

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه‌های حیات وحش با استفاده از سیستم استنتاج فازی: مطالعه موردی پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) در منطقه حفاظت شده شیمبار

زینب عبیداوی^{۱*}، کاظم رنگزن^۱، روح‌اله میرزایی^۲، مصطفی کابلی‌زاده^۱ و اردشیر امینی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۲۰)

چکیده

به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، فنون مدل‌سازی متعددی توسعه یافته‌اند؛ که در این میان سیستم استنتاج فازی با دارا بودن قابلیت در نظر گرفتن ابهام و عدم قطعیت موجود در متغیرهای ورودی به‌عنوان یک روش مؤثر در این زمینه مطرح است. از اینرو طی این پژوهش، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه حفاظت شده شیمبار با استفاده از سیستم استنتاج فازی صورت گرفت. به‌منظور مدل‌سازی، پس از تعیین متغیرهای محیطی مؤثر، تعریف و تعیین متغیرهای زبانی، مقادیر زبانی و محدوده هر یک از آنها صورت پذیرفت. سپس توابع عضویت فازی هر یک از متغیرهای ورودی و خروجی تعریف شده، پایگاه قوانین تشکیل شد. در آخرین گام نیز، غیرفازی‌سازی مجموعه فازی خروجی انجام شد. همچنین، در اعتبارسنجی مدل، AUC به‌کار رفت. جهت حساسیت‌سنجی مدل و شناسایی متغیرهای محیطی مهم نیز ۱۱ سیستم استنتاج فازی ایجاد شد. براساس یافته‌ها، مدل پیش‌بینی شده به‌طور معناداری بهتر از حالت تصادفی است (AUC=۰/۹۶). همچنین، متغیر فاصله از طعمه به‌عنوان مهم‌ترین متغیر محیطی شناخته شد. با توجه به عملکرد موفق سیستم استنتاج فازی در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه، بهره‌گیری از آن جهت بهبود و تکمیل اطلاعات مکانی پیرامون زیستگاه‌های حیات وحش کشور به‌ویژه در ارتباط با مناطق و گونه‌های کمتر مطالعه شده، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سیستم استنتاج فازی، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، پلنگ ایرانی

۱. گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۳. گروه پایش حیات وحش، اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.obeidavi@gmail.com

مقدمه

تخریب و تجزیه زیستگاه از تهدیدات مهم تنوع زیستی می‌باشد. تجزیه زیستگاه سبب کاهش مساحت و در نتیجه محدود شدن جمعیت‌های محلی به زیستگاه‌های کوچک می‌شود؛ که نتیجه این امر افزایش درون‌آمیزی، کاهش تنوع ژنتیکی، افزایش حوادث جمعیت‌شناختی و در نتیجه افزایش خطر انقراض است؛ امری که ضرورت مطالعه زیستگاه‌ها را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در حفاظت از گونه‌ها مطرح می‌سازد. از اینرو، به منظور تعیین محدوده پراکنش گونه‌ها و مطلوبیت زیستگاه‌ها فنون مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه براساس تحلیل رابطه میان گونه و زیستگاه ابداع گردید (۷)؛ که پیشرفت فنون آماری و سامانه اطلاعات جغرافیایی سبب شد تا خروجی مدل‌سازی در قالب اطلاعات مکانی ارائه شود. به‌گونه‌ای که این مدل‌ها احتمال حضور گونه را براساس متغیرهای محیطی پیش‌بینی می‌کنند (۹). در این میان، برخی از روش‌ها براساس نقاط حضور/عدم‌حضور و برخی دیگر تنها براساس نقاط حضور، مدل‌سازی را انجام می‌دهند. البته، در این زمینه روش‌هایی نیز (نظیر سیستم استنتاج فازی) وجود دارد که بدون وابستگی به نقاط حضور و یا عدم‌حضور، مدل‌سازی زیستگاه‌ها را براساس دانش افراد خبره انجام می‌دهند. در واقع از آنجایی که عوامل و پارامترهای مختلفی بر مدل‌سازی پراکنش گونه‌های حیات وحش مؤثر است، همچنین با توجه به اینکه برخی از پارامترها به‌طور دقیق و قطعی قابل محاسبه و دست‌یابی نیستند، در نتیجه بحث ابهام و عدم قطعیت به‌عنوان موضوعی جدا نشدنی در زمینه مدل‌سازی باید مدنظر قرار گیرد؛ امری که به‌دنبال محدودیت امکانات و یا افزایش هزینه‌ها نمی‌توان آن را از مدل‌سازی زیستگاه‌های حیات وحش حذف نمود. از اینرو، مدل نمودن ابهام و عدم قطعیت موجود در این زمینه اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا بهره‌گیری از منطق فازی که فارغ از هرگونه مرز مشخص، تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوعات

گونگون را نسبی می‌انگارد، بی‌شک روشی مؤثر و کارآمد خواهد بود. استفاده از منطق فازی با فراهم آوردن امکان طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های مختلف براساس مقادیر زبانی و دانش افراد خبره، امکان دست‌یابی به نتایج دقیق با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از اطلاعات نادقیق را که با الفاظ و مقادیر کلامی بیان می‌شوند، فراهم می‌آورد (۲).

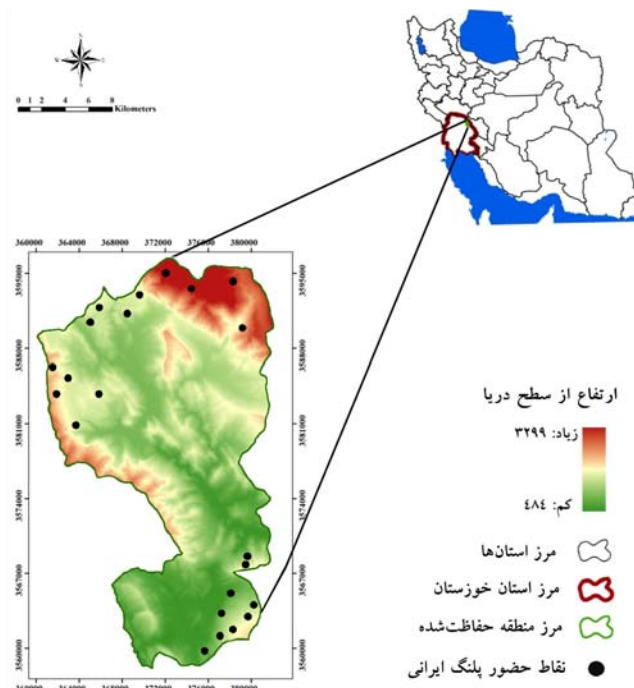
تاکنون مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری با استفاده از سیستم استنتاج فازی صورت گرفته است؛ که از جمله آنها می‌توان به مطالعه ماک و همکاران (۱۵)، که با هدف ارزیابی کیفیت زیستگاه آزادماهی اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) در رودخانه روماین کانادا صورت گرفت، همچنین مطالعه لو و همکاران (۱۴)، که به مدل‌سازی زیستگاه گونه گیاهی *Schisandra sphenanthera* در کوه‌های کین‌لینگ چین اختصاص داشت، اشاره کرد. به‌علاوه، مطالعه موتان و همکاران (۱۶)، که به ارزیابی زیستگاه *Baetis rhodani* پرداختند، از دیگر مطالعات انجام شده با استفاده از سیستم استنتاج فازی است.

بر این اساس، در پژوهش حاضر مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) در منطقه حفاظت شده شیمبار با استفاده از سیستم استنتاج فازی صورت می‌گیرد. این گونه براساس فهرست سرخ IUCN در رده حفاظتی در معرض خطر انقراض (EN: Endangered) قرار دارد. جمعیت پلنگ در ایران در حدود ۵۵۰ تا ۸۵۰ قلاده برآورد می‌شود (۱۱)؛ که جمعیت اصلی این گونه در خاورمیانه را تشکیل می‌دهد (۱۲). از جمله زیستگاه‌های پلنگ ایرانی منطقه حفاظت شده شیمبار واقع در غرب زاگرس است که پژوهش حاضر با هدف تعیین مطلوبیت زیستگاه این گونه در منطقه مذکور صورت می‌پذیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، منطقه حفاظت شده شیمبار می‌باشد. این منطقه با مساحتی بالغ بر ۵۴۱۳۹ هکتار بین ۴۹



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خوزستان به همراه نقاط حضور پلنگ ایرانی در منطقه

بدین ترتیب که در مورد لایه‌های منابع آبی، زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها و طعمه (لایه حضور کل و بز) که به‌منظور تعیین فاصله گونه مطالعاتی از آنها مورد استفاده قرار گرفتند، تحلیل فاصله انجام شد. در آماده‌سازی لایه شیب نیز از تحلیل سطح استفاده شد.

مدلسازی مطلوبیت زیستگاه با بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی

به‌منظور ساخت و اجرای سیستم استنتاج فازی که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB صورت گرفت؛ فازی‌سازی متغیرهای ورودی و خروجی، ساخت موتور استنتاج فازی و در نهایت غیرفازی‌سازی خروجی در دستور کار قرار گرفت؛ که هر یک از این مراحل در ادامه به تفکیک شرح داده می‌شود:

۱- فازی‌سازی متغیرها

فازی‌سازی، تبدیل متغیرهای ورودی و خروجی به مجموعه‌های

درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه انواع زیستگاه‌های تالابی، کوهستانی و دریاچه‌ای را در خود جای داده است. میانگین دمای سالانه منطقه بیش از ۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه آن تا بیش از ۹۰۰ میلی‌متر گزارش شده است.

تعیین متغیرهای محیطی مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه

متغیرهای محیطی مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی براساس مطالعات انجام شده پیرامون زیستگاه و نیازهای بوم‌شناختی گونه مورد مطالعه (۱، ۹، ۱۸ و ۱۹) و نظر کارشناسان تعیین گردید. سپس به‌منظور تشکیل پایگاه داده‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی از نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) یا DEM بیست متری منطقه استفاده شد. آماده‌سازی متغیرهای ورودی پژوهش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت.

می‌دهد. همچنین تابع عضویت متغیر خروجی پژوهش تحت عنوان شاخص مطلوبیت زیستگاه را می‌توان در شکل ۳، مشاهده نمود.

۲- استنتاج فازی

در سیستم‌های استنتاج فازی هدف مدل‌سازی اطلاعات به‌دست آمده از دانش افراد خبره و اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. در این صورت می‌توان اطلاعات مذکور را در قالب یک پایگاه قوانین در سیستم استنتاج فازی ذخیره نمود. یک پایگاه قواعد فازی از مجموعه‌ای از قواعد فازی تشکیل شده است. در این سیستم‌ها، قوانین به‌صورت جملات شرطی «اگر ... آنگاه ...» بیان می‌شود (رابطه ۲):

$$R: \text{If } x \text{ is } A \quad \text{Then } y \text{ is } B \quad [2]$$

هدف از به‌کارگیری این قسمت، به‌دست آوردن بهترین نتیجه خروجی به‌ازای یک ورودی جدید به سیستم براساس قوانین موجود در پایگاه قوانین است. بدین ترتیب در پژوهش حاضر، به‌منظور مدل‌سازی اطلاعات مرتبط با مطلوبیت زیستگاه گونه مطالعاتی، پایگاه قوانینی شکل داده شد؛ که در ادامه دو نمونه از آنها آورده شده است (جدول ۱). همچنین در فرآیند نتیجه‌گیری از مجموعه قوانین فازی تعریف شده، سیستم استنتاج ممدانی مورد استفاده قرار گرفت.

۳- غیرفازی‌سازی

غیرفازی‌سازی آخرین بخش از یک سیستم استنتاج فازی است؛ که طی آن مجموعه فازی خروجی (C) به یک مجموعه قطعی تبدیل می‌شود (رابطه ۳):

$$Z_0 = \text{defuzzifier}(C) \quad [3]$$

در رابطه فوق، Z_0 خروجی غیرفازی مجموعه فازی C است. غیرفازی‌سازی به روش‌های مختلف امکان‌پذیر است که طی پژوهش حاضر از روش مرکز ثقل استفاده شد.

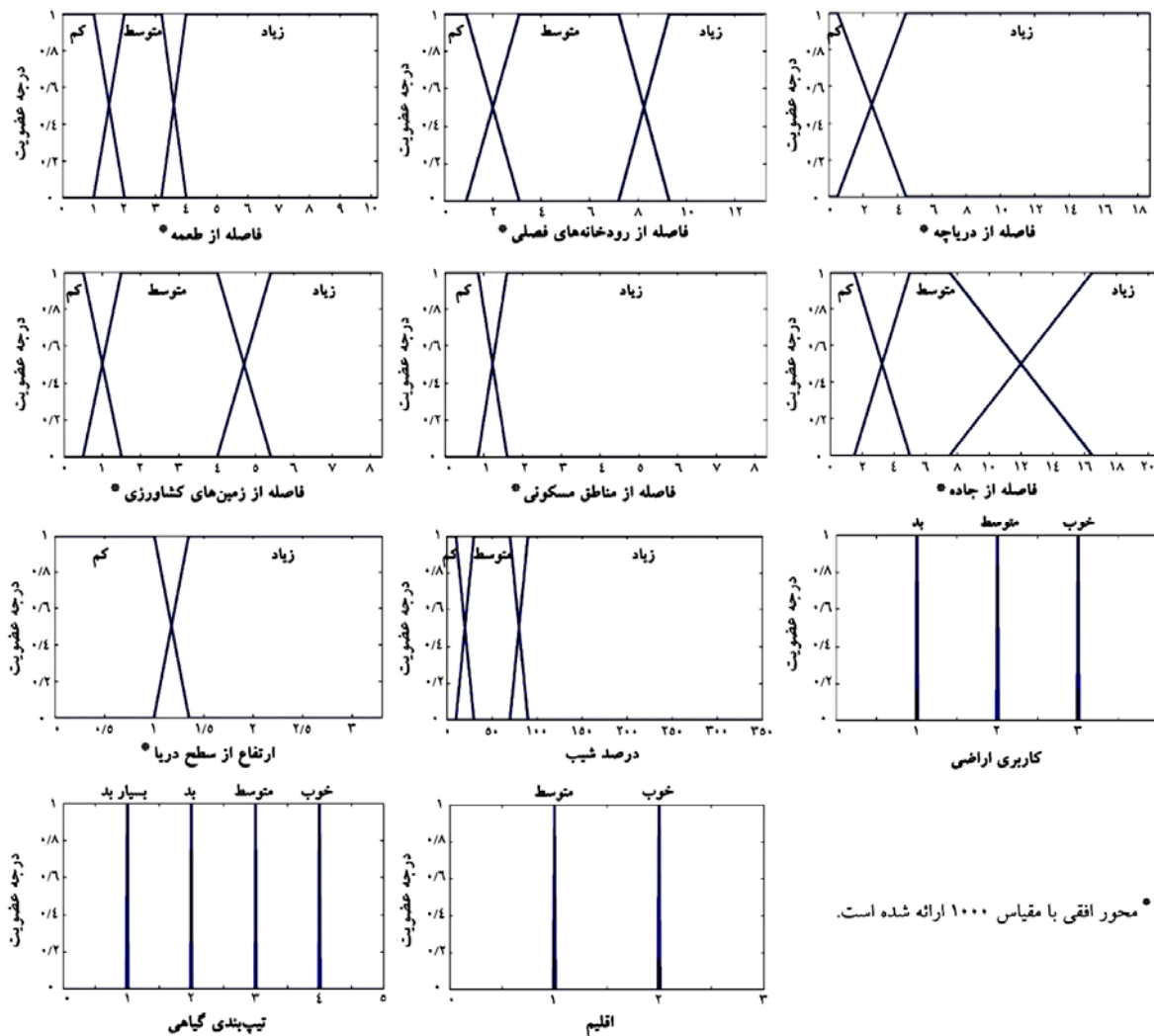
بدین ترتیب با طی مراحل فوق می‌توان به نقشه پیوسته مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه دست یافت. همان‌گونه که

فازی را شامل می‌شود. در این زمینه از مفاهیمی نظیر متغیرهای زبانی و توابع عضویت فازی استفاده می‌گردد. در واقع با تعریف متغیرهای زبانی می‌توان توصیف‌های مبهم و نادقیق در زبان‌های طبیعی را در قالب گزاره‌های ریاضی فرموله نمود. در زمینه توابع عضویت فازی نیز لازم به‌ذکر است که برخلاف مجموعه‌های قطعی که عضویت در آنها به‌صورت صفر و یک در نظر گرفته می‌شود، در مجموعه‌های فازی میزان عضویت اشیاء مختلف که درجه عضویت خوانده می‌شود، با عددی بین صفر و یک بیان می‌گردد. بدین ترتیب، یک تابع عضویت به‌صورت یک منحنی است که به هر نقطه در فضای ورودی یک مقدار درجه عضویت بین صفر و یک اختصاص می‌دهد. مجموعه فازی A با تابع عضویت $\mu_A(x)$ در فضای متغیر ورودی پیوسته X به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

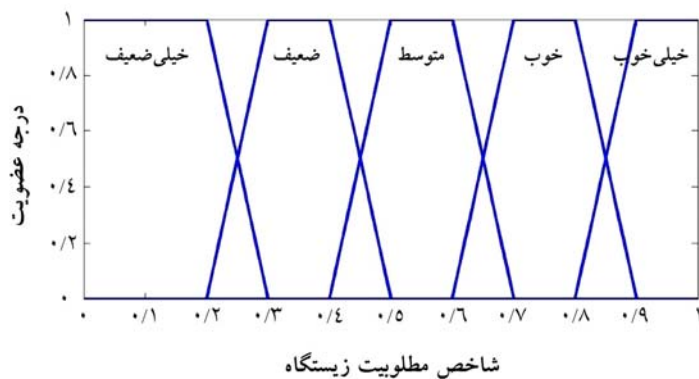
$$A = \{(x, \mu_A) | X \in U\} = \int \mu(x) dx \quad [1]$$

در این رابطه، U نشان‌دهنده مجموعه جهانی است. علامت \int نشان‌دهنده اجتماع تمام نقاط و $\mu_A(x)$ مقدار تابع تعلق متناظر را نشان می‌دهد.

براساس آنچه بیان شد، جهت فازی‌سازی متغیرهای ورودی، به‌عنوان نخستین گام، متغیرهای محیطی مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه، برحسب نیاز رسترسازی شده، کلیه متغیرها به فرمت متنی تبدیل شد. همچنین براساس دانش افراد خبره، تعریف و تعیین متغیرهای زبانی، مقادیر زبانی و محدوده هر یک از آنها صورت گرفت. سپس توابع عضویت فازی هر یک از متغیرهای ورودی و خروجی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB تعریف شد؛ که در این پژوهش دو نوع تابع عضویت دوزنقه‌ای (۱۵) و فازی گسسته مورد استفاده قرار گرفت؛ بدین ترتیب که برای متغیرهای پیوسته مانند متغیرهای فاصله‌ای، ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب از توابع عضویت دوزنقه‌ای و برای متغیرهای گسسته مانند اقلیم، تیپ‌بندی گیاهی و کاربری اراضی از توابع عضویت فازی گسسته استفاده شد. شکل ۲، توابع عضویت کلیه متغیرهای ورودی پژوهش را نشان



شکل ۲. توابع عضویت متغیرهای محیطی (متغیرهای ورودی) مؤثر در مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی



شکل ۳. تابع عضویت شاخص مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (متغیر خروجی)

جدول ۱. دو نمونه از قوانین فازی مربوط به مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی

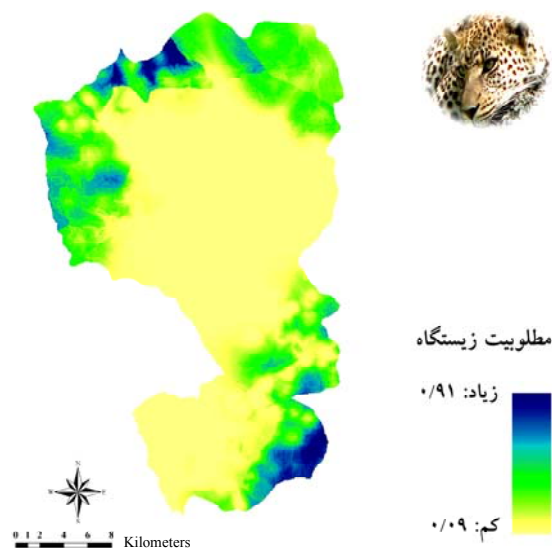
ردیف	قانون فازی
۱	اگر فاصله از طعمه کم و فاصله از دریاچه زیاد و فاصله از رودخانه‌های فصلی متوسط و فاصله از زمین‌های کشاورزی زیاد و فاصله از جاده زیاد و فاصله از مناطق مسکونی زیاد و ارتفاع از سطح دریا زیاد و شیب متوسط و کاربری اراضی خوب و تیپ‌بندی گیاهی خوب و اقلیم خوب آنگاه مطلوبیت زیستگاه خیلی خوب
۲	اگر فاصله از طعمه زیاد و فاصله از دریاچه کم و فاصله از رودخانه‌های فصلی کم و فاصله از زمین‌های کشاورزی کم و فاصله از جاده کم و فاصله از مناطق مسکونی کم و ارتفاع از سطح دریا کم و شیب کم و کاربری اراضی بد و تیپ‌بندی گیاهی بسیار بد و اقلیم متوسط آنگاه مطلوبیت زیستگاه خیلی بد

همچنین به منظور تعیین کارآمدترین متغیرهای محیطی مؤثر در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی، حساسیت‌سنجی مدل نسبت به متغیرهای محیطی صورت گرفت؛ بدین ترتیب که، ۱۱ سیستم استنتاج فازی ایجاد شد، به گونه‌ای که در هر یک از این سیستم‌ها با حذف یکی از متغیرهای محیطی امکان بررسی تأثیر متغیر حذف شده بر مدل‌سازی فراهم گشت.

نتایج و بحث

شکل ۴، نقشه پیوسته مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین مطلوبیت زیستگاه مربوط به بخش‌های جنوب شرقی، شمال و شمال غربی منطقه است. در ارزیابی نتایج مدل‌سازی نیز میزان AUC معادل ۰/۹۶۰ به دست آمد؛ که با توجه به بزرگ‌تر بودن میزان AUC به دست آمده از ۰/۹، عملکرد مدل در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه بسیار عالی برآورد می‌شود. این یافته بر عملکرد موفق سیستم استنتاج فازی در مدل‌سازی زیستگاه تأکید دارد؛ امری که پیش از این توسط لو و همکاران (۱۴) و ماک و همکاران (۱۵) مورد تأکید قرار گرفته بود. در واقع برخلاف سایر روش‌های مبتنی بر داده‌های حضور یا حضور/عدم‌حضور که متأثر از ابهام و عدم قطعیت موجود در داده‌های ورودی و به‌ویژه داده‌های حضور یا حضور/عدم‌حضور هستند، سیستم استنتاج فازی به دلیل برخوردار بودن از قابلیت مدل

از مراحل فوق برمی‌آید، نقشه مذکور فاقد هرگونه وابستگی به نقاط حضور یا عدم‌حضور گونه مورد مطالعه می‌باشد. در ادامه به منظور ارزیابی نتایج مدل‌سازی، محاسبه متغیر آماری تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت‌کننده (ROC) و مساحت زیرمنحنی (AUC) آن با استفاده از نرم‌افزار IDRISI Selva صورت گرفت؛ که AUC با امتیاز ۱ به معنی پیش‌بینی کامل بدون حذف هیچ یک از نقاط حضور و AUC با امتیاز ۰/۵ برای یک پیش‌بینی تصادفی مورد انتظار است. همچنین مقادیر بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر یک مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و AUC بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل می‌باشد (۸). نکته قابل توجه در استفاده از این روش، لزوم در اختیار داشتن لایه دو طبقه‌ای حضور و عدم‌حضور گونه مورد مطالعه می‌باشد؛ که به منظور تهیه لایه مذکور، با استفاده از حد آستانه حضور ۱۰ درصد، نقشه پیوسته احتمال حضور به نقشه دو طبقه‌ای حضور و عدم‌حضور تبدیل شد (۳، ۴، ۵ و ۱۷). دلیل انتخاب این آستانه، پرهیز از کم یا بیش برآوردهای احتمالی است؛ به‌علاوه، آستانه مذکور یکی از پرکاربردترین آستانه‌های مورد استفاده می‌باشد. شایان ذکر است که، اعمال آستانه حضور ۱۰ درصد بر مبنای نقاط حضور گونه مورد مطالعه صورت گرفت. موقعیت نقاط پراکنش پلنگ در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴، با استفاده از نمایه‌ها، گزارش‌های محیط‌بانان و کارشناسان اداره کل حفاظت محیط زیست استان و گزارش‌های قابل اعتماد ساکنین محلی با کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی ثبت شد (شکل ۱).



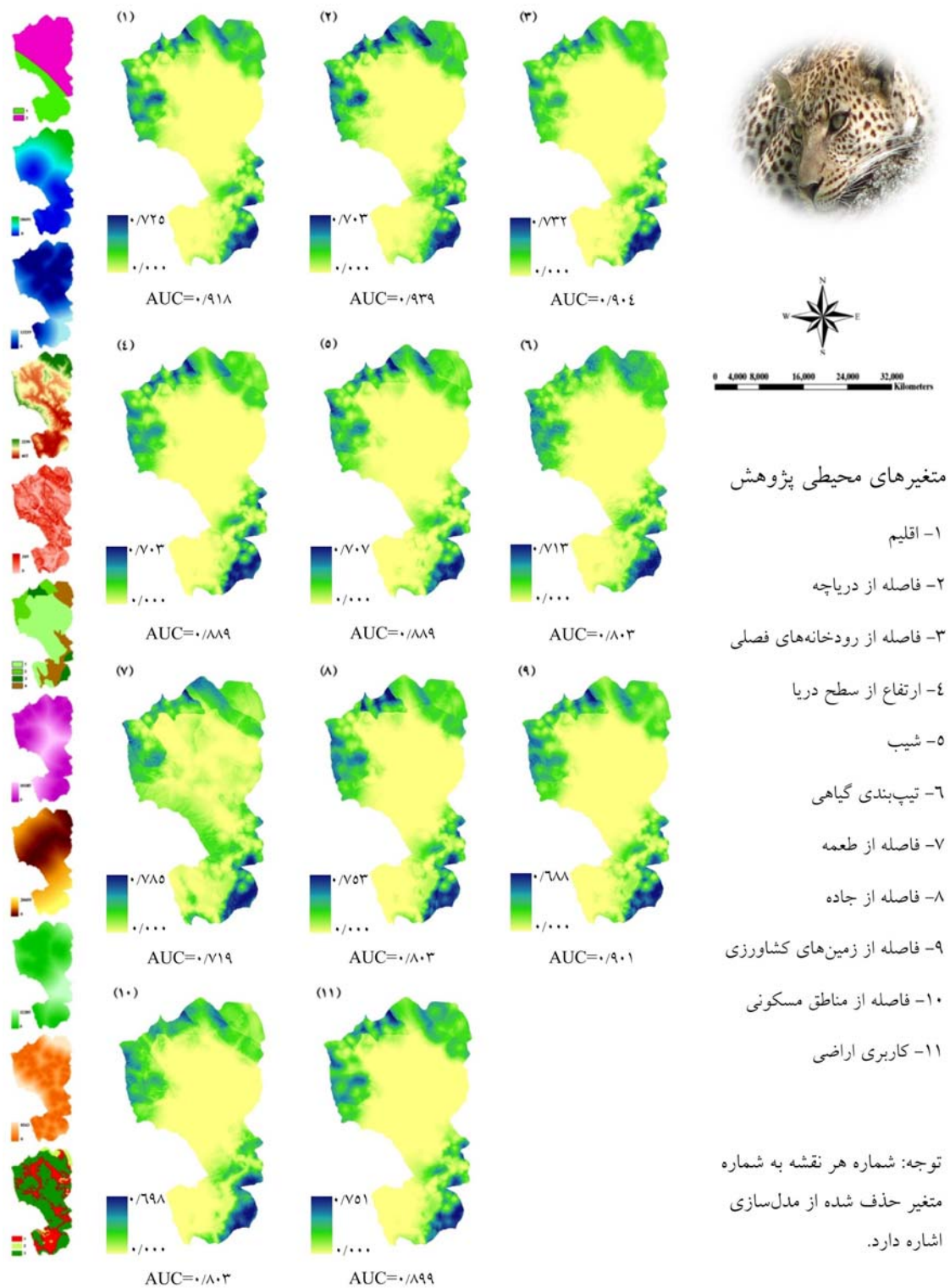
شکل ۴. نقشه پیوسته مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه حفاظت شده شیمبار

سایر مطالعات از جمله مطالعه امیدی و همکاران (۱) مطابقت دارد. این پژوهشگران در پژوهش خود عامل محیطی طعمه را مهم‌ترین عامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ معرفی نمودند.

همچنین با حذف متغیرهای تیپ‌بندی گیاهی، فاصله از جاده و فاصله از مناطق مسکونی، AUC به ۰/۸۰۳ تنزل می‌یابد. به‌علاوه، حذف متغیرهای ارتفاع و شیب از مدلسازی، AUC را تا ۰/۸۹۸ کاهش خواهد داد. در رابطه با اهمیت متغیرهای تیپ‌بندی گیاهی و شیب می‌توان اظهار داشت که این متغیرها همراه با عامل طعمه (کل و بز) وارد مدل شده، تأثیر آنها بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ از طریق تأثیری که بر حضور کل و بز دارند، اعمال می‌شود. در واقع اهمیت متغیر شیب در مدلسازی زیستگاه پلنگ پیش از این توسط زیرمان و همکاران (۲۰) و امیدی و همکاران (۱) مورد تأکید واقع شده بود. در رابطه با تأثیرپذیری مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه از متغیرهایی نظیر فاصله از جاده و مناطق مسکونی نیز می‌توان این مورد را دال بر وجود تعارض میان پلنگ و فعالیت‌های انسانی دانست. تأثیرپذیری مطلوبیت زیستگاه‌های حیات وحش از جاده‌ها امری است که طی مطالعات مختلف مورد تأکید واقع

نمودن ابهام و عدم قطعیت موجود در داده‌های ورودی، همچنین عدم وابستگی به داده‌های حضور یا عدم‌حضور به مراتب از حساسیت بسیار کمتری نسبت به ابهام و عدم قطعیت موجود در این‌گونه داده‌ها برخوردار است. آنچه روشن است این است که روش‌های مبتنی بر داده‌های حضور یا عدم‌حضور، با مبنای قرار دادن این داده‌ها، جستجوهای خود را در نزدیکی این نقاط شکل داده، بدین ترتیب این روش‌ها به شدت تحت تأثیر داده‌های حضور یا عدم‌حضور می‌باشند؛ در حالی که سیستم استنتاج فازی با مبنای کار قرار دادن دانش افراد خبره و ویژگی‌های بوم شناختی گونه‌ها، دامنه جستجوهای خود را به کل منطقه تعمیم داده، براساس قوانین تعریف شده در موتور استنتاج به جستجوی بخش‌های مطلوب در سرتاسر منطقه می‌پردازد. امری که می‌تواند منجر به شناسایی هر چه بهتر لکه‌های زیستگاهی ناشناخته شود.

براساس یافته‌های حساسیت‌سنجی مدل (شکل ۵)، حذف متغیر فاصله از طعمه، پایین‌ترین میزان AUC یعنی رقمی معادل ۰/۷۱۹ را به‌دنبال خواهد داشت؛ که این امر حاکی از اهمیت متغیر فاصله از طعمه بوده، می‌توان متغیر مذکور را مهم‌ترین و مؤثرترین عامل مدلسازی دانست؛ که این یافته با یافته‌های



شکل ۵. بررسی تأثیر حذف هر یک از متغیرهای محیطی بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

مطلوبیت زیستگاه‌های حیات وحش کشور می‌باشد. امری که لزوم بهره‌گیری از این روش جهت بهبود و تکمیل اطلاعات مکانی موجود پیرامون زیستگاه‌های حیات وحش کشور به‌ویژه در ارتباط با مناطق و گونه‌های کمتر مطالعه شده را مطرح می‌سازد. بی‌شک بهره‌گیری از این گونه مدل‌ها با فراهم آوردن امکان شناسایی هر چه بهتر لکه‌های زیستگاهی به‌ویژه لکه‌های زیستگاهی ناشناخته جهت لحاظ شدن در برنامه‌های حفاظتی، ابزار مؤثری در طرح‌ریزی حفاظت، پایش و مدیریت تنوع زیستی خواهد بود.

شده، تکه تکه شدن زیستگاه‌ها، عدم دسترسی به منابع، افزایش مرگ و میر و تقسیم جمعیت‌های حیات وحش به‌عنوان عمده‌ترین اثرات منفی جاده‌ها مطرح شده است (۶، ۱۰ و ۱۳).

نتیجه‌گیری

براساس آنچه تاکنون بیان شد می‌توان اظهار داشت که، سیستم استنتاج فازی به‌عنوان یک روش مستقل از وابستگی‌های معمول به داده‌های حضور یا عدم‌حضور، همچنین به‌عنوان یک روش مبتنی بر دانش افراد خبره، گزینه مناسبی جهت مدل‌سازی

منابع مورد استفاده

۱. امید، م.، م. کابلی، م. کرمی، ع. ماهینی و ب. حسن‌زاده کیابی. ۱۳۸۹، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به‌روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان، علوم و تکنولوژی محیط زیست ۱۲(۱): ۱۳۷-۱۴۸.
۲. عبیدوای، ز. ۱۳۹۴، طراحی سامانه Web GIS حیات وحش استان خوزستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳. میرزایی، ر.، م. همای، ع. اسماعیلی ساری و ح. رضایی. ۱۳۹۲. تعیین پراکنش سارگپه معمولی (*Buteo buteo*) و عوامل مؤثر بر آن در استان گلستان با استفاده از الگوریتم اتروپی بیشینه، نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، ایران، ۷-۸ آبان.
4. Anderson, R. P. and I. Gonzalez-Jr. 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: An implementation with Maxent. *Ecological Modelling* 222: 2796-2811.
5. Escalante, T., G. Rodriguez-Tapia, M. Linaje, P. Illoldi-Rangel and R. Gonzalez-Lopez. 2013. Identification of areas of endemism from species distribution models: Threshold selection and NEARCTIC mammals. *TIP Revista Especializada en Ciencias Quimico-Biologicas* 16(1): 5-17.
6. Gelbard, J. L. and J. Belnap. 2003. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape. *Conservation Biology* 17(2): 420-432.
7. Gibson, L. A., B. A. Wilson, D. M. Cahill and J. Hill. 2003. Modeling habitat suitability of the swamp antechinus (*Antechinus minimus maritimus*) in the coastal heathlands of southern Victoria, Australia. *Biological Conservation* 117: 143-150.
8. Giovanelli, J. G. R., M. F. De-Siqueira, C. F. B. Haddad and J. Alexandrino. 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modelling* 221: 215-224.
9. Jacqain, A., V. Cheret, J. M. Denux, J. Mitcheley and P. Xofis. 2005. Habitat suitability modeling of caperailie (*Tetrao urogallus*) using each observation data. *Nature Conservation* 13:161-169.
10. Jaeger, J. A. G., J. Bowman, J. Brennan, L. Fahrig, D. Bert, J. Bouchard, N. Charbonneau, K. Frank, B., Gruber and K. Tluk von Toschanowitz. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling* 185: 329-348.
11. Khorozyan, I., A. Malkhasyan and Sh. Asmaryan. 2005. The persian leopard prowls its way to survival. *Endangered Species update* 22(2): 51-60.
12. Kiabi, H. B., F. B. Dareshouri, A. Ghaemi and M. Jahanshahi. 2002. Population status of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Iran. *Zoology in the Middle East* 26: 41-47.

13. Lian, X., T. Zhang, Y. Cao, J. Su and S. Thirgood. 2011. Road proximity and traffic flow perceived as potential predation risks: evidence from the Tibetan antelope in the Kekexili National Nature Reserve, China. *Wild Research* 38: 141-146.
14. Lu, C. Y., W. Gu, A. H. Dai and H. Y. Wei. 2012. Assessing habitat suitability based on geographic information system (GIS) and fuzzy: A case study of Schisandra sphenanthera Rehd. et Wils. In Qinling Mountains, China. *Ecological Modelling* 242: 105-115.
15. Mocq, J., A. St-Hilaire and R. A. Cunjak. 2013. Assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) habitat quality and its uncertainty using a multiple-expert fuzzy model applied to the Romaine River (Canada). *Ecological Modelling* 265: 14-25.
16. Mouton, A. M., M. Schneider, I. Kopecki, P. L. M. Goethals and N. De Pauw. 2006. Application of MesoCASiMiR: Assessment of Baetis rhodani Habitat Suitability. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/228655361>.
17. Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura and A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Biogeography* 34: 102-117.
18. Simcharoen, S., A. C. D. Barlow, J. L. D. Smith and A. Simcharoen. 2008. Home range size and daytime habitat selection of leopards in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand. *Biological Conservation* 141: 2242-2250.
19. Swanepoel, L. H., P. Lindsey, M. J. Somers, W. van Hoven and F. Dalerum. 2013. Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. *Animal Conservation* 16(1): 41-50.
20. Zimmermann, F., V. S. Lukarevsky, G. Beruchashvili, W. Breitenmoser and U. Breitenmoser. 2007. Mapping the vision potential living space for the leopard in the Caucasus. *Cat News* 2: 28-33.