ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در انتخاب زیستگاه یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyxjubatusvenaticus*; Griffith, ۱۸۲۱) به کمک داده‌های سری زمانی دورسنجی (مطالعه موردی: مجموعه حفاظتی توران)

- **فرزانه کرمانی**: دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران
- **بهزاد رایگانی**: دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران
- **باقر نظامی‌بلوچی***: دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران
- **حمید گشتاسب**: دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران
- **حسن خسروی**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: ٤١١١
- **حمیدرضا حیدری**: گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، صندوق پستی: ٤٨٧-٤٩١٧٥

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۵

چکیده

شناخت عوامل موثر بر انتخاب زیستگاه می‌تواند نقش مهمی برای توصیف پراکنش گونه‌ها داشته باشد و این امکان را فراهم کند که بتوان بین زیستگاه‌های مختلف از نظر کیفیت تفاوت قائل شد. برآورد و نقشه‌سازی مناسب زیستگاه، نقش مهمی در برنامه‌ریزی حفاظت گونه‌های در خطر انقراض ایفا می‌کند. هدف از این پژوهش ارزیابی مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ آسیایی با استفاده از روش بیش‌ترین بی‌نظمی (MaxEnt) براساس شاخص‌های محیط زیستی و پاسخ یوزپلنگ به تغییرات معنادار پوشش گیاهی و دمای سطح زمین طی ۱۵ سال اخیر در مجوعه حفاظتی توران می‌باشد. داده‌های حضور یوز از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ و شاخص‌هایی از قبیل فاصله از پراکنش سمداران منطقه، فاصله از منابع آبی، تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات دمای سطح زمین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵، بارندگی و دمای سالیانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد ۲۰٪ وسعت منطقه جزء طبقه مطلوب زیستگاه قرار دارد. براساس نتایج، متغیر فاصله از منابع آبی و تغییرات شاخص پوشش گیاهی عمودی، منحصر به فردترین اطلاعات را در اختیار قرار می‌دهند. هم‌چنین مطلوبیت زیستگاه وابستگی زیادی به پراکنش گونه‌های جبیر، قوچ و میش و آهو دارد. نتایج گویای این است که پراکنش یوز غالباً در مناطق دشتی و تپه ماهوری است. هم‌چنین براساس نتایج، این گونه از کوهستان‌ها و ارتفاعات فاصله می‌گیرد چرا که در اشغال گونه رقیب آن، یعنی پلنگ است.

کلمات کلیدی: MaxEnt، شاخص‌های محیط‌زیستی، شاخص پوشش گیاهی، مطلوبیت زیستگاه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Baghernezami@yahoo.com

مقدمه

اکوسیستم‌های خشکی موزاییکی از منابع زیستی متفاوت هستند که ممکن است تحت تأثیر تغییرات گوناگون قرار گیرند و این امر گونه‌های جانوری را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (Bowden و همکاران، ۲۰۱۵). زیستگاه نیز قسمتی از یک اکوسیستم است که پناه، غذا و امنیت را برای بقای موجودات مقیم آن فراهم می‌کند (Isbell و همکاران، ۲۰۱۵). اعتقاد بر این است که یک گونه، محدوده خاص و ترکیبی از متغیرهای محیط زیستی را برای افزایش بقا و تولیدمثل انتخاب می‌کند (Broekhuis، ۲۰۰۷). در مورد حیوانات خشکی، پوشش گیاهی به‌عنوان امنیت (Yamaguchi و همکاران، ۲۰۰۳)، مکان‌های تولیدمثل (Broekhuis، ۲۰۰۷) و به طور مستقیم به‌عنوان منبع غذا برای گونه‌های گیاه‌خوار و غیرمستقیم برای گونه‌های گوشت‌خوار ازجمله در تامین پناه، دارای اهمیت است (Spong، ۲۰۰۲). به همین دلیل بررسی روند تغیرات پوشش گیاهی می‌تواند بر رفتار گیاه‌خواران مفید باشد (Willis، ۲۰۱۵). این بینش می‌تواند موجب بهبود مدیریت و حفاظت گیاه‌خواران و به‌دنبال آن گوشت‌خواران و هم‌چنین تشخیص نیازهای حفاظتی آن‌ها در آینده گردد (D'Amen و همکاران، ۲۰۱۳). درک بسیاری از عوامل غیررویشی مانند: منابع آب، ارتفاع، شیب، درجه حرارت، در دسترس بودن طعمه و میزان بارش سالانه نیز در زیستگاه گونه‌ها حائز اهمیت است (Guisan و Zimmermann، ۲۰۰۰). بر این اساس شناخت عوامل موثر بر انتخاب زیستگاه می‌تواند نقش مهمی برای توصیف پراکنش گونه‌ها داشته و این امکان را فراهم کند تا بتوان بین زیستگاه‌های مختلف از نظر کیفیت تفاوت قائل شد (Franklin، ۲۰۱۰). برآورد و نقشه‌سازی مناسب زیستگاه نقش مهمی در برنامه‌ریزی جهت حفاظت از گونه‌های در معرض خطر انقراض ایفا می‌کند. رویکردی که در سال‌های اخیر در ارزیابی زیستگاه گونه‌های حیات وحش اهمیت بالایی یافته است، رویکرد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه است. این رویکرد با به‌کارگیری تحلیل‌های آماری چند متغیره و سامانه اطلاعات جغرافیایی احتمال حضور و یا عدم حضور گونه در مجموعه‌ای از شرایط زیستگاهی را برآورد می‌کند (Manly و همکاران، ۲۰۰۷؛ Guisan و Zimmermann، ۲۰۰۰). روش حداکثر بی‌نظمی یکی از روش‌های حضور است که در سال ۲۰۰۴ ارائه شده و به‌دلیل داشتن مزیت‌های زیاد (Kumar و Tohlgren، ۲۰۰۹؛ Phillips و همکاران، ۲۰۰۶)، می‌تواند به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری، نقش مهمی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی گونه‌های در معرض خطر داشته باشد (Bashari و Hemami، ۲۰۱۳).

یوزپلنگ که در گروه با اهمیت‌ترین گونه‌های حیات وحش دنیا می‌باشد، در کل محدوده پراکنش خود دارای پنج زیرگونه می‌باشد. زیرگونه آسیایی یوز (*Acinonyxjubatusvenaticus*) که براساس (IUCN، ۲۰۱۶) وضعیت حفاظتی آن بحرانی (Cr یا Critical Endangered) است، امروزه تنها در ایران زیست می‌کند (Nowell و Jackson، ۱۹۹۶) و طی چند دهه اخیر وجود گزارش‌های پراکنده از یوز و نمایه‌های آن، نشانگر این است که در طول این مدت، جمعیت یوزپلنگ تا دو سوم کاهش یافته است (Hemami، ۲۰۰۵). علاوه بر جمعیت، سطح اشغال شده توسط یوزپلنگ نیز در سده اخیر کاهش یافته است (Hunter و همکاران، ۲۰۰۷؛ Nowell و Jackson، ۱۹۹۶). این موارد باعث شده تا حفاظت از یوزپلنگ آسیایی طی دهه گذشته مورد توجه قرار گیرد (Jowkar و همکاران، ۲۰۰۸). باتوجه به تعداد بسیار اندک جمعیت یوز در طبیعت (Hunter و همکاران، ۲۰۰۷) و از آن‌جاکه تخریب و از بین رفتن زیستگاه مهم‌ترین عامل انقراض گونه‌ها می‌باشد (Reynolds و همکاران، ۲۰۰۱)، لذا از روش مدل‌سازی توزیع گونه به‌عنوان ابزاری موثر و کارآمد استفاده شده است تا مناطق مطلوب زیست گونه (Addison و همکاران، ۲۰۱۳؛ Guisan و همکاران، ۲۰۱۳؛ Franklin، ۲۰۱۰؛ Rodriguez و همکاران، ۲۰۰۷)، در مهم‌ترین زیستگاه یوز در کشور (نظامی و اژدری، ۱۳۹۵) شناسایی شود. این روش‌ها در پیش‌بینی زیستگاه گوشت‌خوان بزرگ جثه اهمیت زیادی دارند (Farhadinia و همکاران، ۲۰۱۵؛ Marino و همکاران، ۲۰۱۱؛ Rodriguez و همکاران، ۲۰۰۷) و با توجه به اهداف حفاظتی که برای یوز مدنظر می‌باشد، ابزار مهمی برای طراحی مناطق دارای اولویت حفاظتی هستند (Farhadinia و همکاران، ۲۰۱۵؛ Rabinowitz و Zeller، ۲۰۱۰؛ Sanderson و همکاران، ۲۰۰۲). هم‌چنین برای اطمینان حاصل کردن از این‌که جمعیت گوشت‌خواران بزرگ در درون یک ساختار فضایی و پیچیده زیستگاه به‌صورت پایدار حفظ شوند، شناسایی یک شبکه متصل از مناطق حفاظت شده براساس زیستگاه‌های مطلوب گونه (Crooks و همکاران، ۲۰۱۱)، با هدف افزایش اتصال و یا تسهیل پراکندگی پستانداران بزرگ بین زیستگاه هسته‌ای و یا مناطقی که منبع جمعیتی است، ضروری می‌باشد (Rabinowitz و Zeller، ۲۰۱۰). به‌همین دلیل محققین به‌طور گسترده، بر مفاهیم زیستگاه‌های دارای اولویت، پویایی چشم‌انداز و اتصالات زیستگاه‌ها در شبکه حفاظتی مناطق حفاظت شده حیات وحش تاکید دارند (به‌عنوان مثال

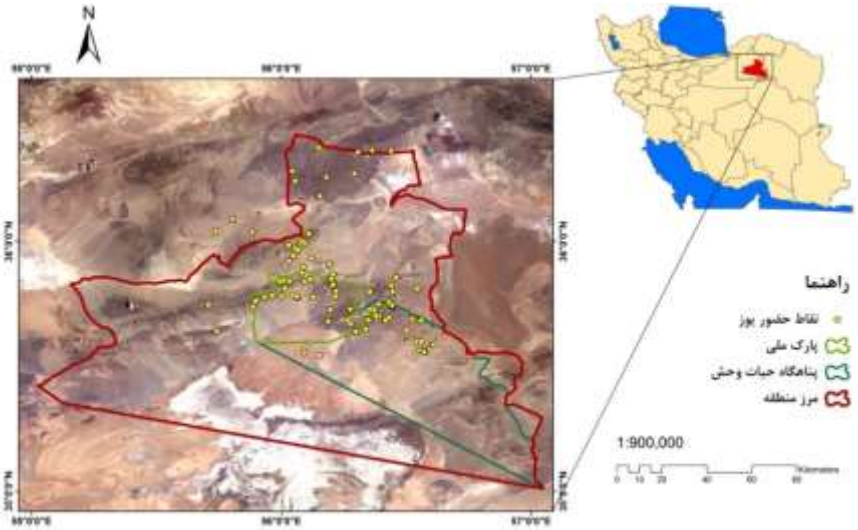
Dickson و همکاران، ۲۰۱۳؛ Carroll و همکاران، ۲۰۱۲). شناسایی این زیستگاه‌های حساس و الگوی پراکندگی آن‌ها به زیست‌شناسان حفاظت نیز این اجازه را می‌دهد تا به بررسی ساختار ترکیب و پراکندگی گونه‌ها، جریان ژن و پویایی جمعیت بپردازند (Carroll و همکاران، ۲۰۱۲؛ Revilla و Wiegand، ۲۰۰۸؛ McRae و Beier، ۲۰۰۷).

براساس احمدی و حیدری (۱۳۹۳) و شمس (۱۳۹۳)، در اکوسیستم‌های بیابانی فلات مرکزی ایران گستره‌های زیادی حفاظت می‌شوند که هیچ‌گونه ارزش حفاظتی ندارند و در مقابل بخش‌های زیادی در زمره مناطق آزاد قرار دارند و حال آن‌که از اولویت بالای حفاظتی برخوردار هستند. از این رو تنها ۳۸ درصد مناطق مطلوب زیستگاهی یوز تحت حفاظت از سازمان حفاظت محیط زیست حفاظت قرار گرفته است. براین اساس می‌توان مهم‌ترین دلایل اهمیت این مطالعه را موارد زیر دانست: ۱- شناسایی زیستگاه‌های مطلوب گونه در پر اهمیت‌ترین زیستگاه یوز در کشور. ۲- شناسایی مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در بقاء آخرین جمعیت‌های باقی‌مانده در این منطقه. ۳- شناسایی مناطق ارتباطی احتمالی از منطقه به سایر زیستگاه‌های هسته اطراف. ۴- ارزیابی مرزبندی و چگونگی حفاظت کنونی و جانمایی پاسگاه‌های محیط‌بانی منطقه. ۵- ارزیابی هم‌پوش پراکندگی گونه با طعمه‌های اصلی آن.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه: مجموعه تحت حفاظت توران به مساحت حدود ۱۴۴۱۵۲۳ هکتار، مشتمل بر پارک‌ملی، پناهگاه حیات وحش و ذخیره‌گاه زیست‌کره است. این سرزمین در جنوب شهرستان شاهرود در استان سمنان جای دارد و قسمت کوچکی از جنوب‌شرقی آن در استان خراسان قرارگرفته است و مختصات جغرافیایی آن بین طول‌های شرقی ۵۵° تا ۵۷° و عرض‌های شمالی ۳۵°تا۳۶° و ´۲۵ است (شکل۱). توران پس از نایبندان دومین زیستگاه بزرگ یوز است. هم‌چنین رکورددار زاد و ولد یوز در ایران نیز می‌باشد (نظامی و اژدری، ۱۳۹۵).

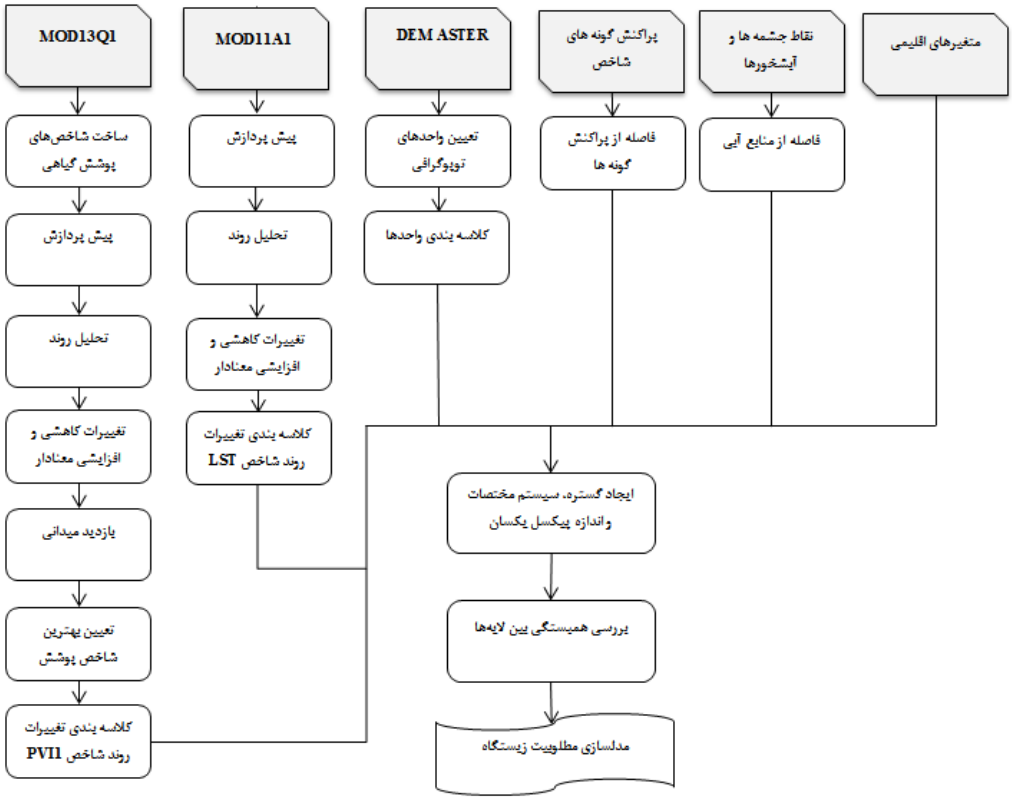
روش کار: در این پژوهش با توجه به مطالعات مختلف و نظرات کارشناسان، متغیرهایی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی پراکنش یوز تاثیر می‌گذارند، انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط حضور یوز

داده‌های حضور یوز در منطقه توران از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ جمع‌آوری شد. لایه‌های اطلاعاتی از قبیل فاصله از سم‌داران شاخص منطقه، براساس پراکنش گونه‌هایی از قبیل جبیر، آهو، قوچ و میش، گورخر ایرانی، و کل و بز تهیه گردید. سپس پراکنش کل و بز و در ادامه، نقاط پراکنش پلنگ به‌دلیل هم‌پوشانی کامل با مناطق کوهستانی حذف گردید. لایه فاصله از منابع آبی از قبیل چشمه‌ها و آبشخورها براساس محدوده نقاط این مناطق ایجاد شد. لایه رقومی ارتفاع تهیه شده در USGS برای تهیه نقشه ارتفاع، خطوط منحنی میزان و شیب منطقه به‌کار گرفته شد. سپس نقشه توپوگرافی با لایه‌های ساخته شده ایجاد شد و منطقه

به ۴ تیپ کوهستان، تپه ماهور، دشت‌سر و پلایا طبقه‌بندی گردید. تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در منطقه مطالعاتی با استفاده از داده‌های سری زمانی مودیس از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ تهیه و طبقه‌بندی گردید. هم‌چنین از پارامترهای اقلیمی تهیه شده در بانک داده WorldClim جهت مدل‌سازی توزیع و تعیین اثر پارامترهای اقلیمی بر توزیع یوز استفاده شد. این بانک داده شامل ۱۹ پارامتر اقلیمی به قابلیت تفکیک ۱ کیلومتر مربع است. از آن‌جایی‌که همبستگی بین متغیرها ممکن است منجر به اریب‌های آماری و پیش‌بینی‌های نادرست شود (Franklin، ۲۰۱۰) پیش از استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در روند مدل‌سازی، همبستگی آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت و متغیرهایی که همبستگی بیش از ۰/۸ داشتند در مدل‌سازی لحاظ نگردید. در این میان با توجه به همبستگی بسیار بالای پارامترهای اقلیمی، تنها از متغیر میانگین درجه حرارت سالیانه و میانگین بارش سالیانه استفاده شد. این کار در نرم‌افزار Arc Map و با استفاده از ابزار Spatial Analyst Multivariant انجام شد. بعد از انتخاب نقشه متغیرهای محیط‌زیستی و اقلیمی، این متغیرها برای ورود به نرم‌افزار مکسنت آماده‌سازی شدند. متغیرهای نهایی در مدل‌سازی، فاصله از منابع آبی، فاصله از پراکنش جبیر، فاصله از پراکنش آهو، فاصله از پراکنش گور، فاصله از پراکنش قوچ و میش، تیپ‌های توپوگرافی، تغییرات روند پوشش گیاهی، تغییرات روند دمای سطح زمین، دمای متوسط سالانه و بارش متوسط سالانه می‌باشند. شکل (۲) فرآیند کلی تحقیق می‌باشد.



شکل ۲: فرآیند کلی تحقیق

لایه نقاط حضور یوزپلنگ آسیایی در منطقه توران: در پژوهش حاضر اطلاعات مربوط به نقاط حضور یوزپلنگ آسیایی در منطقه توران از طریق دوربین‌های تله‌ای، مشاهدات مستقیم محیط‌بانان و کارشناسان، طی ۱۵سال از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ فراهم شد. از آن‌جاکه در برخی موارد از جمله بررسی‌های میدانی و دوربین‌های تله‌ای، برای بسیاری از نقاط، مختصات جغرافیایی چندین بار ثبت شده است، به‌دلیل جلوگیری از مشکلات اریبی مثبت، تعداد کل نقاط ثبت شده به تنها یک مشاهده به‌ازای هر نقطه، تقلیل یافت. بر این اساس تعداد کل نقاط حضور در این منطقه ۲۳۳ نقطه و تعداد نقاط منحصر به فرد، ۱۱۶ نقطه می‌باشد.

روند پوشش گیاهی: به‌منظور تحلیل روند پوشش گیاهی از محصول MOD۱۳Q۱ سنجنده مودیس در طول سال‌های

۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ استفاده گردید. این محصول شامل ۱۲ لایه اطلاعاتی می‌باشد که در این پژوهش از داده‌های مربوط به شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI یا Normalized difference vegetation index)، شاخص بهبودیافته پوشش گیاهی (EVI یا Enhanced Vegetation Index)، باندهای آبی، قرمز، مادون قرمز نزدیک و هم‌چنین داده‌های مربوط به قابلیت اطمینان پیکسل (Reliability) استفاده شده است. هم‌چنین شاخص‌های گیاهی فاصله محور با استفاده از داده‌های این محصول ساخته شد. هدف اصلی این شاخص‌های گیاهی، حذف اثر روشنایی خاک در مواردی که پوشش گیاهی تنک می‌باشد و پیکسل‌ها شامل ترکیبی از پوشش گیاهی سبز و پس زمینه خاک هستند، می‌باشد. این امر به‌ویژه در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارد. شاخص‌های فاصله محور ساخته شده در این مطالعه شامل PVI۱، PVI۲، PVI۳، DVI، TSAVI۱و WDVI است که همگی مربوط به مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند (Eastman، ۲۰۱۵). سپس با بازدید میدانی از ۶۳ نقطه از منطقه مطالعاتی در پلات‌های ۳متر×۳متر، شاخص PVI۱ (Perpendicular Vegetation Index) با ضریب کاپا ۰/۷۸۹۷و دقت کل ۸۸/۷۱٪ به‌عنوان شاخص پوشش گیاهی منطقه تعیین گردید. برای تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی در مدل‌ساز روند زمین (Earth Trend Modeler) از روش روند میانه (Median Trend) برای محاسبه تغییرات کاهشی و افزایشی و روش من -کندال (Mann-Kendal) برای معنی‌دار بودن این تغییرات در سطح آماری ۵ درصد در نواحی مختلف استفاده شد (Eastman، ۲۰۱۵). در پایان تغییرات پوشش گیاهی منطقه به ۳ کلاس روند نزولی، بدون روند و روند صعودی طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

روند دمای سطح زمین: از داده‌های سری زمانی MOD۱۱A۱ سنجنده مودیس در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ برای بررسی روند طولانی مدت دمای سطح زمین استفاده شد. تحلیل روند مشابه روش توضیح داده شده در شاخص پوشش گیاهی انجام شد و در پایان منطقه به ۳ کلاس روند نزولی، بدون روند و روند صعودی طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

جدول ۱: طبقات مربوط به روند پوشش گیاهی و دمای سطح زمین

کلاس	ارزش	نوع روند
۱	<-۱/۹۶	روند کاهشی
۲	-۱/۹۶ – ۱/۹۶	بدون روند
۳	>۱/۹۶	روند افزایشی

مدل‌سازی: پراکنش یوز در منطقه تحت مدیریت توران با استفاده از نرم‌افزار مکسنت ورژن ۳,۳,۳K (http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/) مدل‌سازی شد. در حال حاضر یکی از محبوب‌ترین روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، به‌دلیل کم بودن خطاهایش در سناریوهای پیچیده (Elith و همکاران، ۲۰۰۶) و هم‌چنین انجام آن حتی با نمونه‌های کوچک (Wisz و همکاران، ۲۰۰۸) مکسنت می‌باشد. مکسنت یک الگوریتم یادگیری ماشین است که اصل حداکثر بی‌نظمی را برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ها از داده‌های فقط حضور و متغیرهای محیط‌زیستی و اقلیمی، اعمال می‌کند (Merow و همکاران، ۲۰۱۴؛ Elith و همکاران، ۲۰۰۶؛ Phillips و همکاران، ۲۰۰۴). از جمله مزیت‌های این روش می‌توان به استفاده از داده‌های طبقه بندی و کمی، ارزیابی کیفیت مدل با استفاده از آماره AUC، ارائه تاثیر و اهمیت هر یک از متغیرها بر مطلوبیت زیستگاه با محاسبه درصد کمک متغیرها و آزمون جکنایف، هم‌چنین ارائه آستانه مطلوبیت زیستگاه برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت، اشاره نمود (Kumar و Stohlgren، ۲۰۰۹؛ Phillips و همکاران، ۲۰۰۶).

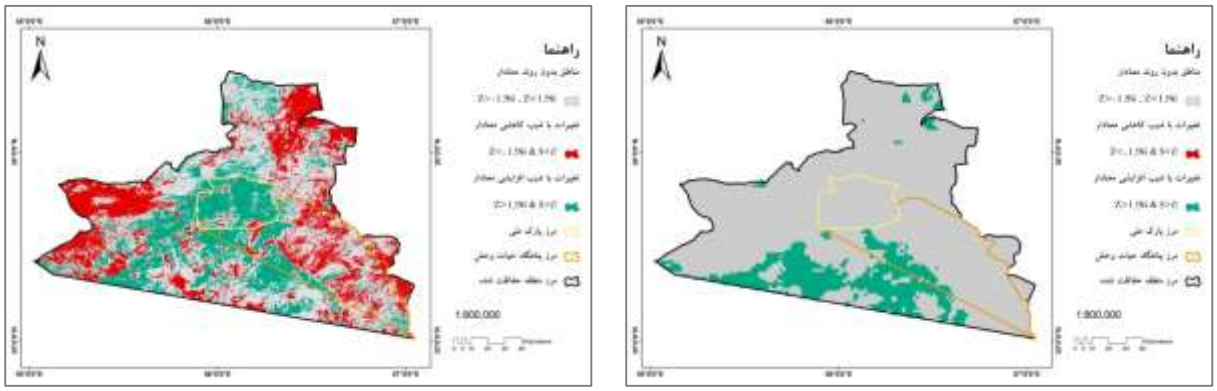
نتایج

ارزیابی روند تغییرات: شکل (۳-الف) مربوط به روند پوشش گیاهی شاخص PVI۱ و شکل (۴-ب) مربوط به روند دمای سطح زمین می‌باشد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود مناطق با رنگ سبز دارای روند افزایشی معنادار، مناطق با رنگ قرمز دارای روند کاهشی معنادار و مناطق با رنگ خاکستری بدون روند معنادار می‌باشد.

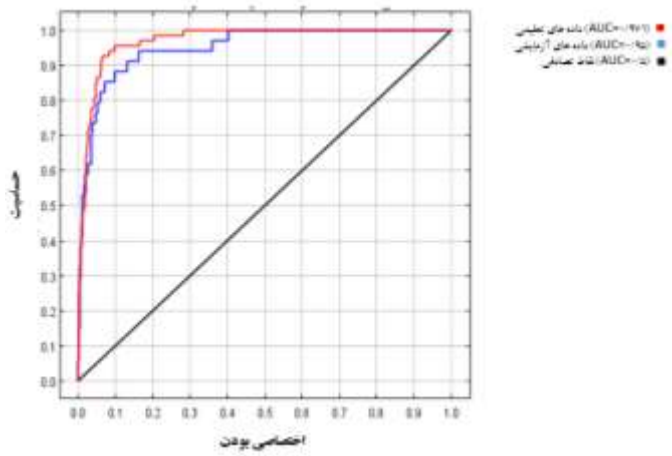
ارزیابی کیفیت مدل: کیفیت مدل تهیه شده با روش مکسنت را می‌توان با محاسبه سطح زیر منحنی (AUC یا Area Under the ROC Curve) برای منحنی ROC (Receiver operating characteristic) ارزیابی کرد. AUC می‌تواند میزان توانایی مدل را در پیش‌بینی ارائه دهد، بدین‌صورت‌که هر چقدر مقدار آن به ۱ نزدیک‌تر باشد عملکرد مدل بهتر است. با توجه به نمودار، سطح زیر منحنی برای داده‌های تعلیمی (train data) به‌کار رفته در مدل برابر با ۰/۹۷ و هم‌چنین برای داده‌های آزمایشی (test data) برابر با ۰/۹۵ می‌باشد. این میزان نشان از مطلوبیت بسیار مناسب و قابلیت بالای مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ می‌باشد (شکل ۴).

سهم نسبی متغیرها: نرم‌افزار مکسنت سهم نسبی هر متغیر را در مدل مشخص می‌کند. در این مطالعه بالاترین سهم نسبی پیش‌بینی کننده متغیرها مربوط به منابع آبی با ۵۲/۱٪ و کم‌ترین آن مربوط به تغییرات دمای سطح زمین ۰/۳٪ می‌باشد (جدول ۲).

الف) ب)



شکل ۳: الف) روند تغییرات دمای سطح زمین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵. ب) روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی PVI۱ از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵



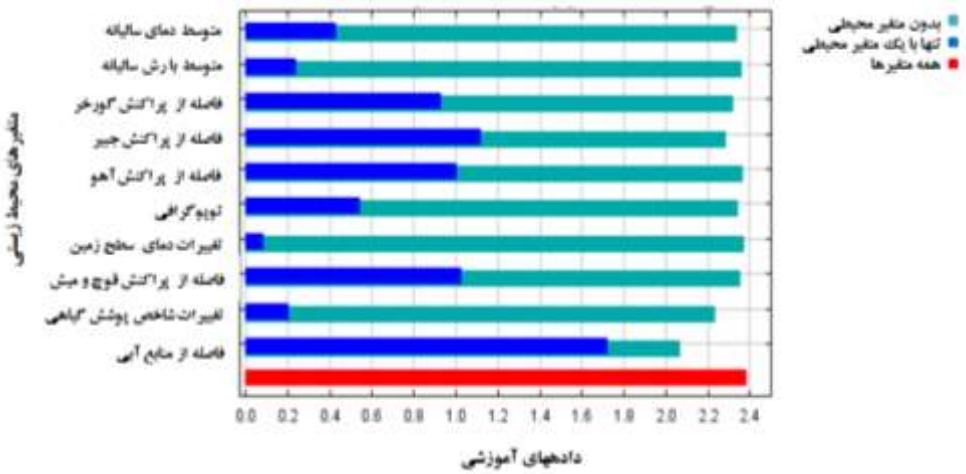
شکل ۴:منحنی ROC و مقدار AUC مدل مطلوبیت یوز در منطقه حفاظت شده توران

جدول ۲: سهم نسبی پیش‌بینی کننده هر متغیر محیطی در تخمین حضور یوز پلنگ

متغیر	سهم نسبی متغیر (درصد)
منابع آبی	٪۵۲/۱
جبیر	٪۱۸/۴
توپوگرافی	٪۹/۳
PVI۱تغییرات شاخص پوشش گیاهی	٪۸/۸
فاصله از پراکنش آهو	٪۳/۲
فاصله از پراکنش گورخر	٪۳
فاصله از پراکنش قوچ و میش	٪۲/۱
متوسط بارش سالیانه	٪۱/۴
متوسط دمای سالیانه	٪۱/۳
تغییرات دمای سطح زمین	٪۰/۳

اهمیت متغیرها: آزمون جک‌نایف اهمیت هریک از متغیرهای محیط زیستی و تاثیر آن‌ها را در مدل‌سازی نشان می‌دهد (شکل ۵). براساس آزمون جک‌نایف، میزان بهره‌ای که متغیرها در آزمون تعلیمی تنظیم شده در ساخت مدل برده‌اند، بسیار بالا بوده است و این بدان معنی است که انتخاب متغیرها در پیش‌بینی مدل به درستی صورت گرفته است. براساس این آزمون متغیر فاصله از منابع آبی نه تنها بیش‌ترین اهمیت را دارد، بلکه منحصر به فردترین اطلاعات را نیز در اختیار قرار می‌دهد. پس از متغیر فاصله از منابع آبی، متغیر شاخص پوشش گیاهی عمودی (PVI۱) است که منحصر به فردترین اطلاعات را در اختیار قرار می‌دهد.

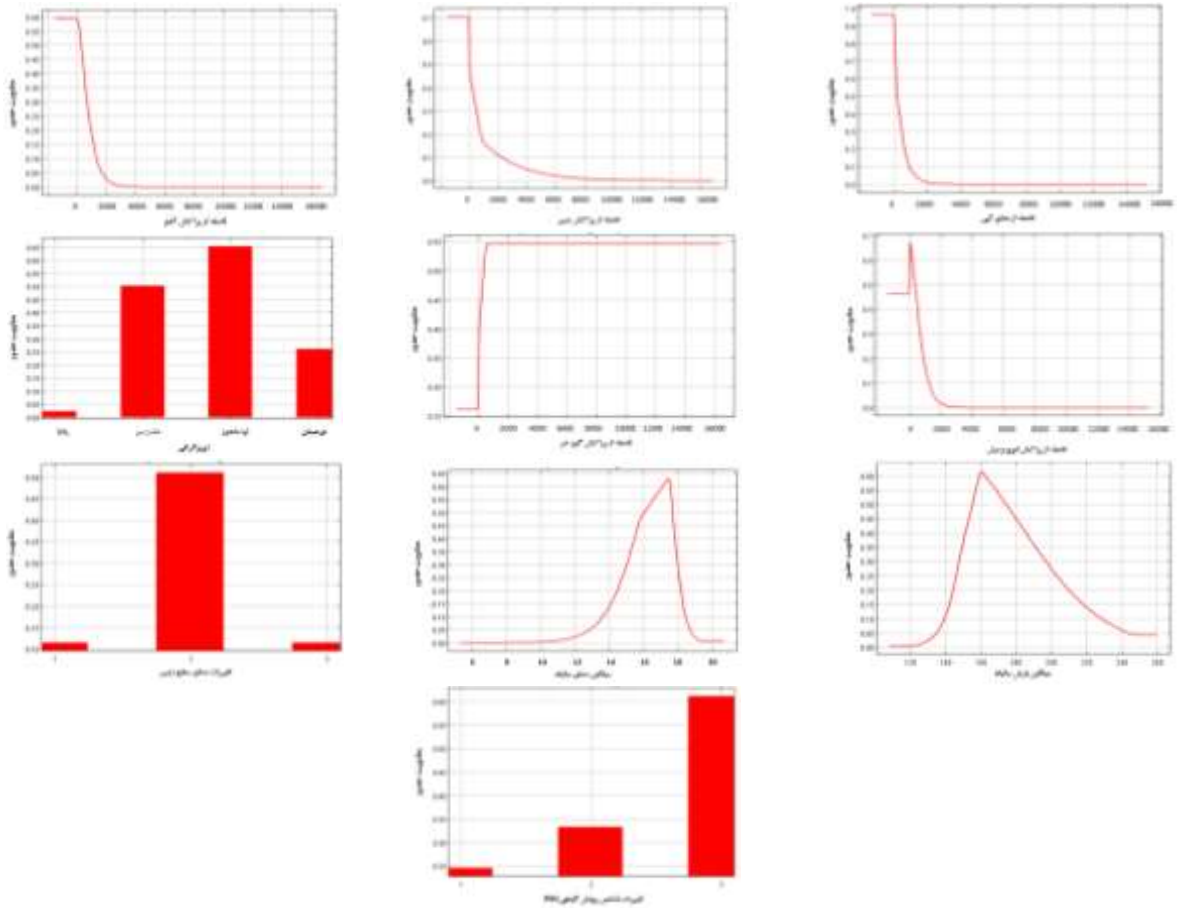
نقش متغیرها: منحنی‌های پاسخ به‌دست آمده برای مدل نهایی یوزپلنگ (شکل ۶) گویای این هستند که پیش‌بینی منطقی مدل در زمانی‌که تنها یک متغیر تغییر کند و سایر متغیرها مقادیر میانگین خود را داشته باشند، چگونه تغییر می‌کنند. نتایج نرم‌افزار گویای این است که هرچه فاصله از منابع آبی بیش‌تر شود به‌طور خطی از مطلوبیت زیستگاه کم خواهد شد. بیش‌ترین مطلوبیت در مناطقی است که حداقل فاصله از منابع آب را دارند و از فاصله حدود ۲۰۰۰ متری به بعد زیستگاه، برای گونه کاملاً نامطلوب است.



شکل ۵: آزمون جک نایف در بررسی اهمیت متغیرهای محیطی

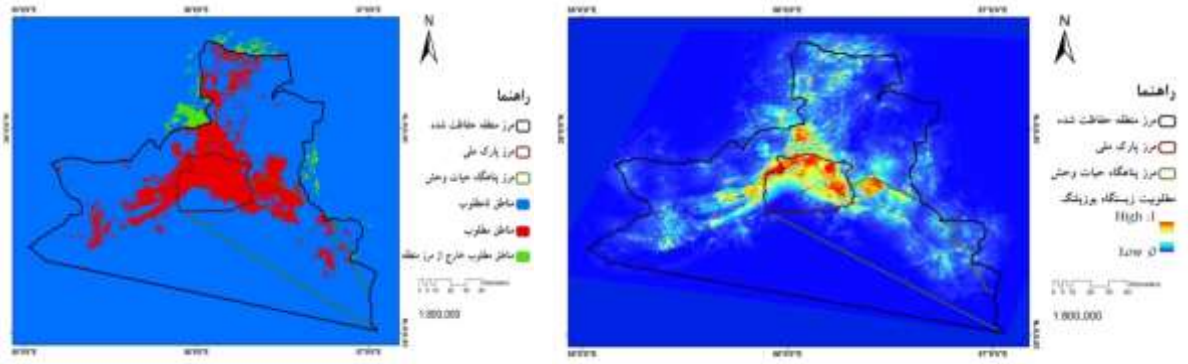
الگوی مطلوبیت زیستگاه یوز هم‌چنین وابستگی زیادی به پراکندگی طعمه‌های اصلی آن یعنی سم‌داران منطقه دارد. به‌ترتیب جبیر، قوچ و میش و آهو اهمیت زیادی بر پراکندگی یوز دارند. هرچه فاصله از پراکندگی جبیر و آهو بیش‌تر شود احتمال حضور یوزپلنگ کم‌تر خواهد شد و این در حالی است که افزایش فاصله از گورخر باعث افزایش حضور یوز شده است. منحنی پاسخ به طبقاتی توپوگرافی، مطلوبیت زیستگاه را در مناطق تپه ماهوری (طبقه ۳) و پس از آن در مناطق دشتی (طبقه ۲) نشان می‌دهد. دمای مطلوب برای حضور یوز بین ۱۴ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد است و با افزایش یا کاهش دما از این بازه‌ی دمائی، شرایط برای زیستن گونه نامطلوب می‌گردد، در دمای نزدیک به ۱۸ درجه سانتی‌گراد مطلوبیت زیستگاه حداکثر است. هم‌چنین منحنی پاسخ یوز به دمای سطح زمین گویای آن است که در مناطق بدون روند افزایشی و کاهشی دما، مطلوبیت زیستگاه افزایش یافته است. در مجموع یوز به زیستگاه‌های کم‌باران تمایل بیش‌تری دارد. براساس منحنی پاسخ، درجه مطلوبیت زیستگاه بالقوه در بازه ۱۵۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر در سال حداکثر است، زیستگاه در محدوده بارش ۱۴۰ تا ۲۲۰ میلی متر مطلوب بوده اما بارش کم‌تر و بیش‌تر از این دامنه، موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه یوز می‌شود. تغییرات شاخص پوشش گیاهی نیز نشان می‌دهد که طبقه ۳ مطلوبیت زیستگاهی، مطلوب بوده، که این طبقه مربوط به مناطق با تغییرات افزایشی پوشش گیاهی است. تغییرات شاخص دمای سطح زمین به‌عنوان کم اهمیت‌ترین شاخص، نشان می‌دهد این گونه در مناطقی که دمای سطح زمین، بدون تغییر بوده است (طبقه۲) مطلوبیت بیش‌تری داشته است.

پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه یوز آسیایی در منطقه حفاظت شده توران: شکل (۷- الف) مطلوبیت زیستگاه یوز را با توجه به متغیرهای به‌کار رفته در این تحقیق نشان می‌دهد. در این نقشه نواحی که پتانسیل وجود و پراکنش گونه در آن‌ها وجود دارد نشان داده شده است که مقدار ارزشی آن براساس نتایج حاصل از مکسنت از ۰/۱۷۶ به بالا می‌باشد. شکل (۷-ب) نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت زیستگاه یوز را نشان می‌دهد. بر این اساس حدود ۲۰٪ مساحت منطقه مطالعاتی جز طبقه مطلوب زیستگاهی قرار دارد که معادل ۲۸۸۳۳۲ هکتار از وسعت منطقه را شامل می‌شود و بیش‌ترین مطلوبیت در داخل مرز پارک ملی توران می‌باشد. علاوه بر این ۳۶۸۱۱ هکتار از مساحت منطقه مطلوب، در بیرون از منطقه مطالعاتی قرار می‌گیرد که جز هیچ‌یک از طبقات حفاظتی قرار ندارد.



شکل ۶: منحنی‌های پاسخ متغیرها در مدلسازی مکسنت

الف) ب)



شکل ۷: مطلوبیت زیستگاه یوز

بحث

براساس نتایج به‌دست آمده از پیش‌بینی نقشه مطلوبیت، محدوده جنوبی توران از کم‌ترین مطلوبیت زیستگاهی برخوردار است. براساس بازدیدهای میدانی، این منطقه به شکل یک مثلث شوره‌زار و نمک‌زار است و امکان تردد تقریباً غیرممکن است. از این‌رو هیچ‌گونه ارزش زیستگاهی برای گونه‌های پستاندار، ازجمله یوز ندارد. نتایج مدل‌سازی و انتخاب زیستگاه بالقوه یوز نشان داده است که به‌جز عامل منابع آبی که در زیستگاه‌های بیابانی اهمیت زیادی در حیات گونه‌ها دارند، عوامل اقلیمی و

زمین‌شناسی در مقابل عوامل زیستی، از اهمیت کم‌تری برخوردارند. براساس نتایج، از ۱۰ عامل منتخب برای انتخاب زیستگاه، ۴ عامل زیستی، یعنی پراکندگی طعمه‌های گونه، کاملاً در اولویت بالاتری نسبت به سایر عوامل قرار دارند. نتایج Mills و همکاران (۲۰۰۴) در پارک ملی کروگر و سرهنگ‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) در پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر نیز موید آن است که پراکندگی یوز به شدت وابسته به طعمه اصلی آن یعنی گیاه‌خواران متوسط جثه، می‌باشند. از منظر دیگر اهمیت منابع آبی نیز می‌تواند به‌دلیل وابستگی طعمه‌های سم‌دار باشد، چرا که در فصل گرم همه گونه‌های طعمه و رقیب به منابع آبی رجوع می‌کنند (Hunter و همکاران، ۲۰۰۷)، علاوه بر این یوزهای ماده در فصل تابستان که همراه با توله‌های خود هستند به‌شدت به منابع آب وابسته هستند (Farhadinia و همکاران، ۲۰۱۲؛ Farhadinia و Hemami، ۲۰۱۰). سم‌داران در مناطق بیابانی، به‌ویژه در فصل گرم، پراکندگی خود را کاملاً منطبق بر منابع آبی قابل دسترس تنظیم می‌کنند. از این‌رو، دلیل دیگر اهمیت منابع آبی، به‌دلیل شکار یوز در این محدوده‌ها می‌باشد (Broekhuis، ۲۰۰۷؛ Hunter و همکاران، ۲۰۰۷). براساس (ضیایی، ۱۳۸۵؛ Karami، ۱۹۹۲) طعمه‌های دشتی، مهم‌ترین سهم را در رژیم غذایی یوز دارند و برهمین اساس با وجودی که جبیر کم‌ترین تعداد را در منطقه به نسبت سایر سم‌داران دارد، در اولویت انتخاب یوز قرار دارد (رضایی، ۱۳۹۳). از طرف دیگر با توجه به تعداد بالای قوچ و میش به نسبت سایر سم‌داران (اداره کل حفاظت محیط زیست سمنان، ۱۳۹۴) و از آن‌جاکه به ویژه جنس نر آن در مناطق تپه ماهوری مهم‌ترین طعمه یوز هستند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵؛ رضایی، ۱۳۹۳؛ Farhadinia و همکاران، ۲۰۱۲)، این گونه در پراکندگی یوز اهمیت زیادی دارد. جمعیت آهو در منطقه توران به‌طور کامل محدود به مناطق شمالی و محدوده عباس آباد است. در این بخش که در محور جاده سمنان – مشهد نیز می‌باشد، تعدد روستاها و حضور بالای دام‌داران و هم‌چنین تردد وسایل نقلیه می‌تواند یک عامل محدودکننده برای حضور یوز باشد (احمدی و حیدری، ۱۳۹۳؛ شمس، ۱۳۹۳). کما این‌که در طول سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ تعداد ۱۰ تصادف جاده‌ای و مرگ در این محدود رخ داده است، که احتمالاً به‌دلیل جمعیت آهوها جذب این منطقه شده و هم‌چنین نزدیک‌ترین کریدور ارتباطی با پناهگاه حیات‌وحش میاندشت خراسان شمالی (با فاصله هوایی ۹۰ کیلومتر) و خوش ییلاق سمنان (با فاصله هوایی ۲۰ کیلومتر) است. هم‌چنین محدوده شمالی پست محیط‌بانی دلبر تا حوزه عباس آباد در شش ماهه فصل سرد سال در اشغال بیش از ۱۲۰ هزار رأس دام است که بیش از ۱۲۰۰ قلاده (حدود ۱۲۰ برابر کل جمعیت احتمالی یوز در منطقه) سگ گله نیز با آن‌ها جابجا می‌شود (نظامی و اژدری، ۱۳۹۵؛ توکلی‌مهر و دیباج، ۱۳۸۹؛ پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی، ۱۳۸۷) از این‌رو به‌نظر می‌رسد این عوامل محدودکننده، باعث پیشی گرفتن قوچ و میش و زیستگاه آن نسبت به آهو شده است. در نهایت از نتایج این‌گونه بر می‌آید که گور هیچ سهمی در رژیم غذایی یوز نداشته و گاهاً حضور گورها ممکن است برای یوز و توله‌های آن خطرناک نیز باشد.

منحنی پاسخ به طبقات توپوگرافی نشان داد که با کاهش جمعیت آهو و جبیر (در منطقه مورد مطالعه) یوز، قوچ و میش را به‌عنوان طعمه جایگزین برای تغذیه انتخاب کرده است (براساس اداره کل حفاظت محیط زیست سمنان، ۱۳۹۴) و از این‌رو مطلوبیت زیستگاهی، مناطق تپه ماهوری بالا بوده تا بتواند در لابه‌لای تپه‌ها و به‌صورت فرصت‌طلبانه قوچ و میش‌ها را شکار کند. هم‌چنین براساس نتایج، این گونه از کوهستان‌ها و ارتفاعات فاصله می‌گیرد چرا که در اشغال گونه رقیب آن، یعنی پلنگ است. حال آن‌که براساس (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Morovatie و همکاران، ۲۰۱۵)، در پناهگاه حیات وحش دره‌انجیر یزد، از آن‌جاکه هیچ رقیبی در منطقه حضور ندارد، یوز در مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای نیز در حین شکار ثبت شده است.

براساس نتایج حاصل از منحنی پاسخ، این گونه مناطق با رشد افزایشی پوشش گیاهی را ترجیح داده است. این رفتار به دلیل آن است که پوشش گیاهی برای یوز تکنیکی است برای کمین بهتر جهت شکار کارآمد (Muntifering و همکاران، ۲۰۰۶؛ Caro، ۱۹۹۴) به‌طوری‌که براساس (Farhadinia و همکاران، ۲۰۰۸) یوز برای نزدیک شدن به طعمه نیاز به پوشش گیاهی و توپوگرافی برای مخفی شدن دارد. هم‌چنین Mills و همکاران (۲۰۰۴) نیز در مطالعات رژیم غذایی یوزپلنگ‌های مجهز به گردنبندهای رادیویی در پارک ملی کروگر به این نتیجه رسیدند که یوزها مراتع مشجر ساوانا و با پوشش گیاهی را در هنگام شکار و نزدیک شدن به طعمه انتخاب می‌کنند. هم‌چنین این مناطق مکانی امن برای رسیدن به سن بلوغ توله‌ها و پناهگاهی برای دوری از تعامل با صیادان دیگر است (Hunter و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج تغییرات دمای سطح زمین نشان داد یوز از مناطقی که دمای سطح زمین در طول این ۱۵ سال افزایش و یا کاهش پیدا کرده است دوری کرده است.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق گویای این است که یوزپلنگ آسیایی در منطقه توران وابسته به منابع آبی و طعمه‌هایی از قبیل جبیر، قوچ و میش و آهو می‌باشد. تغییرات مربوط به پوشش

گیاهی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ نشان داد یوزپلنگ بیش‌تر مناطق با افزایش پوشش گیاهی را انتخاب کرده است. هم‌چنین یوز در منطقه حفاظت شده توران بیش‌تر مناطق دشتی و تپه ماهوری را ترجیح داده است و از مناطق کوهستانی به‌دلیل گونه رقیب (پلنگ) دوری کرده است.

با توجه به این‌که یوزپلنگ ایران گونه‌ای در بحران انقراض است، به‌منظور حفاظت مؤثرتر و آگاهی بهتر از انتخاب زیستگاه این گونه به‌منظور مدیریت بهتر آن، پیشنهاد می‌شود مدل مطلوبیت زیستگاه یوز با استفاده از روش مکسنت و شاخص‌های محیط زیستی مورد بررسی قرار گیرد، هم‌چنین در این زمینه داده‌های سنجش از دور می‌تواند برای بررسی تغییرات از گذشته تاکنون مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس محمدرضا احمدی دستجردی و سرکار خانم مهندس نازنین شیرانی به‌دلیل کمک‌های بی‌دریغ در عملیات میدانی این پژوهش، هم‌چنین از محیط‌بانان منطقه توران آقایان قربانلو، بخشی و خانی به پاس همکاری‌های صورت گرفته صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. **احمدی، ح.، ۱۳۸۷.** ژئومورفولوژی کاربردی، جلد۲ فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران. ۷۰۶ صفحه.

۲. **احمدی، م. و حیدری، ح.ر.، ۱۳۹۳.** شناسایی و الویت‌بندی حفاظتی لکه‌های زیستگاهی، ارزیابی کارآمدی شبکه حفاظت و بررسی کریدورهای ارتباطی یوزپلنگ آسیایی در فلات مرکزی ایران. پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی. صفحات ۷۸ تا ۷۹.

۳. **اداره کل حفاظت محیط زیست سمنان. ۱۳۹۴.** سرشماری سالانه پستانداران استان سمنان، منتشر نشده و موجود در بانک اطلاعات اداره کل استان سمنان. ۵۸ صفحه.

۴. **توکلی‌مهر، ش. و دیباج، پ.، ۱۳۸۹.** پارک ملی، پناهگاه حیات وحش و منطقه حفاظت شده توران. انتشارات برگ زیتون تهران، ۶۴ صفحه.

۵. **پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی. ۱۳۷۸.** گزارش عملکرد و دستاوردها سازمان حفاظت محیط زیست. ۲۸ صفحه.

۶. **رضایی‌خوزانی، ع.، ۱۳۹۳.** بررسی جدایی آشیان بوم شناختی غذایی یوزپلنگ آسیایی و پلنگ ایرانی در منطقه حفاظت شده کوه بافق. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۶۷ صفحه.

۷. **رضایی‌خوزانی، ع.، ۱۳۹۵.** بررسی رژیم غذایی یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus*) با استفاده از تجزیه و تحلیل سرگین در منطقه حفاظت شده کوه بافق. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. سال ۸، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۸.

۸. **سرهنگ‌زاده، ج.؛ اکبری، ح.؛ موسوی، س. و پورچیت ساز، آ.، ۱۳۹۲.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ آسیایی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر استان یزد. فصلنامه علمی پژوهشی خشک‌بوم. سال ۳، شماره ۲، صفحات ۴۰ تا ۵۰.

۹. **ضیایی، ه.، ۱۳۸۵.** راهنمای پستانداران ایران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۳۲۳ صفحه.

۱۰. **شمس‌اسفندآباد، ب.، ۱۳۹۳.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ آسیایی در ایران. پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی.

۱۱. **نظامی، ب. و اژدری، آ.، ۱۳۹۵.** یوز آسیایی، بررسی بوم شناسی و وضعیت یوز آسیایی در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی. صفحات ۱۷۶، ۱۷۸ و ۱۷۹.

۱۲. **Addison, P.F.; Rumpff, L.; Bau, S.S.; Carey, J.M.; Chee, Y.E.; Jarrad, F.C.; McBride, M.F. and Burgman, M.A., ۲۰۱۳.** Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. Diversity and Distributions. Vol. ۱۹, No. ۵-۶, pp: ۴۹۰-۵۰۲.

۱۳. **Bashari, H. and Hemami, M.R., ۲۰۱۳.** A predictive diagnostic model for wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability in Iran. Journal for Nature Conservation. Vol. ۲۱, No. ۵, pp: ۳۱۹-۳۲۵.

۱۴. **Bowden, J.J.; Hansen, R.R.; Olsen, K. and Hoye, T.T., ۲۰۱۵.** Habitat-specific effects of climate change on a low-mobility Arctic spider species. Polar biology. Vol. ۳۸, No. ۴, pp: ۵۵۹-۵۶۸.

۱۵. **Broekhuis, F., ۲۰۰۷.** Habitat selection patterns of Cheetahs *Acinonyx jubatus* in the Serengeti, Tanzania. MSc Thesis. Wild Animal Biology of the Institute of Zoology and the Royal Veterinary College. ۴۷ p.

۱۶. **Caro, T.M., ۱۹۹۴.** Cheetahs of the Serengeti Plains: group living in an asocial species. University of Chicago Press. ۴۷۷ p.

۱۷. **Carroll, C., McRAE, B.R.A.D. and Brookes, A., ۲۰۱۲.** Use of linkage mapping and centrality analysis across habitat gradients to conserve connectivity of gray wolf populations in western North America. Conservation Biology. Vol. ۲۶, No.۱, pp: ۷۸-۸۷.

۱۸. Crooks, K.R.; Burdett, C.L.; Theobald, D.M.; Rondinini, C. and Boitani, L., ۲۰۱۱. Global patterns of fragmentation and connectivity of mammalian carnivore habitat. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. Vol. ۳۶۶, pp: ۲۶۴۲-۲۶۵۱.

۱۹. D'Amen, M.; Zimmermann, N.E. and Pearman, P.B., ۲۰۱۳. Conservation of phylogeographic lineages under climate change. Global Ecology and Biogeography. Vol. ۲۲, No. ۱, pp: ۹۳-۱۰۴.

۲۰. Dickson, B.G.; Roemer, G.W.; McRae, B.H. and Rundall, J.M., ۲۰۱۳. Models of regional habitat quality and connectivity for pumas (*Puma concolor*) in the southwestern United States. PloS one. Vol. ۸, No. ۱۲, p.e۸۱۸۹۸.

۲۱. Eastman, J.R., ۲۰۱۵. TerrSet MANUAL, Clark University, US. ۳۲۴ p.

۲۲. Elith, J.; Graham, C.H.; Anderson, R.P.; Dudk, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.G.; Loiselle, B.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M.; Townsend Peterson, A.; Phillips, S.J.; Richardson, K.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R.E.; Soberon, J.; Williams, S.; Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E., ۲۰۰۶. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography. Vol. ۲۹, pp: ۱۲۹-۱۵۱.

۲۳. Farhadinia, M.S.; Ahmadi, M.; Sharbafi, E.; Khosravi, S.; Alinezhad, H. and Macdonald, D.W., ۲۰۱۵. Leveraging trans-boundary conservation partnerships: persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. Biological Conservation. Vol. ۱۹۱, pp: ۷۷۰-۷۷۸.

۲۴. Farhadinia, M. and Hemami, M.R., ۲۰۱۰. Prey selection by the critically endangered Asiatic cheetah in central Iran. Journal of Natural History. Vol. ۴۴, No. ۱۹-۲۰, pp: ۱۲۳۹-۱۲۴۹.

۲۵. Farhadinia, M.S.; Hosseini-Zavarei, F.; Nezami, B.; Harati, H.; Absalan, H.; Fabiano, E. and Marker, L., ۲۰۱۲. Feeding ecology of the Asiatic cheetah *Acinonyx jubatus venaticus* in low prey habitats in northeastern Iran: Implications for effective conservation. Journal of arid environments. Vol. ۸۷, pp: ۲۰۶-۲۱۱.

۲۶. Farhadinia, M.S.; Jourabchian, A.; Eslami, M. and Nezami, F.H.B., ۲۰۰۸. Is Food Availability a Reliable Indicator of Cheetah Presence in Iran? CAT News. Vol. ۴۹, No. ۱۵, pp: ۱۱-۲۱.

۲۷. Franklin, J., ۲۰۱۰. Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press. Cambridge, New York. ۳۱۹ p.

۲۸. Guisan, A. and Zimmermann, N.E., ۲۰۰۰. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological modelling. Vol. ۱۳۵, No. ۲, pp: ۱۴۷-۱۸۶.

۲۹. Guisan, A.; Tingley, R.; Baumgartner, J.B.; Naujokaitis-Lewis, I.; Sutcliffe, P.R.; Tulloch, A.I.; Regan, T.J.; Brotons, L.; McDonald-Madden, E.; Mantyka-Pringle, C. and Martin, T.G., ۲۰۱۳. Predicting species distributions for conservation decisions. Ecology letters. Vol. ۱۶, No. ۱۲, pp: ۱۴۲۴-۱۴۳۵.

۳۰. Hemami, M.R., ۲۰۰۵. Population densities of Cheetah primary prey species in Bafgh and Naybandan reserves estimated from distance sampling surveys. Unpublished report. Tehran (Iran): Department of the Environment. ۲۰ p.

۳۱. Hunter, J.S.; Durant, S.M. and Caro, T.M., ۲۰۰۷. To flee or not to flee: predator avoidance by cheetahs at kills. Behavioral Ecology and Sociobiology. Vol. ۶۱, No. ۷, pp: ۱۰۳۳-۱۰۴۲.

۳۲. Isbell, F.; Tilman, D.; Polasky, S. and Loreau, M., ۲۰۱۵. The biodiversity-dependent ecosystem service debt. Ecology letters. Vol. ۱۸, No. ۲, pp: ۱۱۹-۱۳۴.

۳۳. Jowkar, H.; Hunter, L.; Ziaie, H.; Marker, L.; Breitenmoser-Wursten, C. and Durant, S., ۲۰۰۸. *Acinonyx jubatus ssp*. venaticus. The IUCN Red List of Threatened Species.

۳۴. Karami, M., ۱۹۹۲. Cheetah distribution in Khorasan Province, Iran. Cat News. Vol. ۱۶, No. ۴.

۳۵. Kumar, S. and Stohlgren, T.J., ۲۰۰۹. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree Canacomyrica monticola in New Caledonia. Journal of Ecology and the Natural Environment. Vol. ۱, No. ۴, pp: ۹۴-۹۸.

۳۶. Manly, B.F.L.; McDonald, L.; Thomas, D.; McDonald, T.L. and Erickson, W.P., ۲۰۰۷. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. ۲nd edn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. ۸۵ p.

۳۷. Marino, J.; Bennett, M.; Cossios, D.; Iriarte, A.; Lucherini, M.; Pliscoff, P.; Sillero-Zubiri, C.; Villalba, L. and Walker, S., ۲۰۱۱. Bioclimatic constraints to Andean cat distribution: a modelling application for rare species. Diversity and Distributions. Vol. ۱۷, No. ۲, pp: ۳۱۱-۳۲۲.

۳۸. McRae, B.H. and Beier, P., ۲۰۰۷. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. ۱۰۴, No. ۵۰, pp: ۱۹۸۸۵-۱۹۸۹۰.

۳۹. Merow, C.; Smith, M.J.; Edwards, T.C.; Guisan, A.; McMahon, S.M.; Normand, S.; Thuiller, W.; Wüest, R.O.; Zimmermann, N.E. and Elith, J., ۲۰۱۴. What do we gain from simplicity versus

complexity in species distribution models? Ecography. Vol. ۳۷, No. ۱۲, pp: ۱۲۶۷-۱۲۸۱.

۴۰. Mills, M.G.L.; Broomhall, L.S. and du Toit, J.T., ۲۰۰۴. Cheetah *Acinonyx jubatus* feeding ecology in the Kruger National Park and a comparison across African savanna habitats: is the cheetah only a successful hunter on open grassland plains? Wildlife Biology. Vol. ۱۰, No. ۳, pp: ۱۷۷-۱۸۶.

۴۱. Morovati, M.; Panahandeh, M.; Rousta, Z. and Shorakaei, M.J., ۲۰۱۵. Habitat Desirability Modeling of Cheetah (*Acinonyx Jubatus Venaticus*) Using Maximum Entropy Model in Central Iran (A Case Study: Yazd Province- Dareh Anjir Wildlife Refuge), Applied Ecology and Environmental Research. Vol. ۱۳, No. ۳, pp: ۷۲۵-۷۳۹.

۴۲. Muntifering, J.R.; Dickman, A.J.; Perlow, L.M.; Hruska, T.; Ryan, P.G.; Marker, L.L. and Jeo, R.M., ۲۰۰۶. Managing the matrix for large carnivores: a novel approach and perspective from cheetah (*Acinonyx jubatus*) habitat suitability modelling. Animal Conservation. Vol. ۹, No. ۱, pp: ۱۰۳-۱۱۲.

۴۳. Nowell, K. and Jackson, P., ۱۹۹۶. Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan, IUCN ,Gland. Morphometry of pancreatic endocrine cells in diabetic, normoglycaemic glucose-intolerant and normal cats. J Comp Pathol. Vol. ۹۶, pp: ۳۵۷-۳۶۹.

۴۴. Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., ۲۰۰۶. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Model. Vol. ۱۹۰, pp: ۲۳۱-۲۵۹.

۴۵. Phillips, S.J.; Dudk, M. and Schapire, R.E., ۲۰۰۴. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: Proceedings of the Twenty-first International Conference on Machine Learning. ACM, New York, New York, USA. ۸۳ p.

۴۶. Rabinowitz, A. and Zeller, K.A., ۲۰۱۰. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, Panthera onca. Biological conservation. Vol. ۱۴۳, No. ۴, pp: ۹۳۹-۹۴۵.

۴۷. Revilla, E. and Wiegand, T., ۲۰۰۸. Individual movement behavior, matrix heterogeneity, and the dynamics of spatially structured populations. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. ۱۰۵, No. ۴۹, pp: ۱۹۱۲۰-۱۹۱۲۵.

۴۸. Reynolds, J.D.; Mace, G.M.; Redford, K.H. and Robinson, J.G., ۲۰۰۱. Conservation of Exploited Species. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom). ۵۲۵ p.

۴۹. Rodriguez, J.P.; Brotons, L.; Bustamante, J. and Seoane, J., ۲۰۰۷. The application of predictive modelling of species distribution to biodiversity conservation. Diversity and Distributions. Vol. ۱۳, No. ۳, pp: ۲۴۳-۲۵۱.

۵۰. Sanderson, E.W.; Redford, K.H.; Chetkiewicz, C.L.B.; Medellin, R.A.; Rabinowitz, A.R.; Robinson, J.G. and Taber, A.B., ۲۰۰۲. Planning to save a species: the jaguar as a model. Conservation Biology. Vol. ۱۶, No. ۱, pp: ۵۸-۷۲.

۵۱. Spong, G., ۲۰۰۲. Space use in lions, *Panthera leo*, in the Selous Game Reserve: social and ecological factors. Behavioral Ecology and Sociobiology. Vol. ۵۲, No. ۴, pp: ۳۰۳-۳۰۷.

۵۲. Willis, K.S., ۲۰۱۵. Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. Biological Conservation. Vol. ۱۸۲, pp: ۲۳۳-۲۴۲.

۵۳. Wisz, M.S.; Hijmans, R.J.; Li, J.; Peterson, A.T.; Graham, C.H. and Guisan, A., ۲۰۰۸. Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distributions. Vol. ۱۴, No. ۵, pp: ۷۶۳-۷۷۳.

۵۴. Yamaguchi, N.; Rushton, S. and Macdonald, D.W., ۲۰۰۳. Habitat preferences of feral American mink in the Upper Thames. Journal of Mammalogy. Vol. ۸۴, No. ۴, pp: ۱۳۵۶-۱۳۷۳.