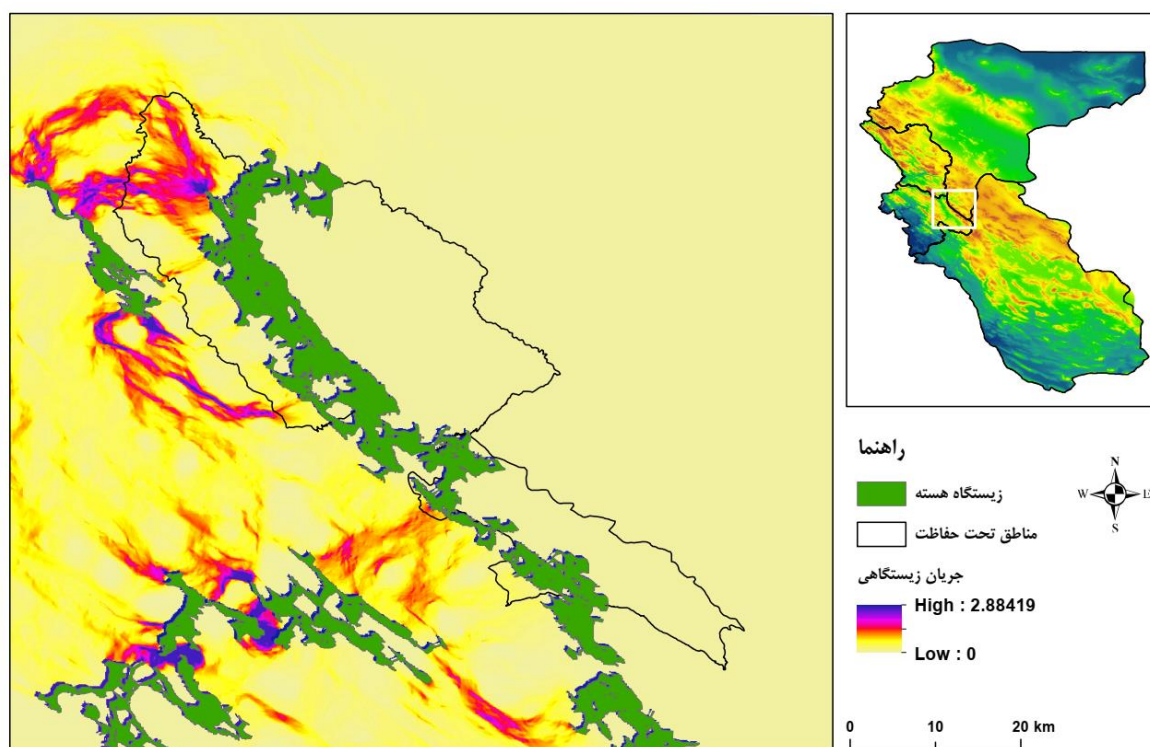
چشم‌انداز سلول‌ها در نظر می‌گیرد (۲۳). برای این هدف ابتدا زیستگاه‌های دارای مساحت بیش از ۵۰ کیلومتر مربع (۵۰۰۰ هکتار) به عنوان زیستگاه‌های هسته (۱۲) شناسایی شد. سپس در نرم‌افزار Circuitscape از این لکه‌های زیستگاهی به عنوان لکه‌های کانونی و مدل مطلوبیت زیستگاه پیوسته به عنوان معیار رسانایی (یعنی رسانایی هر نقطه برای حرکت) استفاده شد.

نتایج

بررسی هم‌خطی چندگانه متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی نشان داد که تمامی متغیرهای مورد استفاده دارای میزان VIF کمتر از ۵ بوده و از همین رو هیچ متغیری حذف نگردید. بررسی نقشه مطلوبیت خروجی (شکل ۳) و عملکرد مدل‌های مختلف (جدول ۲) حاکی



شکل ۵. زیستگاه‌های هسته پلنگ در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶. زیستگاه‌های هسته و کریدورهای ارتباطی پلنگ در محدوده مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مهمترین عامل موثر بر حضور یا عدم حضور پلنگ، حضور طعمه (کل و بز) است و با افزایش مطلوبیت زیستگاه طعمه، مطلوبیت زیستگاه پلنگ افزایش می‌یابد. مطالعات مشابه نیز حاکی از آن است که با افزایش فاصله از طعمه، مطلوبیت زیستگاه پلنگ کاهش می‌یابد (۱۲ و ۳۳). انتخاب زیستگاه توسط پلنگ به عنوان یک گونه طعمه‌خوار به میزان زیادی به حضور طعمه‌های اصلی گونه مانند سم‌داران بزرگ بستگی دارد و از آن پیروی می‌کند. کل و بز یکی از مهمترین طعمه‌های پلنگ ایرانی محسوب می‌شود که طبق مطالعات تاثیر بسزایی در حضور یا عدم حضور و مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایفا می‌کند (۱۲، ۲۲، ۳۱ و ۳۳). پس از طعمه، فاصله از شهر (کاربری مسکونی)، تراکم پوشش جنگل و مدل رقومی ارتفاع به ترتیب بیشترین تاثیر را بر پراکنش پلنگ در منطقه داشتند. پلنگ ایرانی مناطق دارای ناهمواری بیشتر، با تراکم پوشش گیاهی بالاتر و دسترسی بیشتر به طعمه را ترجیح می‌دهد (۱۹). فاصله از شهر به عنوان یک متغیر نشان دهنده ردپای انسانی دومین عامل محیطی اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ در منطقه بوده است و با افزایش فاصله از شهر مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی افزایش یافته است. مطالعات مشابه نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از روستاها و مناطق انسانی مطلوبیت در ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (۳۳). مطالعه دیگری برای بررسی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه قفقاز نشان داده است که با افزایش ردپای انسانی مطلوبیت زیستگاه پلنگ کاهش یافته است (۱۲). تراکم پوشش جنگل سومین عامل مهم بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی بوده است که با مطالعات پیشین همخوانی دارد (۲۵، ۲۹ و ۳۱). مطلوب‌ترین زیستگاه‌های پلنگ در جهت دامنه‌های غربی دنا واقع شده‌اند که از نظر پوشش گیاهی بسیار غنی‌تر از دامنه‌های شرقی می‌باشند. تراکم بیشتر پوشش گیاهی (پوشش جنگلی) به عنوان یک عامل موثر در حضور بیشتر طعمه، زیستگاه‌های با مطلوبیت بیشتری را برای پلنگ ایرانی مهیا می‌کند. مطالعات انجام شده نشان دهنده تاثیر پوشش گیاهی بر پراکنش

پلنگ در منطقه زاگرس است، به این دلیل که پوشش گیاهی و جنگل به تامین طعمه و پناه برای پلنگ ایرانی می‌پردازند (۳۱). ارتفاع پس از حضور طعمه و پوشش گیاهی مهمترین عامل موثر بر پراکنش پلنگ می‌باشد، زیستگاه‌های مرتفع در دامنه‌های تند به پلنگ کمک می‌کند که از تعارضات احتمالی با انسان دوری کرده و به زیستگاه‌های دست نخورده و بکر دارای طعمه فراوان دستیابی پیدا کند. با افزایش ارتفاع در ابتدا تا ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری مطلوبیت زیستگاه افزایش و سپس کاهش می‌یابد، طبق نتایج بهترین محدوده ارتفاعی برای پلنگ از ۲۰۰۰-۲۷۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. سایر مطالعات نیز محدوده ارتفاعی مشابهی برای زیستگاه پلنگ عنوان کرده‌اند اما بالاتر بودن نسبی محدوده ارتفاعی فعلی نسبت به سایر منابع به دلیل مرتفع و کوهستانی بودن منطقه می‌باشد. به عنوان مثال در مطالعه مشابهی ارتفاع ۲۳۰۰-۱۹۰۰ متری از سطح دریا را طی فصول تابستان و پاییز بهترین ارتفاع برای پلنگ دانسته‌اند (۳۳). در پارک ملی کلاه قاضی (۲۷) و در پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق (۲۹) بهترین محدوده ارتفاعی برای پلنگ به ترتیب ۱۷۰۰-۲۴۰۰ متر و ۱۷۰۰-۲۰۰۰ متر برآورد شده است.

اتصال زیستگاه برای گوشتخواران بزرگ جثه به دلیل جثه بزرگ، گستره خانگی وسیع، تراکم پایین جمعیت و نرخ رشد پایین جمعیت ضروریست و شناسایی کریدورهای احتمالی این گونه‌ها می‌تواند منجر به افزایش احتمال بقای آنها شود (۹ و ۲۲). بررسی زیستگاه‌های هسته و کریدورهای پلنگ با استفاده از مدل اجماعی ایجاد شده و روش تئوری مدار نشان می‌دهد که بزرگترین زیستگاه هسته در قلب منطقه حفاظت شده و پارک ملی دنا و منطقه حفاظت شده دنا شرقی به وسعت حدودی ۳۳۶ کیلومتر مربع قرار گرفته که تعدادی لکه زیستگاهی پیرامونی در اطراف آن دیده می‌شود (شکل ۶). پنج زیستگاه هسته برای پلنگ در محدوده مورد مطالعه مشخص گردید که ۶/۹ درصد از سطح محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند. به نظر می‌رسد که زیستگاه‌های هسته ۱ و ۴ با توجه به میزان جریان موجود بیشترین اهمیت در حفظ اتصال سیمای سرزمین در محدوده مورد

فوری به تدوین و اجرای راهبردهای حفاظتی مؤثر را برجسته می‌سازد. این اقدامات باید شامل شناسایی و حفاظت رسمی از کریدورهای کلیدی پلنگ، برنامه‌ریزی کاربری زمین با در نظر گرفتن اتصال زیستگاهی، اجرای برنامه‌های کاهش تعارض مبتنی بر مشارکت جوامع محلی و طرح‌های احیای زیستگاه باشد.

نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در راستای اهداف متنوع مدیریت حفاظتی مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این کاربردها می‌توان به شناسایی مناطق مستعد حفاظت و کریدورهای حیاتی نیازمند حفاظت اشاره کرد. این امر می‌تواند به طراحی شبکه‌های پایش برای برآورد و پیش‌بینی اندازه جمعیت و یا تحلیل رفتار مکانی (مانند شناسایی مناطق تولیدمثل و یا تعاملات بین گونه‌ای) کمک کنند. مطالعات آتی در منطقه می‌تواند با تمرکز بر بررسی دقیق جمعیت پلنگ موجود در منطقه از طریق پایش با دوربین‌های تله‌ای، ارزیابی همپوشانی زمانی و مکانی با دیگر طعمه‌خواران منطقه (خرس قهوه‌ای و گرگ خاکستری) و شناسایی دلایل و الگوهای تعارض با جوامع محلی صورت پذیرد. علاوه بر این، حفاظت از تنوع زیستگاه برای پشتیبانی از مجموعه‌ای متنوع از گونه‌های طعمه می‌تواند نقش مؤثری در بقای جمعیت‌های این گونه در منطقه ایفا کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از کارکنان و محیط‌بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان کهگیلویه و بویراحمد برای همکاری در انجام بررسی‌های میدانی به‌عمل آورند. همچنین از همکاری مهندس حمیدرضا خواجه که در طی نمونه‌برداری میدانی همکاری نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

مطالعه ایفا می‌کنند (شکل ۶). سایر مطالعات انجام شده در مورد پلنگ ایرانی و سایر گربه سانان در ایران نیز این نتایج را تایید می‌کنند. به عنوان مثال در کل کشور ۱۴۵ زیستگاه هسته برای پلنگ ایرانی مشخص گردیده است که تعداد کمی از آنها ($n = 8$) دارای مساحت بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر مربع بوده‌اند. بزرگترین و مهمترین آنها از شمال‌شرق تا شمال‌غرب ایران گسترش یافته است و دومین زیستگاه هسته مهم نیز در جنوب غرب کشور قرار گرفته است که پارک ملی دنا را نیز شامل می‌شود (۲۵). ۴۵/۱ درصد از زیستگاه‌های هسته در محدوده مورد مطالعه درون مناطق تحت حفاظت موجود قرار گرفته‌اند که بالاتر از میزان تخمین زده شده توسط سایر مطالعات می‌باشد. دلیل احتمالی متمرکز بودن زیستگاه‌های هسته پلنگ در محدوده پارک ملی دنا و مطلوبیت بالای زیستگاه این منطقه حفاظت شده برای پلنگ ایرانی است. این میزان برای کل کشور ۲۶/۵ درصد تخمین زده می‌شود (۲۵). قسمت اعظم کریدورهای موجود برای پلنگ در محدوده مورد مطالعه نیز در خارج از مناطق تحت حفاظت قرار دارند که احتمال وقوع تعارضات را افزایش داده است. یکی از دلایل اصلی ایجاد تعارضات بین انسان و حیات وحش و از جمله پلنگ تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی است. کاهش مطلوبیت زیستگاه پلنگ منجر به افزایش گستره خانگی گونه شده و پرتی آن در زیستگاه‌های پیرامون مناطق حفاظت شده را افزایش می‌دهد (۱۳). این گسترش اغلب موجب افزایش تماس پلنگ‌ها با مناطق تحت سلطه انسان می‌گردد، که به‌نوبه خود احتمال برخورد با انسان، شکار دام‌های اهلی و در نهایت، کشتارهای تلافی‌جویانه را افزایش می‌دهد. چنین تعارضاتی نه تنها بقای پلنگ‌ها را تهدید می‌کند، بلکه حمایت جوامع محلی از برنامه‌های حفاظت حیات‌وحش را نیز تضعیف می‌نماید. این روند نگران‌کننده، نیاز

منابع

- Ahmadi, M., Nezami, B., Jowkar, H., Hemami, M. R., Fadakar, D., Malakoutikhah, S. and Ostrowski, S., 2017. Combining landscape suitability and habitat connectivity to conserve the last surviving population of cheetah in Asia. *Diversity and Distributions* 23: 592–603.

2. Ahmadi, M., Kaboli, M., Hemami, M.R. and Shabani, F., 2023. MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed; Model parameterization of four species distribution models. *Ecology and Evolution* 13: 10.1002/ece3.9827.
3. Alemohammad, S., Yavari, A. R., Malek-Mohammadi, B., Salehi, E. and Amiri, M. J., 2022. Landscape conservation and protected areas (case of Dena, Iran). *Environmental Monitoring and Assessment* 194(2): 54.
4. Allouche, O., Tsoar, A. and Kadmon, R., 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, Kappa and the True Skill Statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232.
5. Araújo, M. B. and Guisan, A., 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33: 1677-1688.
6. Araújo, M. B. and New, M., 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.
7. Bennett, A. and Saunders, D., 2011. Habitat fragmentation and landscape change. pp. 88-106. In: Sodhi, N.S. and Ehrlich, P.R., (Ed.), *Conservation Biology for All*. Oxford University Press, USA.
8. Bleyhl, B., Gerngross, P., Askerov, E., Farhadinia, M., Ghoddousi, A., Heidelberg, A., Khorozyan, I., Karen, M., Mengüllüoğlu, D. and Ostrowski, S., 2022. Mapping the distribution and habitat of Persian leopard across its historical range. *Cat News* 15: 9-18.
9. Di Minin, E., Slotow, R., Hunter, L. T., Pouzols, F. M., Toivonen, T., Verburg, P. H., Leader-Williams, N., Petracca, L. and Moilanen, A., 2016. Global priorities for national carnivore conservation under land use change. *Scientific Reports* 6: 1-9.
10. Dormann, C., Mcpherson, J., Araújo, M., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R., Hirzel, A., Jetz, W. and Kissling, W., 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: A Review. *Ecography* 30: 609-628.
11. Elliot, N., Cushman, S., Macdonald, D. and Loveridge, A., 2014. The devil is in the dispersers: Predictions of landscape connectivity change with demography. *Journal of Applied Ecology* 51(5): 1-10.
12. Farhadinia, M., Ahmadi, M., Sharbafi, E., Khosravi, S., Alinezhad, H. and Macdonald, D., 2015. Leveraging trans-boundary conservation partnerships: Persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. *Biological Conservation* 191: 770-778.
13. Farhadinia, M. S., Gholikhani, N., Behnoud, P., Hobeali, K., Taktehrani, A., Hosseini-Zavarei, F., Eslami, M. and Hunter, L.T., 2016. Wandering the barren deserts of Iran: illuminating high mobility of the Asiatic cheetah with sparse data. *Journal of Arid Environments* 134: 145-149.
14. Farhadinia, M., Soofi, M., Rosen, T., Moghadas, P., Hobeali, K., Behnoud, P., Amanov, A., Dieterich, T., Hojamuradov, H. and Hudaikuliev, N., 2022. Status of Persian leopards in northern Iran and Central Asia. *Cat News* 15: 29-35.
15. Ghoddousi, A., Bleyhl, B., Askerov, E., Heidelberg, A., Kabir, M., Lortkipanidze, B., Karen, M., Mengüllüoğlu, D., Moheb, Z. and Mousavi, M., 2022. A range-wide monitoring framework for the Persian leopard and its prey. *Cat News* 15: 61-66.
16. Ghoddousi, A. & Khorozyan, I., 2025. *Panthera pardus ssp. tulliana* (amended version of 2024 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2025: e.T15961A274967670. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20251.RLTS.T15961A274967670.en>. Accessed on 07 July 2025.
17. Hanski, I. and Ovaskainen, O., 2003. Metapopulation theory for fragmented landscapes. *Theoretical Population Biology* 64(1): 119-127.
18. Hemami, M. R., Esmaeili, S., Brito, J. C., Ahmadi, M., Omid, M. and Martínez-Freiría, F., 2018. Using ecological models to explore niche partitioning within a guild of desert felids. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 29: 216-222.
19. Kaboodvandpour, S., Almasieh, K. and 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.
20. Kaszta, Ż., Cushman, S. and Macdonald, D., 2020. Prioritizing habitat core areas and corridors for a large carnivore across its range: Range-wide connectivity prioritization. *Animal Conservation* 23(5): 607-616.
21. Kheibari, V. and Armin, M., 2020. Assessing the ecotourism potential of the Dena Protected Area landscape using a quantitative diversity method. *Journal of Natural Environment* 73(4): 745-758. (in Persian)
22. Khosravi, R., Hemami, M. R., Malakoutikhah, S., Ashrafzadeh, M. R. and Cushman, S. A., 2021. Prey availability modulates predicted range contraction of two large felids in response to changing climate. *Biological Conservation* 255: 109018.
23. McRae, B., Schumaker, N. H., Mckane, R. B., Busing, R. T., Solomon, A. M. and Burdick, C. A., 2008. A multi-model framework for simulating wildlife population response to land-use and climate change. *Ecological Modelling* 219(1): 77-91.

24. Mohammadi, A., Almasieh, K., Clevenger, A. P., Fatemizadeh, F., Rezaei, A., Jowkar, H. and Kaboli, M., 2018. Road expansion: A challenge to conservation of mammals, with particular emphasis on the endangered Asiatic cheetah in Iran. *Journal for Nature Conservation* 43: 8–18.
25. Mohammadi, A., Almasieh, K., Nayeri, D., Adibi, M.A. and 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.
26. Noroozi, J., Talebi, A., Suen, M. and Schneeweiss, G., 2024. Plant biogeography, endemism and vegetation types of Dena Mts, Zagros, West Iran. *Vegetation Classification and Survey* 5: 185-202.
27. Omid, M., Kaboli, M. and Karami, M., 2009. Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) habitat suitability modelling by method Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in Kollah ghazi national park, Isfahan province. *Environmental Science and Technology* 12(1): 137-148. (in Persian)
28. Parchizadeh, J. and Adibi, M. A., 2019. Distribution and human-caused mortality of Persian leopards *Panthera pardus saxicolor* in Iran, based on unpublished data and Farsi gray literature. *Ecology and Evolution* 9: 1-7.
29. Rohi, H., Tahsini, H., Soleiman Mahini, A. and Rezai, H., 2017. Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) habitat suitability modelling by method Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in Kosh yeylagh wildlife refuge. *Journal of Animal Environment* 10(4): 13-22. (in Persian)
30. Rosen, T. and Mengüllüoğlu, D., 2022. Biology, ecology and taxonomy of the Persian leopard. *Cat News* 15: 6-8.
31. Shahsavarzadeh, R., Hemami, M. R., Farhadinia, M., Fakheran, S. and Ahmadi, M., 2023. Spatially heterogeneous habitat use across distinct biogeographic regions in a wide-ranging predator, the Persian leopard. *Biodiversity and Conservation* 32(4): 2037-2053.
32. Salmerón, R.; Garcia, C. and Pérez, J., 2024. A redefined variance inflation factor: Overcoming the limitations of the variance inflation factor. *Computational Economics* 65: 337-363.
33. Shoaee, A., gholipour, M., Rezaei, H. and Yarmohammadi, B.T., 2016. Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) habitat suitability assesment by using MaxEnt in Tandoreh National Park in summer and autumn seasons. *Animal Environment* 9(1): 21-30. (in Persian)
34. Tavakoli, M., 2024. Assessing Land use change impacts on Persian leopard's (*Panthera pardus tulliana*) habitat suitability and connectivity and its connection with human-leopard conflicts in Dena Nation Park. MSc Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
35. Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. and Araújo, M., 2009. Biomod: A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32: 369-373.
36. Walpole, A., Bowman, J., Murray, D. and Wilson, P., 2012. Functional connectivity of lynx at their southern range periphery in Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 27: 761-773.
37. Zeberlou, A. R., Salehi, A. and Farzin, M., 2021. Assessment of landscape degradation in the Dena Protected Area between the years 1388-1398. *Natural Environment* 74(4): 677-693. (in Persian)

Assessing Habitat Suitability and Connectivity for the Persian Leopard in the Dena Conservation Complex

Mohammad Tavakoli¹, Mohsen Ahmadi^{2*}, Mansoureh Malekian³ and Alireza Mohammadi⁴

(Received: June 10-2025; Accepted: July 29-2025)

Abstract

Habitat destruction, prey depletion, and human-wildlife conflicts pose significant threats to the Persian leopard. Ensuring long-term conservation of this species requires a comprehensive understanding of its distribution patterns and habitat connectivity. This study assessed the habitat suitability and examined the connectivity of ecological corridors for the Persian leopard within the Dena Conservation Complex and adjacent regions, a key stronghold for the species in Iran. Habitat suitability modeling was conducted using an ensemble approach that combined five models within the Biomod2 package in R software. The habitat suitability map facilitated the identification of key habitat patches and the modeling of corridors between them using the electrical circuit theory approach. All models demonstrated strong performance in identifying suitable habitats. The most influential factors affecting leopard distribution were prey presence, proximity to residential areas, forest density, altitude, and distance from roads. The results showed that 16.8% of the entire area assessed has high level of habitat suitability, increases to 20.9% in areas that are designated as protected zones. Corridor analysis revealed strong connectivity within protected zones but weaker connections in peripheral regions. Therefore, strengthening conservation efforts, especially in peripheral habitats, is crucial to ensuring the long-term conservation of the species across the region.

Keywords: Persian leopard, Habitat suitability modeling, Corridor assessment, Core area.

-
1. Master student, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
 2. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
 3. Associate Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
 4. Associate Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

* Corresponding Author, Email: mahmadi@iut.ac.ir