Spring (2023) 11(4): 81-94
DOI: 10.30473/EAB.2023.66944.1899
Received: 2 Feb 2023 Accepted: 8 Jun 2023

Experimental Animal Biology Open Access

ORIGINAL ARTICLE

Assessment of the habitat of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolo, Pocock 1927*) in northeastern Iran

Seyedeh Bahareh Hosseini[1], Azita Farashi[1*], Fatemeh Jahanishakib[2]

[1] Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[2] Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University, Birjand, Iran

Correspondence
Azita Farashi
Email: farashi@um.ac.ir

How to cite
Hosseini, S.B., Farashi, A. & Jahanishakib, F. (2023). Assessment of the habitat of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolo, Pocock 1927*) in northeastern Iran. Experimental Animal Biology, 12(4), 81-94.

ABSTRACT
The Iranian leopard (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock 1927) is one of the endangered species. For this reason, it is necessary to evaluate and protect the habitat of this species as a flag species that is placed at the top of the food pyramid. In this paper, the InVEST software is utilized to investigate the habitat quality of the Iranian leopard in Kopet Dag region in the northeast of Iran Then, 30 habitat variables are prepared using ArcGIS 10.3 software including climatic variables, topography, Landuse/Landcover, and leopard prey distribution. Then, InVEST software and Habitat Quality model are employed in Kopet Dag region to survey the habitat quality of the studied species. The input data of the InVEST software encompasses the current land use map, threat list tables, and habitat sensitivity. By employing the output of MaxEnt results, the information on the threat and habitat sensitivity tables are prepared and entered into the model. Ultimately, after running the model, the results indicate that 81.22% of the desirable habitats and 18.77% of the undesirable habitats overlap with Kopet Dag region. Moreover, the cities of Mashhad, Khaf, Neishabur, and Sabzevar, have the most desirable habitat respectively for the studied species. the results indicate that the most amount of destruction is in the west of Mashhad city and then in the center of Golbahar and Qochan citie.

KEYWORDS
Habitat destruction, Kopeh Dagh, Threats, InVEST, MaxEnt.

© 2023, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

سال یازدهم، شماره چهارم، پیاپی چهل‌وچهارم، بهار ۱۴۰۲ (۹۴-۸۱)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۸

DOI: 10.30473/EAB.2023.66944.1899

نشریه علمی

زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی زیستگاه گونه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolo, Pocock 1927*) در شمال شرق ایران

سیده بهاره حسینی[۱]، آزیتا فراشی[۱*]، فاطمه جهانی شکیب[۲]

[۱] گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

[۲] گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

نویسنده مسئول:
آزیتا فراشی
رایانامه: farashi@um.ac.ir

چکیده

پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) یکی از گونه‌های در معرض خطر انقراض است که جمعیت و دامنه انتشار آن کاهش یافته است. به همین‌دلیل ارزیابی و حفاظت از زیستگاه این‌گونه به‌عنوان یک‌گونه پرچم که در رأس هرم غذایی قرار دارد نیز امری ضروری هست. در این پژوهش با هدف ارزیابی کیفیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ واقع در شمال شرق ایران از بسته نرم‌افزاری InVEST استفاده گردید. بدین‌منظور ابتدا اقدام به مدل‌سازی زیستگاه پلنگ ایرانی با نرم‌افزار MaxEnt گردید. بدین‌منظور ۳۰ متغیر زیستگاهی شامل متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی، کاربری اراضی/ پوشش زمین و توزیع طعمه‌های پلنگ وارد مدل شد. سپس برای ارزیابی کیفیت زیستگاه گونه مورد مطالعه از نرم‌افزار InVEST، مدل Habitat Quality استفاده گردید. داده‌های ورودی این نرم‌افزار شامل نقشه کاربری اراضی فعلی، جداول لیست تهدیدات و حساسیت زیستگاه‌ها نسبت به تهدیدات است. اطلاعات مربوط به جداول لیست تهدیدات و حساسیت زیستگاه‌ها به کمک نتایج نرم‌افزار MaxEnt تهیه و وارد مدل شد. نتایج حاصل نشان داد، ۸۱/۲ درصد از زیستگاه‌های مطلوب و ۱۸/۷ درصد از زیستگاه‌های نامطلوب با منطقه مورد مطالعه همپوشانی دارد. همچنین شهرستان‌های مشهد، خواف، نیشابور و سبزوار به‌ترتیب بیشترین مطلوبیت زیستگاه را برای گونه مورد مطالعه دارد. نقشه میزان تخریب زیستگاه گونه مورد مطالعه نشان داد بیشترین میزان تخریب در غرب شهرستان مشهد و بعد از آن در مرکز شهرستان‌های گلبهار و قوچان است.

واژه‌های کلیدی

اینوست، تخریب زیستگاه، تهدیدات، کیفیت زیستگاه، کپه‌داغ، مکسنت.

استناد به این مقاله:

حسینی، سیده بهاره، فراشی، آزیتا و جهانی شکیب، فاطمه (۱۴۰۲). ارزیابی زیستگاه گونه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolo, Pocock 1927*) در شمال شرق ایران. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۱(۴)، ۹۴-۸۱.

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

مقدمه

نابودی زیستگاه یکی از اصلی‌ترین عوامل تهدیدکننده گونه‌ها و تنوع زیستی محسوب می‌شود. بزرگ‌ترین عامل تهدید حیات‌وحش درحال حاضر نابودی زیستگاه‌ها است و براساس برآورد اتحادیه بین‌المللی حفاظت از منابع طبیعی (IUCN[1]) تا سال ۱۹۸۰، ۳۰ درصد انقراض‌ها به‌تنهایی به‌دلیل تخریب و انهدام زیستگاه‌های حیات‌وحش بوده است (Torabian *et al*., 2018). تنوع زیستی در تمام سطوح خود با خدمات اکوسیستم مرتبط است و در برخی موارد به‌طور مستقیم خدمت اکوسیستمی محسوب می‌شود. با این‌حال تخریب زیستگاه تهدید اصلی برای از بین بردن تنوع زیستی گونه‌های زمینی و آب شیرین است (Reynolds, 2001). از طرفی اکوسیستم‌ها با تأمین زیستگاه به حفظ تنوع گونه‌ها و تنوع ژنتیکی کمک می‌کنند که مصداق خدمات زیستگاهی محسوب می‌شود (Mao *et al*. 2021). تغییر کاربری اراضی/ پوشش زمین، عرضه خدمات اکوسیستم را تغییر می‌دهد. به‌عنوان مثال ممکن است تغییر در عرضه خدمات زیستگاهی، موجب نابودی تنوع زیستی شود (Nelson *et al*., 2010)؛ بنابراین هنگامی‌که کاهش ساختار چشم‌انداز از یک آستانه مشخص فراتر رود، بر پراکندگی جمعیت تأثیر گذاشته و زیستگاه حیات‌وحش را مورد تهدید قرار می‌دهد، با این‌وجود امکان حفاظت و احیای زیستگاه وجود دارد (Kang. 2022). از این‌رو، زیستگاه‌ها به‌عنوان رکن اصلی بقای گونه‌های حیات‌وحش، نیازمند توجه و شناسایی ویژه و طرح برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی هستند (Fattebert *et al*., 2015). برای شناسایی زیستگاه، توجه به نیازهای زیستی بسیار حائز اهمیت است که بدین‌منظور می‌بایست زیستگاه مورد ارزیابی قرار گیرد (Qian *et al*., 2022). لذا روش‌های مدل‌سازی زیستگاه که از سال ۱۹۷۰ تاکنون به‌سرعت در مدیریت حیات‌وحش مورداستفاده قرارگرفته، ابزاری مناسب برای غلبه بر این مشکل معرفی شده است (Anderson *et al*., 2000). اساس کار این مدل‌ها کمی کردن روابط بین توزیع گونه و محیط زنده و غیرزنده است (Rushton *et al*., 2004). روش‌های مدل‌سازی می‌توانند بدون نیاز به اطلاعات جزئی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رفتاری گونه، مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش را در مقیاس‌های متفاوت با کارایی بالا تعیین نمایند (Morrison *et al*., 2012).

علاوه‌بر آن با ارزیابی و مدل‌سازی زیستگاه می‌توان تنوع زیستی مناطق و نقاط داغ زیستی[2] را دقیق‌تر شناسایی نمود (Gavashelishvili & Lukarevsskiy, 2008). نرم‌افزار InVEST، به‌دنبال ارزیابی انواع زیستگاه‌هایی است که منعکس‌کننده بهترین شرایط زیستگاهی برای گونه هستند. از بین زیرمدل‌های متنوع نرم‌افزار InVEST مدل کیفیت زیستگاه Habitat Quality، با استفاده از نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، تهدیدهای انسانی و نظرات کارشناسی، به‌دنبال بررسی و ارزیابی وضعیت زیستگاه و تنوع زیستی در منطقه مطالعاتی است. این مدل، برخلاف روش‌های حفاظتی دیگر، به داده‌های حضور و پراکنش گونه در منطقه نیازی ندارد (Sharp *et al*., 2014). به‌عبارت دیگر با ارزیابی زیستگاه به‌وسیله InVEST می‌توان به یک تخمین در مقیاس وسیع از مطلوبیت اکوسیستم‌ها برای کاربردهای زیستگاهی باتوجه به تهدیدهای منطقه‌ای به‌دست آورد، این‌کار حتی بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از نیازهای یک گونه خاص می‌تواند انجام شود (Tallis *et al*., 2013). نرم‌افزار InVEST با هدف بررسی خدمات زیستگاهی، به مدل‌سازی کیفیت زیستگاه می‌پردازد و فرض بر این است که نواحی با کیفیت زیستگاه بالاتر سطوح مختلف تنوع زیستی را بهتر حمایت خواهد کرد. ارزیابی زیستگاه همچنین برای حفاظت از زیستگاه‌های بحرانی و گونه‌های در معرض خطر (EN[3]) از اهمیت و اولویت بیشتری برخوردار است (Pausas *et al*., 1995).

پستانداران گوشتخوار بزرگ‌جثه نقش کلیدی در تنظیم بوم‌سازگان‌های خشکی ایفا می‌کنند. ازجمله اینکه سبب حفظ تنوع گونه‌ای می‌شوند؛ زیرا هرچه گونه در بالای زنجیره غذایی باشد موجب استمرار خدمات اکولوژیکی و تعادل اکوسیستم می‌شود. بنابراین فهم وسعت زیستگاه مناسب، از اهمیت زیادی برای حفاظت گوشتخواران برخوردار است (Jacobson *et al*., 2016). پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) از خانواده *Felidae* بوده که پراکنش قابل‌توجهی در سطح کشور دارد (Ziaei, 2008). این گونه به‌عنوان یک گوشتخوار بزرگ‌جثه در رأس هرم غذایی زیستگاه قرار دارد (Gavashelishvili & Lukarevsskiy, 2008) و به‌عنوان گونه کلیدی در اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید، لذا حضور این گونه در زیستگاه نشان‌دهنده‌ی غنی‌بودن آن زیستگاه و عاملی برای حفظ تعادل و افزایش موفقیت گونه‌های پستانداران کوچک و بزرگ منطقه شمرده

1. International Union for Conservation of Nature

2. hotspots
3. Endangered

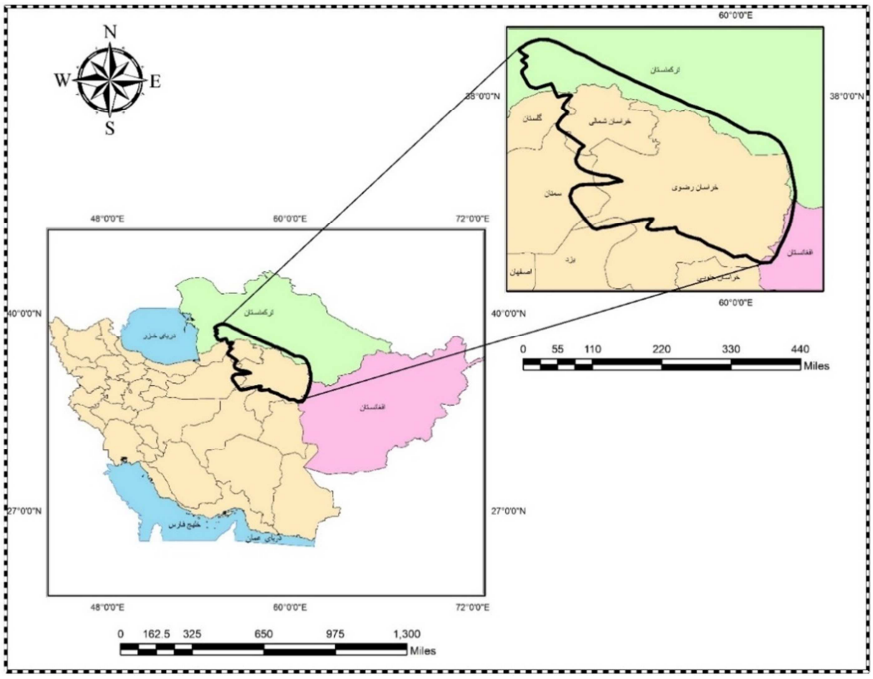
می‌شود (Edgaonkar, 2008) و آگاهی از نیازمندی‌های زیستگاهی آن برای تعیین مطلوبیت و حفاظت جوامع حیات‌وحش بسیار مهم است (Bashir *et al*., 2014)؛ بنابراین باتوجه به شرایط زیستی فعلی این گونه و اهمیتی که این گونه در حیات‌وحش کشور برخوردار است، لازم است از منظر جدیدی بر روی زیستگاه پلنگ ایرانی مطالعه شود و زیستگاه‌های باقی‌مانده آن را جهت تضمین بقاء ارزیابی نمود.

در این مطالعه به بررسی پارامترهای مؤثر بر توزیع گونه پلنگ و همچنین میزان مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ در شمال شرقی ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطقی که بیشترین تعداد گونه پلنگ را در خود پوشش می‌دهد پرداخته شد. از دیگر اهداف این مطالعه، تهیه و ارائه‌ی نقشه کیفیت زیستگاه و میزان تخریب زیستگاه و بررسی میزان همپوشانی زیستگاه‌های مطلوب گونه مورد مطالعه با مناطق حفاظت‌شده و شکارممنوع در منطقه مورد مطالعه است. این مطالعه کوشش دارد تا ضمن کاربرد نرم‌افزار InVEST جهت نقشه‌سازی خدمات زیستگاهی، اثر فعالیت‌های انسانی ازجمله کاربری اراضی/ پوشش زمین را برای ارزیابی کیفیت زیستگاه گونه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه رسوبی کپه‌داغ است که در شمال و شمال شرقی ایران، قسمت‌هایی از ترکمنستان و شمال افغانستان قرار دارد. این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی '۲۰°۳۴ تا '۱۳°۳۹ شمالی و طول‌های '۰۵°۵۵ تا '۲۰°۶۱ شرقی واقع شده است. مساحت کل آن در حدود ۱۶۵۰۰۰ کیلومترمربع است (Afshar Harb, 1979). تقریباً ۳/۳ درصد مساحت ایران (حدود ۵۵۰۰۰ کیلومتر) را شامل می‌شود. محدوده ارتفاعی این منطقه بین ارتفاع ۳۲۱۱–۳۰۰ متر از سطح دریا است. آب‌وهوا در حوضه رسوبی کپه‌داغ متغیر بوده و به توپوگرافی حاکم در منطقه نیز بستگی دارد (Farashi et al. 2017). به‌طور کلی میزان بارندگی از قسمت شرق و جنوب شرقی کپه‌داغ، به سمت شمال غرب افزایش می‌یابد. درمجموع ۲۵۷۶ گونه اندمیک این منطقه هستند. این حوضه یکی از ۲۰۰ منطقه جغرافیایی زیستی موجود در دنیا است که از ۵۳ منطقه تحت حفاظت تشکیل‌شده که شامل سه پارک ملی، ۲۷ منطقه حفاظت‌شده، پنج پناهگاه حیات‌وحش و ۱۸ منطقه شکارممنوع با مساحتی حدود ۲۳۱۰۳ کیلومترمربع (٪ ۱۴ منطقه) است (Moussavi & Harami, 1990). شکل ۱، موقعیت مکانی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. محدوده کپه‌داغ و موقعیت آن در ایران

گونه مورد مطالعه

زیرگونه پلنگ ایرانی با نام علمی *Panthera Pardus Saxicolor* دارای جثه‌ای بزرگ، بدنی عضلانی ولی نرم و قابل‌انعطاف، سری پهن، گوش‌هایی کوچک و گرد دارد. دست و پا نسبتاً کوتاه با پنجه‌های پهن و ناخن‌های تیز و بلند هستند. رنگ موهای پشت سفید تا کرم متمایل به نارنجی، زیر بدن کرم متمایل به خاکستری است. سطح پشت و پهلوها از خال‌های توخالی شبیه گل و سر، گردن، روی دست‌ها و پاها و زیر بدن از خال‌های توپر پوشیده شده است (Ziaei, 2008). هرچه به مناطق شرق و شمال شرقی ایران نزدیک می‌شویم جثه بزرگ‌تر و رنگ زمینه بدن سفیدتر می‌شود (Omidi *et al*, 2010). به‌دلیل سازگاری بالا، گونه پلنگ می‌تواند در مناطق مختلف با طعمه‌های مختلف زندگی کند و خود را با شرایط وفق دهد. پلنگ در تمامی انواع زیستگاه‌های موجود در ایران، از ارتفاعات البرز و زاگرس تا ارتفاعات کویری و جنگل‌ها تا مناطق ساحلی خزری و همچنین مناطق کوهستانی و صخره‌ای خلیج‌فارس و دریای عمان زیست می‌کند (Ziaei, 2008). پلنگ مانند سایر گوشتخواران بزرگ‌جثه در سراسر گستره پراکنش خود در حال نابودی است (Ripple *et al*., 2014). تهدیدهای اصلی آن شامل از دست رفتن و تکه‌تکه شدن زیستگاه، کاهش میزان طعمه‌ها، تعارضات با انسان، شکار غیرمجاز و کشته‌شدن غیرعمد است. اتحادیه بین‌المللی حفاظت از محیط‌زیست (IUCN) این حیوان را باتوجه به کاهش جمعیت و کاهش محدوده زندگی در فهرست گونه‌های «در معرض خطر انقراض» قرار داده است.

جمع‌آوری داده‌ها

نقاط حضور گونه پلنگ ایرانی از مطالعات انجام‌شده توسط (Farashi *et al*., 2017; Taghdisi et al. 2013; Kiabi *et al*., 2002; Ahmadi *et al*., 2017; Parchizadeh & Adibi, 2019) و مشاهدات میدانی کارشناسان، محققین و محیط‌بانان و مطالعه اطلس پستانداران ایران (Karami et al. 2016) صورت گرفت. درمجموع تعداد ۱۰۵ نقطه حضور برای گونه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ طی ۱۰ سال اخیر تهیه و در برنامه اکسل به فرمت csv جهت ورود به نرم‌افزار MaxEnt ذخیره گردید.

متغیرهای زیست‌محیطی در این پژوهش شامل هفت متغیر اقلیمی، چهار متغیر توپوگرافی، سه متغیر توزیع طعمه، ۱۶ متغیر کاربری اراضی/ پوشش زمین و شاخص پوشش گیاهی تهیه شد.

متغیرهای اقلیمی از مجموعه داده‌های WordClime استخراج شد که پس از بررسی میزان همبستگی متغیرهای اقلیمی توسط ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار IDRISI و حذف متغیرهای با همبستگی بالای ۸۰ درصد (Farashi et al. 2017)، نهایتاً از ۷ متغیر استفاده شد که شامل: دمای متوسط سالیانه، بارش خشک‌ترین فصل سال، بارش گرم‌ترین فصل سال، میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال، بارش مرطوب‌ترین فصل سال، تغییرات فصلی بارش و بارش سالیانه است.

متغیرهای توپوگرافی شامل شیب، ارتفاع، انحراف معیار شیب، انحراف معیار ارتفاع است (Bargain et al. 2017; Farashi et al. 2017)؛ که توسط سازمان نقشه‌برداری در سال ۱۳۹۵ تهیه شد.

متغیرهای کاربری اراضی/ پوشش زمین، از داده‌های "سازمان نقشه‌برداری ایران" که در سال ۱۳۹۵ تهیه شدند استفاده شد و شامل: زمین‌های فاریاب، شهرها، زمین‌های دیم، روستاها، بزرگراه‌ها، جاده‌ها، معادن، زمین‌های بایر، مراتع، مناطق جنگل‌کاری شده، جنگل‌های انبوه، جنگل‌های تنک، شبکه حفاظتی، رودخانه‌ها و منابع آبی است. نقشه NDVI از سایت Ladsweb در سال ۲۰۱۶ از شاخص‌های ۱۶ روزه MODIS13 دریافت شد. متغیرهای توزیع طعمه نیز شامل کل و بز، آهو و گوسفند وحشی است که توسط اطلس پستانداران (Karami et al. 2016) تهیه گردید. فاصله اقلیدسی برای این متغیرها توسط ابزار Euclidean distance در محیط ArcGIS محاسبه گردید و لایه‌های رستری جدید ایجاد شد. درنهایت به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه موردمطالعه از نرم‌افزار MaxEnt 3.3.3e استفاده شد؛ بنابراین تمامی نقشه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 با اندازه سلول ۹۰۵ متر به مرز منطقه مورد مطالعه بریده شدند و به فرمت ASCII که فرمت قابل‌اجرا در نرم‌افزار MaxEnt است، تبدیل شدند.

مدل‌سازی زیستگاه

در این مطالعه مدل‌سازی گونه مورد مطالعه با استفاده نسخه ۳.۳.۳ نرم‌افزار مکسنت انجام پذیرفت، به این‌ترتیب که تعداد ۱۰ تکرار و تعداد ۱۰۰۰ اجرا برای مدل درنظر گرفته شد. برای ارزیابی نتایج مدل از رویکرد Crossvalidate و داده‌های test به‌صورت تصادفی استفاده شد. تعداد ۱۰۰۰۰ نقطه از نقاط پس‌زمینه به‌عنوان نقاط عدم حضور (عدم حضور کاذب) و باقی تنظیمات نرم‌افزار در حالت اولیه خود باقی ماندند.

نرم‌افزار ثانویه مورداستفاده در این پژوهش نرم‌افزار InVEST مدل Habitat Quality است که برای ارزیابی کیفیت زیستگاه گونه پلنگ ایرانی استفاده شد.

در این نرم‌افزار به‌منظور مدل‌سازی کیفیت زیستگاه به بررسی تهدیدات و اثرات آن بر زیستگاه‌های موجود نیز می‌پردازیم؛ منظور از تهدیدات عواملی هستند که می‌توانند کیفیت زیستگاه را تخریب کنند. فرض اساسی در نرم‌افزار آن است که هر نوع زیستگاه نسبت به هر نوع تهدید دارای حساسیت خاص خود است و هرچه یک نوع زیستگاه نسبت به یک نوع تهدید حساس‌تر باشد، از آن تهدید، تخریب بیشتری می‌پذیرد. در واقع حساسیت زیستگاه نسبت عکس با مقاومت آن زیستگاه دارد (Wang & cheng, 2022).

داده‌های ورودی این نرم‌افزار شامل نقشه پایه کاربری اراضی/ پوشش زمین در قالب رستر (شکل ۲) که در محیط ArcGIS تهیه و برای هر کاربری یک کد مشخص تعیین شد، جدول لیست تهدیدات (جدول ۱) و جدول لیست حساسیت زیستگاه‌ها نسبت به عوامل تهدید (جدول ۲) است.

جدول لیست تهدیدات، شامل: وزن نسبی هر تهدید (دامنه وزنی صفر تا یک)، فاصله اثر هر تهدید (برحسب کیلومتر) و نوع کاهش تأثیر تهدید با فاصله (لگاریتمی یا خطی) است. در این جدول عوامل تهدیدات زیستگاه گونه براساس تحلیل نمودارهای عکس‌العمل و مقادیر وزن نسبی تهدیدات براساس جدول سهم نسبی متغیرها در نتایج آنالیز نرم‌افزار مکسنت تهیه شد. همچنین برای محاسبه فاصله اثر هر تهدید و نوع کاهش تأثیر تهدید با فاصله، از تحلیل نمودارهای عکس‌العمل نرم‌افزار مکسنت استفاده شد.

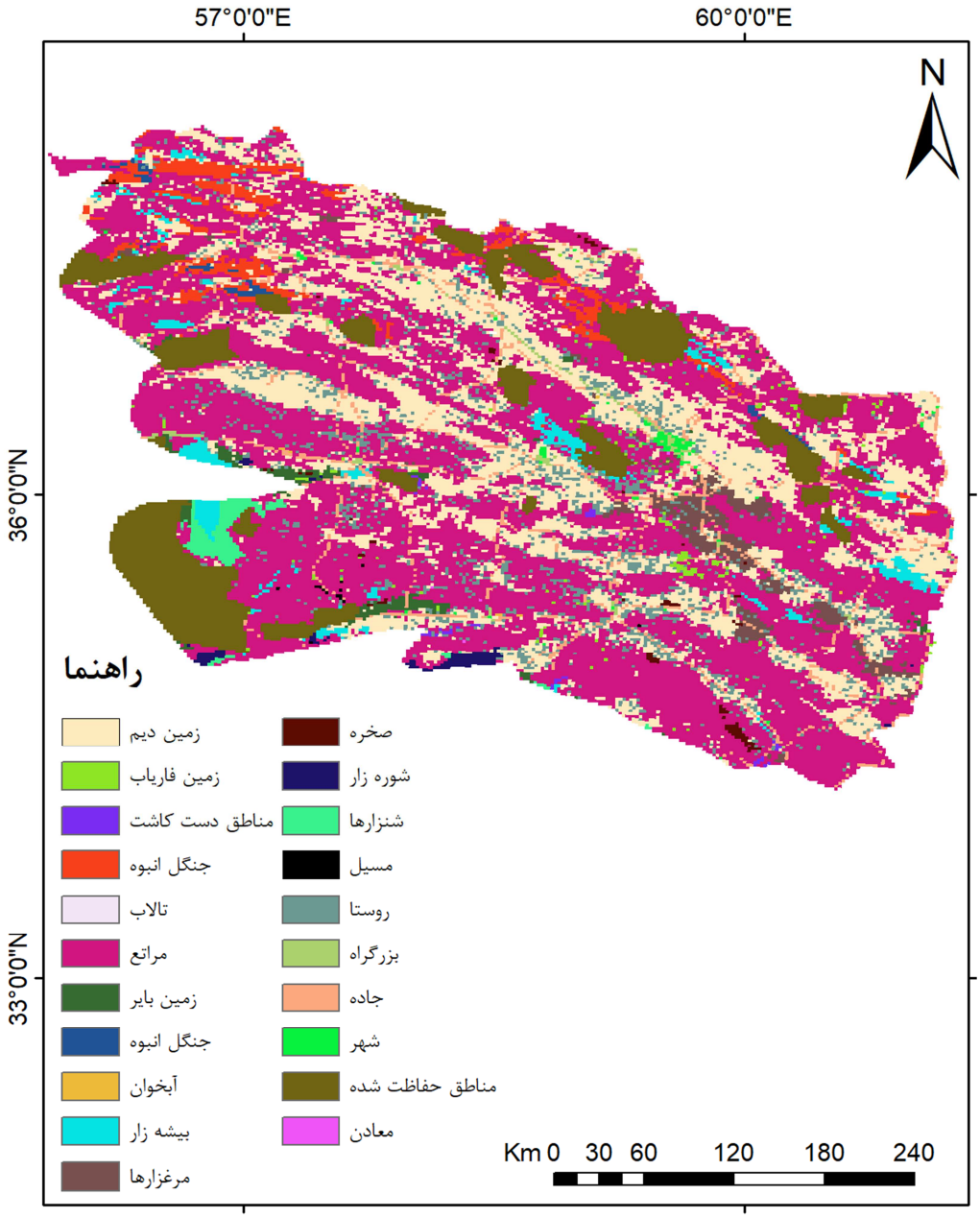
جدول ۱. منحنی‌های عکس‌العمل گونه پلنگ ایرانی به هریک از متغیرهای زیست‌محیطی

عنوان تهدید	وزن نسبی	حداکثر فاصله اثر هر تهدید بر زیستگاه	نوع کاهش تأثیر تهدید بافاصله
فاصله از بزرگراه‌ها	۰/۶۵	۲۲/۲۶	لگاریتمی
فاصله از شهرها	۱	۵/۵۷	لگاریتمی
فاصله از معادن	۰/۵۵	۱۱/۱۳۲	خطی
فاصله از زمین‌های بایر	۰/۴۵	۱۰/۰۲	خطی
فاصله از مناطق جنگل‌کاری شده	۰/۷	۲۲/۲۶	خطی

در جدول تعیین تیپ‌های زیستگاهی و حساسیت آن‌ها نسبت به هر تهدید، انواع کاربری اراضی موجود در منطقه موردمطالعه تهیه و ۲۲ تیپ زیستگاهی وارد مدل شد. هشت کاربری اراضی/ پوشش زمین با مشارکت و بررسی ۵ کارشناس متخصص بررسی و به‌عنوان زیستگاه (ارزش بین صفر تا یک) درنظر گرفته شد که شامل: زمین‌های فاریاب، زمین‌های دیم، جنگل‌های تنک، مراتع، بیشه‌زارها، روستاها، جاده‌ها و مناطق حفاظت‌شده است. در ادامه نیز حساسیت هریک از انواع زیستگاه‌ها نسبت به هریک از عوامل تهدید تعیین شد. این عامل نیز با اختصاص ارزش طیفی بین صفر (حساسیت بسیار کم نسبت به تهدید) تا یک (حساسیت بسیار بالا نسبت به تهدید) تهیه گردید (جدول ۲).

جدول ۲. منحنی‌های عکس‌العمل گونه پلنگ ایرانی به هریک از متغیرهای زیست‌محیطی

کدکاربری اراضی	عنوان کاربری اراضی	زیستگاه	تهدید زمین‌های بایر	تهدید معادن	تهدید شهر	تهدید مناطق جنگل‌کاری شده
۱	زمین‌های فاریاب	۱	۰	۰	۰/۱	۰
۲	زمین‌های دیم	۰/۱	۰	۰	۰/۲	۰
۴	جنگل‌های تنک	۰/۲	۰	۰	۰	۰
۶	مراتع	۱	۰	۰	۰	۰
۱۲	بیشه‌زارها	۰/۱	۰	۰	۰	۰
۱۸	روستاها	۰/۲	۰/۳	۰	۰/۸	۰/۱
۲۰	جاده‌ها	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱
۲۲	مناطق حفاظت‌شده	۱	۰/۲	۰	۰/۲	۰/۱

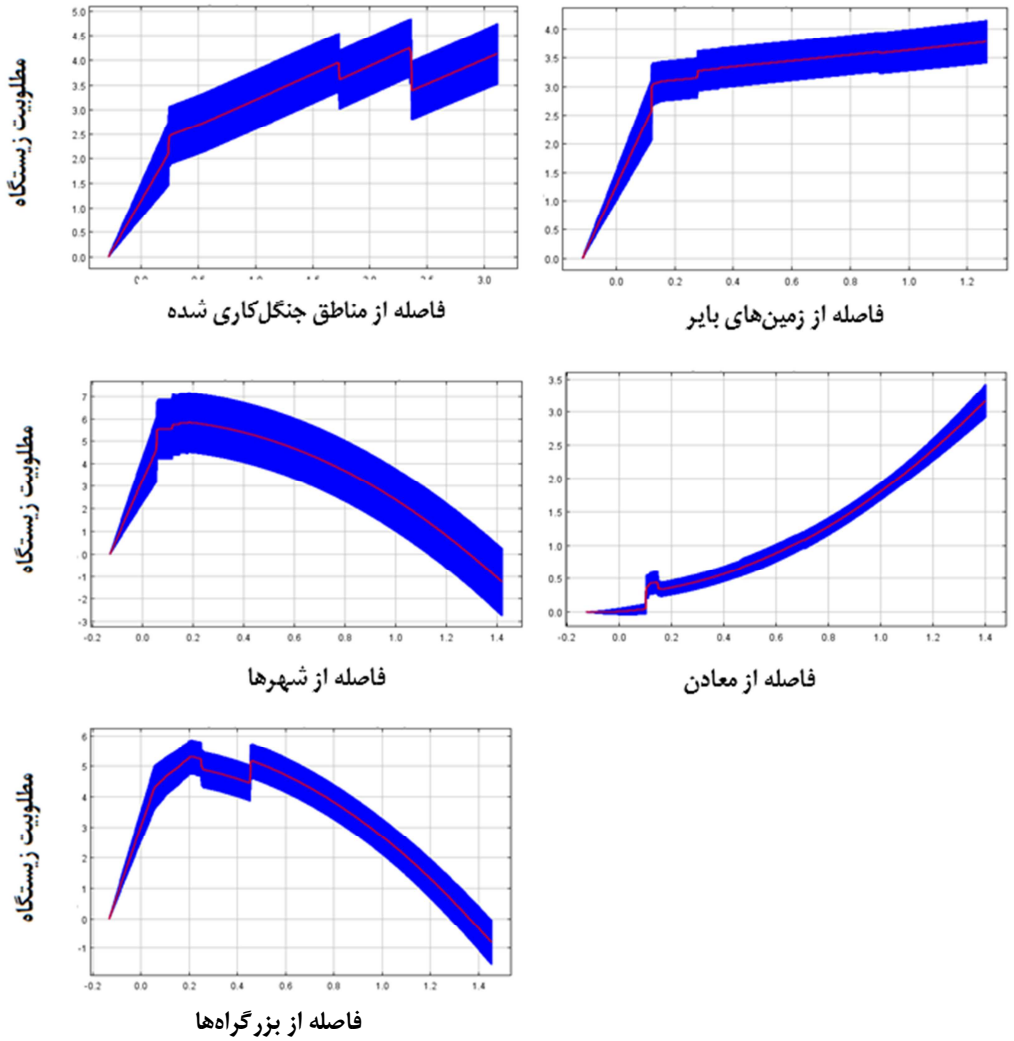


شکل ۲. نقشه کاربری اراضی/ پوشش زمین و طبقات آن در منطقه کپه‌داغ

نتایج

تحلیل مطلوبیت زیستگاه با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt

ارزیابی عملکرد نرم‌افزار مکسنت براساس سطح زیر منحنی ROC، مقدار ۰/۹۳۷ است که می‌توان اذعان کرد که پیش‌بینی بسیار خوبی صورت گرفته است و مدل‌سازی به شکل مطلوبی انجام شده است. یکی دیگر از خروجی‌های نرم‌افزار مکسنت منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به متغیرهای زیستگاهی است که در ادامه آورده شده‌اند. نتایج منحنی‌های عکس‌العمل نشان داد در متغیرهای فاصله از معادن، بزرگراه‌ها، شهرها، زمین‌های بایر و مناطق جنگل‌کاری شده با افزایش فاصله، مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ افزایش می‌یابد. به‌عبارتی هرچه زیستگاه از این متغیرها دورتر باشد برای پلنگ مطلوب‌تر و احتمال حضور گونه بیشتر است.



شکل ۳ . منحنی‌های عکس‌العمل گونه پلنگ ایرانی به هریک از متغیرهای زیست‌محیطی

تحلیل کیفیت زیستگاه با استفاده از نرم‌افزار InVEST

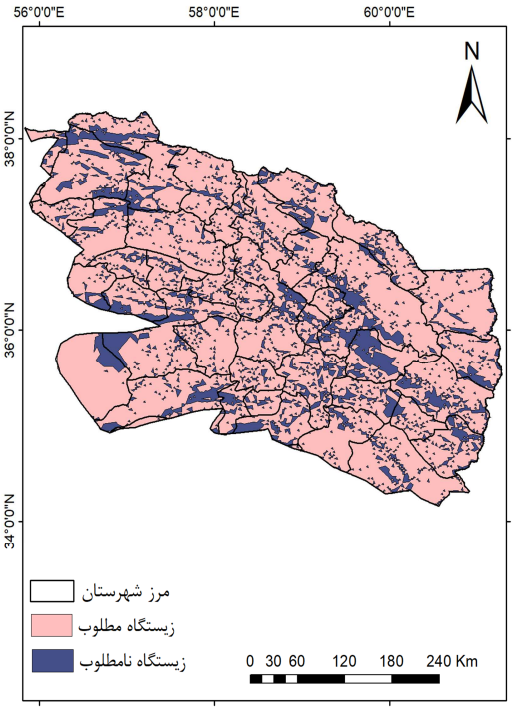
خروجی نرم‌افزار InVEST دو نقشه کیفیت زیستگاه و میزان تخریب زیستگاه است. وضعیت کیفیت زیستگاه گونه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ (شکل ۴)، باتوجه به مقدار آستانه حاصل از مدل (۰/۸) به دو طبقه، زیستگاه مطلوب (کیفیت بسیار بالا) و زیستگاه نامطلوب (کیفیت بسیار پایین) طبقه‌بندی شد (شکل ۵). طبق نتایج حاصل از مدل‌سازی کیفیت زیستگاه با استفاده از نرم‌افزار InVEST (شکل ۴)، بالاترین کیفیت زیستگاه برای این گونه در شمال و غرب منطقه کپه‌داغ است و در مرکز منطقه مورد مطالعه کیفیت زیستگاه کاهش می‌یابد. پایین‌بودن میزان کیفیت زیستگاه در حقیقت به‌دلیل وجود کلاس‌هایی از کاربری و پوشش اراضی است که دارای مطلوبیت زیستگاهی کمی برای گونه پلنگ ایرانی است. با استفاده از نتایج حاصل وسعت منطقه کپه‌داغ در شمال شرق ایران ۱۳۴۱۲۹/۴۴ کیلومترمربع به‌دست آمده است که ۱۰۸۹۵۱/۶۷ کیلومترمربع معادل ۸۲/۲۲ درصد از زیستگاه‌های مطلوب و ۲۵۱۷۷/۷۶ کیلومترمربع معادل ۱۸/۷۷ درصد از زیستگاه‌های نامطلوب با این منطقه همپوشانی دارد (جدول ۳). ۹/۷ درصد از کل منطقه مورد مطالعه، دارای مناطق تحت حفاظت است. مساحت مناطق مطلوب دارای همپوشانی با مناطق حفاظت‌شده، ۱۲۹۰۴/۶۳ کیلومترمربع است که ۱۱/۸۴ درصد از زیستگاه‌های مطلوب را در منطقه کپه‌داغ شامل می‌شود. از طرفی مساحت مناطق مطلوب دارای همپوشانی با مناطق شکارممنوع، ۱۰۴۴۷/۸۳ کیلومترمربع است که معادل ۹/۵۸ درصد از زیستگاه‌های مطلوب را دربرمی‌گیرد (جدول ۴).

جدول ۳. مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ

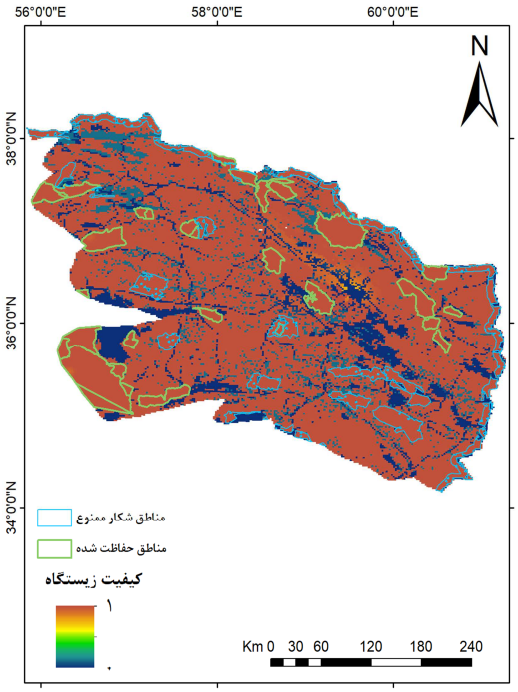
منطقه	وسعت (کیلومترمربع)	زیستگاه مطلوب (کیلومترمربع)	زیستگاه نامطلوب (کیلومترمربع)	درصد زیستگاه مطلوب	درصد زیستگاه نامطلوب
کپه‌داغ	۱۳۴۱۲۹/۴۴	۱۰۸۹۵۱/۶۷	۲۵۱۷۷/۷۶	۸۱/۲۲	۱۸/۷۷

جدول ٤. میزان همپوشانی زیستگاه‌های مطلوب با مناطق حفاظت‌شده و شکارممنوع در منطقه کپه‌داغ

منطقه	همپوشانی با مناطق حفاظت‌شده (درصد)	همپوشانی با مناطق شکارممنوع (درصد)
زیستگاه مطلوب کپه‌داغ	۱۱/۸۴	۹/۵۸

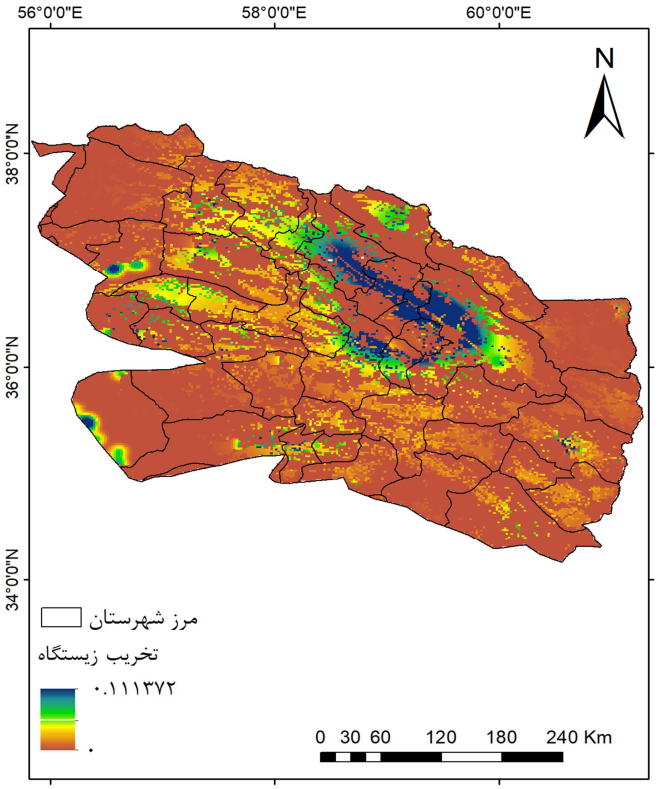


شکل ۵. نقشه کیفیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ



شکل ٤. نقشه همپوشانی شهرستان‌ها با مطلوبیت زیستگاه گونه در منطقه کپه‌داغ.

نتایج مربوط به نقشه میزان تخریب زیستگاه در شکل ۶ نشان داده شده است. این نقشه میزان تخریب نسبی زیستگاه فعلی در هر پیکسل را نشان می‌دهد. طبق نتایج حاصل، میزان تخریب زیستگاه در مرکز استان خراسان رضوی (شهرستان مشهد) بیشتر است و در جنوب و شرق استان خراسان رضوی و استان خراسان شمالی میزان تخریب زیستگاه کاهش می‌یابد. در کل میزان تخریب زیستگاه در خراسان شمالی نسبت به خراسان رضوی بسیار کمتر است.



شکل ٦. نقشه تخریب زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه ارزیابی کیفیت زیستگاه گونه پلنگ ایرانی (*Panthera Pardus Saxicolor*) در منطقه کپه‌داغ (در شمال شرق ایران) انجام شد. در واقع این مطالعه اولین تلاش برای ارزیابی کیفیت زیستگاه پلنگ ایرانی با استفاده از نرم‌افزار InVEST در منطقه کپه‌داغ است و هیچ مطالعه‌ای در این زمینه انجام نشده است. در مناطقی که اطلاعات مربوط به توزیع و وضعیت گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های نادر، اندمیک و در خطر انقراض ضعیف بوده و یا در دسترس نباشد، تحلیل بر پایه زیستگاه به‌جای رویکردهای برپایه گونه می‌تواند اطلاعات مفیدی از وضعیت حفاظت تنوع زیستی ارائه دهد (Wang & cheng, 2022). نرم‌افزار InVEST با مدل‌سازی هم‌زمان نقشه‌های کیفیت زیستگاه و حساسیت زیستگاه نسبت به عوامل تهدید می‌تواند مناطق دارای پتانسیل حفاظتی را الویت‌بندی کند (Wang & cheng, 2022).

مدل کیفیت خدمات زیستگاهی InVEST با ترکیب الگوها کاربری اراضی/ پوشش زمین (LuLc[1]) و تهدیدهای تنوع زیستی، منجر به تولید نقشه‌های کیفیت زیستگاه می‌شود (Zhong & Wang, 2017). در این مدل، زیستگاه[2] عبارت است از منابع و شرایط موجود در یک ناحیه که استقرار یک موجود زنده (شامل بقاء و تولید مثل) را فراهم می‌کند و کیفیت زیستگاه[3] به توانایی اکوسیستم در فراهم‌سازی شرایط مناسب برای بقای تولیدمثل و دوام جمعیت اشاره دارد (Hall *et al*, 1992). زیستگاه‌های با کیفیت بالا، تقریباً دست‌نخورده می‌باشند و دارای ساختار و عملکردی مناسب در طول زمان هستند. کیفیت زیستگاه به میزان نزدیکی آن به کاربری اراضی انسانی و شدت و میزان این کاربری‌ها بستگی دارد (Forman, 2003).

در این مطالعه اطلاعات جدول لیست تهدیدات شامل وزن نسبی هر تهدید که این وزن نشان‌دهنده‌ی مخرب‌بودن نسبی یک تهدید نسبت به یک تهدید دیگر برای همه زیستگاه‌ها است.

فاصله اثر هر تهدید که عبارت است از حداکثر فاصله‌ای که هر تهدید، کیفیت زیستگاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و نوع کاهش تأثیر تهدید با فاصله از زیستگاه به‌طوری‌که سلول‌های شبکه‌ای که به تهدید نزدیک‌تر هستند، تأثیرات بیشتری را تجربه خواهند

1. Land use/Land cover

2. Habitat
3. Habitat Quality

کرد. (Tallis *et al*. 2013). این نوع کاهش تأثیر تهدید می‌تواند یا به‌صورت خطی[1] و یا لگاریتمی[2] باشد. جدول لیست حساسیت زیستگاه‌ها نسبت به عوامل تهدید نیز شامل ارزش‌گذاری زیستگاه‌ها و میزان تأثیرپذیری هر زیستگاه نسبت به هر عامل تهدید است. درنهایت به‌منظور تهیه اطلاعات مربوط به جدول لیست تهدیدات از نتایج آنالیز نرم‌افزار مکسنت استفاده گردید و نرم‌افزار InVEST، Run شد.

در این مطالعه علاوه‌بر شناخت و تهیه لیست تهدیدات زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه مورد مطالعه (جدول ۱)، کیفیت زیستگاه نیز ارزیابی شد. در مطالعه Nematollahi *et al*. (2020)، علاوه‌بر مدل‌سازی کیفیت زیستگاه با استفاده از نرم‌افزار InVEST، اثرات بوم‌شناختی شبکه جاده‌ای، به‌عنوان یکی از عوامل تهدید موجود در منطقه در استان چهارمحال بختیاری برای گونه کل و بز ارزیابی شد.

طبق نتایج خروجی InVEST (شکل ۴)، نقشه کیفیت زیستگاه گونه پلنگ ایرانی در منطقه کپه‌داغ وارد محیط ArcGIS10.3 شد و به دو طبقه، زیستگاه مطلوب و زیستگاه نامطلوب با آستانه ۰/۸ تبدیل گردید (شکل ۵). در کل ۲۱/۴۲ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه پلنگ ایرانی با شبکه حفاظتی همپوشانی دارد و حدود ۷۷ درصد زیستگاه‌های مطلوب خارج از شبکه حفاظتی است.

Ebrahimi *et al*. (2017)، در پژوهش خود با عنوان پیش‌بینی تأثیرات تغییر اقلیم بر توزیع پلنگ ایرانی به این نتیجه رسیدند که الگوی توزیع مناطق مطلوب در مدل زمان حال نشان می‌دهد، مساحت مناطق مطلوب دارای همپوشانی با مناطق حفاظت‌شده، حدود ۵۸ درصد از مساحت ایران را شامل می‌شود؛ که این مسئله بیانگر اهمیت مناطق حفاظت‌شده در مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی است. از طرفی در همین مطالعه الگوی توزیع مناطق مطلوب در مدل زمان آینده نشان داد مساحت مناطق مطلوب دارای همپوشانی با مناطق حفاظت‌شده، در حدود ۲۲/۵ درصد از مساحت ایران را شامل می‌شود. در پژوهش Hosseini *et al*. (2019) در سال ۱۳۹۷ تنها ۲۸ درصد از زیستگاه‌های مطلوب پلنگ ایرانی در شمال شرق ایران با مناطق تحت حفاظت سازمان محیط‌زیست همپوشانی دارند و ۷۰ درصد زیستگاه‌های مطلوب آن، خارج از شبکه تحت حفاظت محیط‌زیست است.

طبق نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۴ بیشترین نقاط حضور ثبت‌شده گونه پلنگ ایرانی در منطقه مورد مطالعه با ۱۰۵ نقطه حضور، به‌ترتیب در استان‌های خراسان رضوی با ۵۸ نقطه حضور و خراسان شمالی با ۴۷ نقطه حضور است و در بین شهرستان‌ها، به‌ترتیب راز و جرگلان (استان خراسان شمالی) و درگز (استان خراسان رضوی) دارای بیشترین ثبت نقاط حضور است.

خروجی دیگر مدل، نقشه حساسیت زیستگاه به عوامل تهدید (میزان تخریب زیستگاه) در منطقه مورد مطالعه بود که بین صفر تا ۰/۱۱۱ است و بیشترین مقدار تخریب آن در غرب شهرستان مشهد و بعد از آن مرکز شهرستان‌های گلبهار و قوچان است (شکل ۶). ارزش بالا در هر پیکسل به این معنا است که تخریب زیستگاه در یک سلول نسبت به سلول‌های دیگر بیشتر است و تخریب بالای زیستگاه به معنای تهدیدات زیاد در منطقه مورد مطالعه است. در پژوهش حاضر با همپوشانی مناطق حفاظت‌شده و نقشه میزان تخریب زیستگاه در منطقه کپه‌داغ، نتایج نشان داد دو منطقه حفاظت‌شده بینالود و حیدری در وضعیت نامطلوب و چهار منطقه حفاظت‌شده گرزمی، باغ کشمیر، قرخود و گلستان در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارند.

مناطق حفاظت‌شده، یکی از مهم‌ترین روش‌های تلاش برای حفظ تنوع زیستی هستند (Hosseini *et al*., 2019). باتوجه به نتایج شکل ۴ بسیاری از نقاط حضور گونه در خارج از مناطق حفاظت‌شده قرار دارد. ازآنجاکه مناطق حفاظت‌شده، تنها زیستگاه‌های باقی‌مانده علفخواران بزرگ‌جثه به‌عنوان مهم‌ترین طعمه‌های طبیعی پلنگ هستند؛ بنابراین پراکنش این‌گونه تا حد زیادی وابسته به مناطق حفاظت‌شده است و این موضوع اهمیت مناطق حفاظت‌شده در حفاظت از گونه‌های حیات‌وحش در ایران را نشان می‌دهد که در مطالعات گذشته نیز اثبات شده است. در مطالعه Ahmadi *et al*. (2017)، در سال ۱۳۹۲ نتایج نشان داد متغیر فاصله از مناطق حفاظتی، مؤثرترین متغیر بر توزیع گونه پلنگ ایرانی در فلات مرکزی ایران است. همچنین در مطالعه ابراهیمی و همکاران در سال ۱۳۹۷، متغیر فاصله از مناطق حفاظت‌شده از متغیرهای بسیار مهم در مدل‌سازی زیستگاه گونه پلنگ ایرانی بود. همچنین کرمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ نشان دادند که پستانداران بزرگ ایران به‌ندرت در خارج از مناطق حفاظت‌شده دیده می‌شوند. Mallon و همکارانش در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ به این نتیجه رسیدند که پراکنش سم‌داران مانند اکثر مناطق دیگر در آسیا، عمدتاً در داخل مناطق حفاظت‌شده محدود می‌شود به این‌علت که در خارج از مناطق حفاظت‌شده، شکار و تعارضات آنها با دام‌های اهلی، بقای آنها را به خطر می‌اندازد. علاوه‌بر این، تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که حداقل

1. linear
2. exponential

۱۴۰۰ گونه از مهره‌داران در هیچ‌کدام از مناطق حفاظت‌شده قرار ندارد و این مسئله مؤید آن است که بخش بزرگی از تنوع زیستی در خارج از مناطق حفاظت‌شده جای گرفته‌اند (Visconti *et al*. 2019). Swanepoel و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که زیستگاه مطلوب برای پلنگ در آفریقای جنوبی عمدتاً در خارج از مناطق حفاظت‌شده قرار دارد. گونه‌های گوشتخوار بزرگ‌جثه قلمروهای زیستگاهی وسیعی دارند که ممکن است آنها را وادار به خروج از مناطق حفاظت‌شده کند (Johansson *et al*. 2016).

Daheji *et al*. (2022)، در مطالعه‌ای نشان دادند با توجه به مهاجرت گونه‌ها در فصول معین، مناطق حفاظت‌شده قادر به پوشش‌دهی تمام قلمروهای مورد نیاز گونه نیستند. به همین علت لازم است دالان‌های بین مناطق حفاظت‌شده نیز تحت کنترل و حفاظت قرار گیرند (Karami & Shayesteh, 2020). در مطالعه‌ای Hosseini *et al*. (2019) به این نتیجه رسیدند که مناطق حفاظت‌شده موجود در منطقه مورد مطالعه تا حدودی با یکدیگر ارتباط دارند. با این‌حال، این ارتباطات در حال‌حاضر توسط فعالیت‌های انسانی مانند احداث جاده‌ها و توسعه مناطق روستایی در خطر نابودی قرار دارد. به‌عنوان مثال، تصادفات جاده‌ای، مهم‌ترین علت مرگ‌ومیر گونه یوزپلنگ در ایران است (Ahmadi *et al*., 2017)؛ بنابراین لازم است تجدیدنظری در مرزبندی مناطق حفاظت‌شده در سطح جهان صورت گیرد که ایران نیز از این امر مستثنی نیست. از فواید استفاده از ابزار InVEST در ارزیابی کیفیت زیستگاه، قدرت به نسبت بالای آن در مدل‌سازی کیفیت زیستگاه، تنها بر مبنای نقشه کاربری و پوشش زمین و بدون نیاز به نقاط حضور گونه، در سطح سیمای سرزمین است؛ بنابراین استفاده از این مدل در مناطق وسیعی که از مطلوبیت زیستگاهی برای گونه برخوردار است ولی اطلاعات کامل و جامعی از حضور گونه در دست نیست، مفید است.

تقدیر و تشکر

این پژوهش، حاصل پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد بود. از راهنمایی و نقش بسزای اساتید محترم، خانم دکتر آزیتا فراشی و خانم دکتر فاطمه جهانی‌شکیب در انجام این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Afshar Harb, A. (1979). The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dagh region, Northern Iran.

Andersen, M. C., Watts, J. M., Freilich, J. E., Yool, S. R., Wakefield, G. I., McCauley, J. F., & Fahnestock, P. B. (2000). Regression-tree modeling of desert tortoise habitat in the central Mojave Desert. *Ecological Applications*, *10*(3), 890-900.

Ahmadi, M., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Hemami, M. R., Fadakar, D., Malakouti-Khah, S., & Ostrowski, S. (2017). Combining landscape suitability and habitat connectivity to conserve the last surviving population of cheetah in Asia. *Diversity and Distributions*, *23*(6), 592-603. (In Persian).

Adibi, M. A., Karami, M., & Kaboli, M. (2014). Study of seasonal changes in habitat suitability of Caracal caracal schmitzi (Maschie 1812) in the central desert of Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, *5*, 95-106. (In Persian).

Bargain, A., Marchese, F., Savini, A., Taviani, M., & Fabri, M. C. (2017). Santa Maria di Leuca Province (Mediterranean Sea): Identification of suitable mounds for cold-water coral settlement using geomorphometric proxies and Maxent methods. *Frontiers in Marine Science*, *4*, 338.

Bashir, T., Bhattacharya, T., Poudyal, K., Sathyakumar, S., & Qureshi, Q. (2014). Integrating aspects of ecology and predictive modelling: implications for the conservation of the leopard cat (Prionailurus bengalensis) in the

Eastern Himalaya. *Acta theriologica*, *59*, 35-47.

Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Goldman, C.R., Heanue, K. and Jones, J., (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island press.

Daheji, F., Morovati, M., & Zare, M. (2022). Identification of connections between habitat spots and modeling the habitat suitability of Persian leopard (Panthera pardus saxicolor) in Yazd province. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, *35*(3), 217-232.

Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K. and Pennington, D. (2013). InVEST 3.0. 0 User's Guide. The Natural Capital Project.

Edgaonkar, A. (2008). *Ecology of the leopard (Panthera pardus) in Bori wildlife sanctuary and Satpura national park, India*. University of Florida. Ebrahimi, A., Farashi, A., & Rashki, A. (2017). Habitat suitability of Persian leopard (Panthera pardus saxicolor) in Iran in future. *Environmental earth sciences*, *76*(20), 1-10. (In Persian).

Farashi, A., Shariati, M., & Hosseini, M. (2017). Identifying biodiversity hotspots for threatened mammal species in Iran. *Mammalian Biology*, *87*, 71-88.

Farashi, A., & Shariati, M. (2017). Biodiversity hotspots and conservation gaps in Iran. *Journal for nature conservation*, *39*, 37-57.

Fattebert, J., Robinson, H. S., Balme, G., Slotow, R., & Hunter, L. (2015). Structural habitat predicts functional dispersal habitat of a large carnivore: how leopards change spots. *Ecological Applications*, *25*(7), 1911-1921. Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D.,

Gavashelishvili, A., & Lukarevskiy, V. (2008). Modelling the habitat requirements of leopard Panthera pardus in west and central Asia. *Journal of applied ecology*, *45*(2), 579-588.

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. (In Persian).

Jacobson, A. P., Gerngross, P., Lemeris Jr, J. R., Schoonover, R. F., Anco, C., Breitenmoser-Würsten, C.Dollar, L. (2016). Leopard (Panthera pardus) status, distribution, and the research efforts across its range. *PeerJ*, *4*, e1974.

Johansson, M., Ferreira, I. A., Støen, O. G., Frank, J., & Flykt, A. (2016). Targeting human fear of large carnivores—Many ideas but few known effects. *Biological Conservation*, *201*, 261-269.

Kang, D. (2022). A review of the habitat restoration of giant pandas from 2012 to 2021: Research topics and advances. *Science of The Total Environment*, 158207.

Karami, M., Ghadirian, T., & Faizolahi, K. (2016). *The atlas of mammals of Iran*. Jahad daneshgahi, kharazmi Branch.

Karami, P., & Shayesteh, K. (2020). Habitat Suitability Modeling of Wild Sheep (Ovis orientalis) in Markazi Province by using Tree-Based Models. *Experimental animal Biology*, *8*(4), 109-121. (In Persian).

Kiabi, B.H., Dareshouri, B.F., Ghaemi, R.A., Jahanshahi M.(2002). Populationstatus of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor Pocock*, 1927) in Iran. *Zoology in the Middle East26:41-47*. (In Persian).

Mao, K. S., Wang, Y., & Liu, J. Q. (2021). Evolutionary origin of species diversity on the Qinghai–Tibet Plateau. *Journal of Systematics and Evolution*, *59*(6), 1142-1158.

Moussavi-Harami, R., & Brenner, R. L. (1990). Lower Cretaceous (Neocomian) fluvial deposits in eastern Kopet-Dagh basin, northeastern Iran. *Cretaceous Research*, *11*(2), 163-174.

Mallon, D. P., & Jiang, Z. (2009). Grazers on the plains: challenges and prospects for large herbivores in Central Asia. *Journal of Applied Ecology*, 516-519.

Morrison, M. L., Marcot, B., & Mannan, W. (2012). Wildlife-habitat relationships: concepts and applications.

Nematollahi, S., Fakheran, S., Jafari, A., Raeisi, T., & Pourmanafi, S. (2020). Landscape planning for conservation, based on the invest model of habitat quality and ecological impact assessment of road network in Chaharmahal & Bakhtiari province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *8*(4), 67-81. (In persian)

Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S. M., de Voil, P. and Nidumolu, U. (2010). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II—Integrating impacts with adaptive capacity. *Environmental Science & Policy*, *13*(1), 18-27.

Omidi, M., Kaboli, M., & Karami, M. (2010). Analyzing and modeling spatial distribution of leopard *(Panthera pardus saxicolor)* in Kolahghazi national park, Isfahan province of Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, *12*(1), 137-148. (In Persian).

Parchizadeh, J., & 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*(20), 11972-11978. (In Persian).

Pausas, J. G., Braithwaite, L. W., & Austin, M. P. (1995). Modelling habitat quality for arboreal marsupials in the south coastal forests of New South

Wales, Australia. *Forest Ecology and Management*, *78*(1-3), 39-49.

Qian, Y., Dong, Z., Yan, Y., & Tang, L. (2022). Ecological risk assessment models for simulating impacts of land use and landscape pattern on ecosystem services. *Science of The Total Environment*, *833*, 155218.

Reynolds-Hogland, M. J., & Mitchell, M. S. (2007). Effects of roads on habitat quality for bears in the southern Appalachians: a long-term study. *Journal of Mammalogy*, *88*(4), 1050-1061.

Rushton, J. P., Skuy, M., & Bons, T. A. (2004). Construct validity of Raven's advanced

progressive matrices for African and non-African engineering students in South Africa. *International journal of selection and assessment*, *12*(3), 220-229.

Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M.P. and Schmitz, O.J. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, *343*(6167), 1241484.

Swanepoel, L. H., Lindsey, P., Somers, M. J., Van Hoven, W., & Dalerum, F. (2013). Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. *Animal Conservation*, 16(1), 41-50.

Taghdisi, M., Mohammadi, A., Nourani, E., Shokri, S., Rezaei, A., & Kaboli, M. (2013). Diet and habitat use of the endangered Persian leopard *(Panthera pardus saxicolor)* in northeastern Iran. *Turkish Journal of Zoology*, *37*(5), 554-561. (In Persian).

Torabian, S., Soffianian, A., Fakheran, S., Asgarian, A., Akbari Feizabadi, H., & Senn, J. (2018). Habitat suitability mapping for sand cat (Felis margarita) in Central Iran using remote sensing techniques. *Spatial information research*, *26*, 11-20. (In Persian).

Wang, B., & Cheng, W. (2022). Effects of Land Use/Cover on Regional Habitat Quality under Different Geomorphic Types Based on InVEST Model. *Remote Sensing*, *14*(5), 1279.

Visconti, P., Butchart, S. H., Brooks, T. M., Langhammer, P. F., Marnewick, D., Vergara, S., Yanosky, A. and Watson, J.E. (2019). Protected area targets post-2020. *Science*, *364*(6437), 239-241.

Zhong, L., & Wang, J. (2017). Evaluation on effect of land consolidation on habitat quality based on InVEST model. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, *33*(1), 250-255.

Ziaei E, 2008, Iranian Mammalian Fields Guidance, Familiarity with Wildlife, 350 p. (In Persian).