ارزیابی زیستگاه زمستان‌خوابی خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos syriacus*) با استفاده از مدل‌سازی خطی تعمیم یافته (GLM) و رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) در جنوب ایران

علی اصغر زارعی[۱*]، سیاوش عابدی[۲]، مازیار محمودی[۱] و شیوا پیروی لطیف[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷)

چکیده

لانه‌های زمستان‌خوابی بخش مهمی از زیستگاه خرس قهوه‌ای می‌باشند که بر تولیدمثل و بقاء آن تأثیرگذار است. بنابراین شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب زیستگاه و تعیین مناطق مطلوب لانه گزینی در حفاظت از بزرگ‌ترین گوشتخوار کشورمان ضرورت دارد. به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه لانه گزینی خرس قهوه‌ای در منطقه کوه خم استان فارس از دو روش رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی (Geographically Weighted Logistic Regression) و مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model) استفاده شد. در این پژوهش از ۲۰ لانه حضور و هم‌چنین ۲۰ غار که آثار حضور خرس‌ها در آنها یافت نشد (نقاط عدم حضور گونه)، به‌عنوان متغیر وابسته و شش فاکتور زیست محیطی به‌عنوان متغیر مستقل استفاده شد. نتایج حاصل از مدل خطی تعمیم یافته حاکی از آن بود که متغیرهای فاصله از مراکز جمعیتی، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از منابع آبی نقش مهمی در مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی خرس قهوه‌ای دارند. نتایج رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی نشان‌دهنده تغییرات محلی معنادار در روابط بین حضور لانه‌های زمستان‌خوابی و متغیر فاصله از مراکز جمعیتی است. نتایج هر دو روش مدل‌سازی نشان داد که زیستگاه مطلوب زمستان‌خوابی این گونه، مناطق صعب‌العبور در ارتفاعات کوهستانی و دور از دسترس انسان است.

واژه‌های کلیدی: خرس قهوه‌ای، مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی، استان فارس، مدل خطی تعمیم یافته، رگرسیون وزنی جغرافیایی

۱. گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aazarei65@gmail.com

مقدمه

بوم شناسی پناه در خرس قهوه‌ای به‌دلیل اثر آن بر بقاء و تولید مثل گونه دارای اهمیت می‌باشد (۳۴). پناه مانند دیگر منابع یک عامل محدود کننده است. وجود پناه به‌اندازه کافی در زیستگاه مانند سایر منابع مثل غذا و آب، باعث افزایش مطلوبیت زیستگاه و کمبود آن در زیستگاه باعث کاهش تولید مثل و در نتیجه پایین آمدن نرخ رشد جمعیت می‌شود (۱۱). زمستان‌خوابی به خرس‌ها کمک می‌کند تا در دوره‌های کمبود غذا و شرایط آب و هوایی سخت بقاء یابند. هم‌چنین غارها و پناهگاه‌ها به‌عنوان مکانی برای به دنیا آوردن و مراقبت از توله‌ها استفاده می‌شود که دوره بحرانی از چرخه زندگی این گونه است (۱۱). با توجه به اینکه خرس‌های قهوه‌ای در پناهگاه خود نسبت به آشفتگی آسیب‌پذیر هستند (۳۰). بنابراین شناخت ویژگی‌های مکانی مطلوب و عوامل اثرگذار بر انتخاب زیستگاه زمستان‌خوابی برای حفاظت از بزرگترین گوشتخوار کشورمان ضروری است (۲). هم‌چنین مهم‌ترین بخش زیستگاه خرس قهوه‌ای لانه‌های زمستانی آن می‌باشد (۳۸) که در اورآسیا و آمریکای شمالی به خوبی مطالعه شده است (۱۴، ۱۸ و ۳۰). در ایران عطایی و همکاران با استفاده از رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) مطلوبیت زیستگاه تابستانه خرس قهوه‌ای در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی را مدل‌سازی نمودند ولی تاکنون پژوهشی در رابطه با انتخاب زیستگاه زمستان‌خوابی خرس قهوه‌ای در ایران انجام نشده است (۲). با توجه به اینکه منطقه کوه خم در استان فارس در جنوبی‌ترین مرز دامنه توزیع خرس قهوه‌ای در ایران و جهان قرار دارد (۴) و هم‌چنین یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های خرس قهوه‌ای در استان فارس است که جمعیت مناسبی از این گونه را در خود جای داده است (۲). بنابراین ارزیابی زیستگاه و شناسایی مکان‌های مناسب برای زمستان‌خوابی و استراحت این گونه موجب می‌گردد تا بتوان عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه زمستانی آن را شناسایی و برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی را براساس آن تدوین نمود. در این مقاله هدف از بهره‌گیری هم‌زمان مدل‌های GLM و GWR در ارزیابی زیستگاه خرس قهوه‌ای، تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی این گونه و مقایسه نتایج این دو مدل با یکدیگر است. در مدل‌سازی زیستگاه حیات وحش با توجه به نوع متغیر وابسته مدل‌های مختلفی ارائه می‌شود. برای مثال اگر متغیر وابسته حضور و عدم حضور (صفر یا یک) باشد از درخت رگرسیون (Regression Tree :RRT) مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model:GLM)، رگرسیون سازشی چند متغیره (Multivariate Adaptive Regression Splines :MARS) و مدل افزایشی عمومی (Generalized Additive Model :GAM) استفاده می‌شود (۶ و ۱۷). اگر فقط داده‌های حضور گونه در دسترس باشد از تجزیه و تحلیل عاملی بوم شناختی (ENFA)، الگوریتم ژنتیک (GARP)، ماکزیمم آنتروپی (MAXENT)، سنجه‌گاور Gower Metric (DOMAIN) و سیستم پیش‌بینی و تحلیل اقلیم زیستی BIOCLIM (Bioclimatic analysis and prediction system) استفاده می‌شود (۹، ۲۷، ۲۸ و ۲۹). تفاوت اصلی بین تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های حضور و عدم حضور در کیفیت داده‌های ورودی است. مثلاً GLM نیاز به داده‌های حضور و عدم حضور دارد اما ENFA و MAXENT فقط با داده‌های حضور کار می‌کنند (۳۵). GLM تعمیم یافته رگرسیون چندگانه با توزیع دوجمله‌ای (Binomial) و تابع منطقی Logit است که داده‌های چند جمله‌ای را به‌خوبی برازش می‌دهد. این مدل متغیر وابسته (حضور و عدم حضور) را توسط یک‌سری از متغیرهای مستقل پیش‌بینی‌کننده توضیح می‌دهد که در سرتاسر فضا ثابت هستند (۱۹ و ۲۵). از اینرو با توجه به ماهیت تغییرپذیری متغیرهای بوم شناختی در سرتاسر فضا تحلیل روابط بین گونه و زیستگاه نیازمند ابزارهای پیشرفته‌ای هستند تا بتواند این تغییرات را اندازه‌گیری نماید (۲۱). یکی از این ابزارها رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) است که یکی از انواع رگرسیون‌های فضایی است که به‌تازگی از آن در بوم شناسی و سایر علومی که از داده‌های فضایی استفاده می‌کنند رایج شده است. از جمله مطالعات بوم شناسی که در آن

از رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده شده است می‌توان به مک نیو (۲۱) اشاره کرد که به بررسی ناهمگنی مکانی در انتخاب زیستگاه لانه گزینی باقرقره خلنگ‌زار (*Tympanuchus cupido*) پرداخته است. این مطالعه اولین کاربرد رگرسیون وزنی جغرافیایی در ارزیابی زیستگاه حیات وحش در ایران می‌باشد.

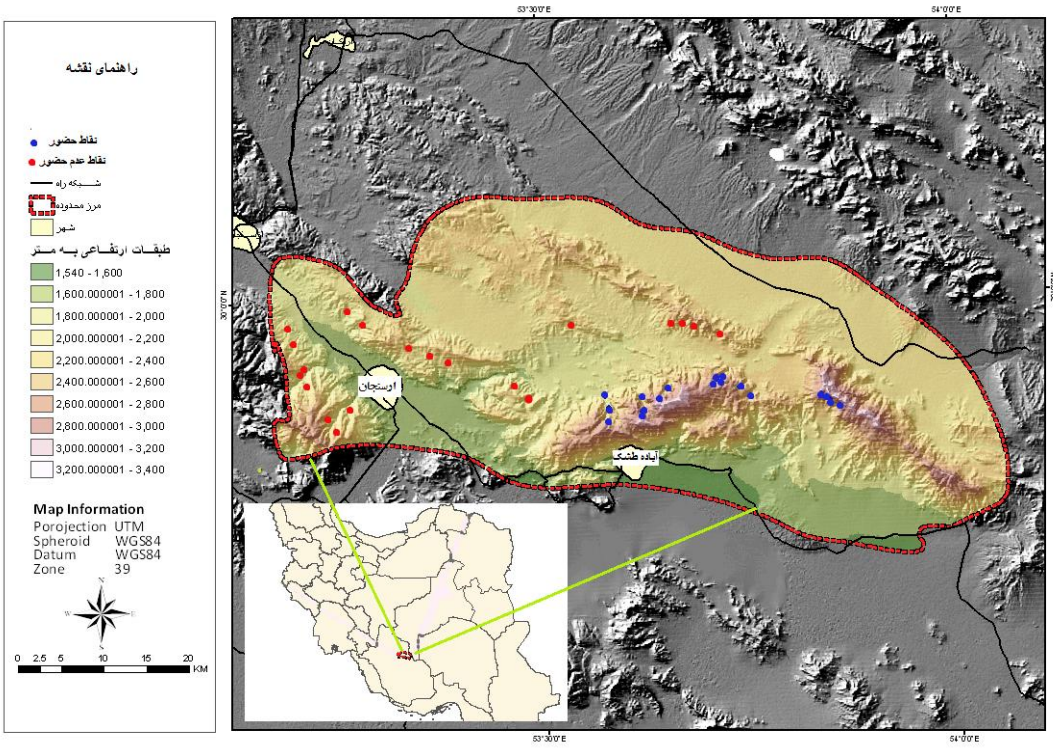
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه کوه خم با مساحت ۲۷۳۳ کیلومتر مربع در حاشیه شمالی پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان و بین طول‌های ′۴۶ °۵۳ تا ′۳۳ °۵۴ شرقی و عرض‌های ′۴۳ °۲۹ تا ′۵۶ °۳۰ شمالی در استان فارس قرار دارد که از جنوب به شهرستان آباده طشک، از شرق به شهرستان نی ریز و از غرب به شهرستان ارسنجان می‌رسد (شکل ۱). اقلیم منطقه گرم و خشک همراه با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. متوسط بارش منطقه ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین ارتفاعی ۲۵۳۵ متر از سطح دریا و حداکثر ارتفاع منطقه ۳۲۷۰ متر در قلّه دال‌نشین می‌باشد. زیستگاه از نوع جنگلی تنک در ناحیه ایرانی تورانی با پوشش درختی غالب بنه (*Pistacia atlantica*)، بادام تلخ (*Amygdalus scoparia*) و کیکم (*Acer monspessulanum*) و گونه‌های درختچه‌ای شامل بادام کوهی (*Amygdalus lycioides*) و ارژن (*Acer reuteri*) می‌باشد (۲).

روش نمونه‌برداری

کار میدانی و شمارش نمایه‌ها براساس نقشه شبکه‌بندی تهیه شده در محیط ArcGIS ۱۰ در قالب پلات‌های ۳ × ۳ کیلومتر (۹ کیلومتر مربع) انجام شده است. اندازه پلات براساس وسعت کم ناحیه مورد مطالعه در مقیاس سیمای سرزمین و حداقل اندازه گستره خانگی خرس قهوه‌ای در ایران (۵۰ کیلومتر مربع) و کاربرد آن در پاسخگویی به سؤال مورد نظر انتخاب گردیده است (مذاکره با کارشناسان محیط زیست استان فارس). پاسیلیکو و همکاران براساس حداقل ۲۰ درصد از گستره خانگی در دسترس، اندازه پلات را ۵ × ۵ کیلومتر انتخاب نمودند (۳۱). تعداد کل پلات‌های نمونه‌گیری ۳۰۰ پلات در تمامی زیستگاه‌های حضور و عدم حضور لانه‌های زمستان‌خوابی بوده است. تمامی پلات ها توسط یک فرد و با یک دقت بررسی شدند، که در مجموع تعداد ۱۷۵ نمایه حضور در کل ناحیه مورد مطالعه ثبت گردید که از این میان ۲۰ لانه حضور در ارتفاعات کوه خم و روشن کوه و ۲۰ لانه عدم حضور در سایر زیستگاه‌ها شناسایی شده است. برای جلوگیری از مزاحمت‌های ناشی از سرکشی برای خرس‌هایی که در لانه‌های خود در حال استراحت هستند، نمونه‌برداری و ثبت موقعیت مکانی لانه‌های زمستان‌خوابی در خارج از فصل زمستان گذرانی، در فصول بهار (۲۰) و تابستان (۱۸) سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ و به‌مدت ۱۰ روز در هر فصل با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) انجام شد. انتخاب متغیرها با توجه به اطلاعات تاریخ طبیعی گونه و براساس مرور منابع خارجی بوده است (جدول ۱). به‌جز متغیر زاویه آزیموت تمامی متغیرهای کلان زیستگاهی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه با اندازه سلول ۱۰۰ متر در نرم‌افزار Arc GIS ۱۰ محاسبه شده است (جدول ۱). لانه‌هایی که توسط خرس‌های قهوه‌ای مورد استفاده قرار گرفته بودند آنهایی بودند که دارای بستر خواب، همراه با حضور نمایه‌هایی چون سرگین، مو، باقیمانده غذا در داخل لانه و آثار تخریب و شکستگی درختان همراه با مسیر رفت و آمد در جلو لانه می‌باشند (۲۰). لانه‌های خرس قهوه‌ای در این منطقه عمدتاً در ارتفاعات کوه خم انتخاب شده‌اند و شامل غارها، شکاف صخره‌ها و حفره‌های زیرکپه سنگ‌های بزرگ می‌باشد (۴۰). زیستگاه‌ها و مناطقی که فاقد لانه‌های زمستان‌خوابی بودند اما از نظر ویژگی‌های توپوگرافی و ساختار پوشش گیاهی قابلیت انتخاب شدن را داشتند به‌عنوان زیستگاه عدم حضور درنظر گرفته شد و در آنجا غارها و مکان‌هایی که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و ساختاری مشابه لانه‌های انتخاب شده بودند به‌عنوان لانه‌های عدم حضور درنظر گرفته شده (۲۷) و تمامی متغیرهای مربوط به این غارها (جدول ۱) نیز با اندازه سلول ۱۰۰ متر در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان فارس در جنوب غرب ایران

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه لانه گزینی خرس قهوه‌ای

متغیرها	منبع تهیه و نحوه اندازه‌گیری	منابع انتخاب متغیرها
ارتفاع	براساس مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه شده از نقشه های ۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور در نرم‌افزار ArcGIS	Reynods *et al*,1976 (32); Seryodkin *et al*, 2003; Mack, 1990; li *et al*, 1994; Beecham *et al*, 1983 (7); Goldstein *et al*, 2010 (15); Wathen *et al*, 1986
شیب	محاسبه شده توسط تابع SLOPE در نرم‌افزار ArcGIS	Reynods *et al*, 1976; Seryodkin *et al*, 2003; li *et al*, 1994; Beecham *et al*, 1983; Goldstein *et al*, 2010; Wathen *et al*, 1986 (39)
جهت لانه	جهت دهانه لانه برحسب زاویه‌ای که با شمال جغرافیایی (آزیموت) دارد با استفاده از دستگاه آزیموت سنج اندازه‌گیری شده است	Zhang *et al*, 2006
فاصله از جاده	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه کاربری اراضی استان فارس	Ciarniello *et al*, 2005; Groff *et al*, 1998; Petram *et al*, 2004, Nielsen *et al*, 2004 (24)
فاصله از مراکز جمعیتی	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه کاربری اراضی استان فارس	Groff *et al*, 1998; Petram *et al*, 2004
فاصله از منابع آبی	اعمال تابع DISTANCE بر نقشه کاربری اراضی استان فارس	Zhang *et al*, 2006

محاسبه شده است.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

مدل خطی تعمیم یافته

یکی از رویکردهای چند متغیره مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و پیش‌بینی حضور گونه‌ها که نیازمند استفاده از داده‌های حضور و عدم حضور است مدل خطی تعمیم یافته با توزیع دوجمله‌ای و تابع پیوند منطقی می‌باشد (۸ و ۱۲). برای انجام این مدل‌سازی، ابتدا همبستگی بین داده‌ها براساس آزمون همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت و از هر دو متغیری که همبستگی بالای ۰/۷ داشتند یک متغیر به انتخاب گزینش شد (۱۶). که از این میان متغیر فاصله از جاده به‌دلیل همبستگی شدید با شیب، ارتفاع و فاصله از مراکز جمعیتی و متغیر شیب به‌دلیل همبستگی با ارتفاع از روند محاسبات حذف گردیدند (جدول ۲). آنالیز همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SYSTAT ۱۳/۱ انجام شد (۳۶). در نهایت به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل، متغیرهای نهایی وارد نمایه اطلاعاتی آکاییک (AIC) در مدل خطی عمومی با توزیع دوجمله‌ای و تابع پیوند منطقی در نرم‌افزار STATISTICA ۱۰ شدند (۳۷) و به این ترتیب سری متغیرهایی که اختلاف آکاییک کمتر(ΔACI) از دو داشته باشند به‌عنوان بهترین مدل انتخاب زیستگاه لانه گزینی خرس قهوه‌ای درنظر گرفته می‌شوند (۱۰). از آزمون والد (Wald statistic) برای برآورد پارامترها و تعیین معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیون استفاده شد. هم‌چنین به‌منظور ارزیابی نحوه توصیف داده‌ها توسط مدل (نیکویی برازش) از آزمون هاسمر لمشو (Hasmer lemeshow) استفاده شد.

رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی

(GWLR: Geographically weighted logistic regression)

در این مطالعه به‌منظور انتخاب پارامترهای مؤثر در انتخاب زیستگاه خرس قهوه‌ای، پس از بررسی همبستگی بین متغیرها، تک‌تک متغیرها به‌صورت مجزا وارد رابطه رگرسیون منطقی دوتایی (BLR: Binary Logistic Regression) شد و مقدار P آنها محاسبه گردید. ارزش ($P<0/05$) این آزمون نشان‌دهنده معنی‌داری متغیر در رابطه BLR است. در نهایت متغیرهای فاصله از جاده، شیب، ارتفاع و آزیموت که رابطه معنی‌داری برقرار نکردند ($P>0/05$) از روند محاسبات حذف شدند (۱) و سپس به‌منظور بررسی روابط جغرافیایی بین آنها، متغیرهای نهایی (فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آبی) وارد رابطه رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی در نرم‌افزار GWR ۴ شدند (۲۳). به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین پهنای باند در هر نقطه رگرسیون از نمایه اطلاعاتی آکاییک (AIC) استفاده شده است (۲۱). رگرسیون وزنی جغرافیایی شکل محلی رگرسیون خطی است. در رگرسیون‌های معمولی فرض ما بر آن است که رابطه‌ای که می‌خواهیم بین یک متغیر وابسته و تعدادی متغیر مستقل مدل‌سازی کنیم در سراسر محدوده مورد مطالعه یکسان است که در بسیاری از موارد چنین فرضی صحیح نیست (۱۳ و ۲۲). با فرض تعداد n نقطه با مختصات (u, v) مدل رگرسیون منطقی وزنی از روابط ۱ و ۲ قابل پیش بینی می‌باشد:

$$yi \sim Bernoulli[Pi] \qquad [1]$$

$$\log it(Pi) = \sum_k \beta_k (ui, vi)\, x_{k,i} \qquad [2]$$

در رابطه ۱ و ۲ متغیر وابسته بین صفر و یک است و pi احتمال اینکه متغیر وابسته در مدل یک می‌شود (۲۲). در این مطالعه مدل رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی با استفاده از رابطه ۳ پیش بینی شده است: [۳]

$$yi(u) = \frac{\exp(\beta_1 (ui, vl)x_1 + \beta_2 (ui, vl)x_2 + ... + \beta_m (ui, ul)x_m)}{1 + \exp(\beta_1 (ui, vl)x_1 + \beta_2 (ui, vl)x_2 + ... + \beta_m (ui, ul)x_m)}$$

در این رابطه y متغیر وابسته و x_1، x_2 ...، x_m متغیرهای پیش‌بینی کننده مستقل و (u, v) نشان دهنده موقعیت جغرافیایی i امین نقطه رگرسیون و β_1، β_2...، β_m ضرایب تشریح‌کننده اثرات محلی متغیر x_m است (۱۳). در این مدل ضرایب رگرسیون برای کلیه نقاط به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود و ضرایب مکان (u, v) با برازش حداقل مربعات تخمین زده می‌شود. هم‌چنین وزن‌دهی بدین صورت است که داده‌های نزدیک‌تر به (u, v)، وزن بیش‌تری نسبت به داده‌های دورتر

جدول ۲. ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل زیست‌محیطی

متغیر	فاصله از جاده	شیب	ارتفاع	آزیموت	فاصله از مراکز جمعیتی	فاصله از منابع آبی
فاصله از جاده	۱					
شیب	۰/۷۵	۱				
ارتفاع	۰/۷۸	۰/۸۲	۱			
آزیموت	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۳۱	۱		
فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۶۸	۰/۰۴	۱	
فاصله از منابع آبی	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۱۰	۰/۶۰	۱

دریافت می‌کند (۱۳).

نتایج

به‌منظور ایجاد مدل مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی با استفاده از رویکرد GLM ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای مستقل زیست محیطی به‌کار گرفته شد و در نهایت بهترین زیرمجموعه از متغیرها که مدل مبتنی بر آنها از اعتبار بالایی برخوردار بود انتخاب شدند. تحلیل GLM انجام شده برروی چهار متغیر منجربه تولید ۱۵ مدل شد که از بین آنها براساس اختلاف آکاییک ($\Delta ACI < 2$) محاسبه شده، تعداد دو مدل معنی‌دار بود. بهترین مدل انتخاب شده براساس حداقل معیار اطلاعات آکاییک، ترکیبی از سه متغیر ارتفاع، فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آبی بوده است (AIC=۳۹/۱۴۷) که نشان‌دهنده بهترین مدل پیش‌بینی کننده در انتخاب لانه‌های زمستان‌گذرانی خرس قهوه‌ای در منطقه کوه خم استان فارس می‌باشد (جدول ۳). نتایج آزمون والد نشان داد که پارامترهای ارتفاع (P=۰/۰۰۶) و فاصله از مراکز جمعیتی (P=۰/۰۰۵) بیش‌ترین تأثیر را در پیش‌بینی مدل مطلوبیت زیستگاه لانه گزینی خرس قهوه‌ای دارند (جدول ۴).

براساس نتایج آزمون نیکویی برازش، مدل‌های به‌دست آمده دارای ارزش P بیش‌تر از ۵ درصد می‌باشند (P=۰/۳۶، HL=۸/۷۱) که نشان‌دهنده تناسب قابل قبول داده‌ها با مدل است.

نتایج رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی

در بررسی روابط بین متغیرهای مستقل و انتخاب زیستگاه زمستان‌خوابی با درنظر گرفتن سطح معنی‌دار پنج درصد تحلیل رگرسیون منطقی دوتایی نشان می‌دهد که متغیر فاصله تا منابع آبی (P= /۰۴۵)، و متغیر فاصله تا مراکز جمعیتی (P= /۰۱۲)، در مقیاس سیمای سرزمین در بین زیستگاه‌های حضور و عدم حضور لانه‌های زمستان‌خوابی اختلاف معنی‌داری وجود دارد و متغیرهای ارتفاع و آزیموت رابطه معنی‌داری برقرار نکردند. با توجه به اینکه انتخاب لانه‌های زمستان‌گذرانی خرس قهوه‌ای متأثر از متغیرهای فاصله از مراکز جمعیتی و منابع آبی است، روش رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی دامنه تأثیرات هر یک از این متغیرها را برای مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی در جدول ۵ نشان می‌دهد. نتایج آمار توصیفی تغییرات ضرایب محلی برای متغیر فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آبی نشان‌دهنده تأثیر مقدار مثبت این دو متغیر برروی مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی است. یعنی با افزایش فاصله از مراکز جمعیتی بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود. هم‌چنین با افزایش فاصله از منابع آبی منطقه که عمدتاً در مناطق باز و حاشیه‌ای زیستگاه قرار دارند بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود.

مقایسه بین رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی و رگرسیون منطقی عمومی نشان‌دهنده انحراف بیشتر مدل رگرسیون

جدول ۳. مدل‌سازی بهترین زیرگروه از متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی خرس قهوه‌ای در منطقه کوه خم استان فارس

مدل	متغیرهای پیش‌بینی کننده				درجه آزادی	ACI	ΔACI
۱	ارتفاع	فاصله ازمراکز جمعیتی	فاصله از منابع آبی		۳	۳۹/۱۴۷	۰/۰۰۰
۲	ارتفاع	آزیموت	فاصله ازمراکز جمعیتی	فاصله از منابع آبی	۴	۳۹/۹۴۷	۰/۸
۳	ارتفاع	فاصله ازمراکز جمعیتی			۲	۴۲/۳۴۵	۳/۱۹۸
۴	ارتفاع	آزیموت	فاصله ازمراکز جمعیتی		۳	۴۲/۶۱۶	۳/۴۶۹

جدول ۴. برآورد پارامترهای مدل و آزمون معنی‌داری ضرایب رگرسیون با استفاده از آزمون والد

متغیر اثر	اشتباه استاندارد	آماره والد	حدود اعتماد پائین	حدود اعتماد بالا	P
ارتفاع	۰/۰۰۱۲۵۵	۷/۲۸۱	−۰/۰۰۵۸۴	−۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۶
آزیموت	۰/۰۰۶	۱/۱۷۷	−۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۸۲	۰/۲۷۷
فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۰۰۰۲	۷/۷۲۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۵
فاصله ازمنابع آبی	۰/۰۰۰۶	۳/۴۴۶	−۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۶۳

جدول ۵. خلاصه آمار تغییر ضرایب محلی متغیرهای مستقل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه لانه گزینی خرس قهوه‌ای در رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چارک پائین	میانه	چارک بالا
عرض از مبدأ	۰/۹۷	۰/۲۳	۰/۷۷	۱/۲۵	۰/۷۷	۰/۷۷	۱/۲۴
فاصله از مراکز جمعیتی	۱/۸۰	۰/۵۱	۱/۳۶	۲/۴۱	۱/۳۶	۱/۳۶	۲/۴۰
فاصله از منابع آبی	۱/۷۶	۰/۷۷	۱/۱۰	۲/۶۸	۱/۱۰	۱/۱۰	۲/۶۷

منطقی عمومی به میزان (۱۶۱/۷۸) از مدل رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی است (جدول ۶). هم‌چنین مقایسه این دو مدل براساس معیار اطلاعاتی آکاییک نشان‌دهنده برتری رگرسیون وزنی بر رگرسیون عمومی است. مدلی که کمترین مقدار AIC را داشته باشد از قدرت پیش‌بینی بیش‌تری برخورداراست. معیار اطلاعات آکاییک برای رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی برابر با (۴۸۷/۴۸) و برای رگرسیون منطقی عمومی (۶۴۷/۸۲) است (جدول ۷).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش مدل مطلوبیت زیستگاه زمستان‌خوابی خرس قهوه‌ای در حاشیه شمالی پارک ملی و پناهگاه حیات وحش

جدول ۶. جدول انحراف رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی از رگرسیون منطقی عمومی

مدل	انحراف	DOF	انحراف/DOF
رگرسیون منطقی عمومی	۶۴۱/۸۲	۸۷	۷/۳۷
رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی	۴۸۰/۰۴	۸۶/۲۸	۵/۵۶
تفاوت	۱۶۱/۷۸	۰/۷۲	۲۲۴/۷۵

جدول ۷. خلاصه آماره‌های مدل در روش رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی و رگرسیون منطقی عمومی

آماره مدل	مدل رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی	مدل رگرسیون منطقی عمومی
انحراف	۴۸۰/۰۴	۶۴۱/۸۲
AIC	۴۸۷/۴۸	۶۴۷/۸۲
AICc	۴۸۷/۸۹	۶۴۸/۱۰

بختگان در منطقه کوه در استان فارس با استفاده از رویکرد رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی و مدل خطی تعمیم یافته تهیه شد. با توجه به اینکه اغلب لانه‌ها در این منطقه بوده است بنابراین نتایج به‌دست آمده ویژگی‌های زیستگاه زمستان‌خوابی گونه را نیز نشان می‌دهد. نتایج حاصل از مدل GLM نشان داد که بهترین مدل پیش‌بینی کننده انتخاب زیستگاه زمستان‌خوابی توسط خرس قهوه‌ای مدل شماره یک با ترکیبی از سه متغیر ارتفاع، فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آبی است. براساس آزمون والد متغیر فاصله از منابع آبی معنی‌دار نبود که از نظر زیست شناختی نیز معنی‌دار نیست، چرا که خرس‌ها در فصل زمستان در لانه‌های خود در حال استراحت هستند و نیازی به منابع آبی منطقه ندارند. مطالعات انجام شده در بریتیش کلمبیا کانادا نیز نشان داد که مناطق مرتفع آلپی و مناطق جنگلی دور از دسترس انسان بهترین پیش‌بینی کننده مکان‌های حضور لانه‌های زمستان‌خوابی است (۱۰). مدل شماره دو با بیش‌ترین تعداد متغیر پیش‌بینی کننده، به‌نظر می‌رسد که از قدرت پیش‌بینی بالاتری نسبت به مدل اول برخوردار باشد، اما در این مدل تنها دو متغیر ارتفاع و فاصله از مراکز جمعیتی با دارا بودن مقدار آماره والد بالاتر دارای اهمیت می‌باشند. سریودکین و همکاران (۳۴) در روسیه نشان دادند که لانه‌های زمستان‌خوابی خرس‌های قهوه‌ای نسبت به نقاط تصادفی در ارتفاع بالاتری قرار داشتند و این گونه مناطق صعب‌العبور و دور از دسترس انسان را برای زمستان گذرانی انتخاب می‌کند (۲۶). نظامی (۵) در البرز مرکزی و عطایی و همکاران (۳) در البرز جنوبی نشان داده‌اند که خرس‌ها تمایل به استفاده از زیستگاه‌های مرتفع دارند. اگرچه در البرز جنوبی عطایی و همکاران (۳) نشان دادند که متغیر شیب نقشی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه تابستانه خرس قهوه‌ای ندارد اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مناطق صخره‌ای و شیب‌های سنگلاخی در ارتفاعات، مطلوبیت بالایی در لانه گزینی خرس قهوه‌ای دارد که احتمالاً به‌دلیل امنیت بالای آن است (۲). نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی زیستگاه لانه گزینی خرس سیاه در جنوب آپالاچیان در آمریکا نشان داده است که مناطق با شیب بیش از ۴۵ درجه به‌دلیل محدودیت دسترسی انسان، بیش‌ترین تعداد لانه‌های زمستان‌خوابی را داشته است. هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که متغیرهای فاصله از جاده، شیب و ارتفاع مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب لانه براساس قابلیت دسترسی در گستره خانگی این گونه بوده‌اند. نتایج BLR تنها متغیرهای فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از منابع آبی را معنادار نشان داده است که مطابق با مدل شماره هفت در GLM است. مدل رگرسیون خطی تعمیم یافته به‌عنوان متداول‌ترین مدل‌های عمومی پیش‌بینی انتخاب زیستگاه، رابطه بین انتخاب لانه‌ها و متغیرهای مستقل را با تخمین ضرایب ثابت در کل منطقه مطالعاتی توصیف می‌کند که در اینجا به‌منظور بررسی تأثیرات ناپایداری در روابط بین لانه‌های حضور و عدم حضور و عوامل مؤثر بر آنها مدل رگرسیون منطقی وزنی اجرا شد. نتایج GWLR نشان داده است که انتخاب زیستگاه از نظر مکانی پویا می‌باشد و

بیانگر اهمیت تفاوت مؤلفه‌های محلی زیستگاه و ناپایداری فضایی برروی رفتار تصمیم‌گیری در انتخاب لانه دارد. در منطقه کوه خم تغییرپذیری مکانی در فرآیند انتخاب لانه توسط خرس‌ها در مقیاس محلی تحت تأثیر آشفتگی‌های انسانی است. علت اینکه با افزایش فاصله از منابع آبی بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود این است که خرس‌ها در فصل زمستان در لانه‌های خود در حال استراحت هستند و از منابع آبی منطقه که عمدتاً در حاشیه زیستگاه مرکزی (Core area) لانه گزینی قرار گرفته‌اند و با شبکه جاده‌های محلی هم پوشانی دارند اجتناب می‌کنند. نتایج به‌دست آمده از تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی در منطقه البرز جنوبی نشان‌دهنده وابستگی این گونه به منابع آبی در فصل گرما است و هم‌چنین از جاده‌ها نیز دوری می‌کنند (۳ و ۳۳). در این مطالعه متغیر فاصله از مراکز جمعیتی در تمامی مدل‌های GLM، BLR و GWLR رابطه معنی‌داری را از خود نشان داده است که بیانگر اهمیت این متغیر در مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در مقیاس منطقه‌ای و ناپایداری محلی آن دارد. مقایسه بین مدل رگرسیون وزنی و عمومی نشان داده است که در این ناحیه انتخاب لانه‌های زمستان خوابی توسط خرس قهوه‌ای در سرتاسر فضای مکانی ناپایدار است که نشان‌دهنده اهمیت نسبی مؤلفه‌های زیستگاهی است که با توجه به حضور گونه در بستر زیستگاه تغییر می‌کند (۲۱). با توجه به اینکه مهم‌ترین تفاوت بین تحلیل‌های آمار فضایی و تحلیل‌های آماری متداول آن است که در تحلیل‌های فضایی، عوامل فاصله و فضا به‌صورت مستقیم در محاسبات و فرمول‌ها وارد می‌شوند بنابراین از بین این مدل‌ها، مدل رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی به‌دلیل وارد کردن روابط فضایی در محاسبات خود، کارآیی بیشتری در مدل‌سازی داده‌های بوم شناختی دارد. در واقع، بهره‌گیری از این رویکرد می‌تواند گام نوینی در درک دقیق‌تر و علمی‌تر آن دسته از متغیرهای بوم شناختی باشد که در بستر فضا ناپایدار می‌باشند. همانند GLM محدودیت GWR عدم توانایی در ارزیابی روابط اکولوژیکی غیرخطی می‌باشد (۲۱). با توجه به توانایی رگرسیون منطقی وزنی جغرافیایی در مدل‌سازی و تحلیل‌های آمار مکانی که در آن از داده‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌شود، لذا استفاده از آن باعث ارائه نتایج دقیق‌تر خواهد شد و پیشنهاد می‌شود که از آن در ارزیابی زیستگاه سایر گونه‌های حیات وحش استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. کریمی، س.، ح. وارسته مرادی و ح. رضایی. ۱۳۹۱. مطلوبیت زیستگاه دارکوب سیاه (*Dryocopus martius*) در دو فصل زمستان و بهار در جنگل شصت کلاته گرگان. *مجله بوم شناسی کاربردی* ۱(۱):۲۹-۱۵.

۲. زارعی، ع. ۱۳۹۱. بوم‌شناسی لانه‌های زمستان‌گذرانی خرس قهوه‌ای(*Ursus arctos syriacus*) در منطقه کوه‌خم استان فارس(جنوب غربی ایران). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران.

۳. عطایی، ف.، م. کرمی و م. کابلی. ۱۳۹۰. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه تابستانه خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos syriacus*) در منطقه حفاظت شده البرز جنوبی. *نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی*، ۶۵(۲۳): ۲۴۵-۲۳۵.

۴. غلامحسینی، ع.، ح. اسماعیلی، ح. آهنی، آ. تیموری، م. ابراهیمی، ح. کمی و ح. ظهرابی.۱۳۸۹. بررسی اثر عوامل توپوگرافی و اقلیمی بر پراکنش خرس قهوه‌ای *Ursus arctus* (Linneaus 1758): Carnivora, Ursidae در استان فارس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS). *مجله زیست‌شناسی ایران* ۲۳: ۲۳۳-۲۱۵.

۵. نظامی، ب .۱۳۸۷ . بررسی بوم شناسی خرس قهوه ای در محدوده امن منطقه حفاظت شده البرز مرکزی (استان مازندران) پایان نامه کارشناسی ارشد .دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات.

6. Austin, M. P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling. *Ecological Modeling* 157: 101-118.
7. Beecham, J. J., D. G. Reynolds and M. G. Hornocker. 1983. Black bear denning activities and den characteristics in west-central Idaho. International Conference on Bear Research and Management. 5: 79-86.
8. Braunisch, V. and R. Suchant. 2007. A model for evaluating the 'habitat potential' of a landscape for *capercaillie Tetrao urogallus*: a tool for conservation planning. *Wildlife biology* 13: 21-33.
9. Carpenter, G., A. N. Gillson and J. Winter. 1993. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
10. Ciarniello, L. M., M. S. Boyce, D. C. Heard and D. R. Seip. 2005. Denning behavior and den site selection of Grizzly bears along the Parsnip River, British Columbia, Canada. *Ursus* 16(1): 47-58.
11. Crook, A. 2001. Amulti-scale assessment of den section of Louisiana balck bear (*Ursus americanus luieous)* in northern and central Louisiana. M. Sc. Thesis, University of victoria.
12. Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, N. J. Sobero, S. Williams, M. S. Wisz and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
13. Fotheringham, A. S., C. Brunsdon and M. E. Charlton. 2002. Geographically Weighted Regression: The analysis of spatially varying relationships, Wiley, 282 p.
14. Garrison, E. P. 2004. Reproductive ecology, cub survival and denning ecology of the Florida black bear. M. Sc Thesis, University of Florida.
15. Goldstein, M. I., L. H. Suring, R. M. Nielson and T. L. Mcdonald. 2010. Brown bear den habitat and winter recreation in South-Central Alaska. *Journal of Wildlife Management* 74: 35-42.
16. Gormley, A. M., D. M. Forsyth, P. Griffioen, M. Lindeman, D. S. L. Ramsey, M. P. Scroggie and L. Woodford. 2011. Using presence-only and presence-absence data to estimate the current and potential distributions of established invasive species. *Journal of Applied Ecology* 48: 25-34.
17. Guisan, A. and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* 135: 147-186.
18. Groff, C., A. Caliari, E. Dorigatti and A. Gozzi. 1998. Selection on denning caves by brown bears in Trentino, Italy. *Ursus* 10: 279-275.
19. Hirzell, A. F., V. Helfer and F. Metral. 2011. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling* 145: 111-121.
20. Li, X., M. Yiqing, G. Zhongxing and L. Fuyuan. 1994. Characteristics of dens and selection of denning habitat for bears in the South Xiaoxinganling Mountains, China. International Conference on Bear Research and Management 9(1): 357-362.
21. Mcnew, L., A. Gregory and B. Sandercock. 2012. Spatial heterogeneity in habitat selection: nest site selection by Greater Prairie-Chickens. *Journal of Wildlife Management* 77(4): 791-801.
22. Nakaya, T., S. Fotheringham, C. Brunsdon and M. Charlton. 2005. Geographically Weighted Poisson, regression for disease associative mapping. *Statistics in Medicine* 24: 2695-2717.
23. Nakaya, T. 2012. Windows application for geographically weighted regression modelling. Department of geography, Ritsumeikan university.
24. Nielsen, S. E., S. Herrero, M. S. Boyce, B. Benn, R. D. Mace, M. L. Gibeau and S. Jevons. 2004. Modelling the spatial distribution of human-caused grizzly bear mortalities in the central rockies ecosystem of Canada. *Biological Conservation1* 20: 101-113.
25. Palma, L., P. Beja and M. Rodgrigues. 1999. The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Appled Ecology* 36(5): 812-824.
26. Petram, W., F. Knauer and P. Kaczensky. 2004. Human influence on the choice of winter dens by European brown bears in Slovenia. *Biological conservation* 119: 129-136.
27. Pearson, R. G. and T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? Global Ecol. *Biogeography* 12: 361-371.
28. Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190: 231-259.
29. Phillips, S. J., K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz and N. E.

Zimmermann,. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
30. Podruzny, Sh. R., S. Cherry, Ch. C. Schwartz and L. A. Landenburger. 2002. Grizzly bear denning and potential conflict areas in the Greater Yellow Stone Ecosystem. *Ursus* 13: 19-28.
31. Posillico, M., A. Meriggi, E. Pagnin, S. Lovari, and L. Russo. 2004. A habitat model for brown bear conservation and land use planning in central Appennines. *Journal of Biological Conservation* 118(2): 141-150.
32. Reynolds, H. V., J. A. Curatolo and R Quimby. 1976. Denning ecology of grizzly bears in Northeastern Alaska. International Conference on Bear Research and Management 3: 403-409.
33. Sahlen, E., O. G. Stoen and J. E. Swenson. 2011. Brown bear den site concealment in relation to human activity in Sweden. *Ursus* 22(2): 152-158.
34. Seryodkin, I. V., L. V. Kostyria, J. M. Goodrich, D. G. Miquelle, , E. N. Smirnov, L. L. Kerley, H. B. Quigley and M. G. Hornocker. 2003. Denning ecology of brown bears and Asiatic black bears in the Russian Far East. *Ursus* 14(2): 153-161.
35. Syfert, M. M., M. J. Smith and D. A. Coomes. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of maxent species distribution models. *Plos One* 8(2): e55158.
36. SYSTAT. 2009. Ver 13. 1. Copy right© Systat Software, Inc. www. systat. com.
37. STATISTICA (data analysis software system). 2011. version 10. Copy right© StatSoft, Inc www.statsoft.com.
38. Waller, B. W., J. L. Belant, B. W. Young, B. D. Leopold and S. L. Simek. 2012. Denning chronology and den characteristics of American black bears in Mississippi. International Association for Bear Research and Management. *Ursus* 23(1): 6-11.
39. Wathen, W. G., K. G. Johnson and M. R. Pelton. 1986. Characteristics of Black bears dens in the Southern Appalachians region. International Conference on Bear Research and Management 6: 119-127.
40. Zhang, Z., R. R. Swaisgood, H. WU, M. Li, Y. Yong , J. HU and F. WEI. 2007. Factors predicting den use by maternal Giant Panda. *Journal of Wildlife Management* 71: 2694-2698.