



مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پازن (*Capra aegagrus*) و کبک دری (*Tetraogallus caspius*) در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی بر مبنای رویه ارزیابی چندمعیاره (MCE)

سپیده یوسفی قلعه سلیمی^۱، مهدی غلامعلی فرد^{۱*}، سید محمود قاسمپوری^۱، ابوالفضل رهبری زاده^۲

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- محیط بانی کندوان، منطقه حفاظت شده البرز مرکزی، اداره حفاظت محیط زیست شهرستان چالوس، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	مقدمه: در چند سال اخیر، زیستگاه‌های طبیعی به ویژه مناطق تحت حفاظت عمدتاً حالت تکه‌تکه‌ای و جزیره‌ای یافته‌اند و در میان کاربری‌های انسانی قرار گرفته‌اند. شناخت زیستگاه‌های مطلوب حیات وحش و درک ویژگی‌های آن‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. با استفاده از روش‌های مدل سازی زیستگاه به صورت گسترده و بدون نیاز به جمع‌آوری جزئیات ویژگی‌های فیزیولوژیک و رفتاری گونه‌ها می‌توان به برآوردی از مطلوبیت زیستگاه برای حیات وحش دست یافت. پازن (<i>Capra aegagrus</i>) و کبک دری (<i>Tetraogallus caspius</i>) دو گونه شاخص مناطق کوهستانی مرتفع می‌باشند که به ترتیب بر اساس لیست قرمز ۲۰۲۰ و ۲۰۱۶ آیو سی ان، در دسته LC & NT قرار گرفته‌اند.
تاریخچه مقاله:	مواد و روش‌ها: در این مطالعه برای دو گونه مورد نظر در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی با بکارگیری روش ارزیابی چند معیاره (MCE) مدل سازی مطلوبیت زیستگاه انجام گرفت. ابتدا معیارهای تأثیرگذار با مرور منابع و مطالعه اجمالی گونه‌ها تعیین شدند و سپس با استفاده از روش AHP شش فرانامه وزنی مختلف برای هر گونه ایجاد گردید. با بکارگیری روش ترکیب خطی وزن دار شش فرانامه مدل سازی شدند و صحت‌سنجی مدل با استفاده از شاخص ROC از مقایسه تصویر شبیه‌سازی شده و تصویر مرجع انجام شد. اطلاعات حضور پازن و کبک دری از طریق بازدید میدانی و مشاهدات مستقیم گونه‌ها، آثار باقی مانده مانند سرگین و ردپا در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی به دست آمد و به عنوان تصویر مرجع برای ارزیابی صحت استفاده شد. در نهایت وابستگی میزان مطلوبیت نهایی به معیارها با استفاده از ضریب خطی همبستگی پیرسون (r) مشخص گردید.
کلمات کلیدی:	نتایج: از میان شش فرانامه وزنی مختلف برای پازن و کبک دری طبق نتایج صحت‌سنجی، فرانامه دوم با میزان ROC برابر ۰/۹۵ درصد برای هر دو گونه به عنوان بهترین فرانامه وزنی انتخاب شد. تصویر مطلوبیت نهایی بیشترین میزان مطلوبیت را برای هر دو گونه در بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه نشان داد و بر اساس نتایج ضریب خطی همبستگی پیرسون (r) میزان مطلوبیت زیستگاهی بیشترین وابستگی را به فاکتورهای ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای و پاسگاه‌های محیط‌بانی دارد و به نسبت تأثیر پارامترهای دیگر کمتر می‌باشد. هم‌چنین گونه پازن و کبک دری دارای هم‌پوشانی قابل توجهی در مناطق زیستگاهی هستند به گونه‌ای که هر دو مناطق مرتفع صخره‌ای را به عنوان

زیستگاه ترجیح می‌دهند. یکی دیگر از فاکتورهای مهم وجود پاسگاه‌های محیط‌بانی می‌باشد که به شدت مطلوبیت را برای گونه‌های این منطقه افزایش می‌دهد.

بحث: مطالعه حاضر نشان می‌دهد که گونه‌های کبک دری و پازن در مناطق کوهستانی مرتفع، به خصوص در مناطق جنوب‌شرقی و مرکزی منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی، دارای شرایط زیستگاهی مناسب‌تری هستند. این مناطق شامل ارتفاعات صخره‌ای می‌باشند که برای این گونه‌ها جذابیت ویژه‌ای دارند. فاصله از مناطق صخره‌ای و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی نیز از اهمیت بالایی برخوردارند و تأثیر قابل توجهی در مطلوبیت زیستگاهی این گونه‌ها دارند. برای این گونه‌ها جاده‌ها و احداث مناطق سکونت انسانی با زیستگاه آن‌ها تداخل دارند، اما شکار غیرقانونی یک تهدید جدی برای این گونه‌ها محسوب می‌شود. بنابراین، برای حفاظت از این گونه‌ها، اقداماتی مانند احداث پاسگاه‌های محیط‌بانی، ایجاد محدودیت‌ها در ساخت‌وساز در مناطق زیستگاهی، ارتقای آگاهی عمومی درباره‌ی حفاظت از این گونه‌ها و اجرای قوانین سختگیرانه در برابر شکار غیرقانونی می‌تواند مؤثر باشد.

مقدمه

درک صحیح از زیستگاه و ویژگی‌های زیستگاهی گونه‌هایی که در معرض تهدید قرار دارند، بخش بسیار حیاتی از فرآیند حفاظت است (Engler et al., 2004). پیش‌بینی و نقشه‌برداری از زیستگاه‌های مناسب برای گونه‌هایی که در معرض تهدید و انقراض قرار دارند، برای پایش و مدیریت جمعیت‌های بومی در حال کاهش در مناطق پراکنش آن‌ها بسیار حیاتی است. در این راستا، مدل‌سازی تناسب زیستگاه به عنوان یک روش مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد تا زیستگاه‌های مناسب برای این گونه‌ها ارزیابی شوند (Rooper et al., 2016). مدل‌های توزیع گونه (SDM¹) ارتباط مکان‌های اشغال‌شده و ویژگی‌های محیطی این مکان‌ها را مشخص می‌کند هم‌چنین سهم متغیرهای محیط‌زیستی در پراکنش را تعیین و از طرفی دامنه پراکنش جغرافیایی بالقوه گونه را پیش‌بینی می‌نماید (Rahmati et al., 2021). با توجه به کمبود اطلاعات درباره توزیع و پراکنش گونه‌ها به ویژه در مورد گونه‌های نادر استفاده از اطلاعات موجود درباره شرایط اکولوژیکی می‌تواند راه‌حلی مناسب باشد. بکارگیری رویکردهایی که در آن از داده‌های عمومی و مطالعات علمی در مورد شرایط زیستی و اکولوژیکی استفاده می‌شود تا توزیع گونه‌ها پیش‌بینی شود (Momeni, 2012). روش ارزیابی چند معیاره از جمله این مدل‌هاست (Eastman, 2015). یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاره مکانی، روش ترکیب

خطی وزنی (WLC)^۲ می‌باشد که بر مبنای مفهوم یک میانگین وزنی است و معیارها در یک محدوده عددی پیوسته استاندارد و سپس بر اساس میانگین‌گیری وزنی ترکیب می‌شوند (Malczewski, 2006). از مزایای این روش در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم، استفاده از نقاط حضور گونه‌ها برای تعیین معیارهای تأثیرگذار در حضور گونه، تعیین ارزش هر یک از معیارها و امکان جبران ضعف برخی از معیارها، توسط معیارهای دیگر می‌باشد (Rahdar et al., 2017).

روش ارزیابی چندمعیاره بیش از دو دهه است که در انجام مدل‌سازی زیستگاه گونه در خشکی (Mehri et al., 2015; Paudel et al., 2014) و به طور خاص برای گونه‌های دریایی مانند پستانداران (MacMillana et al., 2016) و ماهیان مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج مطالعه Ashtab و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد این روش کارایی مناسب برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های دریایی را دارد (Ashtab et al., 2017). هم‌چنین مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس سیاه با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره توانایی این روش را در جبران ضعف معیارهای ضعیف‌تر توسط معیارهای قوی‌تر را نشان داد (Rahdari, 2020). در مطالعه‌ای دیگر Morovati و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی زیستگاه آهو در منطقه کالمند بهادران با استفاده از مدل MCE^۳ پرداختند که نتایج کارایی این روش را برای مدل‌سازی زیستگاه گونه‌های خشکی نشان داد (Morovati et al., 2023).

^۲Weighted Linear Combination
^۳Criteria Evaluation Multi

¹Species Distribution Modeling

البرز مرکزی مشتمل بر اقلیم‌های زیستی مختلفی است که شامل چشم اندازهای ایرانی- تورانی در جنوب آن و علفزارهای منتهی به جنگل‌های انبوه هیرکانی در جنوب دریای خزر می‌شود. این منطقه با دامنه ارتفاعی ۱۰-۴۳۰۰ متر از سطح دریا، متوسط دمای سالیانه و بارندگی ۸ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۳۵۰ تا ۱۱۰۰ میلی‌متر به ترتیب، اقلیم‌های مرطوب، سرد و مرطوب، نیمه خشک و گرم مدیترانه‌ای دارد. تنوع بالایی از گونه‌های جانوری در البرز مرکزی زیست می‌کنند که برخی از آن‌ها گونه‌های جذاب (Charismatic) ایران هستند. علفخواران این منطقه شامل پازن (*Capra aegagrus*)، مرال (*Cervus elaphus*)، شوکا (*Capreolus capreolus*)، گراز (*Sus scrofa*) است. هم‌چنین خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*)، سمور سنگی (*Martes foina*)، گرگ (*Canis lupus*)، سیاه‌گوش (*Lynx lynx*)، گربه جنگلی (*Felis chaus*)، گربه وحشی (*Felis silvestris*) و پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) از اصلی‌ترین گوشتخواران منطقه‌اند (Central Alborz Protected Area Management Plan, 2001).

دو گونه از گونه‌های شاخص این منطقه کبک دری (*Tetraogallus caspius*) و پازن (*Capra aegagrus*) در این مطالعه به عنوان گونه هدف در نظر گرفته شد. کبک‌دری (*Tetraogallus caspius*) از راسته ماکیان‌سانان است و از گونه‌های شاخص ارتفاعات کوهستانی محسوب می‌شود (Keane et al., 2005). هم‌چنین از گونه‌های بومی کشورهای ایران، ترکمنستان، ارمنستان، گرجستان، آذربایجان، عراق و ترکیه به شمار می‌رود (Bird Life International, 2016). پازن (*Capra aegagrus*) که به عنوان گونه‌ای آسیب‌پذیر (NT) در فهرست قرمز ۲۰۲۰ آیو سی ان، قرار دارد در معرض نابودی زیستگاه می‌باشد. این گونه از علفخواران شاخص ارتفاعات مناطق صخره‌ای می‌باشد، از این رو اهمیت بسیاری به عنوان تنها علفخوار مناطق صعب‌العبور در اکوسیستم‌های کوهستانی دارد و از سوی دیگر مهم‌ترین طعمه پلنگ به حساب می‌آید (Madadi et al., 2013)؛ بنابراین، در برنامه‌های مدیریتی باید توجه ویژه‌ای به حفظ زیستگاه‌های پازن و تأمین امنیت آن داشت (Hosseini et al., 2016). هر دو گونه این مطالعه از گونه‌های جانوری شاخص ارتفاعات

صخره‌ای می‌باشند و طبق داده‌های حضور تهیه‌شده، از همپوشانی قابل توجهی در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی برخوردارند. هدف از مطالعه حاضر تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه پازن و کبک‌دری با استفاده از ارزیابی چند معیاره AHP و WLC و توابع عضویت فازی و مشخص نمودن تاثیرگذارترین متغیرهای محیطی می‌باشد. نتایج حاصل از مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پازن و کبک‌دری به عنوان دو گونه شاخص این منطقه سبب می‌شود تا برای نخستین بار زیستگاه‌های بالقوه برای این دو گونه در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی شناسایی گردند و در آینده مدیریت صحیح‌تری در این منطقه انجام گیرد.

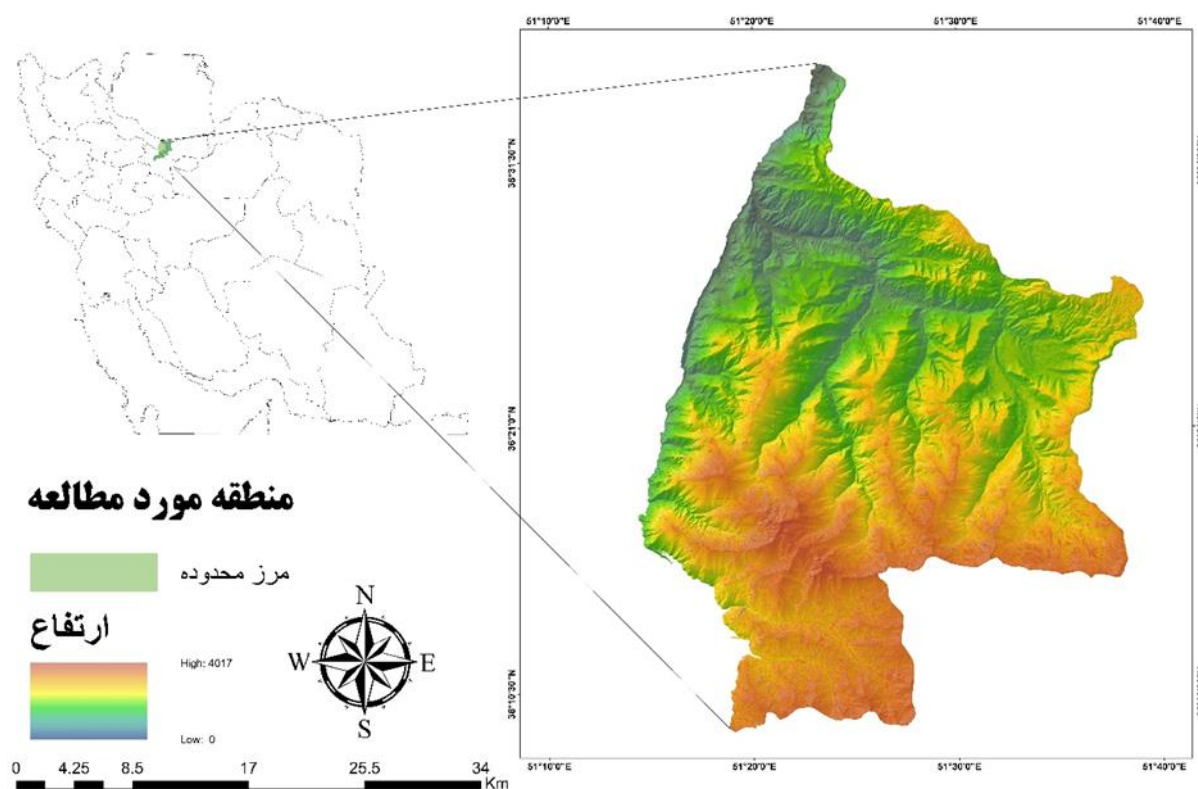
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی یکی از قدیمی‌ترین مناطق حفاظت‌شده کشور است که در سه استان تهران، البرز و مازندران با مساحتی در حدود ۴۰۰ هزار هکتار قرار دارد (Darvishsefat, 2007) که بخش شمالی آن به وسعت حدوداً ۹۵۳۵۵ هکتار منطقه مورد مطالعه این تحقیق می‌باشد (شکل ۱).

بازدید میدانی: بازدید از منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی در فصل زمستان ۱۴۰۱ انجام گرفت. در این پایش میدانی به ترتیب ۱۷ و ۱۴ نقطه حضور برای پازن و کبک دری از طریق مشاهده مستقیم گونه، آثار به‌جای مانده نظیر سرگین، ردپا و راهنمایی کارشناسان و محیط‌بانان اداره محیط‌زیست به وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)^۴ و نرم‌افزار Google Earth ثبت گردید.

^۴ Global Positioning System



شکل ۱- منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی



شکل ۲- تصاویر ثبت شده از پایش میدانی منطقه مورد مطالعه

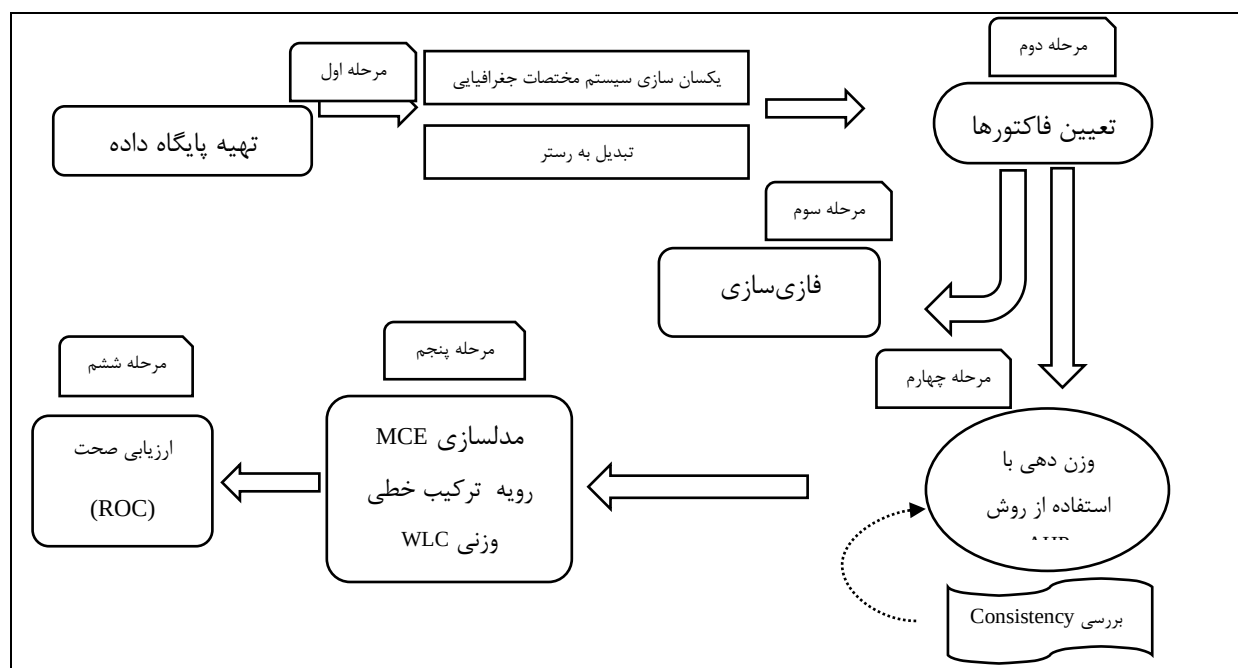
چندمعیاره و رویه ترکیب خطی وزنی مدل سازی انجام گردید. در مرحله نهایی به ارزیابی صحت (ROC)^۷ مدل ها پرداخته شد.

روش کار

مراحل انجام این تحقیق مطابق شکل ۳ انجام شده است. در مرحله اول پایگاه داده مورد نیاز تشکیل شده و در مرحله دوم و سوم با استفاده از توابع عضویت فازی^۵، فاکتورهای تعیین شده فازی سازی شدند. در مرحله چهارم فرآیندهای مختلف وزنی بر مبنای فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی^۶ تعیین و در مرحله پنجم با بکارگیری ارزیابی

^۷Relative Operating Characteristic

^۵Fuzzy Membership Function
^۶AHP



شکل ۳- روندنمای مراحل انجام تحقیق

جدول ۱- معیارهای مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پازن و کبک دری

کبک دری	پازن
ارتفاع شیب	ارتفاع شیب
تراکم پوشش گیاهی	تراکم پوشش گیاهی
فاصله از مناطق صخره‌ای	فاصله از مناطق صخره‌ای
فاصله از منابع آبی	فاصله از منابع آبی
فاصله از رودخانه	فاصله از رودخانه
فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بان	فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی
فاصله از جاده	فاصله از جاده
فاصله از روستا	-
فاصله از زراعت	-

فازی‌سازی معیارها: در این مطالعه برای استانداردسازی

معیارها از روش فازی استفاده گردید (جدول ۲). ابتدا مدل فاصله^۹ از نقشه مناطق صخره‌ای، منابع آبی، رودخانه، پاسگاه محیط‌بانی، جاده، روستا، زراعت تهیه گردید. لذا برای گونه پازن لایه‌های مناطق صخره‌ای، منابع آبی، رودخانه، پاسگاه‌های محیط‌بانی با توجه به

تهیه پایگاه داده مکانی و تعیین فاکتورها: به منظور

تشکیل پایگاه داده مورد نیاز برای این تحقیق از لایه رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. نخست اصلاحاتی مانند یکسان کردن سیستم مختصاتی و رستری کردن تصاویر در جهت تهیه پایگاه داده انجام گرفت. معیارهای مورد استفاده براساس مرور منابع (Farrashi & Alizadeh, 2019; Hosseini et al., 2016; Ashrafzadeh & Nazarian, 2017; Ahmadi Dastjerdi et al., 2017) مطالعه اجمالی زیستگاه گونه‌ها و دیگر عوامل و فاکتورهای محیطی مؤثر بر انتخاب زیستگاه برای هر دو گونه پازن و کبک دری مشخص شدند (جدول ۱). در جهت تهیه لایه شیب از مدل رقومی ارتفاع در نرم افزار Arc Map استفاده گردید و نقشه شاخص تراکم پوشش گیاهی^۸ (NDVI) از شاخص‌های شانزده روزه ماهواره MODIS استخراج شد. با استفاده از لایه‌های شیب فایل سایر متغیرهای محیطی در نرم افزار Idrisi Terrset پردازش و آماده‌سازی شدند.

Distance^۹

Normalized Difference Vegetation Index^۸

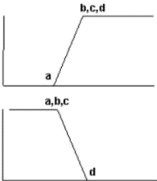
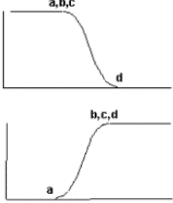
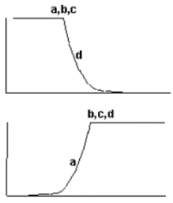
کاهش مطلوبیت مناطق با افزایش فاصله از آن‌ها با به‌کارگیری توابع کاهنده S شکل به فازی‌سازی مناطق پرداخته شد. لایه جاده با توجه به افزایش مطلوبیت مناطق با افزایش فاصله از آن‌ها با به‌کارگیری توابع افزایشنده S شکل به فازی‌سازی آن‌ها پرداخته شد. نقشه‌های ارتفاع، شیب و تراکم پوشش گیاهی با توجه به این‌که با افزایش مقدار مطلوبیت افزایش پیدا می‌کند فازی‌سازی شدند (Morovati *et al.*, 2014; Koohestani *et al.*, 2013). برای گونه کبک دری لایه‌های مناطق صخره‌ای، منابع آبی، رودخانه، پاسگاه‌های محیط‌بانی با توجه به کاهش مطلوبیت مناطق با افزایش فاصله از آن‌ها با به‌کارگیری توابع کاهنده S شکل به فازی‌سازی مناطق پرداخته شد. لایه جاده، روستا و زراعت با توجه به این موضوع که جز سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی محسوب می‌گردند و با افزایش فاصله از آن‌ها مطلوبیت مناطق افزایش می‌یابد با به‌کارگیری توابع افزایشنده S شکل به فازی‌سازی آن‌ها پرداخته شد. نقشه‌های ارتفاع، شیب و تراکم پوشش گیاهی با توجه به اینکه با افزایش مقدار مطلوبیت افزایش پیدا می‌کند، فازی‌سازی شدند (Tucker & Heath, 1994; Ashrafzadeh & Nazarian, 2017).

فرانامه‌های وزنی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، روشی است که بر مبنای مقایسه‌های زوجی بنا شده و به مدیران امکان می‌دهد فرانامه‌های مختلف را بررسی کنند. این روش فرمول‌بندی سلسله مراتبی مسأله را فراهم می‌کند و معیارهای کمی و کیفی را در نظر می‌گیرد. همچنین، با استفاده از مطابقت زوجی، سازگاری و ناسازگاری تصمیمات را نشان می‌دهد و تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را امکان‌پذیر می‌سازد. در نتیجه، این روش به مدیران کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری در مسائل چندمعیاره بگیرند (Qodsipour, 2013). در تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره، استفاده از مقیاس پیوسته بین ۱ تا ۹ برای وزن‌دهی به معیارها به منظور نمایش اهمیت آن‌ها رایج است (Malchevski, 2012). همان‌طور شاخص

عددی سازگاری یا پایداری (CR) برای بررسی ماتریس دو به دو استفاده می‌شود و مقدار آن باید کمتر از ۰/۱ باشد (Saaty, 1980). در جهت به دست آوردن میزان اهمیت معیارها فرانامه‌های مختلف وزنی ایجاد می‌گردد. در هر فرانامه به چند متغیر وزن بیشتری اختصاص داده می‌شود به این منظور که میزان تأثیرگذاری معیارها در مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مورد نظر به دست آورده شود. **گونه پازن:** فرانامه اول: در این فرانامه وزن تمام متغیرها یکسان در نظر گرفته شد. فرانامه دوم: بیشترین وزن برای معیارهای فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی، ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای در نظر گرفته شد. فرانامه سوم: بیشترین وزن برای معیارهای شیب، فاصله از جاده در نظر گرفته شد. فرانامه چهارم: بیشترین وزن برای معیارهای فاصله از منابع آبی و رودخانه، تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. فرانامه پنجم: حذف متغیرهای شیب، فاصله از منابع آبی، تراکم پوشش گیاهی و وزن یکسان برای باقی متغیرها در نظر گرفته شد. فرانامه ششم: حذف متغیرهای شیب، فاصله از منابع آبی، تراکم پوشش گیاهی و وزن متفاوت برای سایر متغیرها در نظر گرفته شد (جدول ۳). **گونه کبک‌دری:** فرانامه اول: در این فرانامه وزن تمام متغیرها یکسان در نظر گرفته شد. فرانامه دوم: بیشترین وزن برای معیارهای ارتفاع، فاصله از پاسگاه محیط‌بانی، فاصله از مناطق صخره‌ای در نظر گرفته شد. فرانامه سوم: بیشترین وزن برای معیارهای شیب، فاصله از زراعت، تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. فرانامه چهارم: بیشترین وزن برای معیارهای فاصله از منابع آبی و رودخانه، فاصله از جاده و فاصله از روستا در نظر گرفته شد. فرانامه پنجم: حذف متغیرهای شیب، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از منابع آبی و فاصله از جاده و وزن یکسان برای باقی متغیرها در نظر گرفته شد. فرانامه ششم: حذف متغیرهای شیب، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از منابع آبی و فاصله از جاده و وزن متفاوت برای سایر متغیرها در نظر گرفته شد (جدول ۴).

جدول ۲- توابع فازی (نقاط c,d,b,a کنترل کننده توابع فازی می‌باشند در واقع این نقاط تعیین کننده نقطه عطف در استانداردسازی می‌باشند)

(Ashtab et al., 2017)

منبع	روابط تعیین کننده مقدار عددی توابع در هر پیکسل	شکل توابع فازی	نوع تابع
(Birol et al., 2010; Ouraji et al., 2011)	$X_i = 1 - \frac{(R_i - c)}{(d - c)} \times \text{standardized_range}$ $X_i = \frac{(R_i - a)}{(d - a)} \times \text{standardized_range}$		تابع خطی (L)
(Birol et al., 2010)	$\mu = \cos \alpha \times 255$ $\alpha = \frac{(x - c)}{(d - c)} \times \pi$ $\alpha = \left(\frac{(x - c)}{(d - c)} \right) \times \frac{\pi}{2}$		تابع سیگموئیدی (S)
(Schumucker, 1982; Burrough, 1989; Birol et al., 2010)	$\mu = \frac{1}{1 + \frac{(x - c)^2}{(d - c)^2}}$ $\mu = \frac{1}{1 + \frac{(x - b)^2}{(b - a)^2}}$		تابع J شکل

امتیاز هر پیکسل قبل از اعمال فازی و Standardized range دامنه فازی

C نقطه کنترل اول و d نقطه کنترل دوم، π معادل عدد ۳/۱۴۱۵۹

جدول ۳- فرآیندهای وزنی گونه پازن برای رسیدن به بالاترین ارزیابی صحت (زمستان ۱۴۰۱)

فرآیندهای وزنی	ارتفاع	شیب	فاصله از مناطق صخره‌ای	فاصله از منابع آبی	فاصله از رودخانه	فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی	فاصله از جاده	تراکم پوشش گیاهی	CR
فرآیندهای ۱	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰
فرآیندهای ۲	۰/۳۱۲۵	۰/۰۳۹۶	۰/۱۷۸۲	۰/۰۳۹۶	۰/۰۳۹۶	۰/۳۱۲۵	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۹۶	۰/۰۱
فرآیندهای ۳	۰/۰۸۳۷	۰/۳۴۴۷	۰/۰۳۵۸	۰/۰۳۵۸	۰/۰۳۵۸	۰/۰۸۳۷	۰/۳۴۴۷	۰/۰۳۵۸	۰/۰۳
فرآیندهای ۴	۰/۰۵۸۵	۰/۰۲۸۶	۰/۰۲۸۶	۰/۲۶۵۷	۰/۲۶۵۷	۰/۰۵۸۵	۰/۰۲۸۶	۰/۲۶۵۷	۰/۰۳
فرآیندهای ۵	۰/۲	*	۰/۲	*	۰/۲	۰/۲	۰/۲	*	۰
فرآیندهای ۶	۰/۳۲	*	۰/۱۲	*	۰/۰۸	۰/۴	۰/۰۶	*	۰/۰۳

جدول ۴- فرانامه‌های وزنی گونه کبک‌دری برای رسیدن به بالاترین ارزیابی صحت (زمستان ۱۴۰۱)

فرانامه	ارتفاع	شیب	تراکم پوشش گیاهی	فاصله از منابع آبی	فاصله از رودخانه	فاصله از زراعت	فاصله از مناطق صخره‌ای	فاصله از روستا	فاصله از پاسگاه محیط‌بانی	فاصله از جاده	CR
فرانامه ۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰
فرانامه ۲	۰/۲۴۴۷	۰/۰۲۶۹	۰/۰۲۶۹	۰/۰۳۱۲	۰/۰۲۶۰	۰/۰۹۷۹	۰/۲۲۰۵	۰/۰۶۸۵	۰/۲۲۶۱	۰/۰۳۱۲	۰/۰۴
فرانامه ۳	۰/۰۸۰۹	۰/۲۱۳۷	۰/۲۲۶۲	۰/۰۳۷۰	۰/۰۳۲۰	۰/۲۰۲۸	۰/۰۳۹۲	۰/۰۶۴۸	۰/۰۶۷۴	۰/۰۳۶۰	۰/۰۶
فرانامه ۴	۰/۰۵۲۱	۰/۰۳۷۸	۰/۰۴۲۴	۰/۱۸۹۲	۰/۱۸۹۲	۰/۰۳۷۸	۰/۰۳۱۹	۰/۱۸۹۲	۰/۰۴۱۲	۰/۱۸۹۲	۰/۰۳
فرانامه ۵	۰/۲	*	*	*	*	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	*	۰
فرانامه ۶	۰/۳۷۸۹	*	*	*	*	۰/۰۶۰۱	۰/۱۲۲۰	۰/۰۶۰۱	۰/۳۷۸۹	*	۰/۰۴

مدل‌سازی ارزیابی چندمعیاره (MCE): در رویه ترکیب خطی وزن‌دار به صورت رابطه ۱ می‌باشد که در آن وزن فاکتور در معیارها اعمال و همه معیارها در وزن فاکتور ضرب می‌شود (Malchevski, 2012; Eastman, 2015)

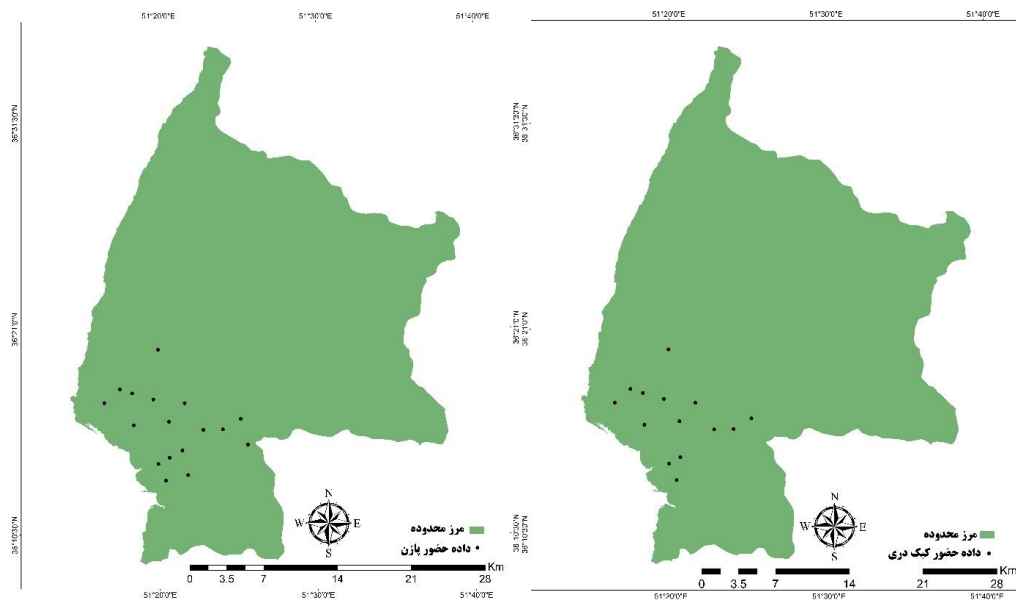
$$S = \sum Wi \times Xi \quad (1)$$

S نشان‌دهنده میزان مطلوبیت، Wi نشان‌دهنده وزن فاکتور i و امتیاز معیار در فاکتور i می‌باشد.

ارزیابی صحت: ارزیابی صحت بر مبنای شاخص منحنی عملیاتی دریافت‌کننده (ROC) انجام شد. آماره ROC مشتق شده از جدول توافقی بر اساس مقایسه تصویرشبه‌سازی شده با تصویر مرجع است (Ashtab et

al., 2017). در پژوهش حاضر بر اساس داده‌های حضور گونه‌های پازن و کبک دری ارزیابی صحت انجام شده است (شکل ۳).

بررسی میزان تأثیر هر معیار: در مرحله نهایی میزان همبستگی هر معیار با مطلوبیت نهایی محاسبه گردید. بدین منظور از ضریب خطی همبستگی پیرسون (r) برای تحلیل همبستگی بین معیارها و مطلوبیت نهایی، برای محاسبه میزان تأثیر هر معیار در مطلوبیت نهایی استفاده می‌شود. این ضریب ارتباط بین میزان مقدار پیکسل دو تصویر را محاسبه نموده و جهت ارتباط آن‌ها را نشان می‌دهد. به همین دلیل، ضریب خطی همبستگی پیرسون برای تحلیل ارتباط معیارها با مطلوبیت نهایی انتخاب می‌شود.

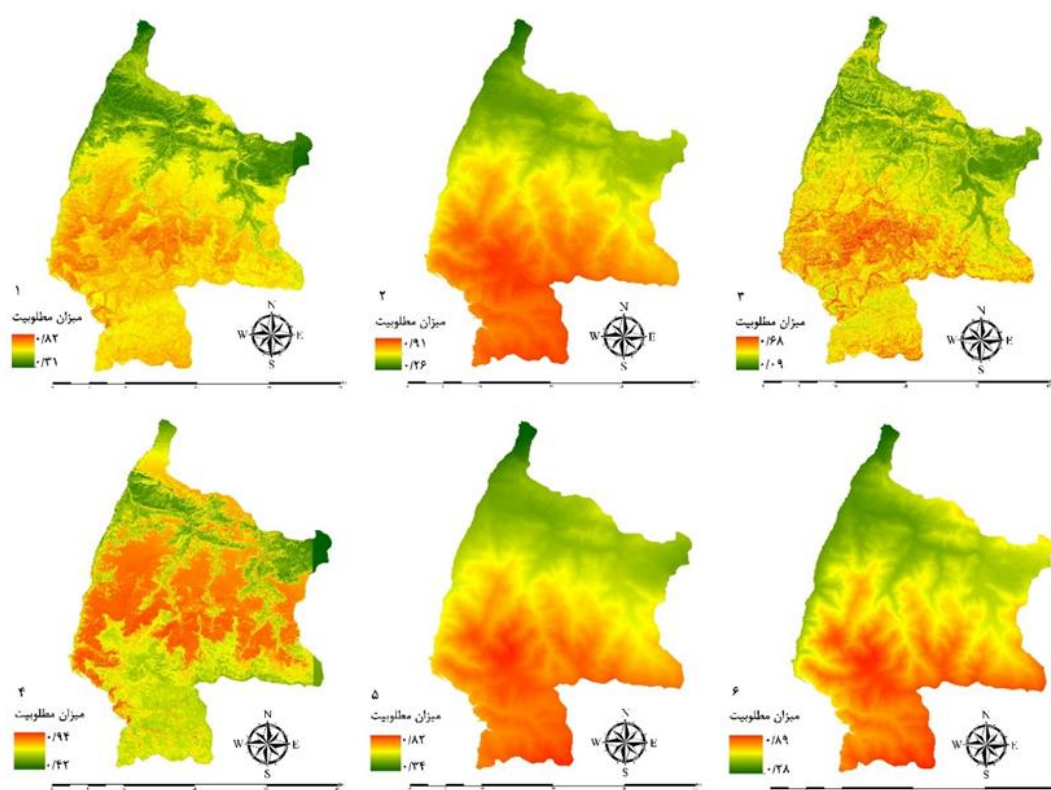


شکل ۴- داده‌های حضور گونه پازن و کبک‌دری در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی

نتایج

فرانامه‌های وزنی: در این مرحله برای هر دو گونه پازن (شکل ۵) و کبک‌دری (شکل ۶) فرانامه‌های مختلف وزنی ایجاد و بررسی شد. سپس معیارها با نسبت وزنی متفاوت با به‌کارگیری روش ترکیب خطی وزن‌دار WLC برای هر یک از فرانامه‌ها یک نقشه مطلوبیت زیستگاه به دست آمد. **ارزیابی صحت:** برای رسیدن به بهترین نقشه با بالاترین صحت خروجی‌های روش ترکیب خطی وزن‌دار WLC با فرانامه‌های مختلف با داده‌های حضور هر گونه به صورت جداگانه صحت‌سنجی شد. در این مرحله شاخص ROC

برای هر فرانامه محاسبه گردید (جدول ۵) و فرانامه‌ای که بیشترین مقدار ROC را به خود اختصاص داد، به عنوان نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه پازن و کبک‌دری انتخاب شد (شکل ۷). بالاترین میزان ROC برای گونه پازن مربوط به فرانامه ۲ با مقدار ۰/۹۵ درصد و برای گونه کبک‌دری هم مربوط به فرانامه ۲ با مقادیر ۰/۹۵ درصد به دست آمد. نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه دارای بالاترین میزان ROC برای هر گونه خواهد بود و در شکل ۷ برای گونه پازن و کبک‌دری نمایش داده شده است.

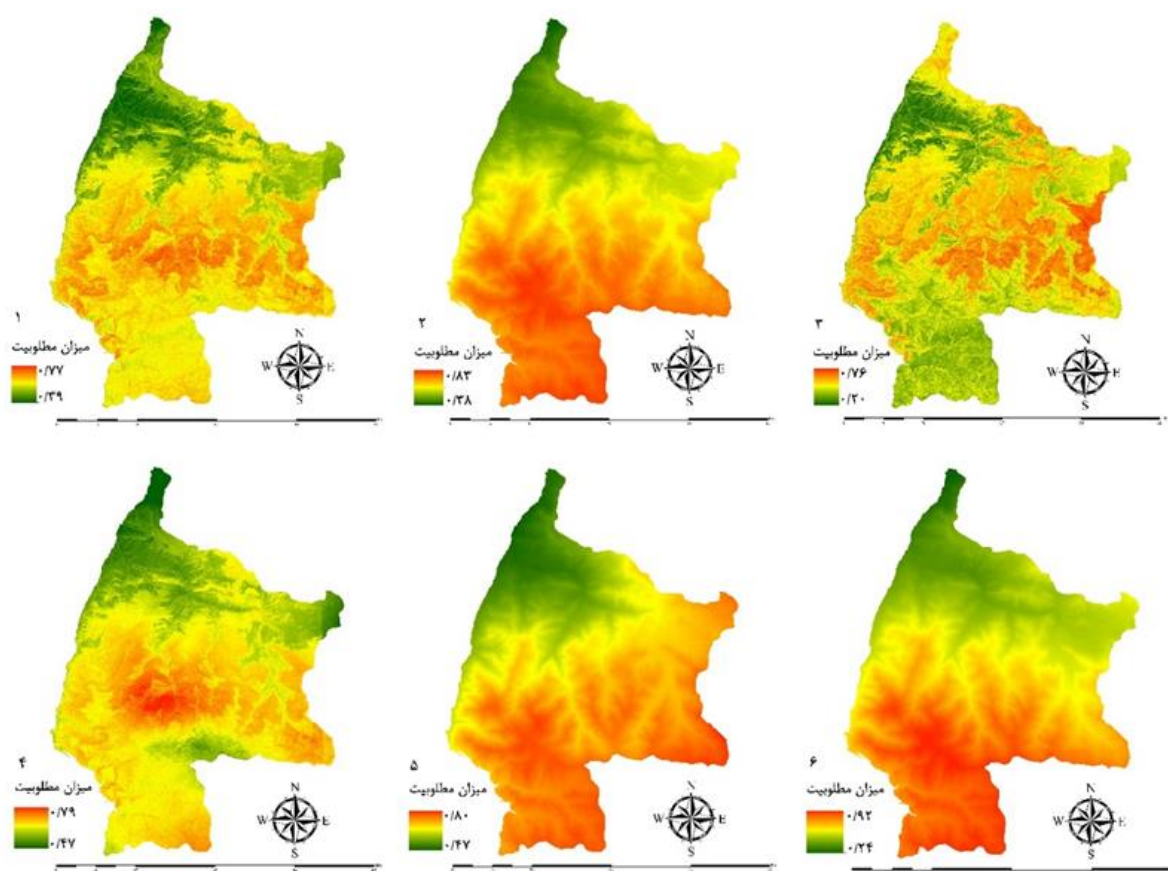


شکل ۵-خروجی روش WLC برای فرانامه‌های مختلف وزنی پازن

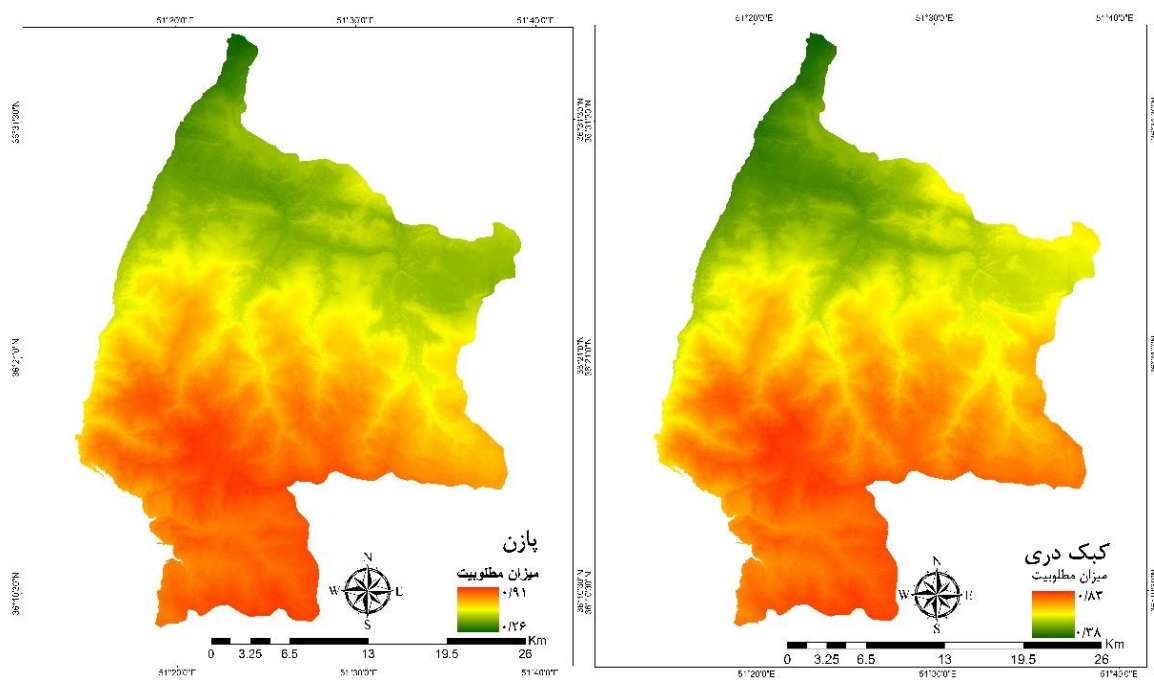
جدول ۵- میزان شاخص ROC برای فرانامه‌های مختلف

کبک‌دری (ROC)	پازن (ROC)
۰/۸۸	۰/۹۰
۰/۹۵	۰/۹۵
۰/۸۲	۰/۸۹
۰/۸۵	۰/۷۶
۰/۹۲	۰/۹۴
۰/۹۴	۰/۹۴

بررسی تأثیر معیارها: نتایج ضریب همبستگی پیرسون (r) نشان داد که میزان مطلوبیت زیستگاهی پازن در البرز مرکزی شمالی بیشترین وابستگی را به ارتفاع، فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی و فاصله از مناطق صخره‌ای دارد. برای کبک‌دری بیشترین وابستگی مربوط به معیارهای ارتفاع، فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی و فاصله از مناطق صخره‌ای می‌باشد (جدول ۶).



شکل ۶- خروجی روش WLC برای فرانامه‌های مختلف وزنی کبک دری



شکل ۷- مناطق مطلوب گونه پازن و کبک دری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی شمالی

جدول ۶- ضریب همبستگی بین معیارها و تصویر مطلوبیت نهایی

معیار	ضریب همبستگی (r) (پازن)	ضریب همبستگی (r) (کبک دری)
ارتفاع	۰/۳۱	۰/۲۴
شیب	۰/۰۳۹	۰/۰۲۶
تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۳۹	۰/۰۲۶
فاصله از منابع آبی	۰/۰۳۹	۰/۰۳۱
فاصله از رودخانه	۰/۰۳۹	۰/۰۲۶
فاصله از پاسگاه محیط‌بانی	۰/۳۱	۰/۲۲
فاصله از مناطق صخره‌ای	۰/۱۷	۰/۲۲
فاصله از جاده	۰/۰۳۸	۰/۰۳۱
فاصله از روستا	*	۰/۰۶۸
فاصله از زراعت	*	۰/۰۹۷

بحث

ارزیابی مناطق بالقوه مناسب و تشخیص عوامل محدود کننده برای دو گونه پازن و کبک دری می‌تواند یکی از مهم‌ترین گام‌ها در جهت محافظت از این گونه‌های با ارزش باشد. منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی یکی از زیستگاه‌های شاخص این دو گونه در ایران است. در این مطالعه از روش ارزیابی چند معیاره به منظور مدل‌سازی زیستگاه آن‌ها استفاده شد که نتایج نشان داد برای هر دو گونه، قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی بیشترین میزان مطلوبیت زیستگاهی را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به این موضوع که این قسمت از منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی ارتفاعات صخره‌ای را شامل می‌شود و از سوی دیگر نتایج شاخص همبستگی پیرسون (r) نشان داد که برای هر دو گونه پازن و کبک‌دری معیارهای ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی بیشترین میزان تأثیر را بر مطلوبیت زیستگاهی مناطق می‌گذارد. هم‌چنین با در نظر گرفتن این نکته که بر مبنای داده‌های حضور، گونه‌های مورد نظر هم‌پوشانی قابل توجهی را دارا می‌باشند، نتایج این مطالعه قابل قبول و منطقی است. در مطالعه‌ای Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) در پارک ملی گلستان با استفاده از روش مکسنت مطلوبیت زیستگاهی پازن را به دست آوردند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار شامل ارتفاع و شیب می‌باشد و پارامترهای دیگر مانند پوشش گیاهی، فاصله از منابع آبی و غیره دارای ارزش کمتری

می‌باشند (Hosseini et al., 2015). نتایج مطالعات مشابه نیز مؤید آن است که توزیع گونه پازن شدیداً تحت تأثیر مناطق مرتفع قرار دارد (Hosseini et al., 2015; Sarhangzadeh et al., 2013; Farrashi et al., 2011). هم‌چنین در تحقیقات Kie و همکاران (۲۰۰۲)، Naderi و همکاران (۲۰۱۳)، Shams (۲۰۱۰) و Grass و همکاران (۲۰۰۲) مشخص شد که گونه پازن از مناطق پست و دشتی اجتناب می‌کند. فاصله از مناطق صخره‌ای از معیارهای دیگری است که در این مطالعه دارای تأثیر بسیاری است این امر به علت سازگاری گونه به نواحی صخره‌ای شیب‌دار و رفتار او برای فرار از طعمه‌خواران می‌باشد (Alados & Escos, 1998). نتایج Farahmand (۲۰۱۸) و Farrashi و همکاران (۲۰۱۱) در پارک ملی کلاه قاضی نشان داد پارامترهای ارتفاع، شیب و مناطق صخره‌ای دارای اولویت بیشتری نسبت به سایر متغیرها می‌باشند. بر اساس یافته‌های Sarhangzadeh و همکاران (۲۰۱۱) در منطقه کوه بافق، این گونه انتخاب می‌کند که زیستگاه خود را در مناطقی قرار دهد که فاصله آن‌ها از جاده‌ها بیشتر باشد و با افزایش فاصله از جاده‌ها، مطلوبیت زیستگاه بیشتر می‌شود. در منطقه مورد مطالعه فاصله از منابع آبی و رودخانه به دلیل وجود چشمه‌ها، آبشخورها، منابع آبی و رودخانه در کل منطقه دارای تأثیرگذاری کمتری می‌باشد.

مطالعه‌ای برای گونه کبک‌دری در استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد که این گونه به‌طور بالقوه می‌تواند در زیستگاه‌های کوهستانی در محدوده ارتفاعی ۱۷۰۰ تا

منجر به کاهش تأثیرات منفی حاصل از فعالیت‌های انسانی شود. همچنین، با شناسایی تأثیرگذارترین فاکتورهای محیطی، می‌توان به حفاظت و مدیریت مناسب‌تری در منطقه دست یافت. این منطقه دارای گونه‌های جانوری شاخص دیگری است که انجام مطالعات مشابه برای آن‌ها می‌تواند سبب به دست آوردن نقاط داغ تنوع‌زیستی در این منطقه منحصر به فرد و در نهایت منجر به حفاظت و مدیریت بهتر گردد.

تشکر و قدردانی

نگارش حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مقاله و در چارچوب «طرح ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی (EIA) احداث منطقه سوم آزادراه تهران - شمال» (قرارداد شماره T.P.P.B.۳۳۹ مورخ ۱۴۰۱/۶/۱۵) می‌باشد که بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی از کارفرمای محترم (شرکت آزادراه تهران - شمال؛ شرکت توسعه پایدار پاک‌بوم) و دانشگاه تربیت مدرس، ابراز می‌گردد. همچنین از محیط‌بانان محترم منطقه هریجان و کمرین آقایان احمدعلی صالحی و رحمان نعیمی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ashrafzadeh, M. R., Nazarian, A. R. 2017. 'Habitat suitability modelling for the Caspian Snowcock (*Tetraogallus caspius*), as a typical high-montane species', Journal of Natural Environment, 70(4), pp. 745-756. doi: 10.22059/jne.2018.241952.1431
2. Ashtab, D., Gholamalifard, M. and Mahmoudi, N., 2017. Species Suitability Modeling of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) based on A Multi-Criteria Evaluation for in Southern Caspian Sea. Journal of Animal Environment, 9(4), pp.235-246. (In Persian with English abstract).
3. Ahmadi Dastjardi, M., Jahani, A., Rezaei, H. and Gestasab, H., 2018. Habitat Suitability Modelling of wild Goat (*Capra aegagrus*) In Ghamishloo National Park Using Artificial Neural Networks', Journal of Animal Environment, 10(3), pp.29-38. (In Persian with English abstract).
4. Alados, C.L. and Escos, J., 1988. Parturition dates and mother-kid behavior in Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) in Spain. Journal of mammalogy. Vol. 69, No. 1, pp: 172-175.

بیش از ۴۰۰۰ متر حضور داشته باشد (Ashrafzadeh & Nazarian, 2017). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کبک‌دري ساکن ارتفاعات کوهستانی است و حتی در زمان بارش برف به ارتفاع پایین‌تر مهاجرت نمی‌کند. همچنین مطالعات در چین نشان دادند که این گونه عمدتاً زیستگاه‌هایی که از سکونتگاه انسانی دور هستند را ترجیح می‌دهد و مزاحمت‌های انسانی را یک عامل تهدیدکننده مهم برای کبک‌دري به حساب آوردند (Shepard, 2008). مزاحمت‌های انسانی شامل جاده، روستا و زراعت هستند که برای این گونه در این مطالعه در نظر گرفته شدند. یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده ماکیان‌سانان شکار آن‌ها برای مصارف غذایی است. شکار غیرقانونی و بی‌رویه یکی از عوامل تهدید بقای راسته ماکیان‌سانان است (Wang et al., 2017). با توجه به این موضوع که پاسگاه محیط‌بانی مناطق را برای گونه‌های جانوری از نظر حضور شکارچی امن می‌کند این موضوع می‌تواند دلیلی بر تأثیر گذاری آن بر مطلوبیت زیستگاه باشد.

بنابراین برای گونه پازن فرانامه دوم با مقدار ROC برابر ۰/۹۵ درصد به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. در این فرانامه بیشترین وزن به معیارهای ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی اختصاص داده شد. همچنین نتایج ضریب پیوستگی پیرسون بیشترین وابستگی را برای این سه معیار نشان داد. برای گونه کبک‌دري همانند پازن فرانامه دوم با بیشترین وزن مربوط به سه معیار ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی بالاترین میزان ROC را با مقدار ۰/۹۵ درصد نشان داد و ضریب پیوستگی پیرسون بیشترین وابستگی مطلوبیت را به سه معیار ارتفاع، فاصله از مناطق صخره‌ای و فاصله از پاسگاه محیط‌بانی نشان داد. طبق نقشه مطلوبیت نهایی قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی بالاترین میزان مطلوبیت را دارا هستند و این مناطق برای هر دو گونه تقریباً یکسان می‌باشد.

برای اولین بار، یک مطالعه برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی دو گونه شاخص مرتفع کوهستانی در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی شمالی انجام شد. از طریق استفاده از مدل مطلوبیت زیستگاه، زیستگاه‌های بالقوه برای گونه‌های هدف شناسایی شدند و این امر می‌تواند

- (9)16. (In Persian with English abstract).
17. **Jihad Water and Watershed Research Company, 2001.** Central Alborz Protected Area Management Plan, Office of Habitats and Regional Affairs of Environmental Protection Organization (unpublished report). (In Persian with English abstract).
18. **Keane, A., Brooke, M.D.L. and McGowan, P.J.K., 2005.** Correlates of extinction risk and hunting pressure in gamebirds(Galliformes). *Biological Conservation*, 126(2), pp.216-233.
19. **Koohestani, M., Naderi, S. and Shadloo, S., 2022.** Evaluation of habitat quality and determining the distribution of Wild goat (*Capra aegagrus*) in Roodbarak prohibited hunting region, Kelardasht, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 20(5), 863-870.
20. **Mehri, A., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H. and Rezaei, H.R., 2014.** Use of optimization algorithms to prioritize protected areas in Mazandaran Province of Iran. *Journal for Nature Conservation*. Vol. 22, No. 5, pp: 462-470.
21. **MacMillana, H., Moorea, A., Augéa, A. and Chilversd, L., 2016.** IS-based multi-criteria analysis of breeding habitats for recolonising species: New Zealand sea lions. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 130, pp: 162-171.
22. **Malczewski, J., 2006.** Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 8(4), pp.270-277.
23. **Malchevski, Y., 2012.** Geographic information system and multi-criteria decision analysis. Translated by Akbar Parhizkar and Ata Ghafari Gyalandeh, Publications of Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities (Samt). Third edition. (In Persian with English abstract).
24. **Madadi, M., Varasteh Moradi, H. and Mahini, A., 2013.** assessment of the autumn habitat of the whole web in Golestan Baroush National Park, analysis of ecological nests. MSC. Thesis. University of Gorgan, GAU, Iran. (In Persian with English abstract).
25. **Morovati, M., Karami, M. and Kaboli, M., 2014.** Desirable areas and effective environmental factors of wild goat habitat (*Capra aegagrus*). *International Journal of Environmental Research*, 8(4), pp.1031-1040.
26. **Morovati, M., Kamalian, N. and Mohammadi, S., 2023.** Habitat Assessment of The Goitered Gazelle (*Gazella Subgutturosa*) By Maximum Entropy in
5. **Burrough, P.A., 1989.** Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*. Vol. 40, pp: 477-492.
6. **Birol Kara, A., Wallcraft, A.J., Metzger, E.J. and Gunduz, M., 2010.** Impacts of freshwater on the seasonal variations of surface salinity and circulation in the Caspian Sea. *Continental Shelf Research*. Vol. 30, pp: 1211-1225.
7. **Bird Life International, 2016.** Bird species distribution maps of the world. Version 6.0. Available at <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>.
8. **Darvishsefat, A.A., 2007.** Atlas of protected area of Iran. University of Tehran Publications, Tehran. (In Persian with English abstract).
9. **Eastman, R.J., 2015.** TerrSet Manual, Worcester, MA: Clark University. 392 p.
10. **Engler, R., Guisan, A. and Rechsteiner, L., 2004.** An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of applied ecology*, 41(2), pp.263-274.
11. **Farashi, A., Kabuli, M., Momeni, I. 2011.** "Modeling the habitat desirability of goats and goats (*Capra aegagrus*) using ecological nesting factor analysis (ENFA) method in Kolah Ghazi National Park, Isfahan province", *Natural Environment Journal*, 63(1), pp. 63-73.
12. **Farashi, A. and Alizadeh-Noughani, M., 2019.** Niche modelling of the potential distribution of the Egyptian Vulture *Neophron percnopterus* during summer and winter in Iran, to identify gaps in protected area coverage. *Bird Conservation International*, 29(3), pp.423-436.
13. **Farahmand, M., 2018.** Investigating effective factors in the distribution of cement couples in Kale Ghazi National Park. Master's thesis, University of Tehran. 120 pages. ((In Persian with English abstract).
14. **Gross, J.E., Kneeland, M.C., Reed, D.F. and Reich, R.M., 2002.** GIS Based Habitat Models for Mountain Goats. *Journal of Mammalogy*. Vol. 83, No. 1, pp: 218-228.
15. **Hosseini, G., Shams Esfand Abad, B. and Alizadeh Shabani, A., 2016.** Evaluation of Iranian Deer (*Gazella subgutturosa*) habitat suitability in Seventy Peaks Protected Area of Central Province. *Natural Environment Journal*. 69(4): 965-979. (In Persian with English abstract).
16. **Hosseini, M., Riaz, B., Shams Esfandabad, B. and Nadri, M., 2015.** evaluation of the habitat desirability of goats and goats (*Capra aegagrus*) in Golestan province. *Animal Environment Quarterly*. 2-

2021. 'Distribution modeling of the hybrid sister taxa in red-headed bunting and black-headed bunting, Order Passeriformes', Environmental Sciences, 19(4), pp. 269-286. doi: 10.52547/envs.2021.1016
35. **Sarhangzadeh, J., Yavari, A. R., Hemami, M. R., Jafari, H. R., Shams Esfandabad, B.** 2011. 'Habitat suitability modeling for wildlife in the arid lands, Case study: Wild goat (*Capra aegagrus*) in Kouh-e-Bafgh protected area', Journal of Arid Biome, 1(3), pp. 38-50.
36. **Sarhangzadeh, J., Yavari, A.R., Hemami, M.R., Jafari, H.R. and Shams-Esfandabad, B.** 2013. Habitat suitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in a mountainous arid area, central Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 11(1), 41-51.
37. **Saaty, T.L., 1980.** The Analytic Hierarchy Process Mcgraw Hill, New York. Agricultural Economics Review, 70, p.34.
38. **Shams, B., Hemami, M., Karami, M. and Riazi, B.** 2010. Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. European Journal of Wildlife Research. Vol. 55, No. 6, pp: 883- 849
39. **Shepard, D., Kuhns, A., Dreslik, M. and Phillips, C., 2008.** Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. Animal Conservation 11, 288-296.
40. **Schmucker, K.J., 1982.** Fuzzy Sets, natural language computations and risk analysis (Computer Science Press). pp: 7.
41. **Tucker, G. and Heath, M., 1994.** Birds in Europe: their conservation status–Birdlife, Conservation Series. No 3. Bird Life International, Cambridge, UK, 342-343.
42. **Wang, B., Xu, Y. and Ran, J., 2017.** Predicting suitable habitat of the Chinese monal (*Lophophorus lhuysii*) using ecological niche modeling in the Qionglai Mountains, China. PeerJ 5, e3477.
- Kalmand Bahadran Protected Area, Yazd, Iran. Environment and Interdisciplinary Development, 8(80), pp.79-89.
27. **Momeni Dehghi, I., 2012.** Systematic selection of protective spots in Golestan province using simulated melting algorithm. MSC. Thesis. University of Tehran, UT, Iran. (In Persian with English abstract).
28. **Ouraji, H., Khalili, K., Ebrahimi, G. and Jafarpour, S., 2011.** Determination of the optimum transfer time of kutum (*Rutilus frisii kutum*) larvae from live food to artificial dry feed. Aquaculture International. Vol. 19, pp: 683-691.
29. **Paudel, P.K., Hais, M. and Kindlmann, P., 2015.** Habitat suitability models of mountain ungulates: identifying potential areas for conservation. Zoological studies, 54, pp.1-16.
30. **Qudsipour, H., 2013.** Process of Sequence Analysis, second edition, Amir Kabir University of Technology, 224, page 220.
31. **Rahdari, V., Soffianian, A.R., Pourmanafi, S. and Ghayoumi, H., 2017.** Surviving of risk and tradeoff levels effects on land capability evaluation results in Fuzzy area (case study: Plasjan sub-basin). Natural environment, 70(4),843-855. (In Persian with English abstract).
32. **Rahdari, V. 2020.** Modeling the desirability of black bear habitat in a part of Sistan and Baluchistan province using multi-criteria evaluation method. Journal of Natural Environment, 73(3), 485-499. doi: 10.22059/jne.2020.301090.1961. (In Persian with English abstract).
33. **Rooper, C.N., Sigler, M.F., Goddard, P., Malecha, P., Towler, R., Williams, K., Wilborn, R. and Zimmermann, M., 2016.** Validation and improvement of species distribution models for structure-forming invertebrates in the eastern Bering Sea with an independent survey. Marine Ecology Progress Series, 551, pp.117-130.
34. **Rahmati, S., Gholamalifard, M., Gholamhosseini, A., Ghasempouri, S. M.**





Habitat Suitability Modeling of Wild Goat (*Capra Aegagrus*) and Caspian Snowcock (*Tetraogallus Caspius*) in the Central Northern Alborz Protected Area Based on the Multi-Criteria Evaluation Procedure (MCE)

Sepideh Yousefi Qaleh Salimi¹, Mehdi Gholamalifard^{*1}, Seyed Mahmoud Ghasempouri¹, Abolfazl Rahbarizadeh²

1*- Department of Environment, Faculty of Natural and Marine Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2- Kandovan Region, Central Alborz Protected Area, DoE of Chalus, Iran

Original Article

Received:
2023.11.07

Accepted:
2024.01.15

Keywords:
Multi Criteria
Evaluation,
Weighted Linear
Combination,
Wild Goat,
Caspia Snowcock,
Central Alborz
Protected Area

Abstract

Introduction: In recent years, natural habitats, especially protected areas, have mostly become fragmented and islanded and have been placed among human uses. Knowing the desirable wildlife habitats and understanding their characteristics is very important. By using the methods of habitat modeling widely and without the need to collect the details of the physiological and behavioral characteristics of the species, it is possible to get an estimate of the habitat's desirability for wildlife. Wild goat (*Capra aegagrus*) and Caspian snowcock (*Tetraogallus caspius*) are two indicator species of high mountain areas, which are placed in the NT & LC category according to the 2020 and 2016 IUCN Red List, respectively.

Materials and Methods: In this research, the habitat desirability of these two species was modeled in the central northern Alborz protected area by using the multi-criteria evaluation (MCE) method. First, the effective criteria were determined by reviewing the sources and studying the overview of the species, and then using the AHP method, six different weight scenarios were created for each species. Six scenarios were modeled using the weighted linear combination method, and the validation of the model was performed using the ROC index from the comparison of the simulated image and the reference image. The information about the presence of the warbler and the partridge was obtained through field visits and direct observations of the species, the effects left behind such as dung and footprints in the central northern Alborz protected area and was used as a reference image to evaluate the accuracy. Finally, the dependence of the final utility on the criteria was determined using the Pearson's linear correlation coefficient (r).

Results: Among the six different weight scenarios for Wild goat and Caspian snowcock, according to the validation results, the second scenario with ROC

rate equal to 0.95% for both species was selected as the best weight scenario. The image of the final desirability showed the greatest desirability for both species in the central and southeastern parts of the study area, and based on the results of the linear Pearson correlation coefficient (r), the desirability of the habitat has the greatest dependence on the factors of height, distance from rocky areas and environmental checkpoints. And it is less than the influence of other parameters. Also, Wild goat and Caspian snowcock species have a significant overlap in habitat areas, so that both of them prefer high rocky areas as habitats. Another important factor is the existence of environmental checkpoints, which greatly increases the desirability of the species in this area.

Discussion: The present study shows that the Caspian snowcock and Wild goat species of partridge have more suitable habitat conditions in the high mountainous areas, especially in the southeastern and central areas of the central northern Alborz protected area. These areas include rocky heights that are particularly attractive for these species. The distance from the rocky areas and the distance from the environmental checkpoints are also very important and have a significant effect on the habitat desirability of these species. For these species, roads and the construction of human settlements interfere with their habitat, but illegal hunting is also a serious threat to these species. Therefore, to protect these species, measures such as the establishment of environmental checkpoints, restrictions on construction in their habitat areas, promotion of public awareness about the protection of these species and the implementation of strict laws against illegal hunting can be effective.