13(4) 27-34, Winter 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Identifying hot spots of carnivorous road collisions prioritizing them in Khorasan Razavi province

*Ali Mahdavi [1], Fatemeh Tabatabaei Yazdi [*1], Alireza Mohammadi [2], Ali Khani [3]*

[1] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*
[2] *Department of Environment Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran*
[3] *Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*

Key Words

Road vehicle collisions
Protected areas
Wildlife management
Biodiversity
Kernel Density

Abstract

Introduction: Throughout the world, roads have a significant devastating impact on natural habitats wildlife, indicating that roads serve as one of the major factors contributing to global biodiversity loss. Expansion of road networks in Khorasan Razavi Province, within and around protected areas, has led to an increase in road casualties, especially carnivores' road mortalities. The present study aimed to delineate the hotspots of carnivores' vehicle collisions on the roads located inside and around of the protected areas, investigate the time patterns for the carnivores' road casualties, and prioritize hotspots of road casualties in the Khorasan Razavi Province.

Materials & Methods: For this purpose, road casualties of carnivores in this province were evaluated between 2011 to 2020.

Result: The results showed that a total of 199 carnivores belonging to 11 species of the Canidae, Hyaenidae, Mustelidae and Felidae have died due to vehicle collisions during our study period. The highest numbers of mortalities, in this study, were recorded for the common fox (25.8%), golden jackal (20.7%), grey wolf (14.15%), hyena (13.6%), and wildcat (10.1%), respectively, making a total of 167 cases of recorded collisions (84.34%).

Conclusion: The results of this study showed that the majority of road mortalities for these species occurred during autumn, winter, summer, and spring, respectively. Our results also revealed a total of eight hotspots of road mortalities in this province that are mainly situated across the northern, central, and western parts of this province.

* Corresponding Author's email: f.tabatabaei@um.ac.ir
Received: 16 October 2020; Reviewed: 12 November 2020; Revised: 5 January 2021; Accepted: 7 February 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.265505.2444.

مقاله پژوهشی

شناسایی مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران و اولویت‌بندی آن‌ها در استان خراسان رضوی

علی مهدوی[۱]، فاطمه طباطبائی‌یزدی[*۱]، علیرضا محمدی[۲]، علی خانی[۳]*

[۱] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲] گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

[۳] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

کلمات کلیدی

تابع کرنل
حفاظت
تصادفات جاده‌ای
تنوع زیستی
مدیریت حیات وحش
مناطق حفاظت شده

چکیده

مقدمه: جاده‌ها تاثیرات مخرب و قابل توجهی بر زیستگاه‌های طبیعی و حیات وحش در سراسر جهان دارند که این امر نشان‌دهنده این است که جاده‌ها یکی از عوامل اصلی کاهش تنوع زیستی در جهان هستند. توسعه شبکه جاده‌ای در استان خراسان رضوی در درون و ورای مناطق حفاظت شده آن منجر به افزایش نرخ تلفات جاده‌ای به‌خصوص تلفات جاده‌ای گونه‌های گوشت‌خوار شده است. اهدف پژوهش حاضر تعیین محدوده‌های داغ تصادفات جاده‌ای گوشت‌خواران در مناطق تحت حفاظت استان خراسان رضوی، بررسی الگوی زمانی تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران و هم‌چنین اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات است.

مواد و روش‌ها: به‌همین منظور تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در این استان بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: در طول دوره مطالعه در مجموع ۱۹۹ گوشت‌خوار مربوط به ۱۱ گونه جانوری متعلق به خانواده سگ‌سانان، خانواده کفتارها، خانواده راسوها و خانواده گربه‌سانان در اثر برخورد با وسایل نقلیه تلف شده‌اند. بیش‌ترین تعداد تلفات در این مطالعه به‌ترتیب مربوط به روباه معمولی (۲۵/۸٪)، شغال (۲۰/۷٪)، گرگ (۱٤/۱۵٪)، کفتار (۱۳/٦٪) و گربه وحشی (۱۰/۱٪) بود که در مجموع ۱٦۷ مورد از تصادفات ثبت شده (۸٤/۳٤٪) را شامل می‌شد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که بیش‌تر تلفات جاده‌ای برای تمامی گونه‌ها به‌ترتیب در فصل‌های پاییز، زمستان، تابستان و بهار رخ داده است. در مجموع ۸ محدوده داغ تلفات جاده‌ای در این استان شناسایی شد که بیش‌تر در شمال، مرکز و غرب این استان واقع شده‌اند. اولویت‌بندی انجام شده می‌تواند در جهت اجرای قوانین و اهداف حفاظتی و مدیریتی مورد استفاده قرار بگیرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: f.tabatabaei@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۵ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۲۲ آبان ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱٦ دی ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۹ بهمن ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.265505.2444

مقدمه

جاده‌ها تاثیرات مخرب و قابل توجهی بر زیستگاه‌های طبیعی و حیات‌وحش در سراسر جهان دارند و این امر نشان می‌دهد که جاده‌ها یکی از عوامل اصلی کاهش تنوع‌زیستی در جهان هستند (۱، ۲ و ۳). این عارضه‌های انسان ساخت هم‌چنین می‌توانند به‌صورت غیرمستقیم جمعیت حیات‌وحش را به‌واسطه قطعه‌قطعه کردن زیستگاه و تخریب زیستگاه کاهش دهند و به‌عنوان مانعی برای جابجایی و جریان ژن عمل کنند (۴، ۳). امروزه محققین بر این باور هستند که احداث جاده در درون مناطق حفاظت شده و به‌دنبال آن ترافیک ایجاد شده به‌واسطه افزایش تردد خودروها دو عامل اصلی تهدیدکننده تنوع زیستی در جهان محسوب می‌شوند (۵، ۶). به‌طوری‌که همه ساله تعداد قابل توجهی از گونه‌های جانوری حیات‌وحش در شبکه جاده‌های کشورهای مختلف تلف می‌شوند. در این میان سهم کشورهای در حال توسعه که کم‌ترین ملاحظات و تمهیدات فنی را برای حفظ حیات وحش خود در ارتباط با شبکه‌های جاده‌ای موجود در زیستگاه‌های طبیعی به‌کار می‌گیرند، به‌مراتب بیش‌تر از کشورهای پیشرفته می‌باشد(۷ ، ۳ و ۸). برنامه‌های توسعه‌ای و پروژه‌های راه‌سازی که در شبکه مناطق تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط‌زیست بدون رعایت اصول حفاظتی اجرا می‌شوند، می‌توانند با قطعه قطعه کردن و برهم زدگی یکپارچگی زیستگاه، آن‌ها را به محیط‌هایی ناامن برای حیات‌وحش مبدل سازند. توسعه ناپایدار از جمله توسعه راه‌ها و زیرساخت‌های حمل و نقل یک تهدید جدی برای تنوع‌زیستی کشور ایران محسوب می‌شود (۹). عدم انجام مطالعات ارزیابی اثرات محیط زیستی قبل از احداث جاده و یا انجام آن به‌صورت کیفی و نادیده گرفتن اصول و ضوابط حفاظتی از قبیل تعیین مکان گذر یا کریدور حیات‌وحش[1] منجر به افزایش تلفات جاده‌ای حیات‌وحش شده است (۹). مطابق یافته‌های موجود، بیش‌تر مطالعات (۷۶ ٪) بوم‌شناسی جاده‌ها و اثرات مخرب آن‌ها بر حیات‌وحش در کشورهایی اروپایی و آمریکایی صورت گرفته است. اما در این بین سهم مطالعه کشورهایی آسیایی درخصوص اثرات مخرب جاده‌ها بسیار کم است (۳). متاسفانه توسعه شبکه جاده‌ای در کشور ایران، به‌ویژه در درون مناطق حفاظت شده، بسیار شتاب‌زده و بدون رعایت ضوابط و اصول اولیه حفاظتی بوده است(۹). این امر به افزایش روزافزون تصادفات جاده‌ای گونه‌های حیات‌وحش منجر شده و بقای بسیاری از آن‌ها را با خطر مواجه ساخته است (۹، ۱۰). در طی چند سال اخیر با روند توسعه شبکه جاده‌ای کشور، جمعیت گونه‌های در خطر انقراض از قبیل یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) و دیگر گونه‌های حیات وحش به‌طور جدی به وسیله جاده‌ها تهدید می‌شود (۱۱، ۱۲ و ۸). در حقیقت در حال حاضر جاده‌ها یکی از عوامل تهدید کننده حیات وحش مخصوصاً برای گوشت‌خواران بزرگ‌جثه در ایران محسوب می‌شوند که سهم جاده‌ها در تکه تکه شدن زیستگاه، محدود کردن جابه‌جایی و سپس تلفات جاده‌ای این گونه‌ها قابل توجه می‌باشد. افزایش آگاهی درخصوص تاثیرات منفی جاده‌ها بر محیط‌های طبیعی و گونه‌ها سبب افزایش مطالعات درخصوص ارزیابی این تاثیرات و طراحی و اجرای اقدامات کاهش تصادفات جاده‌ای در دنیا شده است و تلاش بر این است که تعداد تصادفات حیوانات با وسایل نقلیه کاهش یابد (۱۳). ولی با این وجود در کشور ایران تاکنون تلاش‌های اندکی صورت گرفته است (۹). با توجه به تهدید جدی جاده‌ها برای حیات‌وحش کشور و در راستای کاهش اثرات مخرب این جاده‌ها هدف از پژوهش حاضر: تعیین محدوده‌های داغ تصادفات جاده‌ای گوشت‌خواران در جاده‌های موجود در مناطق تحت حفاظت استان خراسان رضوی، بررسی الگوی زمانی تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران، اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در مناطق تحت حفاظت استان خراسان رضوی و ارائه راهکارهای اجرایی برای کاهش تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

استان خراسان رضوی با وسعتی معادل ۱۱۸۸۵۱۴۴ هکتار در شمال شرق کشور واقع شده است (شکل ۱). مرتفع‌ترین نقطه آن قلهٔ بینالود با ۳۲۱۱ متر ارتفاع و پست‌ترین نقطه آن دشت سرخس با ۲۹۹ متر ارتفاع است، اختلاف ارتفاع ۳۰۰۰ متر و وجود کوهستان‌های سرد تا مناطق کویری و کم ارتفاع و رودخانه‌های دائمی و فصلی، مهم‌ترین علل تنوع زیستی در این استان گردیده است. تاکنون: ۲۸۵ گونه پرنده، ۶۷ گونه خزنده، ۲ گونه دوزیست، ۲۴ گونه ماهی و ۸۰ گونه پستاندار در این استان ثبت شده است (۱۴) استان خراسان رضوی دارای ۱ پارک ملی و ۳ پناهگاه حیات‌وحش، ۱۳ منطقه شکار ممنوع، ۲۱ منطقه حفاظت شده و ۳ اثر طبیعی ملی، با وسعت جمعاً ۲۴۱۱۹۴۲ هکتار است، که موارد فوق مجموعا ۲۱ درصد مساحت استان را شامل می‌شود (۱۴). طول کل راه‌های این استان ۲۰۵۸۴ کیلومتر می‌باشد که شامل ۱۱۱ کیلومتر آزادراه، ۱۱۰۰ کیلومتر بزرگراه، ۱۲۸۱ کیلومتر راه اصلی، ۳۹۴۰ کیلومتر راه فرعی، ۷۴۲۳ کیلومتر راه آسفالت روستایی، ۶۷۳۰ کیلومتر راه شوسه روستایی می‌باشد (۱۵).

[1] Wildlife corridor

جمع‌آوری اطلاعات: نقاط تلفات جاده‌ای پستانداران با استفاده از اطلاعات و گزارشات موجود در اداره کل حفاظت محیط زیست استان خراسان رضوی بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری شدند. هم‌چنین از طریق پیمایش صحرایی بین سال‌های مذکور نیز تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران به‌صورت پراکنده در ساعات مختلف (صبح، عصر و شب) ثبت گردید. در صورت مشاهده لاشه با کمک دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) موقعیت مکانی، نوع گونه و زمان آن ثبت شد.

تعیین نقاط داغ تصادفات جاده‌ای: در این مطالعه جهت تعیین نقاط پرحادثه و یا نقاط داغ تلفات جاده از تابعی به نام کرنل[1] استفاده شد (۱۶). مراحل اجرای تابع کرنل به‌صورت زیر است: انتخاب یک شبکه رستری که بر روی نقاط قرار بگیرد، تعیین شعاع یا همان پهنای باند[2] هر نقطه‌ای که داخل شعاع انتخاب شده قرار گیرد وزن آن محاسبه می‌شود. در کل نقاطی که به مرکز نزدیک‌تر باشند وزن بیش‌تری می‌گیرند و در نتیجه کمک بیشتری به تراکم کلی سلول می‌کنند، در نهایت ارزش نهایی هر سلول شبکه از طریق جمع تمامی مقادیر سطوح دایره‌ای برای هر نقطه محاسبه می‌شود. در این مطالعه شعاع بهینه با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه[3] تعیین شد. در این روش شعاع بهینه از طریق متوسط k (تعداد همسایه‌های موثر) یا متوسط نزدیک‌ترین فاصله بین نقاط همسایه تخمین زده می‌شود. برای مثال اگر dij فاصله از نقطه i تا همسایه j ام باشد، متوسط فاصله نزدیک‌ترین همسایه عبارت است از:

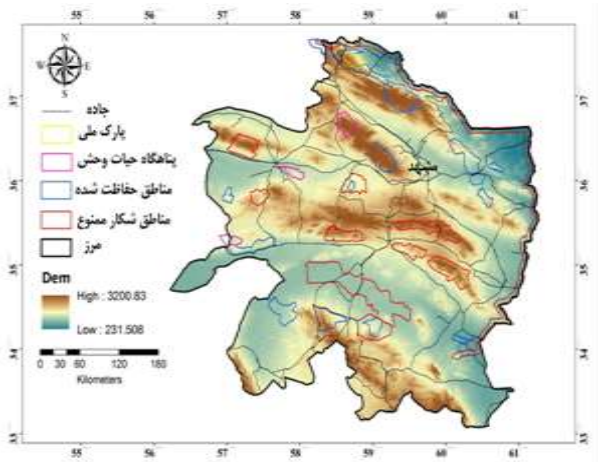
$$R = \left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ij}\right) / KN$$

برای مثال اگر k برابر ۱۰ باشد شعاع بهینه از طریق متوسط فاصله هر نقطه تا دهمین همسایه نزدیک خود تعیین می‌شود (۱۶). طبق پیشنهاد Wiliamson و همکاران برای تعیین شعاع بهینه بهتر است مقدار k برابر ۱ انتخاب شود (۱۶).

ارزیابی شدت تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران: در جاده‌ها معمولاً بخش‌هایی وجود دارد که شدت تلفات جاده‌ای در آن مناطق بسیار بیش‌تر از سایر مناطق است. برای تجزیه و تحلیل مکانی تصادفات و هم‌چنین تعیین مناطقی که شدت تصادفات در آن‌جا بالاست از آماره K-Ripley برای ارزیابی پراکنش غیرتصادفی مکان رخدادها در مقیاس‌های چندگانه استفاده می‌شود (۱۷، ۱۸ و ۱۹). تابع L، برای ارزیابی شدت تراکم در مقیاس‌های چندگانه به‌کار برده می‌شود (۱۷، ۱۹). برای محاسبه این آماره، ابتدا دایره‌ای با شعاع مشخص که نقطه مرکز آن بر روی رخداد تلفات جاده‌ای است، تعیین می‌گردد و شمار تلفات جاده‌ای داخل دایره جمع‌زده می‌شود، سپس دایره‌ای دیگر بر روی رویداد تلفات جاده‌ای بعدی، در طول مسیر جاده انداخته می‌شود و محاسبات قبلی انجام می‌شود. زمانی که تمام رویدادهای تلفات جاده‌ای به‌روش ذکر شده ارزیابی شد، نتایج جمع بسته می‌شود تا شدت تراکم ارزیابی شود. برای تعیین ارزیابی شدت تراکم از معادله زیر استفاده می‌شود (معادله ۱) (۲۰):

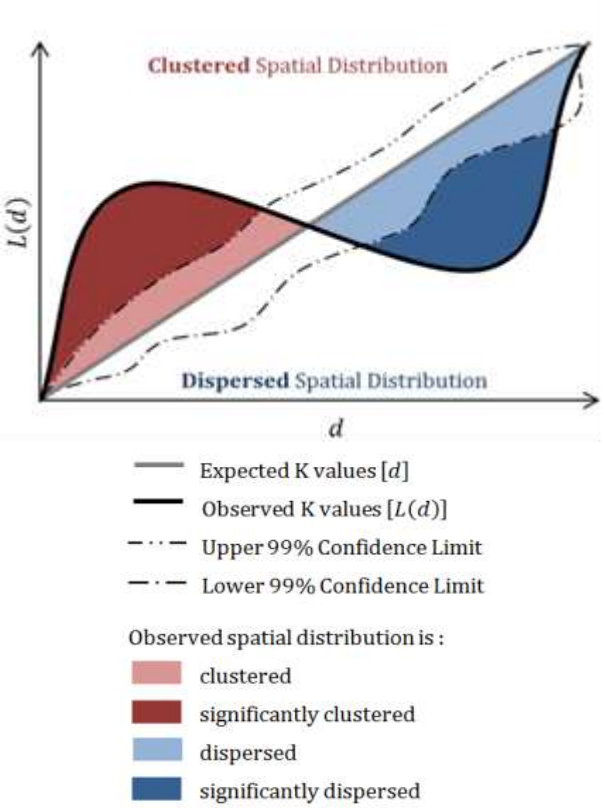
$$L(d) = \frac{\sqrt{A\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} k(i,j)}}{\pi n (n-1)}$$

در این معادله L شدت تراکم تلفات را نشان می‌دهد. n نشان‌دهنده تعداد کل مشاهدات (تعداد کل تلفات)، k تعداد رخدادها در هر بخش از جاده یا مسیر، A مساحت منطقه مورد مطالعه و d نیز نشان‌دهنده فواصل بین نقاط است. وقتی مقدار K مشاهده شده برای یک فاصله خاص بزرگ‌تر از مقدار K مورد انتظار باشد، توزیع تلفات حالت خوشه‌ای خواهد داشت که نشان‌دهنده شدت بالای تراکم تلفات است (۲۰). به‌عبارتی هنگامی که مقدار K مشاهده شده از مقدار حد بالای حدود اعتماد بیش‌تر باشد، خوشه‌بندی فضایی برای آن فاصله از نظر آماری معنی‌دار است (شکل ۲) و هنگامی‌که مقدار K مشاهده شده کوچک‌تر از مقدار حدود اعتماد پایین باشد، توزیع تلفات حالت پراکنده دارد و دیگر به‌صورت خوشه‌ای نیست که نشان‌دهنده تراکم پایین تلفات در آن بخش خواهد بود (شکل ۲). در این مطالعه کلیه جاده‌های موجود به بخش‌های یک کیلومتری طبقه‌بندی و در هر یک کیلومتر نقاط تلفات جاده‌ای ثبت شد. سپس با استفاده از آماره K-Ripley شدت تراکم تلفات در تمامی جاده‌های موجود محاسبه شد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه همراه با شبکه مناطق تحت حفاظت و جاده‌های اصلی موجود در استان خراسان رضوی

[1] Kernel Density
[2] Band width
[3] Nearest Neighbor Distance



شکل ۲: پلات K-Ripley. در این شکل تابع L شدت تراکم تلفات را برای فواصل مختلف در سطح جاده نشان می‌دهد. مطابق این شکل هنگامی که مقدار K بالاتر از حدود اعتماد بالا (۹۹ درصد) باشد در این بخش تلفات به‌صورت خوشه‌ای خواهد بود که نشان‌دهنده شدت بالای تلفات در آن بخش است و هنگامی‌که مقدار K پایین‌تر از حدود اعتماد پایین (۹۹ درصد) باشد در آن منطقه خوشه نخواهد بود و نقاط تلفات حالت پراکنده خواهند داشت (۲۰)

اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران: در این مطالعه به‌منظور اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات جاده‌ای پس از تعیین مناطق داغ محدوده‌های داغ تلفات جاده‌ای با مقادیر ارزش کرنل بیش‌تر از ۲۵ درصد در محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شد (۲۱) و مناطق داغی که ارزش کرنل آن‌ها بیش‌تر از ۲۵ درصد بود در طبقه ۱ و مناطقی که ارزش کرنل آن‌ها زیر ۲۵ درصد بود در طبقه صفر قرار گرفتند (۲۱). به‌کمک این کار می‌توان مناطق داغ را به‌صورت دقیق استخراج نمود. سپس از سه شاخص (تنوع گونه‌های تلف شده، غنای گونه‌ای و فراوانی حضور گونه‌های در معرض خطر انقراض (گونه‌های که وضعیت حفاظتی آن‌ها مطابق با ارزیابی IUCN نزدیک به تهدید (NT)، آسیب‌پذیر (VU)، در معرض خطر (EN) و در آستانه انقراض (CR) به‌منظور اولویت‌بندی محدوده‌های داغ تلفات جاده‌ای استفاده شد (۲۲). این اولویت‌بندی به مدیران کمک می‌کند تا پس از شناسایی مناطق داغ بتوانند مناطقی را که اولویت بالایی جهت راهکارهای اجرایی به‌منظور کاهش تلفات دارند شناسایی کنند. به‌منظور تعیین تنوع گونه‌های تلف‌شده از شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر[1] (معادله ۱) و هم‌چنین غنای گونه‌های تلف شده در هر محدوده داغ از شاخص غنای گونه‌ای مارگالف[2] (معادله ۲) استفاده شد (۲۲).

معادله (۱) $$H = -\sum_{i=1}^{s} P_i \times log_2 \ P_i$$

در این معادله H شاخص تنوع شانون-وینر، S تعداد گونه‌ها و P_i فراوانی نسبی گونه i ام است.

معادله (۲) $$R_{mg} = \frac{S-1}{LN\,(N)}$$

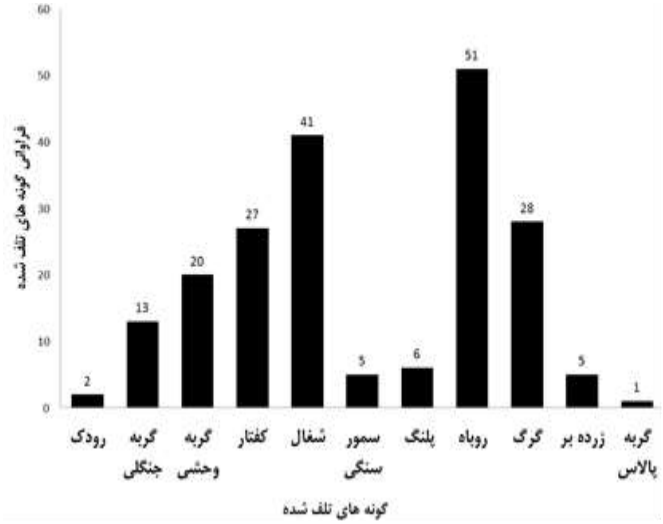
در این معادله R_{mg} شاخص غنای گونه‌ای مارگالف، S تعداد کل گونه‌ها و N نشان‌دهنده تعداد افراد است. در این مطالعه محدوده‌هایی که تنوع و غنای گونه‌ای بیش‌تری دارند اولویت بالایی دارند. هم‌چنین براساس وضعیت حفاظتی گونه‌ها در هر محدوده به هر طبقه حفاظتی یک وزن داده شد که نشان‌دهنده ارزش طبقه حفاظتی است. به همین منظور گونه‌هایی که وضعیت حفاظتی آن‌ها نزدیک به تهدید (NT)، آسیب پذیر (VU)، در معرض خطر (EN) و در آستانه انقراض (CR) باشند به‌ترتیب امتیاز ۱، ۲، ۳ و ۴ خواهند گرفت. اگر در هر محدوده داغ تلفات جاده‌ای بیش از یک گونه وجود داشت که در طبقات حفاظتی بیان شده وجود داشتند در مجموع امتیاز طبقات با یکدیگر جمع خواهد شد و آن به‌عنوان ارزش‌نهایی آن طبقه محاسبه خواهد شد (۲۳).

نتایج

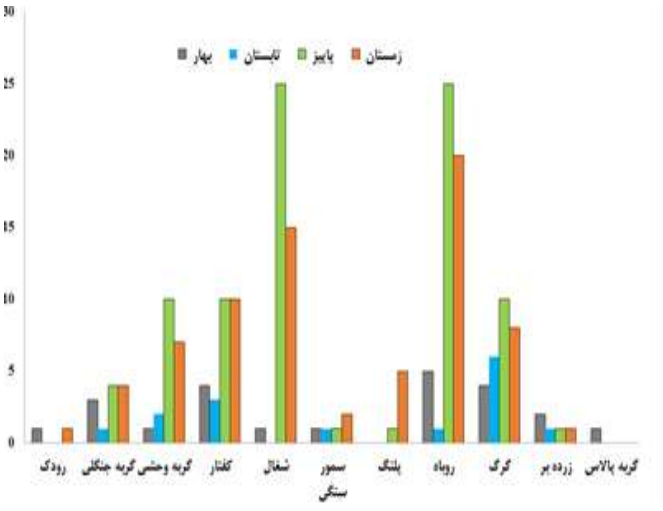
در طول دوره مطالعه در مجموع ۱۹۹ تلفات پستانداران گوشت‌خوار در مناطق تحت حفاظت استان خرسان رضوی ثبت شد که مربوط به ۱۱ گونه جانوری متعلق به خانواده سگ‌سانان (روباه معمولی، گرگ، شغال)، خانواده کفتارها (کفتار)، خانواده راسوها (سمور سنگی و زرده بر و رودک)، خانواده گربه‌سانان (پلنگ، گربه جنگلی، گربه وحشی و گربه پالاس) (شکل ۳). بیش‌ترین تعداد تلفات در این مطالعه به‌ترتیب مربوط به روباه معمولی (۲۵/۸٪)، شغال (۲۰/۷٪)، گرگ (۱۴/۱۵٪)، کفتار (۱۳/۶٪) و گربه وحشی (۱۰/۱٪) بود که در مجموع ۱۶۷ مورد از تصادفات ثبت شده (۸۴/۳۴٪) را شامل می‌شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بیش‌تر تلفات جاده‌ای برای تمامی گونه‌ها به‌ترتیب در فصل‌های پاییز، زمستان، تابستان و بهار رخ داده

[1] Shannon–Wiener index
[2] Margalef's index

است (شکل ۴). هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان داد که بیش‌تر محدوده‌های داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در مرکز و شمال استان خراسان رضوی واقع شده است (شکل ۵). خروجی آماره K-ripley نشان داد که با افزایش فاصله از جاده حالت خوشه‌ای نقاط که نشان‌دهنده تجمع نقاط تلفات و به‌عبارتی مناطق داع تلفات است افزایش پیدا خواهد کرد به‌طوری‌که در هر جاده در فواصل ۱ تا ۸ کیلومتری جاده‌ها در درون محدوده‌های داغ بیش‌ترین شدت تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران وجود دارد (شکل ۶).

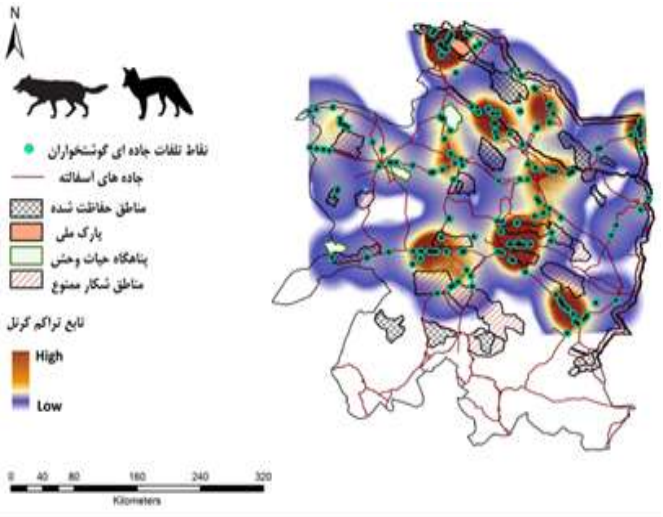


شکل ۳: فراوانی گوشت‌خوران تلف شده در اثر برخورد با وسایل نقلیه در جاده‌های موجود در استان خراسان رضوی

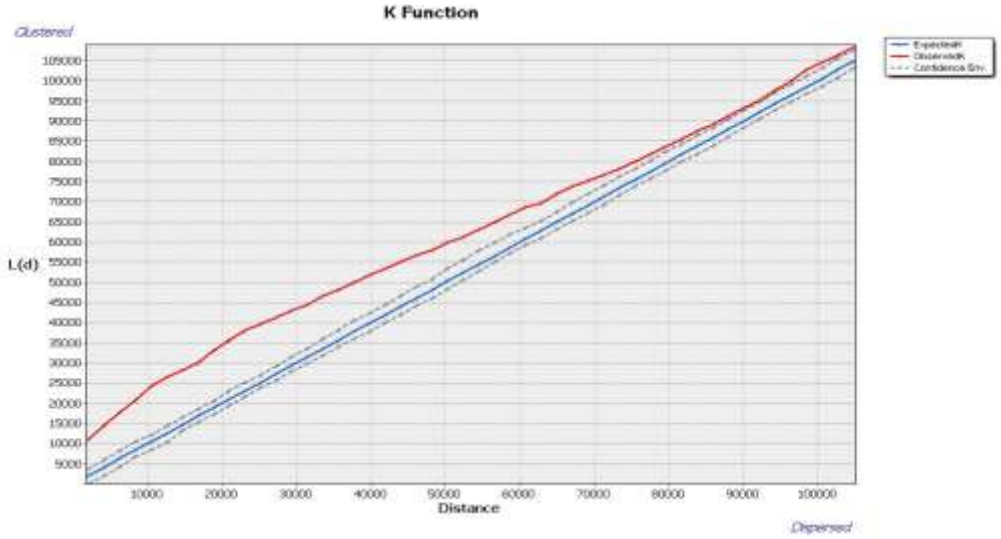


شکل ۴: فراوانی گوشت‌خوران تلف شده در اثر برخورد با وسایل نقلیه در جاده‌های موجود در استان خراسان رضوی به تفکیک فصل

ازفاصله ۸ تا ۱۰ کیلومتری‌درهر بخش ازجاده‌های مورد مطالعه حالت خوشه‌ای تلفات یا تجمع نقاط تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران کم‌تر مشاهده می‌گردد و به‌عبارتی شدت تلفات پایین است (شکل ۶). نتایج نشان می‌دهد که تنها ۱۲/۵۸ ٪ از مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در درون مناطق حفاظت شده قرار دارد و ۸۷/۴۲ ٪ از مناطق داغ در خارج از مناطق حفاظت شده قرار دارد (جدول ۱). نتایج اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات جاده‌ای نشان داد که منطقه داغ شماره ۱ که بالاترین امتیاز را دارد در شمال استان واقع شده است (جدول ۲ و شکل ۷). این منطقه دارای وسعت ۲۴۳۰/۵۳ کیلومتر مربع، ۲۱ فرد و ۱۰ گونه تلف شده (۲ شغال، ۴ روباه، ۱ گرگ، ۴ گربه‌وحشی، ۲گربه‌جنگلی، ۱گربه‌پالاس، ۲ پلنگ، ۲ کفتار، ۲ سمور سنگی و ۱ زرده بر) است (جدول ۲ و شکل ۷). این منطقه دارای بیش‌ترین تنوع (H=۲/۱۸) و غنای گونه‌ای (R=۲/۹۶) است. منطقه با اولویت دوم نیز در شمال‌غرب استان واقع شده است و دارای وسعت ۱۸۵۰/۴۷کیلومتر مربع، ۹ فرد متعلق به ۶ گونه (۲ روباه، ۲ گرگ، ۱ گربه وحشی، ۱ گربه جنگلی، ۲ پلنگ و ۱ کفتار) است (جدول ۲ و شکل ۶). هم‌چنین این منطقه به لحاظ تنوع(H=۱/۷۳) و غنای گونه‌ای (R=۲/۱۷) نیز در رتبه دوم در بین مناطق داغ تلفات جاده‌ای قرار دارد (جدول ۲). منطقه با اولویت سوم نیز با وسعت ۳۷۳۰/۳۳ کیلومتر مربع در شرق استان قرار دارد. این منطقه با تلفات ۱۹ فرد متعلق به ۷ گونه (۱ زرده بر، ۷ شغال، ۳ کفتار، ۳ روباه، ۱ گرگ، ۲ گربه وحشی و ۲ گربه جنگلی) از تنوع (H=۱/۷۳) و غنای (R=۲/۰۲) بالایی برخوردار است (جدول ۲ و شکل ۶).



شکل ۵: مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در استان خراسان رضوی



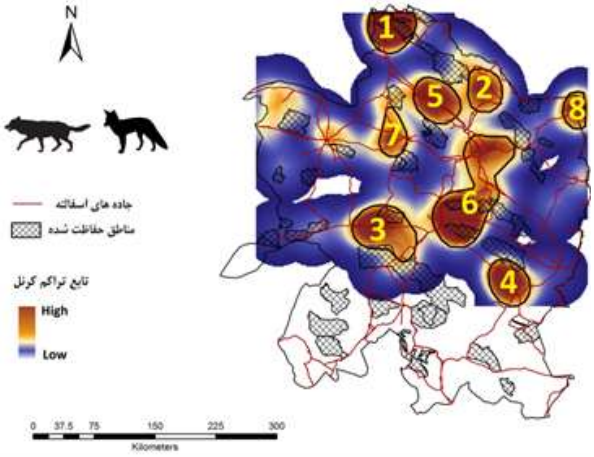
شکل۶: خروجی آماره K-ripley. در این شکل محور عمودی نشان‌دهنده شدت تراکم تلفات و محور افقی نشان‌دهنده فاصله بین نقاط تلفات است. خط آبی نشان‌دهنده K مورد انتظار و خط قرمز نشان‌دهنده K مشاهده شده است و خطوط مشکی نشان‌دهنده حدود اطمینان بالا و پایین این تابع است (حدود اطمینان ۹۵ درصد) و بخش‌هایی از تابع L که در بخش فوقانی حدود اطمینان قرار دارند نشان‌دهنده بخش‌هایی از جاده با تراکم تلفات جاده‌ای بالا هستند و بخش‌هایی از تابع که در بخش زیرین حدود اطمینان پایین قرار دارد نشان‌دهنده بخش‌هایی از جاده با کم‌ترین تراکم تلفات جاده‌ای است.

جدول ۱: وسعت مناطق حفاظت شده، وسعت مناطق داغ تلفات جاده‌ای و درصد هم‌پوشی مناطق داغ تلفات با مناطق حفاظت شده

وسعت مناطق حفاظت شده	وسعت مناطق داغ	درصد هم‌پوشی مناطق داغ تلفات با مناطق حفاظت شده	درصدی مناطق داغ تلفات خارج از مناطق حفاظت شده
۲۱۳۷۸/۸۶	۲۲۳۴۱/۶۹	۱۲/۵۷	۸۷/۴۲

جدول ۲: اولویت‌بندی لکه‌های داغ تلفات جاده‌ای براساس مساحت لکه، تعداد گونه‌های تلف شده در هر لکه، گونه‌های تلف شده در هر لکه و وضعیت حفاظتی گونه‌های تلف شده در هر لکه

اولویت مناطق داغ	وسعت مناطق داغ (کیلومتر مربع)	فراوانی گونه‌های تلف شده	گونه‌های تلف شده	رتبه حفاظتی	تعداد گونه‌های، تهدید شده، آسیب‌پذیر و در معرض خطر انقراض	غنای گونه‌ای	تنوع گونه
۱	۲۴۳۰/۵۳	۲۱	شغال (۲)، روباه (۴)، گرگ (۱)، گربه وحشی (۴)، گربه جنگلی (۲)، گربه پالاس (۱)، پلنگ (۲)، کفتار (۲)، سمور سنگی (۲)، زرده بر (۱)	۶	کفتار راه راه (NT)، پلنگ (EN)، زرده بر (VU)	۲/۹۶	۲/۱۸
۲	۱۸۵۰/۴۷	۹	روباه (۲)، گرگ (۲)، گربه وحشی (۱)، گربه جنگلی (۱)، پلنگ (۲)، کفتار (۱)،	۴	کفتار راه راه (NT)، پلنگ (EN)	۲/۱۷	۱/۷۳
۳	۳۷۳۰/۳۳	۱۹	زرده بر (۱)، شغال (۷)، کفتار (۳)، روباه (۳)، گرگ (۱)، گربه وحشی (۲)، گربه جنگلی (۲)	۳	زرده بر (VU) ،کفتار راه راه (NT)،	۲/۰۲	۱/۷۳
۴	۲۲۵۶/۶۳	۱۴	شغال (۳)، روباه (۵)، گرگ (۲)، گربه وحشی (۱)، کفتار (۱)، سمور سنگی (۲)	۳	زرده بر (VU)، کفتار راه راه (NT)،	۱/۹۲	۱/۶۳
۵	۲۴۵۹/۷۷	۱۳	گرگ (۵)، روباه (۴)، کفتار (۱)، گربه وحشی (۲)	۱	زرده بر (VU) ،کفتار راه راه (NT)،	۱/۶۰	۱/۵۴
۶	۷۱۲۵/۹۶	۳۷	روباه (۱۱)، شغال (۱۰)، گرگ (۷)، کفتار (۴)، گربه وحشی (۱)، سمور سنگی (۱)	۱	کفتار راه راه (NT)،	۱/۳۸	۱/۵۱
۷	۱۴۵۴/۳۲	۸	شغال (۳)، روباه (۱)، گرگ (۱)، کفتار (۳)	۱	کفتار راه راه (NT)،	۱/۴۴	۱/۲۵
۸	۱۰۳۳/۶۴	۹	شغال (۱)، روباه (۱)، گربه وحشی (۲)، گربه جنگلی (۵)	۰	۰	۱/۴۲	۱/۱۴



شکل ۷: اولویت‌بندی مناطق داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در استان خراسان رضوی براساس تنوع و غنای گونه‌های تلف شده و وضعیت حفاظتی گونه‌های تلف شده

در این تصویر تنها مناطق با ارزش بالای ۲۵ درصد از تابع کرنل به‌عنوان طبقه ۱ (مناطق داغ) در نظر گرفته شده است.

بحث

بررسی تلفات جاده‌ای گوشت‌خوران در استان خراسان رضوی نشان داد که جاده‌های این استان در طی یک‌دوره ۱۰ ساله طیف متنوعی از گوشت‌خواران را تحت تاثیر قرار داده است. مطابق بررسی‌های صورت گرفته ۱۹۹ تلفات جاده‌ای در این استان بین سال‌های مورد مطالعه ثبت شد که این آمار احتمال زیاد به‌دلیل عدم مشاهده به موقع لاشه گوشت‌خواران و عدم حضور بعد از تلفات (جابجایی لاشه توسط رانندگان و حتی لاشه‌خواران مانند کفتار) و هم‌چنین وسعت منطقه مورد مطالعه بیش‌تر از این میزان است. روباه، شغال، گرگ و کفتار بیش‌ترین تعداد تلفات را در بین گوشت‌خواران در منطقه مورد مطالعه داشتند. فراوانی تلفات جاده‌ای به رفتار گونه‌ها و فراوانی آن‌ها در منطقه بستگی دارد (۲۴). مطابق گزارشات موجود در اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خراسان رضوی گونه‌هایی از قبیل روباه، شغال و گرگ از گونه‌های فراوان استان خراسان رضوی هستند. به‌همین دلیل فراوانی بالای تلفات آن‌ها می‌تواند با فراوانی آن‌ها در منطقه ارتباط داشته باشد. به‌عنوان مثال نتایج همامی و همکاران در پارک ملی گلستان نشان داد که بیش‌ترین تلفات جاده‌ای مربوط به گراز، روباه و شغال بوده است که با فراوانی بالای آن‌ها در پارک ملی گلستان مرتبط بوده است (۲۵). به‌علاوه، ۳ گونه گرگ، شغال و روباه معمولی به‌دلیل رژیم غذایی همه‌چیزخواری (۸) به سکونت‌گاه‌های انسانی نزدیک می‌شوند و اطراف جاده‌ها و نزدیک سکونتگاه‌های انسانی منابع غذایی مناسبی برای آن‌ها وجود دارد (۹) و این امر می‌تواند تلفات جاده‌ای آن‌ها را افزایش دهد. به‌همین مطابق نتایج به‌دست آمده در این مطالعه بخش عمده‌ای از مناطق داغ تلفات جاده‌ای در خارج از مناطق حفاظت شده قرار دارد. هم‌چنین مطالعه دیگری در کشور پرتغال توسط Grilo و همکاران نشان داد بیش‌ترین تعداد تلفات جاده‌ای ثبت شده در این کشور مربوط به روباه معمولی بوده است که به فراوانی بالای این گونه در آن منطقه نسبت داده شده است (۲۶). هم‌چنین تلفات جاده‌ای کفتار به‌دلیل رفتار لاشه‌خواری و هم‌چنین به سبب احتمال وجود جانوران کشته شده در روی جاده، لاشه‌خوارانی هم‌چون کفتار راه راه را به جاده جذب و امکان مرگ و میر آن‌ها در اثر برخورد با وسایل نقلیه افزایش پیدا خواهد کرد (۲۷). کاهش چشمگیر جمعیت کفتارها در ایران اغلب به‌دلیل استفاده از طعمه مسموم، کشتن مستقیم توسط انسان و تصادفات جاده‌ای است (۸، ۲۷ و ۱۲). بنابراین فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین دلیل مرگ و میر کفتار محسوب می‌شود. بیش‌تر تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در فصول پاییز و زمستان رخ داده است. در فصول پاییز و زمستان گوشت‌خواران به‌دلیل جفت‌یابی مجبور به جابه‌جایی‌های زیادی هستند به‌همین دلیل احتمال عبور آن‌ها از جاده نیز بالا است. به‌عنوان نمونه Farhadinia و همکاران نشان دادند که یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) صدها کیلومتر بین مناطق حفاظت شده مختلف در استان یزد (پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاه کوه، پناه‌گاه حیات‌وحش دره انجیر، منطقه حفاظت شده بافق و منطقه شکار ممنوع آریز) جابه‌جا شده است که این امر نشان‌دهنده جابه‌جایی بالای آن‌ها به‌ویژه در فصول پاییز و زمستان است (۱۱). هم‌چنین یافته‌های Mohammadi و همکاران نشان داده است که اغلب تلفات جاده‌ای یوزپلنگ در کشور ایران در فصول پاییز و زمستان صورت گرفته است (۸). تعیین نقاط داغ تلفات جاده‌ای حیات‌وحش این امکان را به مدیران می‌دهد تا با توجه به بودجه و منابع محدود بتوانند راهکارهای کاهش تلفات جاده‌ای را در مناطق داغ اجرا کنند (۲۸، ۲۹ و ۳۰). در این مطالعه علاوه بر تعیین نقاط داغ تلفات جاده‌ای گوشت‌خواران در استان خراسان رضوی، کلیه مناطق داغ تلفات جاده‌ای نیز براساس تنوع و غنای گونه‌های تلف شده و امتیاز حفاظتی به‌منظور افزایش کارایی حفاظتی و تسریع در شناسایی مناطق بحرانی و اجرای راهکارهای عملیاتی اولویت‌بندی شدند. تابع تراکم کرنل براساس تعداد تلفات در شعاع مشخصی مناطق داغ را شناسایی می‌کند، به‌همین دلیل ارزش مناطق داغ تنها براساس تعداد تلفات صورت می‌گیرد (۳۱). به‌همین دلیل ارزش حفاظتی گونه‌ها در این روش نادیده گرفته می‌شود و به عنوان مثال ارزش منطقه‌ای که تلفات جاده‌ای روباه در آن بالاست با ارزش منطقه‌ای که تلفات گونه در معرض خطری مانند پلنگ در آن بالاست مشابه تشخیص داده می‌شود. به‌همین منظور

می‌توان به استفاده از راهکار مورد استفاده در این مطالعه مناطق داغ شناسایی شده توسط این تابع را نیز برای تسریع در اجرای راهکارها اولویت‌بندی نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که از هشت منطقه داغ شناسایی شده در استان خراسان رضوی، مناطق داغ با اولویت‌در شمال و بخش‌های مرکزی و غربی این استان واقع شده‌اند که اغلب تلفات گونه‌های در معرض خطر هم‌چون پلنگ، زرده بر و کفتار در این مناطق صورت گرفته است. جهت بررسی اثر جاده نیاز است مطالعات بیش‌تری در خصوص اندازه جمعیت و الگوی پراکنش گونه‌های جانوری صورت پذیرد و آمار تلفات جاده‌ای تمامی گونه‌های جانوری به‌صورت منظم ثبت شود. هم‌چنین شناسایی عوامل محیطی موثر بر تعداد و الگوی تصادفات و هم‌چنین کریدورهای زیستگاهی به‌ویژه کریدورهای زیستگاهی گونه‌های در معرض خطر می‌تواند به اتخاذ راهکارهایی مناسب جهت کاهش تلفات جاده‌ای کمک کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند از زحمات اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خراسان‌رضوی خاصه سروران محیط‌بان و کارشناس این اداره؛ آقایان موسی امت محمدی، محسن جهانپور، مدثر تیموری، حمیدرضا عظیم‌پور، حسین اصلاحی، امید ذوالفقاری و مجتبی خالقی‌پور به‌دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های تلفات جاده‌ای و هم‌چنین از خانم مهندس فاطمی‌زاده درخصوص همکاری در نگارش علمی این مقاله تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. **Coffin, A.W., 2007.** From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. Journal of Transport Geography. 15(5): 396-406.
2. **Laurance, W.F. and Goosem, S.G.W., 2009.** Laurance, Impacts of roads و linear clearings on tropical forests. Trends in Ecology & Evolution. 24(12): 659-669.
3. **Silva, I.; Crane, M. and Savini, T., 2020.** High roadkill rates in the Dong Phayayen-Khao Yai World Heritage Site: conservation implications of a rising threat to wildlife. Animal Conservation.
4. **Holderegger, R. and Giulio, M., 2010.** The genetic effects of roads: A review of empirical evidence. Basic و Applied Ecology. 11: 522-531. Doi: 10.1016/j.baae.2010.06.006.
5. **Pinto, F.A.; Clevenger, A.P. and Grilo, C., 2020.** Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. Environmental Impact Assessment Review. 81: 106337.
6. **Renner, J.D., 2020.** Evaluating Structure Class, Construction Effects on Wildlife Use of Road Underpasses.
7. **Moqanaki, E.M. and Cushman, S.A., 2017.** All roads lead to Iran: Predicting and scape connectivity of the last stronghold for the critically endangered Asiatic cheetah. Animal Conservation. 20(1): 29-41.
8. **Mohammadi, A.; Almasieh, K.; Clevenger, A.P.; Fatemizadeh, F.; Rezaei, A.; Jowkar, H. and 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.
9. **Mohammadi, A.; Almasieh, K. and Adibi, M.A., 2018.** Identifying the hotspots of wildlife–vehicle collision at Touran Biosphere Reserve. Journal of animal Environmental. 9(4): 11-18. (In Persian)
10. **Rashidi, M.; Chamani, A. and Moshtaghie, M., 2018**. Investigating the effect of roads on diversity and abundance of different species of birds (Case study: Zayandeh rood Park, Isfahan). Journal of animal Environmental. 10(4): 179-186. (In Persian)
11. **Farhadinia, M.S.; Akbari, H.; Mousavi, S.J.; Eslami, M.; Azizi, M.; Shokouhi, J. and Hosseini-Zavarei, F., 2013.** Exceptionally long movements of the Asiatic cheetah Acinonyx jubatus venaticus across multiple arid reserves in central Iran. Oryx. 47(3): 427-430.
12. **Mohammadi, A. and 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: 103-109. Doi: 10.26077/0xjd-az08.
13. **Malo, J.; Suarez, F. and Diez, A., 2004.** Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? Journal of Applied Ecology. 41: 701-710. Doi: 10.1111/j.0021 8901.2004.00929.x.
14. **Jafarzadeh Jesmani, Z. and Farashi, A., 2017.** Investigation of threatening factors in protected areas of Khorasan Razavi province. Comprehensive Conference on Agriculture, Natural Resources and Sustainable Environment. Kosha Gostar Conference Center. (In Persian)
15. **Management and Planning Organization of Khorasan Razavi Province. 2017.** Country Plan and Budget Organization. Statistical yearbook system of 2017. 472 p. (In Persian)
16. **Williamson, D.; McLafferty, S.; Goldsmith, V.; Mollenkopf, J. and McGuire, P., 1998.** new methods for determining the bandwidth in Kernel estimation. ESRI International User Conference. 18: 27-31.
17. **Levine, R., 2004.** Finance و Growth: Theory و Evidence. National Bureau of Economic Research, Inc. NBER Working Papers. 10766 p.
18. **Cressie, N.A.C., 1993.** Statistics for Spatial Data. In Statistics for Spatial Data, Cressie, N.A.C. (Ed.).
19. **Ripley, C., 1981.** Actions. Philosophical Books. 22: 161-162.
20. **Lentz, J.A., 2012.** Developing A Geospatial Protocol for Coral Epizootiology.
21. **Cushman, S.A.; Elliot, N.B.; Bauer, D.; Kesch, K.; Bahaa-el-din, L.; Bothwell, H. and Loveridge, A.J., 2018.** Prioritizing core areas, corridors and conflict hotspots for lion conservation in southern Africa. PloS one. 13(7): e0196213.
22. **Krebs, C.J., 1989.** Ecological methodology (No. QH541. 15. S72. K74 1999.). New York: Harper & Row.
23. **Bager, A. and Rosa, C.A.D., 2010.** Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. Biota Neotropica. 10(4): 149-153.
24. **Barthelmess, E. and Brooks, M., 2010.** The influence of body-size and diet on road-kill trends in mammals. Biodiversity and Conservation. 19: 1611-1629. Doi: 10.1007/s10531-010-9791-3.
25. **Hemami, M.R.; Seliari, J. and Esmaili, S., 2017.** Diversity and Pattern of Wildlife Roadkills in Golestan National Park. Journal of Environmental Researches. 7(14): 215-224. (In Persian)
26. **Grilo, C.; Bissonette, J.A. and Santos-Reis, M., 2009.** Spatial temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. 142: 301-313.
27. **Tourani, M.; Moqanaki, E.M. and Kiabi, B.H., 2012.** Vulnerability of Striped Hyaenas, *Hyaena hyaena*, in a human-dominated and scape of Central Iran. Zoology in the Middle East. 56(1): 133-136.
28. **Bíl, M. and rášik, R., 2020.** The effect of wildlife carcass underreporting on KDE+hotspots identification & importance. Journal of Environmental Management. 275: 111254.
29. **Laliberté, J. and St-Laurent, M.H., 2020.** In the wrong place at the wrong time: moose and deer movement patterns influence wildlife-vehicle collision risk. Accident Analysis & Prevention. 135: 105365.
30. **Morelli, F.; Benedetti, Y. and Delgado, J.D., 2020.** A forecasting map of avian roadkill-risk in Europe: A tool to identify potential hotspots. Biological Conservation. 249: 108729.
31. **Silverman, B.W., 1986.** Density Estimation for Statistics, Data Analysis. Chapman & Hall, London.