مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی
سال نهم، شماره چهارم، پیاپی سی و ششم، بهار ۱۴۰۰ (۸۷-۷۷)

مقاله پژوهشی:

بررسی ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی (*Equus hemionus onager*) و مدل‌سازی منطقه گذر این گونه از جاده در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور

کامران الماسیه[1*]، علیرضا محمدی[2]، لیلا جولایی[3]
۱. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.
۳. کارشناس، محیط زیست طبیعی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس، شیراز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/٤/۲۸)

چکیده
این مطالعه با هدف تعیین ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی و منطقه گذر جاده‌ای این گونه در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور انجام شد. در این مطالعه، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با تعداد ۵۷ نقطه حضور گور ایرانی و شش متغیر محیط زیستی در بسته Biomod2 در محیط نرم‌افزار R بر اساس چهار مدل مطلوبیت زیستگاه انجام گرفت و نقشه تجمعی حاصل از این مدل‌ها در طراحی ارتباط‌های زیستگاهی بین نقاط حضور با روش مدارهای الکتریکی استفاده شد. در نهایت، میزان تطابق منطقه گذر جاده‌ای گور ایرانی با نقاط تلفات جاده‌ای آن مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج تحلیل مطلوبیت زیستگاه نشان داد که به ترتیب متغیرهای فاصله از مراتع با تراکم متوسط، فاصله از جاده‌ها و شیب دارای بیشترین تأثیر در مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه بوده‌اند. نتایج ارتباط‌های زیستگاهی نشان داد که جابه‌جایی بالای افراد گور ایرانی بین پارک ملی قطروئیه با مناطق غربی داخل منطقه حفاظت‌شده بهرام گور وجود دارد. در نهایت، هفت نقطه تلفات جاده‌ای گور ایرانی با منطقه گذر شناسایی شده در مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور، مطابقت کامل داشتند. این مطالعه، ضرورت فراهم نمودن تمهیدات حفاظتی (نصب علائم و چراغ‌های هشداردهنده و اعمال محدودیت سرعت وسایل نقلیه) برای گذر جاده‌ای گور ایرانی در این منطقه را توسط سازمان حفاظت محیط زیست، خاطر نشان می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: ارتباط زیستگاهی، پارک ملی قطروئیه، جابه‌جایی، نظریه مدارهای الکتریکی، گور ایرانی.

Habitat connectivity assessment and road crossing modeling for the Persian wild ass (*Equus hemionus onager*) in the Bahram-e-Goor Protected Area

Kamran Almasieh[1*], Alireza Mohammadi[2], Leila Julaee[3]
1. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Environment Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
3. Expert, Fars Provincial Office of the Department of Environment, Shiraz, Iran.

(Received: Dec. 31, 2019 - Accepted: Jul. 28, 2020)

Abstract
This study was conducted to determine habitat connectivity and road crossing area for the Persian wild ass (*Equus hemionus onager*) in the Bahram-e-Goor Protected Area. In this research, habitat suitability modeling was carried out using 57 presence points of the species and six environmental layers implemented in the Biomod2 package in the R software based on four species distribution models. Then, the ensemble map obtained from the distribution models was used for habitat connectivity modeling using electrical-circuit method. Finally, the coincidence rate of road crossing with road collision points was assessed. Our results revealed that distance from moderate rangelands, distance from roads and slope had the greatest impact on habitat suitability of the Persian wild ass. Furthermore, results of the connectivity modeling revealed that there were high current movements of Persian wild ass individuals between Qatruiyeh National Park and western parts of the Bahram -e- Goor Protected Area. Eventually, seven road collisions were found to be in high coincidence with the modeled current movement along the west border of the Bahram -e- Goor Protected Area. This research highlights the necessity of provision of road crossing facilities (i.e., warning signs and lights, and speed control for vehicles) for conservation of the Persian wild ass by the Department of Environment in the study area.

Keywords: Current movement, Electrical-circuit theory, Habitat connectivity, Persian wild ass, Qatruiyeh National Park.

* نویسندهٔ مسئول: کامران الماسیه Email: almasieh@asnrukh.ac.ir

مقدمه

تلفات گونه‌های جانوری در جاده‌های انسان ساخت، یک چالش عمده در حفاظت و مدیریت این موجودات در سیمای سرزمین اشغال‌شده توسط انسان محسوب می‌شود (Mohammadi & Kaboli, 2016; Mohammadi *et al.,* 2018). به‌نحوی که هر ساله، میلیون‌ها فرد از گونه‌های جانوری در جاده‌ها توسط خودروها تلف می‌شوند (Seiler & Helldin, 2006). ایجاد جاده‌ها و تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها، نه تنها باعث کاهش اندازه زیستگاه‌های موجود شده است، بلکه مانع حرکت موجودات زنده و در نتیجه، منزوی‌شدن آن‌ها نیز گشته است (Crooks & Sanjayan, 2006). در چنین شرایطی، وجود یا برقراری ارتباط بین مناطق زیستگاهی جدا شده توسط جاده، می‌تواند اثرات تکه‌تکه شدن جمعیت‌های حیات‌وحش را کاهش دهد (Haddad *et al*., 2003). ارتباط زیستگاهی در یک منطقه، تعیین‌کننده سهولت یا سختی حرکت افراد گونه‌های جانوری در میان زیستگاه‌های طبیعی است (van Strien & Grêt-Regamey, 2016). مطالعات نشان می‌دهد که دوام تنوع زیستی کنونی در گرو وجود زیستگاه‌هایی با ارتباط بالای زیستگاهی است (Bailey *et al.,* 2010).

امروزه روش‌های متعددی به منظور ارزیابی ارتباط‌های زیستگاهی حیات‌وحش مورد استفاده قرار گرفته است که نقش مهمی در مدیریت و حفاظت مؤثر گونه‌های جانوری ایفا کرده‌اند (Moqanaki & Cushman, 2017; Khosravi *et al.,* 2019; Shahnaseri *et al.,* 2019). یکی از روش‌هایی که امکان شناسایی ارتباط‌های زیستگاهی را فراهم می‌آورد نظریه مدارهای الکتریکی است (Urban *et al.,* 2009). این نظریه بر اساس گشت تصادفی بوده و از اصول مدارهای الکتریکی استفاده می‌کند. بدین ترتیب، جریان (موجود زنده) میان گره‌های کانونی (لکه‌های زیستگاهی یا نقاط حضور) با در نظر گرفتن ولتاژ (احتمال سفر موجود زنده) و مقاومت (نفوذپذیری زیستگاه) حرکت می‌کند (McRae *et al.,* 2008). نظریه مدارهای الکتریکی، امکان شناسایی مسیرهای مختلف جریان را میان لکه‌های زیستگاهی یا نقاط حضور فراهم می‌آورد و از این لحاظ بر نظریه کمینه هزینه که فقط یک مسیر عبور را معرفی می‌کند، برتری دارد (Urban *et al.,* 2009).

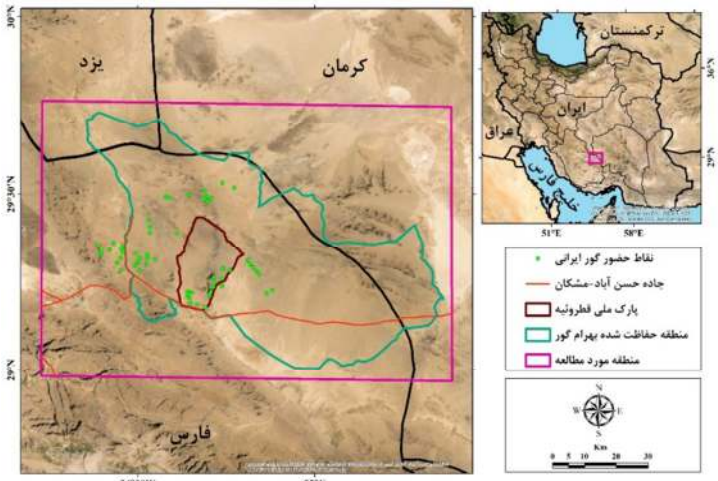
گور آسیایی (*Equus hemionus*; Pallas, 1775) علفخوار مناطق استپی و نیمه بیابانی همراه با تپه‌ماهورها و دشت‌های باز است. این گونه که زمانی در بسیاری از مناطق آسیا یافت می‌شد اکنون پراکنش طبیعی آن به پنج کشور ایران، هند، چین، مغولستان و ترکمنستان محدود می‌شود و به دو کشور ازبکستان و قزاقستان هم معرفی مجدد شده است (Kaczensky *et al.,* 2015). همچنین، این گونه در گذشته دارای پراکندگی زیادی در ایران بوده و تقریباً در بسیاری از مناطق نیمه بیابانی حضور داشته است. اما امروزه، تنها جمعیت اندکی از آن در مجموعه حفاظت‌شده توران (پارک ملی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه حفاظت‌شده) در استان سمنان با تعداد حدود ۲۰۰ فرد (بر اساس آمار اداره کل حفاظت محیط زیست استان سمنان در سال ۱۳۹۷)، و منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و پارک ملی قطروئیه در استان فارس با تعداد حدود ۸۵۰ فرد (بر اساس آمار اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس در سال ۱۳۹۷) باقی مانده است. متاسفانه برنامه تکثیر در اسارت و معرفی مجدد این گونه در منطقه حفاظت‌شده کالمند در استان یزد ناموفق بوده است که علت آن الگوی نامناسب ساختار اجتماعی گورهای رهاسازی شده، ذکر شده است (Akbari *et al.,* 2013; Karami *et al.,* 2016). گور آسیایی مطابق آخرین آمار فهرست سرخ IUCN در سال ۲۰۱۹ در رده نزدیک به حفاظت (NT) قرار گرفته است. اما زیر گونه ایرانی آن (*E. h. onager*; Boddaert, 1785) که اندمیک ایران محسوب می‌شود و میان چهار زیرگونه گور آسیایی، کمیاب‌ترین است در رده در معرض خطر انقراض (EN) قرار گرفته است (Hemami & Momeni, 2013; Hemami *et al.,* 2015).

از جمله تهدیدهای مهم گور ایرانی در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور می‌توان به حضور دام در منطقه و رقابت آن‌ها با گور ایرانی به‌دلیل چرای بیش از حد دام (Momeni *et al.*, 2013)، مهاجرت‌های فصلی به دلیل کاهش علوفه در دسترس و کمبود تسهیلات و نیروهای حفاظتی (Hemami & Momeni, 2013) اشاره کرد که این مهاجرت‌های فصلی باعث تلفات جاده‌ای گور ایرانی در جاده حسن آباد–مشکان در ضلع غربی این منطقه شده است. همچنین گورهای گذر کرده از جاده به مزارع کشاورزی خسارت وارد می‌کنند که خود منجر به تعارض کشاورزان این منطقه با گور ایرانی شده است (Esmaeili *et al.*, 2019). تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص استفاده از زیستگاه (Nowzari *et al.*, 2013)، فراوانی (Hemami & Momeni 2013)، نگرش مردم محلی (Esmaeili *et al.*, 2019) و معرفی مجدد (Akbari *et al.*, 2013) گور ایرانی در کشور ایران صورت گرفته است اما جنبه‌های دیگر بوم‌شناختی و حفاظت این گونه به‌ویژه تعیین ارتباط‌های زیستگاهی و پیش بینی مناطق گذر از جاده آن ناشناخته باقی مانده است. بنابراین، با توجه به اهمیت تهدید جاده برای گور ایرانی در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور، این مطالعه با دو هدف اصلی (۱) تعیین ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و (۲) تعیین محل گذر این گونه از جاده در مرز این منطقه حفاظت‌شده انجام شد. با بررسی اهداف این پژوهش می‌توان گام مهمی در خصوص حفاظت و مدیریت کارآمد گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه برداشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل منطقه حفاظت‌شده بهرام گور، پارک ملی قطروئیه و مناطق حاشیه‌ای آن در جنوبی‌ترین قسمت رشته‌کوه‌های زاگرس است (شکل ۱). قسمت عمده منطقه حفاظت‌شده بهرام گور در استان فارس واقع است اما بخشی از این منطقه در استان‌های کرمان و یزد قرار گرفته است. به دلیل زیستگاه منحصر به فرد و همچنین وجود گونه در خطر انقراض گور ایرانی، قسمتی از ضلع غربی این منطقه حفاظت‌شده در سال ۱۳۸۶ به پارک ملی قطروئیه ارتقا یافت. وسعت کل منطقه حفاظت‌شده بهرام گور حدود ۴۰۸۰۰۰ هکتار و وسعت پارک ملی قطروئیه حدود ۳۲۰۰۰ هکتار است. منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای گرم و خشک با بارندگی حدود ۲۰۰ میلی متر در سال است (IRIMO, 2017). جاده آسفالته و پرتردد حسن آباد–مشکان از روی مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور عبور می‌کند که یکی از عوامل اصلی تهدید گور ایرانی در این منطقه محسوب می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه شامل منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و پارک ملی قطروئیه به همراه نقاط حضور گور ایرانی

گردآوری نقاط حضور

تعدادی از نقاط حضور گور ایرانی مورد استفاده در این مطالعه توسط کارشناسان و محیط‌بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس در طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ ثبت شده است. سایر نقاط حضور با پیمایش صحرایی به صورت تصادفی در مناطق با احتمال بالای حضور گور ایرانی در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و مناطق حاشیه‌ای آن طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ ثبت شد. در مجموع، تعداد ۱۱۳ نقطه حضور گور آسیایی در این مطالعه استفاده شد. برای کاهش خودهمبستگی میان نقاط حضور، میان نقاطی که فاصله آن‌ها کمتر از ۲/۴ کیلومتر (شعاع گستره خانگی گور زیرگونه کولان در ازبکستان ($18\ km^2$)، Bahloul *et al.*, 2001) بود تنها یک نقطه حضور انتخاب گردید. برای این کار از دستور Spatially Rarify Occurrence Data در نرم‌افزار SDMtoolbox استفاده شد (Brown, 2014). در نهایت، تعداد ۵۷ نقطه حضور برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی استفاده شد (شکل ۱).

تحلیل مطلوبیت زیستگاه

تحلیل مطلوبیت زیستگاه به‌منظور (۱) تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه، (۲) تعیین متغیرهای تأثیرگذار در مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی و (۳) استفاده از نقشه مطلوبیت زیستگاه در تحلیل ارتباط‌های زیستگاهی انجام گرفت. نقشه زیستگاه‌های مطلوب گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از بسته Biomod2 (Thuiller *et al.*, 2009) در محیط نرم‌افزار آماری R تهیه شد (R Development Core Team, 2014). در این پژوهش از چهار مدل رگرسیون چند متغیره تطبیقی (MARS)، بیشینه بی‌نظمی (MaxEnt)، جنگل تصادفی (RF) و مدل افزایشی تعمیم یافته (GBM) برای تعیین مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی استفاده شد و در نهایت، نقشه تجمعی مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی از میانگین وزنی ارزش‌های چهار مدل ذکر شده تهیه گردید (Thuiller *et al.*, 2009).

متغیرهای محیط زیستی مورد استفاده در تحلیل مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی شامل متغیرهای پستی و بلندی (مدل رقومی ارتفاع و شیب)، متغیرهای غذا، آب و پناه (فاصله از آبشخورها، فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از مراتع با تراکم متوسط) و متغیرهای آشفتگی انسانی (فاصله از روستاها و فاصله از جاده‌ها) بودند. شیت‌های دانلود شده مدل رقومی ارتفاع از درگاه https://glovis.usgs.gov با اندازه سلول ۳۰ متر توسط ابزار Mosaic to raster در نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۳ یکپارچه گردیده و مطابق منطقه مورد مطالعه، برش داده شد. نقشه شیب با مقیاس درجه، از نقشه ارتفاع تهیه گردید. تعداد ۱۸ آبشخور به عنوان منبع اصلی تامین آب گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه ثبت شده است. بنابراین، نقشه فاصله از آبشخورها به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شد. این نقشه با ابزار Euclidian distance در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. نقشه پوشش زمین ایران (FRWMO, 2010) با ۵۸ طبقه پوشش مطابق منطقه مورد مطالعه برش داده شد. به منظور تصمیم‌گیری و تفسیر بهتر، نقشه پوشش زمین منطقه مورد مطالعه با ۲۷ طبقه بر اساس تشابه طبقات به ۱۰ طبقه تبدیل شد: ۱- مراتع با تراکم پایین (۵۶٪ منطقه مورد مطالعه)، ۲- مراتع با تراکم متوسط (۱۴٪)، ۳- جنگل‌های با تراکم پایین (۱۳٪)، ۴- زمین‌های کشاورزی (۵٪)، ۵- مناطق بایر (۴٪)، ۶- شوره‌زارها (۳/۶٪)، ۷- تالاب‌ها (۳٪)، ۸- جنگل‌های با تراکم متوسط (۰/۶٪)، ۹- صخره‌ها (۰/۴٪) و ۱۰- مناطق سکونت انسانی (۰/۴٪). به‌دلیل نزدیک شدن گور ایرانی به زمین‌های کشاورزی و اهمیت مراتع با تراکم متوسط برای گور ایرانی (با توجه به نقاط حضور گور ایرانی)، نقشه فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از مراتع با تراکم متوسط به عنوان دو متغیر جداگانه در نظر گرفته شدند. همچنین از میان متغیرهای آشفتگی

انسانی، نقشه فاصله از روستاها (DoE, 2018) و فاصله از جاده‌ها (DoE, 2018) تهیه گردید.

همبستگی بین متغیرهای محیط زیستی به‌صورت جفتی بررسی شد و به‌دلیل همبستگی بالای دو متغیر (۰/۷ <) فاصله از روستاها و فاصله از جاده‌ها، متغیر فاصله از روستاها حذف گردید. همچنین، به‌منظور بررسی همبستگی چندگانه میان شش متغیر محیط زیستی باقیمانده، ۵۰۰ نقطه تصادفی در منطقه مورد مطالعه ایجاد شد و در نرم‌افزار USDM (Naimi *et al.,* 2014) در محیط نرم‌افزار R، شاخص تورم واریانس بررسی گردید. شاخص تورم واریانس برای متغیرها در بازه ۱/۴۳ تا ۲/۳۶ قرار داشت که با توجه به آستانه عدد سه برای این شاخص به منظور حذف متغیرها (Zuur *et al.,* 2010)، شش متغیر محیط زیستی مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از آبشخورها، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از مراتع با تراکم متوسط و فاصله از جاده‌ها برای بررسی مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه استفاده شدند.

با توجه به نیاز مدل‌های ذکرشده به داده‌های زمینه‌ای (شبه‌عدم حضور)، تعداد ۵۰۰ نقطه شبه عدم حضور در منطقه مورد مطالعه و بیرون از شعاع ۲/۴ کیلومتری نقاط حضور (شعاع گستره خانه گور زیرگونه کولان) در نظر گرفته شد. سطح زیر منحنی (AUC) ویژگی عامل دریافت‌کننده (ROC) و مدل آماره مهارت واقعی (TSS) برای ارزیابی اعتبار و کیفیت هر یک از مدل‌ها، استفاده شد. به این ترتیب، که مقادیر ۰/۹< برای AUC و مقادیر ۰/۷۵< برای TSS نشان‌دهنده صحت عالی مدل هستند (Eskildsen *et al.,* 2013). میزان مشارکت هر یک از متغیرها در هر یک از مدل‌ها و همچنین، منحنی‌های پاسخ نقاط حضور گور ایرانی به هر یک از متغیرهای محیط زیستی در هر یک از مدل‌ها تعیین شدند. در نهایت، نقشه تجمعی مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی از میانگین وزنی چهار مدل ذکر شده تعیین شد.

طراحی ارتباط‌های زیستگاهی

طراحی ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه به روش مدارهای الکتریکی به منظور نمایش شدت جریان بالقوه میان نقاط حضور افراد گور ایرانی با استفاده از نرم‌افزار Circuitscape نسخه ۴ (McRae & Shah, 2009) انجام شد. مطابق روش Wilkinson & Starnes (2016)، نقشه تجمعی مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی بر اساس روش خطی منفی به نقشه مقاومت تبدیل شد (۱+[نقشه تجمعی مطلوبیت زیستگاه]−۱۰۰۰) و سپس با تابع تبدیل نمایی (ابزار Rescale by Function در Spatial Analyst Tools) به بازه یک تا ۱۰۰ تبدیل شد. نقشه تهیه شده به عنوان نقشه مقاومت جریان حرکت و نقاط حضور گور ایرانی به عنوان گره کانونی به نرم‌افزار معرفی شدند. در این نرم‌افزار از روش «همه برای یکی» برای طراحی ارتباط‌های زیستگاهی استفاده شد (Roever *et al.,* 2013). زیرا هنگامیکه، هدف به دست آوردن یک نقشه با تمامی ارتباط‌ها میان گره‌های کانونی است این روش می‌تواند مفید واقع شود (McRae *et al.,* 2008). مناطق با مقاومت کمتر، جابه‌جایی بیشتری از گور ایرانی را نشان می‌دهند و برعکس. تلفات جاده‌ای گور ایرانی که توسط کارشناسان اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس گردآوری گردیده است در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، همزمان با پیمایش صحرایی برای ثبت نقاط حضور گور ایرانی، نقاط تلفات جاده‌ای آن نیز توسط GPS ثبت گردید. در نهایت، این نقاط با منطقه گذر از جاده طراحی شده مطابقت داده شد تا میزان درستی گذر مدل‌سازی شده، تعیین گردد.

نتایج

تحلیل مطلوبیت زیستگاه گونه

مقدار AUC و TSS برای مدل‌ها به ترتیب ۰/۹< و ۰/۷۵< تعیین شد که نشان‌دهنده صحت عالی برای هر

یک از مدل‌ها است (جدول ۱). نتایج میانگین مشارکت هر یک از متغیرها در چهار مدل تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌ای نشان داد که متغیر فاصله از مراتع با تراکم متوسط دارای بیشترین اهمیت در مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه است. بعد از آن به ترتیب، متغیرهای فاصله از جاده‌ها، شیب، فاصله از آبشخورها و فاصله از زمین‌های کشاورزی دارای بیشترین اهمیت بوده و متغیر مدل رقومی ارتفاع دارای کمترین اهمیت بوده است (جدول ۲).

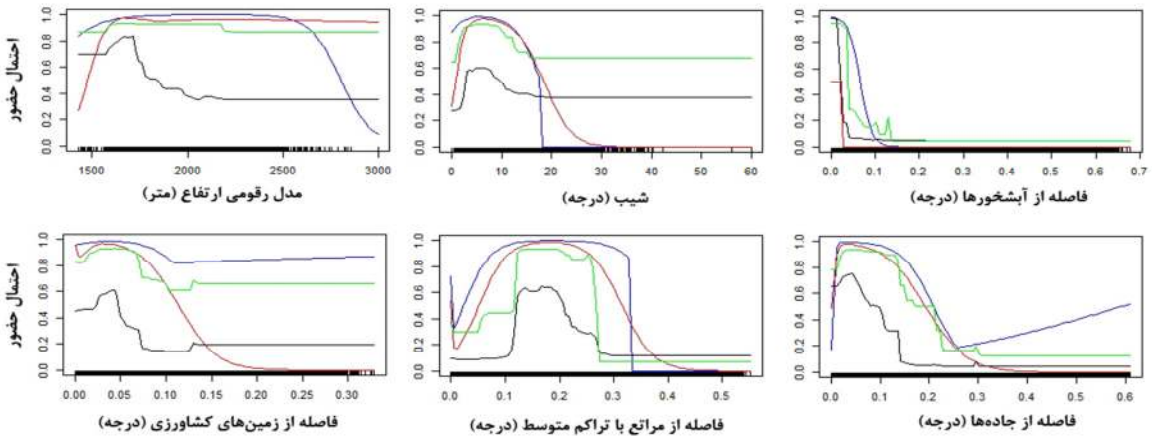
جدول ۱. مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) و مدل آماره مهارت واقعی (TSS) برای هر یک از الگوریتم‌های مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه

	MARS	MaxEnt	RF	GBM
AUC	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۵
TSS	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۸۴

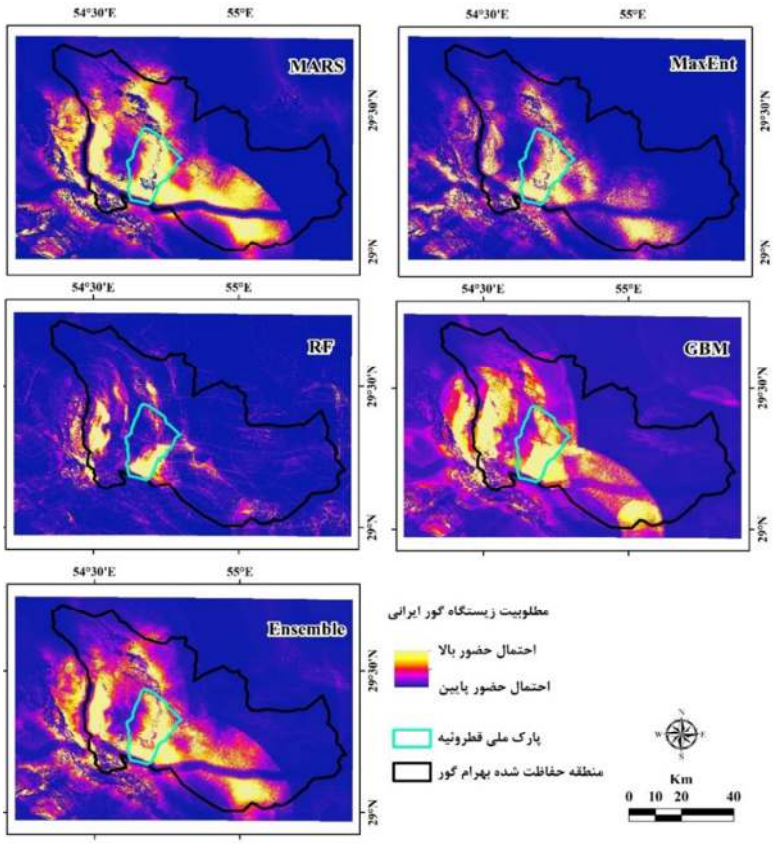
احتمال حضور گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه در ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۲۵۰۰ متر و در مناطق کم شیب به‌ویژه در شیب‌های زیر ۲۰ درجه در اکثر مدل‌ها بیشتر بوده است. در متغیر فاصله از آبشخورها با افزایش فاصله، احتمال حضور افراد گور ایرانی در منطقه کاهش می‌یابد. در دو متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از مراتع با تراکم متوسط با افزایش فاصله از این مناطق، احتمال حضور افراد گور ایرانی کاهش می‌یابد. منحنی پاسخ حضور گور ایرانی نسبت به متغیر فاصله از جاده‌ها در اکثر مدل‌ها نشان داد که با افزایش فاصله از جاده، احتمال حضور گونه نیز بیشتر می‌شود اما از یک فاصله به بعد، با افزایش فاصله از جاده‌ها، احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد (شکل ۲). شکل ۳ نیز نقشه مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه را در هریک از مدل‌های MARS، MaxEnt، RF و GBM نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود عمده مناطق مطلوب زیستگاهی گور ایرانی در داخل منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و همچنین در ضلع غربی بیرون از این منطقه است.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار مشارکت نسبی هر یک از متغیرهای محیط زیستی در چهار الگوریتم مورد استفاده در مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه

	مدل رقومی ارتفاع	شیب	فاصله از آبشخورها	فاصله از زمین‌های کشاورزی	فاصله از مراتع با تراکم متوسط	فاصله از جاده‌ها
میانگین مشارکت نسبی (٪)	۶/۳	۱۳/۷۳	۱۲/۳۵	۱۰/۷	۲۹/۴۹	۲۷/۴۳
انحراف معیار مشارکت نسبی (٪)	۴/۳۵	۴/۱۵	۲/۲	۵/۶۲	۳/۱	۵/۶۶



شکل ۲. منحنی‌های پاسخ حضور گور ایرانی به هر یک از متغیرهای محیط زیستی در هر یک از مدل‌های مطلوبیت زیستگاه گونه (خط آبی : مدل MARS، خط قرمز: مدل MaxEnt، خط سیاه: مدل RF و خط سبز: مدل GBM)

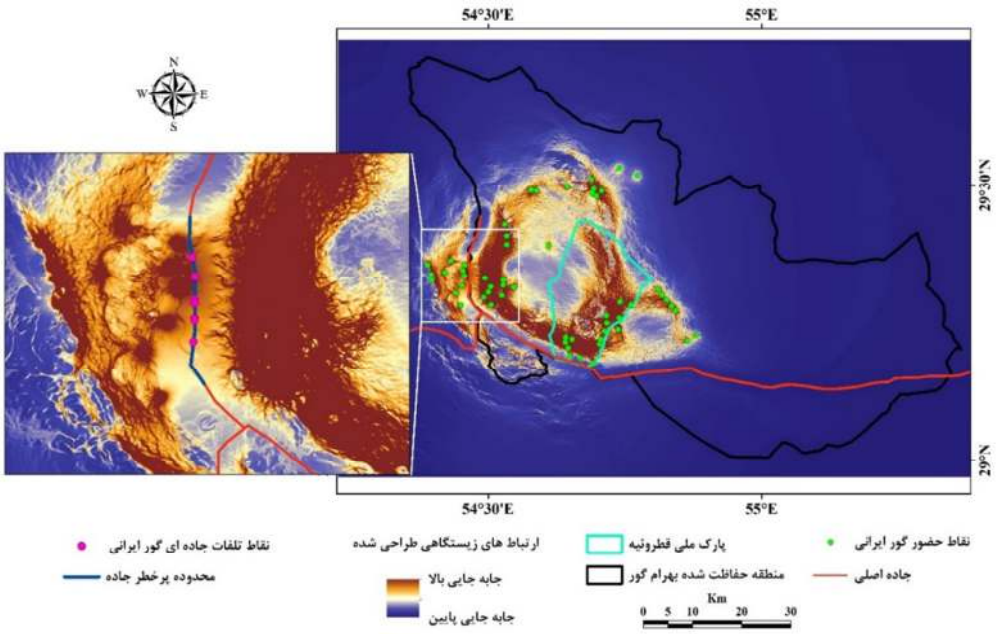


شکل ۳. نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه بر اساس چهار مدل مطلوبیت زیستگاه و نقشه تجمعی حاصل از میانگین وزنی ارزش‌های این چهار مدل

ارتباط‌های زیستگاهی

ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی میان نقاط حضور افراد این گونه به روش مدارهای الکتریکی در منطقه مورد مطالعه طراحی شد (شکل ۴). بیشترین جابه‌جایی افراد گور ایرانی بین مناطقی از پارک ملی قطروئیه با نواحی غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور مشاهده می‌شود. همچنین، جابه‌جایی قابل توجهی در مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور وجود دارد که نشان‌دهنده حرکت افراد گور ایرانی به سمت مناطق روستایی و زمین‌های کشاورزی بیرون از مرزهای غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور است. سه لکه از افراد گور ایرانی با جابه‌جایی پایین در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور وجود دارد که دارای ارتباط به نسبت ضعیفی با دیگر مناطق دارای جابه‌جایی بالا هستند. این سه لکه در شرق، شمال و شمال غربی پارک ملی قطروئیه (بیرون از مرز پارک ملی) قرار گرفته‌اند.

تعداد پنج نقطه تلفات جاده‌ای گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه که توسط کارشناسان و محیط‌بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ و همچنین تعداد دو نقطه تلفات جاده‌ای این گونه که طی پیمایش صحرایی در این مطالعه گردآوری شده بود با محل گذر از جاده مدل‌سازی شده، مقایسه شد (شکل ۴). مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور با جاده مطابقت دارد و نتایج ارتباط‌های زیستگاهی نشان داد که جابه‌جایی مطلوبی که در مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور قرار دارد با هفت نقطه تلفات جاده‌ای گور ایرانی، مطابقت کامل دارد. این جابه‌جایی افراد گور ایرانی در ۹/۲ کیلومتر از جاده وجود دارد که همه تلفات جاده‌ای گردآوری و ثبت‌شده در این محدوده پرخطر رخ داده است (شکل ۴).



شکل ٤. طراحی ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی به روش مدارهای الکتریکی و مطابقت آن با تلفات جاده‌ای این گونه در منطقه موردمطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تعیین ارتباط‌های زیستگاهی گور ایرانی و مطابقت منطقه پیش‌بینی شده گذر از جاده با تلفات جاده‌ای آن در منطقه حفاظت‌شده بهرام گور انجام شد. سه متغیر فاصله از مراتع با تراکم متوسط، فاصله از جاده‌ها و شیب بیشترین تاثیر را در مطلوبیت زیستگاه گور ایرانی در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند. نتایج ارتباط‌های زیستگاهی نشان داد که جابه‌جایی بالای افراد گور ایرانی بین پارک ملی قطروئیه با منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و مناطق حاشیه‌ای آن وجود دارد. نقاط تلفات جاده‌ای گور ایرانی نیز با منطقه گذر از جاده شناسایی شده در مرز غربی منطقه حفاظت‌شده بهرام گور مطابقت کامل داشت.

جاده‌ها عامل آشفتگی انسانی محسوب می‌شوند و حیوانات را با کشته شدن یا انزوای جمعیت‌های آن‌ها تهدید می‌کنند (Holderegger & Giulio, 2010; Almasieh *et al.*, 2019). نتایج منحنی‌های پاسخ نشان داد که افراد گور ایرانی برای رسیدن به مزارع کشاورزی آن‌سوی جاده و به‌منظور یافتن علوفه به ناچار به جاده‌ها نزدیک شده و از آن گذر می‌کنند. هم‌اکنون، پراکنش جهانی گور آسیایی محدود به دشت‌های بیابانی با تولید پایین شده است. بنابراین، مراتع با تولید گیاهی متوسط با فراهم کردن غذا و پناه، نقش مهمی در بقای این گونه ایفا می‌کنند (Kaczensky *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر در خصوص گور آفریقایی (*Equus africanus*)، متغیر پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از متغیرهای مهم در تحلیل مطلوبیت زیستگاه این گونه در اتیوپی بود (Kebede *et al.*, 2014). در کشور ایران نیز، افراد گور ایرانی در فصل گرم سال، مراتع با پوشش گیاهی مناسب را ترجیح می‌دهند و وجود این مراتع با تولید علوفه مناسب برای بقای آنها در فصل گرم سال ضروری است (Nowzari *et al.*, 2013). Kaczensky et al. (2011) اظهار داشتند که گور آسیایی به‌ندرت در شیب‌های بالای ۲۰ درجه یافت می‌شود که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت. بنابراین، شیب زیاد عاملی محدودکننده برای گور ایرانی محسوب می‌شود (Hemami & Momeni, 2013).

در فصول سخت سال (اواخر پاییز و زمستان) و در مواقع خشکسالی (تابستان) به دلیل کاهش علوفه در

دسترس، افراد گور ایرانی به مزارع واقع در حاشیه جاده پرتردد حسن آباد–مشکان نزدیک می‌شوند و حتی خساراتی را به کشاورزان این منطقه به‌ویژه به محصولات یونجه، ذرت، گندم و جو وارد می‌کنند (Esmaeili *et al*., 2019). مشاهدات نشان می‌دهد که بیشترین تردد خودروهای عبوری در این جاده، متعلق به خودروهای سنگین از قبیل کامیون است که در شب با سرعت زیاد از این مسیر عبور می‌کنند.

یکی از تمهیدات مهم حفاظتی برای علفخوران بزرگ جثه، شناسایی بخش‌هایی از جاده است که محل عبور این حیوانات محسوب می‌شود (van der Ree *et al*., 2015). گام مهم بعدی، تصمیم‌گیری در خصوص ارائه راه‌کارهای اجرایی به منظور کاهش تصادفات جاده‌ای است. ترکیب سازه‌های عبور (روگذر، زیرگذر و آبگذر) و فنس که به درستی و مطابق اصول حفاظتی طراحی شوند یکی از کارآمدترین روش‌ها به منظور کاهش تصادفات جاده‌ای و تسهیل در گذر و جابه‌جایی حیات‌وحش است (Huijser *et al*., 2016). به دلیل اینکه، بیشتر سازه‌های عبور جاده حسن آباد–مشکان از نوع آبگذر (به‌طور عمده از نوع دایره‌ای) بوده و قابلیت استفاده توسط گور ایرانی را ندارد لذا نصب زیرگذر و حتی روگذر با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه در این جاده امکان پذیر نیست. تمهیدات حفاظتی در محدوده گذر از جاده (۹/۲ کیومتر) از قبیل نصب علائم و چراغ‌های هشداردهنده (Found & Boyce, 2011) در ابتدا و انتهای این مسیر و نصب دوربین کنترل و اعمال محدودیت سرعت (Grace *et al.,* 2013) می‌تواند به کاهش تلفات جاده‌ای افراد گور ایرانی کمک شایانی نماید. راه‌کارهای دیگری از قبیل نصب مانع سرعت‌گیر نیز می‌تواند با همکاری اداره کل حفاظت محیط زیست و اداره کل راه و شهرسازی استان فارس صورت گیرد. درنهایت، فراهم نمودن علوفه در فصول سخت سال در درون منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و ایجاد و توزیع منابع آبی بیشتر به منظور کاهش مهاجرت فصلی این گونه می‌تواند جابه‌جایی افراد گور ایرانی و عبور آن‌ها از جاده را کاهش دهد (Hemami & Momeni, 2013). این مطالعه، ضرورت تمهیدات لازم برای گذر جاده‌ای گور ایرانی را توسط سازمان حفاظت محیط زیست در این منطقه خاطر نشان می‌سازد.

سپاسگزاری

از زحمات محیط‌بانان منطقه حفاظت‌شده بهرام گور و همچنین کارشناسان اداره کل حفاظت محیط زیست فارس بابت مساعدت‌های لازم در این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد. این مطالعه با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و در قالب طرح پژوهشی شماره ۹۷۱/۰۸ انجام شده است.

REFERENCES

Akbari, H.; Farhadinia, M.S.; Habibipour, A.; Shaker, A. (2013). Reintroduction of Persian Wild Ass (*Equus hemionus onager*): A Case Study in Yazd, Central Iran. Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources); 66(1): 13-22 (in Persian).

Almasieh, K.; Rouhi H.; Kaboodvandpour, S. (2019). Habitat suitability and connectivity for the brown bear (*Ursus arctos*) along the Iran-Iraq border. European Journal of Wildlife Research; 65(4): 57.

Bahloul, K.; Pereladova, O.B.; Soldatova, N.; Fisenko, G.; Sidorenko, E.; Semp, A.J. (2001). Social organization and dispersion of introduced kulans (*Equus hemionus kulan*) and Przewalski horses (*Equus przewalski*) in the Bukhara Reserve, Uzbekistan. Journal of Arid Environments; 47: 309-323.

Bailey, D.; Schmidt-Entling, M.H.; Eberhart, P.; Herrmann, J.D.; Hofer, G. Kormann, U.; Herzog, F. (2010).

Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. Journal of Applied Ecology; 47: 1003-1013.

Brown, J.L. (2014). SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses. Methods in Ecology and Evolution; 5(7): 694-700.

Crooks, K.R.; Sanjayan, M. (2006). Connectivity conservation. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 730 p.

DoE (Department of the Environment of Iran). (2018). Department of the Environment of Iran. Available online at: www.doe.ir (Lasts accessed on 1 October 2018).

Eskildsen, A.; Roux, P.C.; Heikkinen, R.K.; Høye, T.T.; Kissling, W.D.; Pöyry, J.; Wisz, M.S.; Luoto, M. (2013). Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. Global Ecology and Biogeography; 22: 1293-1303.

Esmaeili, S.; Hemami, M-R.; Goheen, J.R. (2019). Human dimensions of wildlife conservation in Iran: Assessment of human-wildlife conflict in restoring a wide-ranging endangered species. PLoS ONE; 14(8): e0220702.

Found, R.; Boyce, M.S. (2011). Warning signs mitigate deer–vehicle collisions in an urban area. Wildlife Society Bulletin; 35(3): 291–295.

FRWMO (Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran). (2010). Iranian Forests, Range and Watershed Management Organization National Land use/Land cover map.

Grace, M.K.; Smith, D.J.; Noss, R.F. (2017). Reducing the threat of wildlife-vehicle collisions during peak tourism periods using a Roadside Animal Detection System. Accident Analysis and Prevention; 109: 55-61.

Haddad, N.M.; Bowne, D.R.; Cunningham, A.; Danielson, B.J.; Levey, D.J.; Sargent, S.; Spira, T. (2003). Corridor use by diverse taxa. Ecology; 84: 609-615.

Hemami, M-R.; Kaczensky, P.; Lkhagvasuren, B.; Pereladova, O.; Bouskila, A. (2015). *Equus hemionus ssp. onager*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T7966A3144941. Available online at: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T7966A3144941.en. (Last accessed on 14 October 2019).

Hemami, M-R.; Momeni, M. (2013). Estimating abundance of the endangered onager *Equus hemionus onager* in Qatruiyeh National Park, Iran. Oryx; 47(2): 266-272.

Holderegger, R.; Giulio, M.D. (2010). The genetic effects of roads: A review of empirical evidence. Basic and Applied Ecology; 11: 522-531.

Huijser, M.P.; Fairbank, E.R.; Camel-Means, W.; Graham, J.; Watson, V.; Basting, P.; Becker, D. (2016). Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. Biological conservation; 197: 61-68.

IRIMO (Islamic Republic of Iran Meteorological Organization). (2017). Climate data-base, Iranian cities, from 1993 to 2017. Available online at: https://www.irimo.ir (Last accessed 1 October 2018).

Kaczensky, P.; Ganbataar, O.; Altansukh, N.; Enkhsaikhan, N.; Stauffer, C.; Walzer, C. (2011). The danger of having all your eggs in one basket – winter crash of the re-introduced Przewalski's horses in the Mongolian Gobi. PloS ONE; 6(12): e28057.

Kaczensky, P.; Lkhagvasuren, B.; Pereladova, O.; Hemami, M.; Bouskila, A. (2015). *Equus hemionus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T7951A45171204. Available at: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T7951A45171204.en (Last accessed on 22 November 2018).

Karami, M.; Ghadirian, T.; Faizolahi, K. (2016). The atlas of the mammals of Iran. Department of the Environment of Iran: Tehran, Iran.

Kebede, F.; Moehlman, P.D.; Bekele, A.; Evangelista, P.H. (2014). Predicting seasonal habitat suitability for the

critically endangered A frican wild ass in the D anakil, E thiopia. African Journal of Ecology; 52(4): 533-542.

Khosravi, R.; Hemami, M-R.; Cushman, S.A. (2019). Multi-scale niche modeling of three sympatric felids of conservation importance in central Iran. Landscape Ecology; 34(10): 2451-24677.

McRae, B.H.; Dickson, B.G.; Keitt, T.H.; Shah, V.B. (2008). Using Circuit theory to model connectivity in ecology, evoloution and conservation. Ecology; 89(10): 2712-2724.

McRae, B.H.; Shah, V.B. (2009). Circuitscape user's guide. The University of California, Santa Barbara, Available at: http://www.circuitscape.org (Last accessed on 5 October 2018).

Mohammadi, A.; Almasieh, K.; Clevenger, A.P.; Fatemizadeh, F.; Rezaei, A.; Jowkar, H.; Kaboli, M.; (2018). Road expansion: A challenge to conservation of mammals, with particular emphasis on the endangered Asiatic cheetah in Iran. Journal for Nature Conservation;43:8-18.

Mohammadi, A.; Kaboli, M. (2016). Evaluating wildlife-vehicle collision hotspots using kernel-based estimation: a focus on the endangered Asiatic cheetah in central Iran. Human–Wildlife Interactions; 10(1): 103-109.

Momeni, M.; Hemami, M-R.; Malekian, M. (2013). Abundance estimation and habitat associations of Persian wild ass in Qatruyieh National Park. Iranian Journal of Applied Ecology; 2(3): 37-47. (in Persian).

Moqanaki, E.M.; Cushman, S.A. (2017). All roads lead to Iran: Predicting landscape connectivity of the last stronghold for the critically endangered Asiatic cheetah. Animal conservation; 20(1): 29-41.

Naimi, B.; Hamm, N.A.S.; Groen, T.A.; Skidmore, A.K.; Toxopeus, A.G. (2014). Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? Ecography; 37(2): 191-203.

Nowzari, H.; Hemami, M-R.; Karami, M.; Kheirkhah Zarkesh, M.M.; RIazi, B.; Rubenstein, D.I. (2013). Habitat associations of Persian wild ass (*Eequus hemionus onager*) in Qatrouyeh national park, Iran. Journal of Natural History; 47(43-44): 2795-2814.

R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Roever, C.L.; van Aarde, R.J.; Leggett, K. (2013). Functional connectivity within conservation networks: Delineating corridors for African elephants. Biological Conservation; 157: 128–135.

Seiler, A.; Helldin, J.O. (2006). Mortality in wildlife due to transportation. In: Davenportand, J.; Davenport J.L. (eds.), The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment, Springer, Dordrecht. pp. 165-189.

Shahnaseri, G.; Hemami, M-R.; Khosravi, R.; Malakoutikhah, S.; Omidi, M.; Cushman, S.A. (2019). Contrasting use of habitat, landscape elements, and corridors by grey wolf and golden jackal in central Iran. Landscape Ecology; 34(6): 1263-1277.

Thuiller, W.; Lafourcade, B.; Engler, R.; Araújo, M.B. (2009). BIOMOD-A platform for ensemble forecasting of species distributions. Ecography; 32: 369-373.

Urban, D.L.; Minor, E.S.; Treml, E.A.; Schick, R.S. (2009). Graph models of habitat mosaics. Ecology Letters; 12: 260-273.

van der Ree, R.; Smith, D. J.; Grilo, C. (2015). Handbook of road ecology. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 552 p.

van Strien, M.J.; Grêt-Regamey, A. (2016). How is habitat connectivity affected by settlement and road network configurations? Results from simulating coupled habitat and human networks. Ecological Modelling; 342: 186-198.

Wilkinson, J.W.; Starnes, T. (2016). Ten years of Jersey Toadwatch: Analysis & recommendations. ARC Research Report, 16/01.

Zuur, A.F.; Ieno, E.N.; Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution; 1: 3-14.