

## مدلسازی مطلوبیت لانه‌گزینی و شناسایی حداقل نیازهای زیستگاهی مکان‌های لانه‌گزینی گرگ (*Canis lupus*) در استان همدان با استفاده از روش ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی‌شده

محسن احمدی<sup>۱</sup>، محمد کابلی<sup>۲\*</sup>، افشین علیزاده شعبانی<sup>۳</sup>، سهراب اشرفی<sup>۴</sup>  
۱. کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
۲. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
۳ و ۴. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۲/۱۳)

### چکیده

مدلسازی زیستگاه در محل‌های لانه‌گزینی گونه‌های حیات وحش ابزاری کاربردی در شناسایی نحوه توزیع کانون‌های فعالیت آن‌هاست. از این‌رو این ابزار در شناسایی نواحی‌ای که پتانسیل بالایی در بروز تقابل این گونه‌ها با انسان دارند، کاربردهای فراوانی دارد. در این پژوهش با استفاده از مدل ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی‌شده و با در نظر گرفتن فاکتورهای مهم زیستگاهی اثرگذار، مطلوبیت مکان‌های لانه‌گزینی گرگ در استان همدان ارزیابی شد. همچنین از منحنی توزیع تجمعی مقادیر مطلوبیت برای طبقه‌بندی نقشه حاصل به طبقات مطلوبیت استفاده شد. نتایج نشان داد که آستانه مطلوبیت ۰/۷۱ به بهترین نحو نواحی مطلوب را از زیستگاه نامطلوب تفکیک کرد و بدین ترتیب ۲۶۴۹ کیلومتر مربع معادل ۱۳/۵ درصد از سطح استان همدان به‌منزله نواحی‌ای که پتانسیل لانه‌گزینی گرگ دارند، شناسایی شد. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، متغیرهای ارتفاع، سنجه بردار ناهمواری‌ها، تراکم دام و فاصله از نواحی مسکونی به‌منزله عوامل مهم محیطی تأمین‌کننده حداقل نیازهای زیستگاه لانه‌گزینی گرگ در این استان تعیین شدند. معیارهای بررسی اعتبار مدل به‌دست‌آمده، چه از لحاظ قابلیت تشخیص (سطح زیر نمودار برابر با ۰/۸۲۵) و چه از لحاظ صحت طبقه‌بندی (نرخ کلی صحت طبقه‌بندی برابر با ۰/۸۴)، نشان داد که مدل مطلوبیت به‌دست‌آمده عملکرد خوبی در پیش‌بینی نواحی لانه‌گزینی دارد. لانه‌گزینی گرگ در مناطق ناهموار نسبتاً مرتفع (۱۸۷۰-۲۴۰۵)، نزدیک به اراضی مرتعی و بایر و به دور از نواحی مسکونی نشان می‌دهد که نحوه توزیع لانه‌های گرگ در استان همدان در درجه اول متأثر از فاکتورهای مرتبط با مداخلات انسانی است.

**کلیدواژه‌گان:** ارزیابی زیستگاه، تعارضات انسان و گرگ، سنجه بردار ناهمواری‌ها، محل‌های لانه‌گزینی، مداخلات انسانی.

## ۱. مقدمه

منتشر نشده). این تعارضات طی دوره تولید مثل به دلیل افزایش نیازهای فیزیولوژیک، افزایش تکافوی افراد در پرورش فرزندان و اهمیت نحوه انتخاب لانه‌های استفاده شده در ارتباط با تأمین این نیازها، نمود بیشتری به خود می‌گیرد (Linnell *et al.*, 2000).

همچنین در مقایسه با کل ناحیه پراکنش، نواحی استفاده شده برای لانه‌گزینی توسط گرگ‌ها طی سال، استفاده شده و توجه بیشتری است و به‌نوعی کانون فعالیت و پراکنش گرگ‌ها محسوب می‌شوند (Trapp *et al.*, 2009; Unger *et al.*, 2008). از آنجا که بیشترین نرخ مرگ‌ومیر تولدهای گرگ در شش ماهه نخست زندگی آن‌ها اتفاق می‌افتد، انتخاب مکان‌های مناسب لانه‌گزینی و تکاپوی والدین در محدوده لانه‌ها، می‌تواند موفقیت تولید مثلی دسته‌های زادآور گرگ را تحت تأثیر قرار دهد (Harrington & Mech, 1982). با توجه به اینکه لانه‌ها در سرتاسر سال مورد توجه گرگ‌ها بوده و نیز انتخاب مکان‌های لانه‌گزینی توسط این گونه متأثر از نحوه توزیع متغیرهای زیستگاهی در سطح کلان است (Norris *et al.*, 2002; Person & Russell, 2009)، از این‌رو نواحی لانه‌گزینی می‌تواند در الویت‌بندی مناطق برای اعمال فعالیت‌های مدیریتی و یا اهداف حفاظتی سودمند باشد. بنابراین، تعیین متغیرهای محیطی اثرگذار بر انتخاب مکان‌های لانه‌گزینی و شناسایی نواحی دارای پتانسیل لانه‌گزینی حیات وحش برای مدیران حیات وحش این فرصت را فراهم می‌آورد تا به شناسایی نواحی در معرض تعارض‌های بالقوه و به دنبال آن کاهش خطرات ناشی از این تعارضات، بپردازند (Podruzny *et al.*, 2002; Baldwin & Bender, 2007; Northrop *et al.*, 2012). بدین منظور مطالعات بسیاری با بهره‌گیری از روش‌های مدلسازی مانند بیشترین بی‌نظمی<sup>۱</sup>، مدل فاصله‌ی ماهالانوبیس<sup>۲</sup> و رگرسیون منطقی<sup>۳</sup> به‌منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار (Norris *et al.*, 2002; Theuerkauf *et al.*, 2003; Trapp *et al.*, 2008; Person & Russell 2009)، مدلسازی مناطق دارای پتانسیل لانه‌گزینی (Clark *et al.*, 1993; Ciarniello *et al.*, 2005; Libal *et al.*, 2011) و تعیین نواحی در

گرگ خاکستری (*Canis lupus*) از گسترش یافته‌ترین پستانداران خشکی‌زی است و در طیف وسیعی از تیپ‌های زیستگاهی نیم‌کره شمالی کره زمین پراکنده شده است (Mech & Boitani, 2003). گرگ‌ها تنها به مناطق بکر و دست‌نخورده وابسته نیستند و در صورتی که با انسان در تقابل نباشند و به‌خوبی به طعمه‌های علفخوار دسترسی داشته باشند، قادرند در ترکیبی از زیستگاه‌های تحت مدیریت یا نیمه‌طبیعی گسترش یابند (Mech, 1995; Mladenoff *et al.*, 1999; Treves *et al.*, 2011). با وجود این، بهره‌برداری شدید منابع، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های یکپارچه، کاهش طعمه‌های طبیعی، شکار و نیز باورهای غلط انسان از حضور گرگ‌ها در یک زیستگاه، عواملی است که در بسیاری از نقاط کره زمین کاهش شدید جمعیت گرگ‌ها طی قرن نوزدهم و بیستم را موجب شدند (Salvatori & Linnell, 2005; Rich *et al.*, 2012).

حضور جمعیت‌های قابل توجه گرگ در استان همدان گواه مطلوب بودن شرایط اکولوژیکی این استان برای حضور گرگ‌هاست. این استان شامل تنوعی از کاربری‌ها و تیپ‌های پوشش و ژئومرفولوژیک خاص شامل اراضی کشاورزی، باغ‌ها، مراتع تحت مدیریت و مناطق حفاظت شده است که اغلب تحت مدیریت ارگان‌های مختلف و با اهداف مدیریتی متفاوت‌اند. اگرچه اختلاطی از تیپ‌های متنوع زیستگاهی شرایط مطلوبی را برای پراکنش گرگ‌ها فراهم می‌آورد (Treves *et al.*, 2011)، اما این امر خود منجر به پیچیده‌تر شدن مدیریت تعارضات این گونه با انسان می‌شود، چراکه هیچ‌گونه مرز یا حاشیه مشخصی بین زیستگاه‌های گرگ و کاربری‌های انسانی وجود نخواهد داشت. از این‌رو در این استان گرگ گونه‌ای مسئله‌ساز است و تعارض این گونه با بومیان استان همدان چه از لحاظ طعمه‌خواری و حمله به دام و چه از لحاظ حمله به انسان، گواه شدت بالای تعارض منافع این گونه با انسان در منطقه مطالعه شده است (Ahmadi *et al.*, 2012). متعاقباً کشتن گرگ‌ها و تولدها و تخریب لانه‌های آن‌ها توسط بومیان منطقه در بسیاری از نواحی این استان به کرات گزارش شده است (اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان، گزارش‌های

1. Maximum Entropy  
2. Mahalanobis distance  
3. Logistic Regression

سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. شرایط اقلیمی مناسب و دشت‌های حاصل‌خیز سبب شده است تا اغلب اراضی طبیعی در این استان برای کشت محصولات زراعی استفاده شود. این امر از یک سو سبب تخریب شدید بسیاری از زیستگاه‌های حیات وحش در این استان شده و از سوی دیگر سبب افزایش تعداد روستاها در منطقه و همچنین افزایش تراکم جمعیت انسانی شده است. به طوری که استان همدان با میانگین تراکم ۸۸ نفر در کیلومتر مربع (نزدیک به دو برابر میانگین تراکم انسانی کل کشور)، یکی از نواحی متراکم کشور است (Reyahi-Khoram & Fotros, 2011). در استان همدان شش منطقه حفاظت‌شده تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست وجود دارد که با مجموع وسعت ۶۰ هزار هکتار، تنها سه درصد سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند. علفخواران مهم این استان بز کوهی (*Capra aegagrus*)، گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) و گراز (*Sus scrofa*) هستند که جمعیت‌های ایزوله‌ای از آن‌ها، تنها به برخی مناطق حفاظت‌شده این استان محدود شده‌اند.

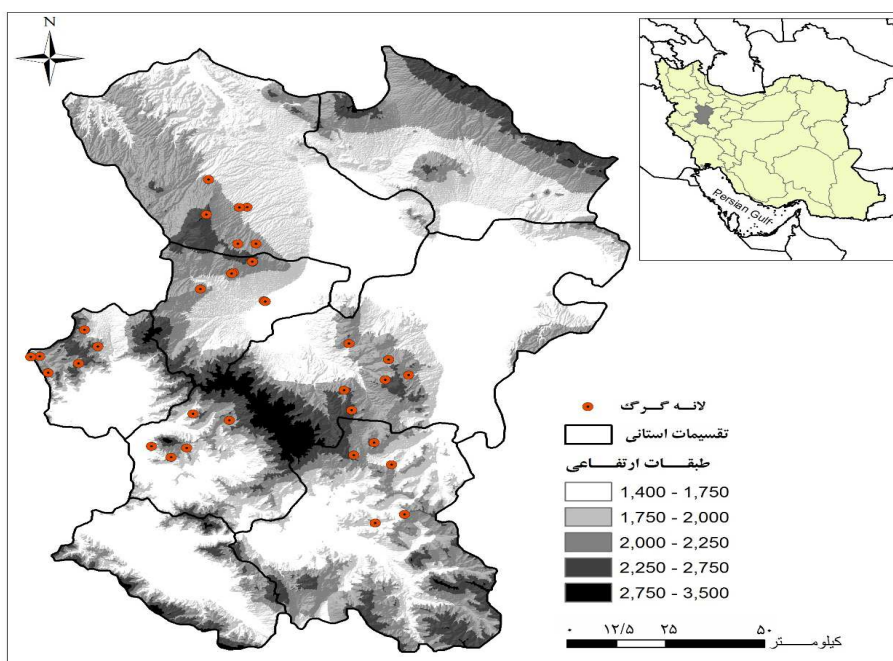
معرض تعارضات ناشی از لانه‌گزینی گونه‌های حیات وحش و فعالیت‌های انسانی (Podruzny *et al.*, 2002; Baldwin & Bender, 2007) انجام گرفته است.

در این مطالعه با بهره‌گیری از برخی ویژگی‌های طبیعی سیمای سرزمین و نیز فاکتورهای انسانی اختلال‌زا، و با استفاده از روش ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی<sup>۱</sup> شده، نواحی لانه‌گزینی گرگ در استان همدان ارزیابی شد. این مطالعه با هدف ۱. تعیین حداقل احتیاجات زیستگاهی نواحی لانه‌گزینی گرگ؛ و ۲. ارائه نقشه نواحی دارای پتانسیل لانه‌گزینی توسط گرگ در استان همدان انجام گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. منطقه مطالعه شده

استان همدان با مساحت ۱۹۵۴۶ کیلومتر مربع در غرب ایران، در حد فاصل ۳۳° ۵۹' تا ۳۵° ۴۸' عرض شمالی و ۴۷° ۳۴' تا ۴۹° ۳۶' طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این استان با آب و هوای نیمه‌خشک میانگین سالیانه بارش ۳۲۵ میلی‌متر دارد و میانگین دمای



شکل ۱. نقشه منطقه مطالعه شده و موقعیت لانه‌های شناسایی شده گرگ

## ۲.۲. جمع آوری داده

در این مطالعه دستیابی به تعداد کافی لانه استفاده شده توسط گرگ تنها از طریق پرس و جو از بومیان منطقه، خصوصاً چوپانان، بهره‌گیری از اطلاعات محیط‌بانان ادارات حفاظت محیط زیست شهرستان‌ها و نیز انجام گشت‌زنی‌های میدانی توسط موتورسیکلت میسر شد. از آنجا که زمان لانه‌گزینی و رشد توله‌ها از دوران حساس چرخه حیات گرگ‌هاست، به دلیل لزوم مراجعه به موقعیت لانه‌ها و ثبت اطلاعات اکولوژیکی و نیز برای حفظ امنیت آن‌ها، شروع بررسی‌های میدانی زمانی انجام گرفت که از خروج توله‌ها از لانه‌ها اطمینان حاصل شد (اواخر اردیبهشت). پس از یافتن لانه‌های گرگ و اطمینان از حضور نداشتن گرگ و توله‌ها در آن‌ها، موقعیت لانه‌ها توسط GPS ثبت شد.

## ۳.۲. متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده

متغیرهای انسانی منشأ تأثیرات زیادی بر پراکنش گرگ و مطلوبیت زیستگاه آن است (Cayuela, 2004; Mech & Boitani, 2003)، اگرچه تیپ پوشش اراضی نیز بر حضور این گونه اثرگذار است (Norris et al., 2002; Theuerkauf et al., 2003). بر این اساس با توجه به اطلاعات مربوط به تاریخ طبیعی گونه و با

مرور منابع خارجی، ویژگی‌های محیط زیستی مرتبط با سیمای طبیعی سرزمین و فاکتورهای انسانی مؤثر بر لانه‌گزینی گرگ در مدلسازی استفاده شد (Norris et al., 2002; Trapp et al., 2008; Person & Russell, 2009; Unger et al., 2009) (جدول ۱). بدین منظور از مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> منطقه با اندازه سلول ۱۰۰ متر برای تهیه چهار متغیر اثرگذار شامل ارتفاع، شیب، شاخص تشعشع آفتاب<sup>۲</sup> و بردار زبری ناهمواری‌ها<sup>۳</sup> استفاده شد. در این مطالعه از بردار زبری ناهمواری‌ها؛ ابداع شده توسط Sappington و همکاران (2007)، به منزله معیاری کمی از میزان تغییرپذیری ناهمواری‌ها استفاده شد. این شاخص با تلفیق میزان تنوع شیب و جهت یک ناحیه، نه تنها برای توصیف ناهمواری‌های محلی، بلکه به منزله یکی از مؤلفه‌های مهم تشریح‌کننده گریزگاه‌های حیات وحش، می‌تواند استفاده شود (Sappington et al., 2008). فاکتورهای مرتبط با حضور انسان شامل تراکم انسان در واحد سطح، تراکم دام در واحد سطح، فاصله تا نواحی مسکونی و فاصله تا جاده‌های اصلی نیز به منزله نمایه‌های حضور انسان در منطقه در تحلیل‌ها وارد شد. تمامی متغیرها در محیط ArcGIS 9.3 و با اندازه سلول ۱۰۰ متر تهیه شدند.

جدول ۱. متغیرهای استفاده شده در مدل ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی شده و نحوه تهیه آن‌ها

متغیر	نحوه تهیه و منبع
ارتفاع	براساس مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه شده توسط SRTM
شیب	محاسبه شده توسط تابع SLOPE در نرم‌افزار ArcGIS
تراکم انسان در واحد سطح	محاسبه توسط درون‌یابی و براساس آمار مرکز آمار ایران، تهیه شده در طرح مدیریت گرگ استان همدان
تراکم دام در واحد سطح	محاسبه توسط درون‌یابی و براساس آمار بخش‌داری‌های استان، تهیه شده در طرح مدیریت گرگ استان همدان
فاصله تا مراتع و اراضی بایر	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه کاربری اراضی استان، تهیه شده در طرح مدیریت گرگ استان همدان
فاصله تا جاده	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه جاده‌های مواصلاتی تهیه شده در سازمان نقشه‌برداری
فاصله تا رودخانه	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه تهیه شده توسط ابزار HYDROLOGY براساس DEM
فاصله تا نواحی مسکونی	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه کاربری اراضی استان، تهیه شده در طرح مدیریت گرگ استان همدان
شاخص تشعشع حرارتی	محاسبه شده توسط تابع Area Solar Radiation براساس DEM در نرم‌افزار ArcGIS
سنجه بردار ناهمواری‌ها	تهیه شده براساس Sappington et al. (2007) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع استان همدان

1. DEM
2. Solar Radiation Index
3. Vector Ruggedness Measure

## ۴.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه از روش ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی شده برای مدلسازی نواحی لانه‌گزینی گرگ استفاده شد. این روش اصلاح‌شده روش فاصله ماهالانوبیس است که در آن با در نظر گرفتن بردار مقادیر متغیرها و میانگین و کوواریانس آن‌ها، میزان مشابهت تک‌تک سلول‌های منطقه با نقاط حضور سنجیده می‌شود (Clark *et al.*, 1993; Podruzny *et al.*, 2002; Jenness *et al.*, 2011). در این صورت مقادیر فاصله ماهالانوبیس محاسبه‌شده، شاخصی از میزان مشابهت به نقاط ایده‌آل (نقاط حضور) خواهد بود. در روش فاصله ماهالانوبیس این فرض در نظر گرفته می‌شود که نقاط حضور نشان‌دهنده نحوه توزیع زیستگاه بهینه گونه در کل چشم‌انداز بررسی شده است. در نتیجه این مهم را در نظر می‌گیرد که نحوه انتخاب و عملکرد گونه در مواجهه با شرایط زیستگاهی، کاملاً براساس میانگین و کواریانس متغیرها در نقاط حضور تشریح می‌شود (Rotenberry *et al.*, 2006). از سوی دیگر مدلسازی براساس میزان مشابهت به شرایط بهینه زیستگاهی در نقاط حضور گونه روشی ایده‌آل نیست و این امر به دلیل نبود قطعیت در وجود شرایط بهینه زیستی در داده‌های توزیعی است. در عوض شناسایی مجموعه‌ای از حداقل احتیاجات زیستگاهی برای یک گونه می‌تواند در پیش‌بینی توزیع آن گونه خصوصاً در محیط‌های دینامیک و در حال تغییر عملکرد مناسبتری داشته باشد (Dunn & Duncan, 2000; Rotenberry *et al.*, 2006). در این حالت عملکرد آماره ماهالانوبیس محاسبه‌شده از طریق پارتیشن‌بندی به چندین مؤلفه جداگانه که هر کدام از آن‌ها نمایانگر مجموعه مستقلی از روابط میان نحوه توزیع گونه و متغیرهای زیستگاهی باشد، بهبود می‌یابد (Duncan 2000; Rotenberry *et al.*, 2002). مقدار فاصله ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی شده برای هر نقطه از منطقه براساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$D^z(y) = \sum_{j=1}^p d_j^z / \lambda_j \quad (1)$$

در این رابطه  $\lambda_j$  عبارت از مقدار ویژه<sup>۱</sup> حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی،  $p$  تعداد متغیرها و  $d_j$  نیز براساس فرمول زیر به دست آمد:

$$d_j = (y - \mu) \alpha_j \quad (2)$$

در این رابطه نیز  $y$  ارزش متغیرها در هر پیکسل از منطقه،  $\mu$  میانگین ارزش متغیرها در نقاط حضور و  $\alpha_j$  مقدار بردار ویژه<sup>۲</sup> متناظر با مقادیر ویژه است. برخلاف روش‌های مرسوم در تحلیل نتایج آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، در روش ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی شده تأثیرگذاری معنادار زیستی به جای اینکه توسط مؤلفه‌های با بیشترین مقدار ویژه تبیین شود، به مؤلفه‌های با کمترین مقدار ویژه نسبت داده می‌شود. این امر با توجه به این مهم است که در مدلسازی هدف شناسایی روابط پایدار در نحوه توزیع یک گونه است. این روابط پایدار براساس متغیرهایی که مقادیر پایدار و ثابتی در نقاط حضور گونه دارند (و در نتیجه واریانس کمی در نقاط حضور گونه دارند)، تعریف می‌شود و از این رو آن‌ها را می‌توان فاکتورهای مهم محدودکننده در نظر گرفت (Rotenberry *et al.*, 2006). در واقع متغیرهایی که در نقاط حضور دامنه وسیعی از ارزش‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (و در نتیجه مرتبط با مؤلفه‌های با بیشترین مقدار ویژه هستند)، از آنجا که محدودکننده توزیع گونه نیستند، اطلاعات کمتری از نحوه توزیع گونه به دست می‌دهند (Dunn & Rotenberry *et al.*, 2006). ارزش‌هایی که کمترین مقدار از متغیرهای محیطی با احتمال حضور گونه مرتبط‌اند، براساس بردار ویژه حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام می‌گیرد. متغیرهایی که مقدار مطلق بردار ویژه بزرگتری دارند دارای اهمیت بیشتری هستند (Dunn & Duncan, 2000) و با سهم بیشتری در مدلسازی مشارکت خواهند داشت.

در این پژوهش پیش از انجام تجزیه و تحلیل لایه‌های محیطی و استفاده از آن‌ها در روند مدلسازی، همبستگی آن‌ها آزموده شد و از میان متغیرهایی که همبستگی بیش از ۰/۸ داشتند، یک متغیر حذف شد (Treves *et al.*, 2011). به منظور انجام تحلیل‌های

1. Eigenvalue  
2. Eigenvector

تشخیص نقاط حضور از نقاط عدم حضور توسط مدل عمل کرده و مستقل از تعریف آستانه‌های مطلوبیت است (Boyce *et al.*, 2002; Elith *et al.*, 2011; Libal *et al.*, 2012). مدلی که فاقد قدرت تشخیص و پیش‌بینی باشد مقدار AUC برابر با ۰/۵ داشته و مدلی کامل با قدرت پیش‌بینی بسیار زیاد دارای AUC برابر با یک خواهد بود (Boyce *et al.*, 2002). از آنجا که سطح زیر نمودار ROC به‌تنهایی معیار کاملی از اعتبار و صحت یک مدل نیست (Lobo *et al.*, 2008; Jimenez-Valverde, 2012)، برخی از معیارهای مرسوم در بررسی صحت طبقه‌بندی نیز برای فراهم کردن سطح بالایی از اطمینان از قابلیت پیش‌بینی مدل استفاده شده قرار گرفت. این معیارها که با استفاده از ماتریس خطا محاسبه شدند، شامل صحت کلی طبقه‌بندی<sup>۳</sup>، نرخ طبقه‌بندی اشتباه نقاط حضور و شبه عدم حضور (خطاهای omission و commission) و معیار کاپای کوهن<sup>۴</sup> است (Fielding & Bell, 1997; Lobo *et al.*, 2008; Romero *et al.*, 2012).

#### ۶.۲. محاسبه آستانه مطلوبیت زیستگاه

برای تعیین آستانه مطلوبیت زیستگاه ابتدا یک مدل اولیه از نحوه توزیع مقادیر ماهالانویس پارتیشن‌بندی شده در کل منطقه مطالعه‌شده تهیه شد. بدین منظور هزار نقطه تصادفی در کل منطقه تعریف و مقادیر ماهالانویس پارتیشن‌بندی شده در این نقاط استخراج شد. در مرحله بعد منحنی توزیع تجمعی این مقادیر با مقادیر مربوط به لانه‌های گرگ مقایسه شده قرار گرفت. در نهایت بیشترین فاصله میان این دو نمودار توزیع تجمعی به‌منزله آستانه مطلوبیت زیستگاه برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت لانه‌گزینی گرگ استفاده شد (Browning *et al.*, 2005; Hollenbeck *et al.*, 2011). در مدل نهایی پیکسل‌هایی که ارزش بالاتر از این مقدار آستانه داشتند، به‌منزله زیستگاه مطلوب و پیکسل‌هایی که ارزش کمتر از این حد آستانه داشتند، به‌عنوان نواحی نامطلوب برای لانه‌گزینی گرگ در نظر گرفته شد (Hollenbeck *et al.*, 2011).

مربوطه ابتدا مقادیر متغیرها در نقاط حضور لانه‌های گرگ استخراج شد. در این مطالعه از رویه PRINCOMP در نرم‌افزار SAS برای انجام آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و به دست آوردن مقادیر و بردارهای ویژه استفاده شد (Dunn & Duncan *et al.*, 2000; Rotenberry *et al.*, 2006; Hollenbeck *et al.*, 2011). نتایج به‌دست‌آمده از این تحلیل شامل ۱۰ مؤلفه اصلی به تعداد متغیرها، مقدار ویژه و بردار ویژه متناظر با آنهاست. تعیین حداقل احتیاجات زیستگاه لانه‌گزینی گرگ و نیز تهیه نقشه نواحی دارای پتانسیل لانه‌گزینی براساس کوچک‌ترین مقادیر ویژه مؤلفه‌ها و بیشترین مقدار بردار ویژه هر یک از متغیرهای محیطی میان مؤلفه‌های مورد نظر، انجام گرفت. بدین ترتیب متغیرهایی که بیشترین بردار ویژه متناظر با کمترین مقادیر ویژه داشتند، به‌عنوان حداقل نیازهای زیستگاهی برای لانه‌گزینی گرگ در نظر گرفته شدند. پس از محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه در نرم‌افزار، برای تهیه نقشه نواحی دارای پتانسیل لانه‌گزینی توسط گرگ، ادامه محاسبات در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 انجام گرفت. بدین ترتیب که در این نرم‌افزار با در نظر گرفتن مقادیر و بردارهای ویژه به‌دست‌آمده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از تابع Raster Calculator معادله ماهالانویس پارتیشن‌بندی شده بر متغیرهای محیطی اعمال شد.

#### ۵.۲. بررسی اعتبار مدل

برای بررسی اعتبار مدل ابتدا ۱۰۰ نقطه شبه عدم حضور در منطقه و در خارج از قلمروی لانه‌ها، به‌صورت تصادفی تعریف شد. کمترین فاصله این نقاط تا لانه‌های گرگ هفت کیلومتر در نظر گرفته شد. این مقدار براساس میانگین شعاع قلمروی گرگ‌های عرض‌های جغرافیایی پایین در نظر گرفته شد (Jędrzejewski *et al.*, 2008). در این مطالعه از مقدار AUC<sup>۱</sup> محاسبه‌شده براساس منحنی ROC<sup>۲</sup> برای مقایسه ارزش مقادیر پیش‌بینی شده نقاط حضور با مقادیر پیش‌بینی شده برای نقاط عدم حضور استفاده شد. سطح زیر نمودار این منحنی به‌منزله معیاری از قدرت

3. Correct Classification Rate: CCR  
4. Cohen's Kappa

1. Area Under the Curve  
2. Receiver Operating Characteristic

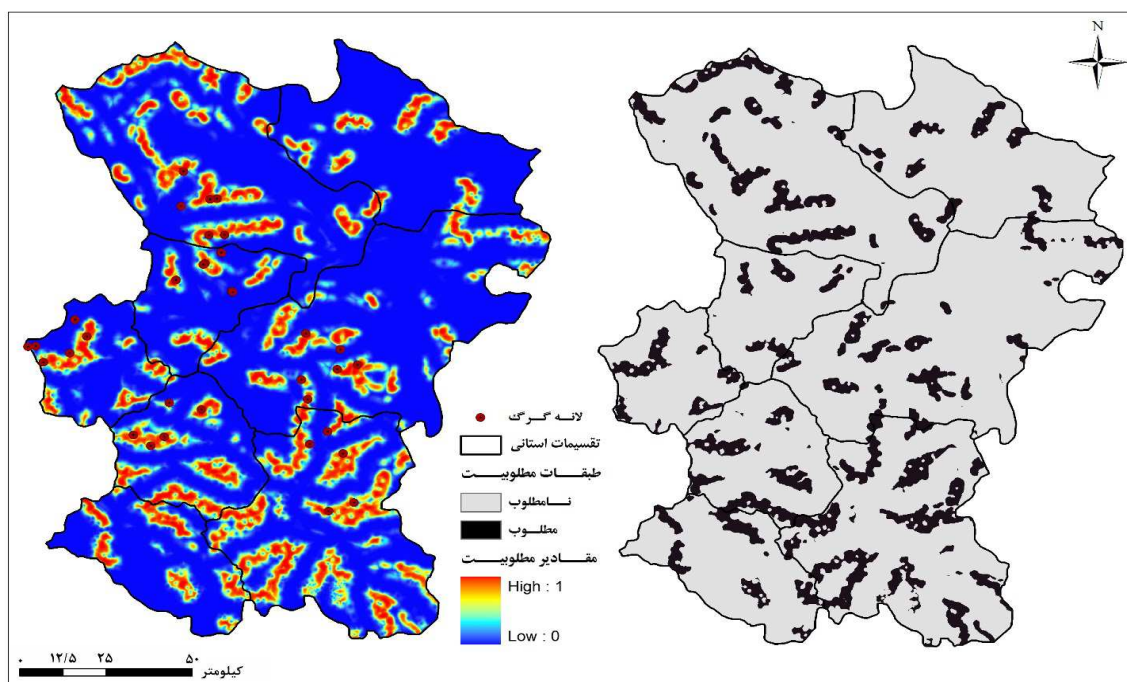
## ۳. نتایج

اصلی چندین متغیر را می‌توان در حصول حداقل شرایط زیستگاهی مناسب برای لانه‌گزینی گرگ در نظر گرفت. با در نظر گرفتن متغیرهای شناسایی‌شده در مؤلفه‌هایی که کمترین واریانس را تبیین می‌کردند، چهار متغیر ارتفاع، تراکم دام در واحد سطح، سنجۀ بردار ناهمواری‌ها و فاصله از نواحی مسکونی به‌منزله عوامل پایدار و مهم در تمامی نقاط حضور لانه گرگ شناسایی شد.

محاسبه آستانه مطلوبیت نواحی لانه‌گزینی گرگ با استفاده از نمودار توزیع تجمعی نقاط دربردارنده لانه‌ها و نقاط تصادفی به‌منزله شاخصی از زمینه کل منطقه بررسی شده، نشان داد که  $P$ -value برابر با  $0/71$  حد تفکیک زیستگاه مطلوب از کل زیستگاه بررسی شده است (شکل ۳). نواحی با مقادیر  $P$ -value بالاتر از این آستانه به‌منزله زیستگاه مطلوب و سایر اراضی که  $P$ -value کمتر از این مقدار داشتند، به‌منزله نواحی نامطلوب برای لانه‌گزینی گرگ طبقه‌بندی شدند. بدین ترتیب ۲۶۴۹ کیلومترمربع معادل  $13/5$  درصد از سطح استان همدان به‌منزله اراضی دارای پتانسیل لانه‌گزینی توسط گرگ مورد توجه قرار گرفت (جدول ۲).

پس از انجام بررسی‌های میدانی تعداد ۳۵ لانه گرگ شناسایی شد که از این میان ۱۷ لانه براساس اطلاعات افراد محلی، ۱۴ لانه براساس اطلاعات محیط‌بانان و ۴ لانه نیز ضمن گشتزنی‌های میدانی توسط موتورسیکلت شناسایی شد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی متغیرها نشان داد که میزان همبستگی بین متغیرهای محیطی کمتر از  $0/8$  بود، از این‌رو هیچ یک از متغیرها از تحلیل‌ها حذف نشد. نتایج آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه آخر کمترین مقادیر ویژه را داشتند. همچنین از آنجا که روند تغییر در مقادیر ویژه بین مؤلفه شش و هفت اختلاف بارزی داشت، انتخاب کوچک‌ترین مؤلفه‌ها برای مدلسازی از مؤلفه شش به بعد صورت گرفت. این مؤلفه‌ها  $10/1$  درصد واریانس تغییرات متغیرهای اولیه را تبیین می‌کردند. پس از محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه، نقشه نواحی دارای پتانسیل لانه‌گزینی گرگ براساس معادله ماهالانویس پارتیشن‌بندی شده و با استفاده از رویه جبر نقشه‌ها تهیه شد (شکل ۲).

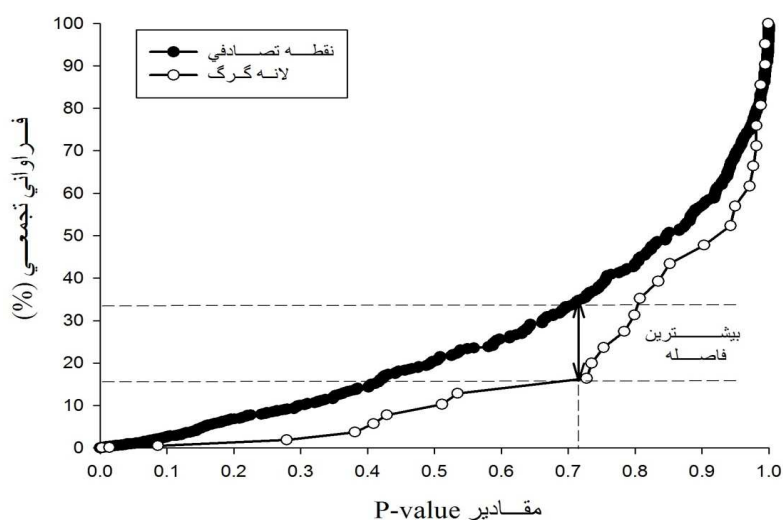
براساس نتایج حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های



شکل ۲. نقشه مقادیر پیوسته و طبقات مطلوبیت لانه‌گزینی گرگ محاسبه‌شده براساس منحنی تجمعی مقادیر مطلوبیت

جدول ۲. مساحت و درصد پوشش طبقات مطلوبیت

طبقه	مقدار $P$ -value	مساحت ( $\text{Km}^2$ )	درصد پوشش
نواحی مطلوب برای لانه‌گزینی گرگ	۰/۷۱ - ۱	۲۶۴۹	۱۳/۵۵
نواحی نامطلوب برای لانه‌گزینی گرگ	۰ - ۰/۷۱	۱۶۸۹۷	۸۶/۴۵

شکل ۳. منحنی فراوانی تجمعی مقادیر  $P$ -value استفاده شده برای طبقه‌بندی زیستگاه لانه‌گزینی گرگ

Romero و همکاران (2012) مقادیری قابل قبول می‌باشد. مقادیر صحت کلی طبقه‌بندی، Specificity (طبقه‌بندی صحیح نقاط حضور) و Sensitivity (طبقه‌بندی صحیح نقاط عدم حضور) که آن‌ها نیز در محدوده صفر تا یک قرار می‌گیرند، بیشتر از ۰/۸ محاسبه شد و متعاقباً خطای omission و commission نیز ۰/۲ و ۰/۱۵ به دست آمد (جدول ۳).

نتایج به دست آمده از منحنی ROC برای ارزیابی عملکرد مدل در تشخیص نقاط حضور از عدم حضور، نشان داد که مقدار سطح زیر نمودار ۰/۸۲۵ (اشتباه معیار = ۰/۰۴۷) بیانگر قابلیت تشخیص بسیار خوب مدل است. بررسی صحت طبقه‌بندی نیز نشان داد که مدل ساخته شده صحت بالایی در تفکیک نقاط حضور از عدم حضور دارد. معیار کاپا که می‌تواند در محدوده صفر تا یک قرار گیرد، ۰/۶۳ محاسبه شد که براساس

جدول ۳. ماتریس خطا و معیارهای بررسی صحت طبقه‌بندی مدل با در نظر گرفتن آستانه ۰/۷۱

شاخص	نقاط در واقعیت		نقاط در مدل	درصد صحت
	حضور	عدم حضور		
حضور	۲۸	۱۵	حضور	۸۴
عدم حضور	۷	۱۰۰	عدم حضور	۸۰
ماتریس خطا				۸۵
معیار کاپا				۲۰
معیار کاپا				۱۵
معیار کاپا				۶۳



#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با در نظر گرفتن مهم‌ترین پارامترهای محیطی از مدل ماهالانوبیس پارتیشن‌بندی شده به‌منزله شاخصی کمی از مطلوبیت زیستگاه، برای ارزیابی و نقشه‌سازی نواحی لانه‌گزینی گرگ استفاده شد. در این حالت لانه‌های گرگ کشف‌شده طی بررسی‌های میدانی، به‌منزله نقاط ایده‌آل در نظر گرفته شده و با در نظر گرفتن حداقل نیازهای زیستگاهی در فراهم‌آوردن شرایط مطلوب برای لانه‌گزینی (Rotenberry *et al.*, 2006; Hollenbeck *et al.*, 2011)، پتانسیل سایر نقاط منطقه برای لانه‌گزینی گرگ به‌صورت کمی بررسی شد. همچنین از نمودار توزیع فراوانی جمعیتی برای محاسبه مناسب‌ترین آستانه مطلوبیت در طبقه‌بندی منطقه بررسی شده به طبقات مطلوب و نامطلوب استفاده شد. این رویه علاوه بر فراهم‌کردن آستانه مطلوبیت، در ایجاد تعادل میان Sensitivity و Specificity مدل، کاربرد بسیار زیادی دارد. آستانه مطلوبیت برابر با ۰/۷۱ به‌دست‌آمده توسط این روش، توان پیش‌بینی صحیح مدل را به حداکثر رسانده و با چنین آستانه‌ای مدل با صحت کلی طبقه‌بندی معادل ۸۳ درصد، به‌طور قابل توجهی قادر به تفکیک نواحی لانه‌گزینی گرگ از سایر مناطق غیرقابل استفاده برای گرگ بوده است. ذکر این نکته ضروری است که بدون استفاده از این روش و در صورت استفاده از آستانه برابر با ۰/۵ به‌عنوان یک آستانه مطلوبیت معمول در مدلسازی

حیات وحش (Kuemmerle *et al.*, 2011)، دستیابی به چنین طبقه‌بندی متعادلی غیرممکن می‌شد، بسیاری از نواحی مطلوب برای لانه‌گزینی گرگ به‌منزله زیستگاه نامطلوب طبقه‌بندی می‌شد و متعاقباً خطای Omission مدل افزایش می‌یافت.

به‌دلیل قدرت تحرک بالا، نرخ زادآوری خوب و وابستگی نداشتن به شرایط زیستگاهی خاص، گرگ‌ها نسبت به سایر گوشتخواران قدرت سازگاری اکولوژیکی بسیار بالاتری دارند (Mech & Boitani, 2003). با این وجود دخالت‌های انسانی از طریق بهره‌کشی از منابع، تخریب زیستگاه و مرگ‌ومیر ناشی از شکار گرگ، تهدیدات مهم برای بقای درازمدت این گونه، خصوصاً در نواحی مواجه با تعارضات انسانی است (Smith *et al.*, 2012; Rich *et al.*, 2010). از این‌رو نحوه توزیع این گونه در زیستگاه نه فقط با در نظر گرفتن فاکتورهای محیط طبیعی، بلکه با لحاظ کردن عوامل مرتبط با مداخلات انسانی باید مورد توجه قرار گیرد (Mech & Boitani, 2003; Cayuela, 2004). به نظر می‌رسد در این مطالعه نیز لانه‌گزینی گرگ در استان همدان تحت‌تأثیر هر دو عامل حضور انسان و ویژگی‌های طبیعی سیمای سرزمین قرار دارد. براساس مقادیر و بردارهای ویژه حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، متغیرهای مهم تأمین‌کننده حداقل نیازهای زیستگاهی مکان‌های لانه‌گزینی گرگ ارتفاع از سطح دریا، تراکم دام در واحد سطح، سنجه بردار ناهمواری‌ها و فاصله از نواحی مسکونی است (جدول ۴).

جدول ۴. مقادیر حداقل نیازهای زیستگاهی لانه‌گزینی گرگ در لانه‌ها

متغیر	میانگین	انحراف معیار	محدوده مقادیر
ارتفاع	۲۱۱۹	±۱۲۸	۱۸۷۰ - ۲۴۰۵
تراکم دام در واحد سطح	۱۱۳	± ۱۶	۸۵ - ۱۴۰
سنجه بردار ناهمواری‌ها	۰/۰۰۳	±۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵ - ۰/۰۲۲
فاصله از نواحی مسکونی	۳۹۳۹	± ۱۰۱۱	۵۰۰ - ۴۶۶۹

نسبتاً مرتفع و ناهموار دارند. سنجه بردار ناهمواری‌ها شاخصی است که با ترکیب تغییرات دو مؤلفه جهت و گرادیان شیب، به کمی‌سازی تفاوت‌های محلی

بر این اساس و با توجه به اهمیت متغیرهای ارتفاع از سطح دریا و سنجه بردار ناهمواری‌ها می‌توان دریافت که گرگ‌ها تمایل به لانه‌گزینی در نواحی

در این استان ۳۹۳۹ کیلومتر بود (جدول ۴). با توجه به تراکم بالای جمعیت انسان در استان همدان (به‌طور میانگین ۸۸ نفر در هر کیلومتر مربع) در مقایسه با زیستگاه‌های مشابه گرگ در اروپا، با میانگین تراکم انسانی ۲۰ تا ۳۰ نفر در هر کیلومتر مربع در کرواسی، اسپانیا و ایتالیا (Cayuela, 2004; Theuerkauf et al., 2007)، اهمیت چنین فاکتورهایی بیش از پیش مشخص می‌شود. در الگوی مشابه با نتایج این پژوهش Unger و همکاران (2009) نیز خاطرنشان می‌کنند که پراکنش گرگ‌ها در مناطق با غالبیت جوامع انسانی، موجب می‌شود حفظ فاصله از جوامع و مداخلات انسانی، از پارامترهای مهم اثرگذار بر نحوه انتخاب سایت‌های لانه‌گزینی گرگ‌ها باشد. فعالیت‌های انسانی می‌تواند منجر به تغییر و اثرات منفی بر ترکیب زیستگاه‌ها و امنیت آن‌ها شود، به نحوی که بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که فاکتورهای مرتبط با دخالت‌های انسانی، مهم‌ترین فاکتور اثرگذار بر نحوه توزیع و استفاده گرگ از یک زیستگاه هستند (Corsi et al., 1998; Cayuela, 2003; Mech & Boitani, 2004). اجتناب گرگ‌های زادآور از حضور انسان و جوامع محلی توسط Kusak و همکاران (2005) در منطقه دینارید<sup>۱</sup> کرواسی و همچنین Theuerkauf و همکاران (2003) در جنگل بیالوویزا<sup>۲</sup> در شرق لهستان نیز گزارش شده است.

زمانی که زیستگاه‌های مطلوب برای گونه‌های حیات وحش با ریسک بالایی از بروز تعارضات مواجه‌اند، راهکارهای مدیریتی محدود خواهد بود (Treves et al., 2011; Northrop et al., 2012). حذف یا جابه‌جایی گونه‌های معارض به‌ندرت در کاهش اثرات سوء تعارضات موفقیت‌آمیز بوده است (Linnell et al., 1997). از این‌رو لازم است سایر استراتژی‌های مدیریتی که امکان ارتقای همزیستی انسان و حیات وحش را فراهم می‌آورند، مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به اهمیت بالای آگاهی از الگوهای تضاد منافع و تعارضات میان انسان و حیات وحش در

ناهمواری‌ها می‌پردازد و تعیین‌کننده موقعیت گذرگاه‌های جابه‌جایی و یا مطلوبیت مکان‌های گذار و توصیف‌کننده مناطقی است که بیشترین حد پنهان‌شدگی برای گونه یا مسیرهای جابه‌جایی گونه را فراهم می‌کند (Sappington et al., 2007). این امر با نتایج Salvatori و Linnell (2005) در اروپا مشابه است که خاطرنشان می‌کنند گرگ‌ها به نواحی کوهستانی، که از توسعه انسانی بازمانده‌اند تمایل بیشتری داشته و اغلب بدین نواحی محدود شده‌اند.

از سوی دیگر نتایج این پژوهش با نتایج Matteson (1992) در مونتانا، آمریکا، و Norris و همکاران (2002) در اونتاریو کانادا و Person و Russell (2009) در جنوب شرق آلاسکا متفاوت است. چراکه آنان در نتایج خود به این نتیجه رسیدند که گرگ‌ها لانه‌های خود را در مناطق باز کم‌ارتفاع و با شیب ملایم انتخاب می‌کنند، تا مناطق ناهموار مرتفع. دلیل این تضاد نتایج احتمالاً این است که مطالعات آن‌ها در مناطق جنگلی تحت حفاظت، با کمترین مداخلات انسانی و با پوشش جنگلی مناسب به‌منزله پناه، صورت گرفته است. درحالی‌که در استان همدان با چشم‌اندازهای با غالبیت کشتزارهای وسیع، هیچ‌گونه پوشش گیاهی-جنگلی مناسبی در دسترس گرگ‌ها نبوده است و آن‌ها ناچار به لانه‌گزینی در سطوح ناهموار مرتفع شده‌اند. بدین ترتیب این سطوح بیشترین میزان پنهان‌شدگی را برای دسته‌های زادآور گرگ فراهم کردند و به‌دلیل دسترسی‌پذیری کمتر توسط انسان، کمترین میزان مداخلات و فعالیت‌های انسانی در این سطوح دیده می‌شود.

همچنین براساس نتایج حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تراکم دام در واحد سطح و فاصله از نواحی مسکونی دیگر پارامترهای تأمین‌کننده حداقل نیازهای زیستگاه لانه‌گزینی گرگ در استان همدان بودند و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده تأثیرگذاری بر روند نقشه‌سازی نواحی مطلوبیت لانه‌گزینی داشتند. این امر نشان می‌دهد که در استان همدان گرگ‌ها تمایل به لانه‌گزینی در نواحی طبیعی به دور از سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی دارند، به‌طوری‌که میانگین فاصله لانه‌های گرگ از سکونتگاه‌های انسانی

1. Dinarid

2. Bialowieza

نقشه به‌دست‌آمده از این مطالعه این امکان را فراهم می‌آورد تا با آگاهی از مناطق حساس یا در معرض خطر در آینده، نسبت به انجام مداخلات به‌صورت هدفمند و انتخابی اقدام کرد. بدین ترتیب مسئولان و افراد محلی ساکن در نواحی در معرض خطر بالا قادر خواهند بود با آگاهی از شرایط پیش‌رو، با اصلاح فعالیت‌های خود یا تعدیل شرایط زیستگاهی، از یک سو آسیب‌پذیری جوامع محلی را کاهش داده و از سوی دیگر زمینه را برای حفظ تنوع زیستی فراهم آورند.

### تقدیر و تشکر

این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد و با حمایت مالی دانشگاه تهران به انجام رسیده است. بدین وسیله از راهنمایی‌ها و دیدگاه‌های ارزشمند جناب آقای پروفسور John T. Rotenberry در بهبود نحوه تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه مطلوبیت سپاسگزاری می‌شود. این مطالعه بدون بهره‌گیری از مساعدت و همکاری کارکنان و محیطبانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان به‌ویژه جناب آقای مهندس وحید نوری شریک آباد کارشناس ارشد آن اداره و جناب آقای اعیانعلی نوری محیطبان پر تلاش استان ممکن نبود. بدین وسیله از همکاری‌های ارزشمند ایشان و سایر کارکنان اداره مذکور تشکر و قدردانی می‌شود.

مدیریت زیستگاه و حفاظت گونه‌ها (Smith *et al.*, 2010; Treves *et al.*, 2011; Rich *et al.*, 2012) انجام مطالعات مرتبط با مدل‌های مطلوبیت زیستگاه و لحاظ کردن آن‌ها در طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی سرزمین برای نیل بدین هدف ابزاری کاربردی محسوب می‌شود (Corsi *et al.*, 1998; Cayuela, 2004; Jędrzejewski *et al.*, 2008). در واقع این مدل‌ها از طریق شناسایی نواحی که پتانسیل بروز تعارضات در آن‌ها بالاست، این امکان را فراهم می‌آورند تا با آگاهی از شرایط موجود و پیش‌بینی وضعیت آینده، نسبت به انجام اقدامات پیشگیرانه، هشداردهی و حفاظت از انسان و اکوسیستم اقدام نمود و بدین طریق زمینه را برای تسهیل هم‌زیستی مسالمت‌آمیز انسان و گرگ و جلوگیری از تقابل منافع آن‌ها فراهم آورد. از این‌رو نقشه حاصل از این پژوهش را می‌توان به‌منزله یک ابزار مدیریتی کارآمد برای شناسایی نواحی لانه‌گزینی گرگ و تعیین مناطقی که پتانسیل بالایی در بروز تعارضات دارند، در خارج از نواحی تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست مورد توجه قرار داد. همچنین از آنجا که محل‌های لانه‌گزینی گرگ کانون فعالیت‌های سالانه گرگ‌ها در طول سال بوده (Trapp *et al.*, 2008) و نیز اغلب لانه‌ها در سال‌های متوالی مورد استفاده مجدد گرگ‌ها قرار می‌گیرند (Ballard & Dau, 1983; Trapp *et al.*, 2008) از جمله اطلاع‌رسانی، فرهنگ‌سازی و افزایش آگاهی جوامع محلی برای جلوگیری از تخریب لانه‌های گرگ مجاور اراضی کشاورزی ضروری است. علاوه بر این

## REFERENCES

- Ahmadi, M., Kaboli, M., Imani Harsini, J., Khosravi Sharifabadi, R., Almasi, M., 2012. Strategic Management Plan for Wolf (*Canis lupus*) in Hamedan Province: An Approach to Reducing Human-Wolf Conflicts. *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*. 65, 271–281.
- Ballard, W.B., Dau, J.R., 1983. Characteristics of gray wolf, *Canis lupus*, den and rendezvous sites in Southcentral Alaska. *Canadian Field-Naturalist* 97, 299–302.
- Baldwin, A.R., Bender, L.C., 2008. Den-Site Characteristics of Black Bears in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Wildlife Management* 72, 1717–1724.
- Boyce, M.S., Vernier, P.R., Nielsen, S.E., Schmiegelow, F.K.A., 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling* 157, 281–300.
- Browning, D.M., Beaupres, S.J., Duncan, L., 2005. Using Partitioned Mahalanobis D<sup>2</sup> (K) To Formulate a GIS based Model of Timber

- Rattlesnake Hibernacula. *Journal of Wildlife Management* 69, 33–44.
6. Cayuela, L., 2004. Habitat evaluation for the Iberian wolf (*Canis lupus*) in Picos de Europa National Park, Spain. *Applied Geography* 24, 199–215.
  7. Ciarniello, L.M., Boyce, M.S., Heard, D.C., Seip, D.R., 2005. Denning behavior and den site selection of grizzly bears along the Parsnip River, British Columbia, Canada. *Ursus* 16, 47–58.
  8. Clark, J.D., Dunn, J.E., Smith, K.G., 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *Journal of Wildlife Management* 57, 519–526.
  9. Corsi, F., Dupre, E., Boitani, L., 1998. A Large-Scale Model of Wolf Distribution in Italy for Conservation Planning. *Conservation Biology* 13, 150–159.
  10. Dunn, J.E., Duncan, L., 2000. Partitioning Mahalanobis  $D^2$  to sharpen GIS classification. In: Brebbia, C.A., Pascolo, P. (Eds.), *Management information systems: GIS and remote sensing*. WIT Press, Southampton, UK, pp 195–204
  11. Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y.E., *et al.*, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distribution* 17, 43–57.
  12. Fielding, A.H., Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environment Conservation* 24, 38–49.
  13. Harrington, F.H., Mech, L.D., 1982. Patterns of homesite attendance in two Minnesota wolf packs. In: Harrington, F.H., Paquet, P.C. (Eds.), *Wolves of the world: perspectives of behavior, ecology, and conservation*. Noyes Publications, New Jersey, USA, pp. 81–104.
  14. Hollenbeck, J.P., Saab, V.A., Frenzel, R.W., 2011. Habitat Suitability and Nest Survival of White-Headed Woodpeckers in Unburned Forests of Oregon. *Journal of Wildlife Management* 75, 1061–1071.
  15. Jędrzejewski, W., Jędrzejewska, B., Zawadzka, B., Borowik, T., Nowak, S., Myszajek, R.W., 2008. Habitat suitability model for Polish wolves based on long term national census. *Animal Conservation* 11, 377–390.
  16. Jenness, J., Brost, B., Beier, P., 2011. Land Facet Corridor Designer. Available in: <http://www.corridordesign.org>.
  17. Jiménez-Valverde, A., 2012. Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography* 21, 498–507.
  18. Kuemmerle, T., *et al.*, 2011. Predicting potential European bison habitat across its former range. *Ecological Application* 21, 830–843.
  19. Kusak, J., Skrbinek, A.M., Huber, D., 2005. Home ranges movements, and activity of wolves (*Canis lupus*) in the Dalmatian part of Dinarids, Croatia. *European Journal of Wildlife Research* 51, 254–262.
  20. Libal, N.S., Belant, J.L., Leopold, B.D., Wang, G., Owen, P.A., 2011. Despotism and Risk of Infanticide Influence Grizzly Bear Den-Site Selection. *PLoS ONE* 6, e24133.
  21. Linnell, J.D.C., 2000. *The Fear of Wolves: A Review of Wolf Attacks on Humans*, Norsk Institutt for Nature forskning.
  22. Linnell, J.D.C., Aanes, R., Swenson, J.E., Odden, J., Smith, M.E., 1997. Translocation of carnivores as a method for managing problem animals: a review. *Biodiversity Conservation* 6, 1245–1257.
  23. Lobo, J., Jiménez-Valverde, A., Real, R., 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17, 145–151.
  24. Matteson, M.Y., 1992. *Denning ecology of wolves in Northwest Montana and southern Canadian Rockies*. Dissertation, University of Montana, Missoula.
  25. Mech, L.D., 1995. The challenge and opportunity of recovering wolf populations. *Conservation Biology* 9, 270–278.
  26. Mech, L.D., Boitani, L., 2003. *Wolves: Behavior, Ecology and Conservation*. Chicago, University of Chicago Press.
  27. Mladenoff, D.J., Sickley, T.A., Wydeven, A., 1999. Predicting Gray Wolf Landscape Recolonization: Logistic regression models vs. new field data. *Ecological Application* 9, 37–44.
  28. Norris, D.F., Theberge, M.T., Theberge, J.B., 2002. Forest composition around wolf (*Canis lupus*) dens in eastern Algonquin Provincial Park, Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 80, 866–872.
  29. Northrup, J.M., Stenhouse, G.B., Boyce, M.S., 2012. Agricultural lands as ecological traps for grizzly bears. *Animal Conservation* 15, 369–377.

30. Person, D.K., Russell, A.L., 2009. Reproduction and Den Site Selection by Wolves in a Disturbed Landscape. *Northwest Sciences* 83, 211–224.
31. Podruzny, S.R., Cherry, S., Schwartz, C.C., Landenburger, L.A., 2002. Grizzly bear denning and potential conflict areas in the Greater Yellowstone Ecosystem. *Ursus* 13, 19–28.
32. Reyahi-Khoram, M., Fotros, M.H., 2011. Land use planning of Hamadan province by means of GIS. *International Conference on Chemical, Biological and Environment Sciences (ICCEBS'2011)* Bangkok.
33. Rich, L.N., Mitchell, M.S., Gude, J.A., Sime, C.A., 2012. Anthropogenic mortality, intraspecific competition, and prey availability influence territory sizes of wolves in Montana. *Journal of Mammalogy* 93, 722–731.
34. Romero, D., Olivero, J., Real, R., 2012. Comparative assessment of different methods for using landcover variables for distribution modelling of *Salamandra salamandra longirotris*. *Environment Conservation* 53, 1–12.
35. Rotenberry, J.T., Preston, K.L., Knick, S.T., 2006. GIS-Based Niche Modelling For Mapping Species' Habitat. *Ecology* 87, 1458–1464.
36. Salvatori, V., Linnell, J., 2005. Report on the conservation status and threats for wolf (*Canis lupus*) in Europe. T-PVS/Inf. Report 16. Strasbourg, Council of Europe. 1–24.
37. Sappington, M., Longshore, K.M., Thompson, D.B., 2007. Quantifying Landscape Ruggedness for Animal Habitat Analysis: A Case Study Using Bighorn Sheep in the Mojave Desert. *Journal of Wildlife Management* 71, 1419–1426.
38. Smith, D.W., *et al.*, 2010. Survival of colonizing wolves in the Northern Rocky Mountains of the United States, 1982–2004. *Journal of Wildlife Management* 74, 620–634.
39. Theuerkauf, J.J., drzejewski, W., Schmidt, K., Okarma, H., Ruczynski, I., Sniezko, S., Gula R., 2003. Daily patterns and duration of wolf activity in the Białowieża forest, Poland. *Journal of Mammalogy* 84, 243–253.
40. Theuerkauf, J., Gula, R., Pirga, B., Tsunoda, H., Eggermann, J., Brzezowska, B., Rouys, S., Radler, S., 2007. Human impact on wolf activity in the Bieszczady Mountains, SE Poland. *Annual Zoology Fennecci*. 44, 225–231.
41. Trapp, J.R., Beier, P., Mack, C., Parsons, D.R., Paquet, P.C., 2008. Wolf, *Canis lupus*, den site selection in the Rocky Mountains. *Canadian Field-Naturalist* 122, 49–56.
42. Treves, A., Martin, K.A., Wydeven, A.P., Wiedenhoeft, J.E., 2011. Forecasting Environmental Hazards and the Application of Risk Maps to Predator Attacks on Livestock. *BioScience* 61, 451–458.
43. Unger, D.E., Keenlance, P.W., Kohn, B.E., Anderson, E.M., 2009. Factors Influencing Homesite Selection by Gray Wolves in Northwestern Wisconsin and East-Central Minnesota. In: Wydeven, A.P., *et al.* (Eds.), *Recovery of Gray Wolves in the Great Lakes Region of the United States*. Springer Science + Business Media, pp. 175–189.