

Original Article



Identification and assessment of Iran's Threatened national parks based on the spatial structure patterns of roads

Received: 2024.12.01
Accepted: 2025.03.30

Farid Shahidinejad,¹ Afshin Danehkar,^{1*} Afshin Alizadeh Shabani,¹
Parvaneh Sobhani²

¹ Department of
Environmental Science,
Faculty of Natural
Resources, University of
Tehran, Karaj, Iran

² Department of
Environmental Science,
Natural Resources Faculty,
Lorestan University,
Khorramabad, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The increase in road networks passing through wildlife habitats has significantly threatened populations in ecologically sensitive areas, especially in national parks. The development of road networks and their effects on the increasing loss of animal species are among the major challenges that have severely threatened biodiversity in these protected areas. Accordingly, identifying the spatial structure pattern of roads and their effects on wildlife habitats is of great importance. Therefore, in the present study, with the aim of investigating the impact of roads on Iran's national parks, the general characteristics of roads in national parks, the spatial structure pattern of roads, and the effective indicators of roads on wildlife-vehicle collisions were investigated.

Materials and Methods: To assess the impact of roads on national parks, a list of 4 main criteria, 16 sub-criteria, and 17 indices was prepared based on previous studies and expert opinions. A semi-closed Delphi method was used for scoring and prioritizing the indices, with data collected from 15 experts in the field, including environmental protection consultants and managers, environmental activists, and university faculty members. Spatial data, including protected area maps and road layers, were obtained from the Department of the Environment and the Road Maintenance and Transportation Organization and were analyzed in GIS. National parks were evaluated based on criteria such as road length and type, climate, slope, road density, and spatial structure pattern of roads. Slope classification was divided into six categories, and road spatial patterns were classified into three classes: linear, branching, and network types.

Results and Discussion: The results showed that the criterion "road characteristics," the sub-criterion "physical structure of roads," and the index "road network pattern" had the highest importance. Out of the 32 national parks in Iran, only 11 parks have four different types of roads (freeways, highways, main roads, and secondary roads). According to the findings, roads in all 11 national parks have a linear structure, either passing through the park's edge or center. Roads in Arasbaran, Khojir, Kantal, and Kiasar national parks are linear along the edge, while roads in Urumia and Dez national parks pass through the center. In Bamu, Kolah-Qazi, Golestan, and Nayband national parks, both edge and center road patterns exist. The results also showed that Golestan National Park has the longest road length, while Arasbaran has the shortest. The average road density was 0.89 meters per hectare, with Kantal Park showing the highest density and Urumia Park the lowest. Screening of the national parks based on the criteria and road spatial structure patterns indicated that Dez, Urumia, Golestan, Bamu, Kolah-Qazi, and Nayband national parks are the most threatened by road development.

Conclusion: According to the results, the spatial structure pattern of roads and the factors influencing them can play a significant role in national parks and wildlife habitats in these areas. Therefore, reducing road density, rerouting some roads to the edges of parks, utilizing wildlife bridges and underpasses, and implementing restrictive policies regarding infrastructure development can help to improve the condition of national parks and wildlife safety.

Keywords: Spatial structure of roads, Wildlife-vehicle collisions, Habitat threats, Protected areas, Road networks

How to cite this article:
Shahidinejad, F., Danehkar,
A., Alizadeh Shabani, A.
and Sobhani, P., 2025.
Identification and
assessment of Iran's
threatened national parks
based on the spatial
structure patterns of roads.
Adv. Environ. Sci.
23(1):211-228.

* Corresponding Author Email Address: danehkar@ut.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237735.1463



شناسایی و ارزیابی پارک‌های ملی در معرض تهدید بر اساس الگوی ساختار فضایی جاده‌ها

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۰

فرید شهیدی نژاد^۱، افشین دانه‌کار^{۱*}، افشین علیزاده شعبانی^۱، پروانه سبحانی^۲^۱ گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران^۲ گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: افزایش خطوط جاده‌ای و عبور آن‌ها از درون زیستگاه‌های حیات‌وحش به یکی از عوامل تهدیدکننده جمعیت در مناطق حساس زیستی، به‌ویژه پارک‌های ملی تبدیل شده است. توسعه شبکه جاده‌ای و اثرات آن بر افزایش تلفات گونه‌های جانوری، از عمده‌ترین چالش‌هایی می‌باشد که حیات گونه‌ها را به شدت مورد تهدید قرار داده است. براین اساس، شناسایی ساختار الگوی فضایی جاده‌ها و اثر آن بر زیستگاه حیات وحش از اهمیت بالایی برخوردار است. ازاین‌رو، در مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر راه‌ها بر پارک‌های ملی کشور به شناسایی ویژگی‌های عمومی راه‌ها در پارک‌های ملی، الگوی ساختار فضایی راه‌ها و همچنین شاخص‌های مؤثر راه بر تصادفات جاده‌ای حیات وحش پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: برای ارزیابی تأثیر راه‌ها در پارک‌های ملی، فهرستی شامل ۴ معیار اصلی، ۱۶ زیرمعیار و ۱۷ شاخص بر اساس مطالعات پیشین و نظرات متخصصان تهیه شد. برای امتیازدهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها از روش دلفی نیمه‌بسته استفاده شد و داده‌ها از طریق پرسشگری از ۱۵ فرد از متخصصان این حوزه شامل مشاوران و مدیران سازمان حفاظت محیط زیست، کارشناسان و فعالان محیط زیستی و اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها جمع‌آوری شد. داده‌های مکانی شامل نقشه‌های مناطق حفاظت‌شده و لایه‌های راه‌ها از سازمان محیط زیست و سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای تهیه و در محیط GIS تحلیل شدند. همچنین پارک‌های ملی بر اساس معیارهایی همچون طول و نوع راه‌ها، اقلیم، شیب، تراکم، و ساختار فضایی جاده‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. طبقه‌بندی شیب در شش دسته و الگوهای ساختار فضایی جاده‌ها در سه نوع خطی، انشعابی و شبکه‌ای انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که معیار "ویژگی‌های راه‌ها"، زیرمعیار "ساختار فیزیکی راه" و شاخص "الگوی شبکه‌ای راه‌ها" بیشترین ضریب اهمیت را دارا می‌باشند. از ۳۲ پارک ملی ایران، تنها ۱۱ پارک از چهار دسته مختلف راه (آزادراه، بزرگراه، راه اصلی و فرعی) برخوردارند. براساس نتایج، جاده‌ها در هر ۱۱ پارک ملی دارای ساختار خطی هستند که از حاشیه یا از میانه پارک عبور می‌کنند. جاده‌ها در پارک‌های ارسباران، خبر، خجیر، کنتال و کیاسر از نوع خطی در حاشیه، در پارک‌های ارومیه و دز از نوع خطی در میانه و در پارک‌های بمو، کلاه‌قازی، گلستان و نایبند دارای هردو الگوی راه خطی در حاشیه و میانه هستند. بررسی راه‌ها نیز نشان داد که بیشترین طول راه مربوط به پارک ملی گلستان و کمترین طول راه به پارک ملی ارسباران اختصاص دارد. همچنین میانگین تراکم راه‌ها ۰/۸۹ متر در هکتار بوده که پارک کنتال بیشترین تراکم و پارک ارومیه کمترین میزان تراکم راه را نشان دادند. نتایج غربال‌گری پارک‌های ملی کشور نیز، بر اساس معیارها و الگوی ساختار فضایی راه‌ها نشان داد که پارک‌های ملی دز، ارومیه، گلستان، بمو، کلاه‌قازی و نایبند، از مهمترین پارک‌های در معرض تهدید توسعه‌جاده‌ای هستند.

نتیجه‌گیری: مطابق نتایج به‌دست آمده الگوی ساختار فضایی جاده‌ها و عوامل مؤثر بر آن می‌تواند نقش مهمی بر پارک‌های ملی و زیستگاه حیات وحش در این مناطق داشته باشد. ازاین‌رو کاهش تراکم راه‌ها، تغییر مسیر برخی از جاده‌ها به حاشیه پارک‌ها، استفاده از پل‌ها و گذرگاه‌های حیات وحش و اعمال سیاست‌های محدودکننده در خصوص توسعه زیرساخت‌ها می‌تواند به ارتقاء وضعیت پارک‌های ملی و ایمنی حیات وحش کمک نماید.

واژگان کلیدی: ساختار فضایی راه‌ها، تصادفات جاده‌ای حیات وحش، تهدید زیستگاه، مناطق تحت حفاظت، شبکه دسترسی جاده‌ای

استناد به این مقاله: شهیدی‌نژاد، ف.، ا. دانه‌کار، ا. علیزاده شعبانی و پ. سبحانی. ۱۴۰۴. شناسایی و ارزیابی پارک‌های ملی در معرض تهدید بر اساس الگوی ساختار فضایی جاده‌ها. فصلنامه علوم محیطی نوین. ۲۲۸-۲۱۱: (۱) ۲۳.

* Corresponding Author Email Address: danehkar@ut.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2025.237735.1463



مقدمه

اثرات فعالیت‌های انسانی بر سیمای سرزمین منجر به تغییر اکوسیستم‌ها و تهدید گونه‌های گیاهی و جانوری در زیستگاه‌های طبیعی شده است. از طرفی فعالیت‌های انسانی مانند توسعه شهرنشینی، کشاورزی و روستایی باعث از بین رفتن و تکه تکه شدن زیستگاه‌ها می‌شود (Zhang *et al.*, 2018; Ascensão *et al.*, 2015). این تغییرات در مناطق تحت حفاظت به دلیل حساسیت زیستی و محدودیت‌های اکولوژیک تأثیرات مخرب‌تری داشته و بررسی این اثرات از اهمیت بیشتری برخوردار است (Sánchez-Fernández *et al.*, 2022). پارک‌های ملی عمدتاً با هدف حفظ و نگهداری از سیستم‌های حیات بخش در شرایط بکر و طبیعی برای استفاده‌های غیرمصرفی یا غیرفیزیکی ایجاد می‌شوند (Sobhani and Esmailzadeh, 2021; Kubacka *et al.*, 2022). در این مناطق هر نوع استفاده از حاشیه و پیرامون پارک که ارزش‌های طبیعی آن را تحت‌الشعاع قرار دهد ممنوع است و باید تحت مدیریت قرار گیرد (Keramatloo *et al.*, 2022). یکی از مهمترین اهداف مدیریتی در پارک‌های ملی، حفظ شرایط طبیعی و از همه مهمتر، حذف بهره‌برداری‌ها و جلوگیری از هر گونه اشغال منطقه است که در موجودیت منطقه تأثیر منفی می‌گذارد (Sobhani *et al.*, 2022). در چند دهه اخیر، توسعه بی حد و مرز فعالیت‌های انسانی منجر به افزایش شدت اثرات منفی در نواحی طبیعی، از جمله پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت شده است که یکی از مخرب‌ترین این فعالیت‌ها توسعه شبکه جاده‌ای و راه‌های دسترسی می‌باشد (Shahidinejad *et al.*, 2024). در بین فعالیت‌های انسانی، گسترش شبکه جاده‌ها به عنوان عمده‌ترین عوامل افزایش مرگ و میر حیات وحش و تصادف ناشی از وسایل نقلیه محسوب می‌شود که منجر به افزایش ازهم‌گسیختگی زیستگاه، کاهش ارتباطات در سیمای سرزمین، محدودیت جریان ژن و در نهایت تهدید حیات وحش و ناپایداری سرزمین می‌گردد (Cerqueira *et al.*, 2021). گسترش جاده‌ها در زیستگاه‌های طبیعی موجب تکه

تکه شدن زیستگاه جانوران و انزوا یا جزیره‌ای شدن بوم‌سازگان را به دنبال دارد (Kučas *et al.*, 2023). بدین ترتیب زیستگاه حیات وحش به لکه‌های کوچکتری تقسیم شده و زمینه را برای مهاجرت، انقراض و تغییرات ژنتیکی جمعیت جانوری فراهم می‌سازد (Lee *et al.*, 2023). گسترش جاده‌ها و ترافیک ناشی از آن منجر به کاهش جمعیت حیات وحش و شانس بقای آن‌ها شده است، به طوری که در سه دهه گذشته، شبکه جاده‌ها به همراه وسایل نقلیه، باعث مرگ و میر بسیاری از مهره‌داران کوچک و بزرگ شده است (Zhang *et al.*, 2020; Bakaloudis *et al.*, 2023). ساختارهای خطی در سیمای سرزمین، از قبیل شبکه دسترسی، تأثیرات متفاوتی بر حیات وحش و زیستگاه‌ها دارد (Barrientos *et al.*, 2021). جاده‌ها علی‌رغم اهمیت بالا در حمل و نقل و فراهم کردن ارتباطات و دسترسی به مناطق دورافتاده، دارای تأثیرات منفی بر زیستگاه‌ها، جمعیت حیات وحش و بوم‌سازگان می‌باشند (Alamgir *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2017). شواهد فراوانی نشان می‌دهد که توسعه جاده‌ها به شکلی گسترده بر زیستگاه حیات وحش اثرگذار است و تهدیدات ناشی از آن پرشتاب و در بسیاری از موارد غیرقابل بازگشت می‌باشد (Shahidinejad *et al.*, 2024).

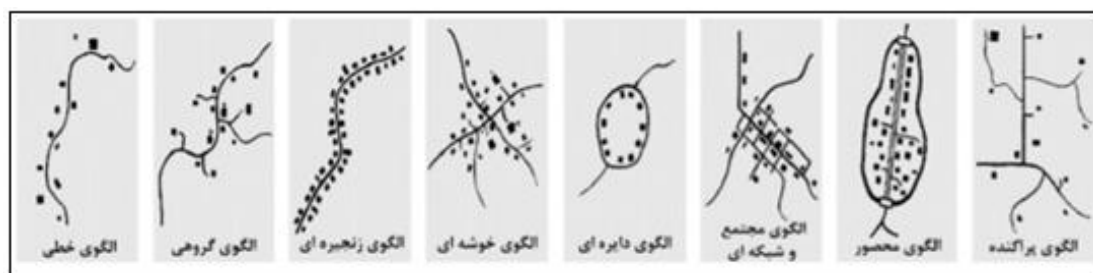
با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است که می‌توان به مطالعه Shahidinejad و همکاران (۱۴۰۳)، اشاره کرد. نتایج بدست آمده نشان داد که در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱، مرگ بیش از ۱۳۹۰ مهره‌دار بر اثر تصادفات جاده‌ای به ثبت رسیده است. در مطالعه‌ای دیگر، Modoodi *et al.* (2023)، به ارزیابی اثر زیستگاه‌های پیرامونی جاده بر تلفات حیات وحش و تحلیل دیدگاه رانندگان پرداختند. آن‌ها بیان کردند که بیشترین تلفات حیات وحش در جاده مربوط به پستانداران کوچک نظیر خارپشت ایرانی و سنجاب زمینی بوده است، با این وجود تلفات پستانداران بزرگ‌تر نظیر روباه، شغال و حیوانات

مستقیم یا غیرمستقیمی بر کاهش تنوع زیستی و افزایش مرگ و میر جاده‌ای دارند مشخص و مورد بررسی قرار گرفت.

یکی از متداولترین دسته‌بندی راه‌ها، طبقه‌بندی آن‌ها توسط آیین نامه ایمنی راه‌های کشور (۱۳۸۴) بوده که مطابق آن، راه‌ها به ۵ دسته بزرگراه، آزادراه، راه‌های اصلی، راه‌های فرعی و راه روستایی طبقه‌بندی شده است. در این پژوهش از ۴ طبقه اول استفاده شده است. این جاده‌ها زیرساخت‌های ضروری برای فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی انسان در سطح سیمای سرزمین هستند. اتصال و ارتباطات این جاده‌ها با یکدیگر، ساختار فضایی نامیده می‌شود که به همراه جریان فعالیت انسان، سازمان فضایی را به وجود می‌آورد. بنابراین سازمان آرایش ساختارهایی است که برای دستیابی به یک هدف معین با یکدیگر هماهنگ و مرتبط شده اند. هر سازمان فضایی با چهار ویژگی اکولوژیک، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی قابل تحلیل و برنامه ریزی است که به شکل‌گیری برنامه فضایی می انجامد (Lee, 2023). تاکنون ساختار فضایی راه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است و برای نخستین بار با الهام از ساختار فضایی سکونتگاه‌های انسانی (Zoghi, 2023) (شکل ۱)، ساختار فضایی راه‌ها برای کشور و در سطح ملی پیشنهاد و مورد سنجش قرار گرفت.

اهلی به‌همراه پرندگان و خزندگان نیز مشاهده شده است. همچنین آن‌ها بیشترین علل تصادفات را سرعت زیاد، ترافیک جاده و کوچک بودن اندازه حیوانات ذکر کردند. (Yang et al. (2024)، نیز اثرات توسعه جاده‌ها را بر زیستگاه حیات وحش مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بزرگراه‌ها عمده‌ترین موانع در مسیر کریدورهای مهاجرتی حیات وحش می‌باشند. (de Rivera et al. (2020)، در مطالعه خود بیان کردند که جاده‌ها به دلیل برخورد حیوان با وسیله نقلیه و تکه‌تکه شدن زیستگاه، اتصال زیستگاهی را در بین حیات وحش کاهش می دهد، بدین ترتیب جاده‌ها به عنوان عمده‌ترین مانع در سراسر سیمای سرزمین و تهدید زیستگاه حیات وحش شناخته شده‌اند.

مطابق مطالعات صورت گرفته، توسعه شبکه جاده‌ای و اثرات آن بر افزایش تلفات گونه‌های جانوری، از عمده‌ترین چالش‌هایی می‌باشد که حیات گونه‌ها را به شدت مورد تهدید قرار داده است. براین اساس، شناسایی ساختار الگوی فضایی جاده‌ها و اثر آن بر زیستگاه حیات وحش از اهمیت بالایی برخوردار است که این موضوع تا کنون در هیچ یک از مطالعات مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو، در مطالعه حاضر بر اساس الگوهای ساختار فضایی جاده‌ها به ارزیابی و شناسایی پارک‌های ملی در معرض تهدید پرداخته شد. همچنین شاخص‌های تأثیرگذار بر پارک‌های ملی که تأثیر



شکل ۱- الگوهای ساختار فضایی سکونتگاه‌های شهری
Fig. 1- Spatial Structure Patterns of Urban Settlements

شده است. در این راستا، عمده‌ترین سؤالات تحقیق عبارتند از: (۱) مهمترین شاخص‌های مؤثر راه بر تصادفات جاده‌ای حیات وحش در پارک‌های ملی کدامند؟ (۲) کدامیک از پارک‌های ملی در معرض بالای تهدید توسعه جاده‌ای هستند؟

در این مطالعه با توجه به الگوی ساختار فضایی راه‌ها، به شناسایی و اولویت‌بندی پارک‌های ملی کشور بر اساس فهرستی از شاخص‌های تأثیرگذار بر راه‌ها و همچنین ویژگی عمومی این راه‌ها، پرداخته شد که منجر به تهدید زیستگاه‌ها

مواد و روش‌ها

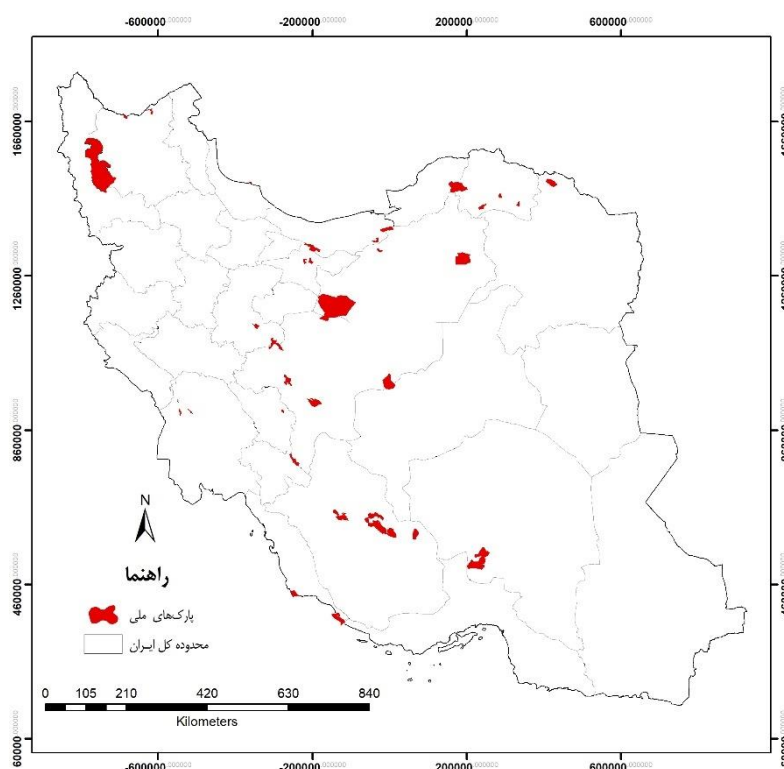
محدوده مورد مطالعه

۳۲ پارک ملی در کشور به ثبت رسیده است که ویژگی هر یک به شرح جدول ۱، می‌باشد. این پارک‌ها در ۱۸ استان کشور با مساحتی حدود ۲/۱ میلیون هکتار توزیع شده‌اند. در شکل ۲ نیز، موقعیت جغرافیایی هر یک از پارک‌های ملی کشور نمایش داده شده است.

در مطالعه حاضر، پارک‌های ملی کشور به عنوان محدوده‌های مطالعاتی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. مطابق آخرین گزارش‌های شورای عالی حفاظت محیط زیست، در حال حاضر

جدول ۱- ویژگی پارک‌های ملی کشور
Table 1. Characteristics of National Parks

ردیف	نام پارک ملی	مساحت (هکتار)	موقعیت جغرافیایی
1	پارک ملی ارومیه	543829	آذربایجان غربی و شرقی
2	کنتال	7049	آذربایجان شرقی
3	ارسباران	8999	آذربایجان شرقی
4	کلاه قاضی	47168	اصفهان
5	قمیشلو	29829	اصفهان
6	امن موته	36914	اصفهان
7	نای بند	48093	بوشهر
8	دیر نخیلو	20556	بوشهر
9	خجیر	10693	تهران
10	سرخه حصار	8696	تهران
11	لار	35788	تهران
12	تنگ صیاد	4365	چهارمحال و بختیاری
13	تندوره	35585	خراسان رضوی
14	سالوک	8260	خراسان شمالی
15	ساریگل	7057	خراسان شمالی
16	ضامن آهو	15315	خراسان شمالی
17	دز	4106	خوزستان
18	کرخه	7452	خوزستان
19	صیدوا	7344	سمنان
20	توران	101090	سمنان
21	کوپر	441514	سمنان
22	بختگان	175409	فارس
23	بمو	47782	فارس
24	قطرویه	21785	فارس
25	خبر	101090	کرمان
26	دنا	25820	کهگیلویه و بویر احمد
27	گلستان	91307	گلستان
28	بوجاق	3444	گیلان
29	پابند	27716	مازندران
30	کیاسر	9263	مازندران
31	هفتاد قله	12147	مرکزی
32	سیاهکوه	78029	یزد



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی پارک‌های ملی کشور

Fig. 2 - Geographical Location of the NPs

روش بررسی

در این پژوهش بر اساس بررسی‌های اسنادی و تجربیات مشابه (Van Der Ree *et al.*, 2015; Hilty *et al.*, 2020; Ament *et al.*, 2021; Ament *et al.*, 2023) و نظر متخصصان به تهیه فهرستی از شاخص‌های مؤثر راه‌ها در پارک‌های ملی پرداخته شد. این فهرست شامل ۴ معیار و ۱۶ زیرمعیار است (جدول ۲) و برای مهمترین معیار مرتبط با هدف پژوهش، ۱۷ شاخص به شرح جدول ۳ می‌باشد. به منظور امتیازدهی و اولویت‌بندی این شاخص‌ها از روش دلفی نیمه بسته بسط داده شده برای کشور (Sepehr *et al.*, 2017; Borhani *et al.*, 2023; Kabiri *et al.*, 2023; Sobhani and Danehkar., 2024) استفاده شد، از متخصصان و کارشناسان خواسته شد تا هر یک از معیارها و شاخص‌ها را با توجه به درجه اهمیت و میزان تأثیرگذاری در قالب طیف لیکرت پنج تایی از بی‌اهمیت تا اهمیت خیلی زیاد (در دامنه عددی ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹) مورد سنجش و

امتیازدهی قرار دهند. در ادامه مطابق رابطه ۱ (Sobhani *et al.*, 2022; Borhani *et al.*, 2023)، امتیاز هر یک از معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفت. جامعه آماری مورد پرسش ۱۵ نفر بود که این تعداد از پرسشنامه‌های تکمیل شده با جدول مورگان (Krejcie and Morgan, 1970) هماهنگ و متناسب است. پرسش‌شوندگان از بین متخصصان این حوزه شامل مشاوران و مدیران سازمان حفاظت محیط زیست، کارشناسان و فعالان محیط زیستی، اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها با حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در حوزه محیط زیست و حیات وحش انتخاب شدند.

پس از تحلیل نتایج امتیازها، به اولویت‌بندی هر یک از معیار، زیرمعیار و شاخص‌ها پرداخته شد. تعداد انتخاب‌ها برای هر درجه اهمیت معرف امتیاز آن درجه اهمیت قلمداد شد و سپس وزن معیارها در دامنه ۱ تا ۱۰ در نظر گرفته شد. برای هر معیار یا شاخص دو مؤلفه آماری شامل درجه

و درصد اهمیت مطابق رابطه ۱ محاسبه شد تا با تعیین اهمیت هریک، امکان گزینش معیارها و شاخص‌های منتخب فراهم شود. همچنین، ضریب اهمیت محاسبه شده معرف شاخص‌هایی با درجه اولویت خواهد بود. به این معنا که شاخص‌هایی که ضریب اهمیت بیشتری دارند در اولویت بالاتری قرار دارند و در مواردی که ضرایب اهمیت برابر باشد، شاخصی اولویت دارد که ضریب تغییرات کمتری داشته باشد.

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۱)} \\ y_i &= \frac{x_i}{\sum x_i} && \text{وزن تعدیل شده} \\ z_i &= y_i \times n && \text{امتیاز وزن‌دار} \\ A &= N \times y_i && \text{امتیاز قابل کسب حداکثر} \\ \sum (x_i) \times \frac{n}{N} \times 100 &&& \text{درجه اهمیت معیار} \\ P &= 100 \times \sum \frac{z_i}{N} && \text{درصد اهمیت معیار} \end{aligned}$$

جدول ۲- معیارها و زیر معیارهای شناسایی شده اثر راه در پارک‌های ملی بر تصادف‌های جاده‌ای حیات وحش

Table 2. Identified Criteria and Sub-criteria for the Effect of Roads on Wildlife-Vehicle Collisions in National Parks

ویژگی‌های راه						پوشش گیاهی غالب		ویژگی‌های زمین					اقلیم			معیار
ساختمان فیزیکی راه	موقعیت راه در پارک	نوع راه (آزادراه تا فرعی)	طبقه راه (هموار تا کوهستانی)	تراکم راه در پارک	طول راه	پوشش غالب مرتعی	پوشش غالب جنگلی	شیب غالب زمین	ارتفاع از سطح دریا	ترکیب دشت و کوهستان	شرایط دشتی	شرایط کوهستانی	نوع اقلیم	دمای هوا	بارش	زیر معیار

جدول ۳- شاخص‌های شناسایی شده برای زیر معیارهای ویژگی‌های راه در پارک‌های ملی

Table 3. Identified Indicators for the Sub-criteria of Road Characteristics in National Parks

شاخص	زیرمعیار	معیار
راه کوهستانی (شیب بیش از ۱۵ درصد)	طبقه راه (هموار تا کوهستانی)	ویژگی‌های راه
راه تپه ماهوری (شیب ۷ تا ۱۵ درصد)		
راه هموار (شیب کمتر از ۷ درصد)		
آزاد راه (دارای دسترسی غیر مسطح)	نوع راه (آزادراه تا فرعی)	
بزرگراه (دارای دسترسی از حاشیه)		
راه اصلی (دارای روسازی آسفالت)		
راه فرعی (فاقد روسازی)		
عبور از میانه پارک ملی	موقعیت راه در پارک	
عبور از حاشیه پارک ملی		
عبور از حاشیه و میانه پارک ملی		
خطی در حاشیه پارک	ساختار فیزیکی راه	
خطی از وسط پارک		
خطی در بخشی از پارک		
انشعابی در بخشی از پارک		
الگوی خطی		
الگوی انشعابی		
الگوی شبکه‌ای		

هموار)، همچنین الگوی ساختار فضایی راه‌ها پرداخته شد. بدین منظور نقشه پایه مناطق تحت حفاظت از دفتر زیستگاه و امور مناطق تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست (۱۴۰۲) و لایه راه‌ها نیز از دفتر معاونت فناوری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور (۱۴۰۳) تهیه شد. سپس تمامی لایه‌های نقشه‌ای در محیط نرم افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۸ مورد پردازش و تحلیل قرار گرفت.

در مطالعه حاضر، طبقات شیب بر اساس آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور و نظر متخصصین در ۶ طبقه از جمله کمتر از ۳ درصد، ۳-۷ درصد، ۷-۱۰ درصد، ۱۰-۱۵ درصد، ۱۵-۳۰ درصد و بیش از ۳۰ درصد مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. تراکم راه نیز براساس مجموع طول راه‌ها در نظر گرفته شد. همچنین مطابق طبقه‌بندی الگوی ساختار فضایی راه‌ها (Zoghi, 2023)، به بررسی ساختار فضایی جاده‌ها در پارک‌های ملی، در سه طبقه الگوی خطی، انشعابی و شبکه‌ای پرداخته شد (شکل ۳).



شکل ۳- الگوهای ساختار فضایی راه‌های دسترسی جاده‌ای

Fig. 3 - Spatial Structure Patterns of Roads

نیز در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج بررسی‌ها نشان داد که از ۳۲ پارک ملی موجود در کشور، تنها ۱۱ پارک ملی (۳۴ درصد) از جمله پارک‌های ملی ارسباران، ارومیه، بمو، خبر، خجیر، دز، کلاه‌قازی، کنتال، کیاسر، گلستان و نایبند، برخوردار از ۴ دسته راه مورد ارزیابی بوده‌اند و حدود ۸۲ درصد از این پارک‌ها در شرایط نیمه خشک تا فراخشک قرار دارند و همچنین ۶۳ درصد از دامنه ارتفاعی بیش از ۲۰۰۰ متر برخوردارند. از نظر شیب نیز، ۳۶ درصد در طبقه بیش از ۳۰ درصد، ۹

در ادامه پس از بررسی معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها، به بررسی و غربال‌گری پارک‌های ملی بر اساس طول راه به تفکیک درجه‌راه و همچنین بررسی پارامترهایی نظیر اقلیم منطقه، دامنه ارتفاعی، شیب غالب، طول راه‌ها، توزیع پراکنش راه، طبقه‌بندی غالب راه و طول راه در این طبقات پرداخته شد. براین اساس، پارک‌های شناسایی از بین ۳۲ پارک ملی کشور مورد غربال قرار گرفتند. علاوه‌براین، میزان نفوذ راه‌ها در پارک‌های ملی کشور در چهار طبقه آزادراه، بزرگراه، راه اصلی و راه فرعی مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب، تنها پارک‌های ملی که برخوردار از یکی از طبقات راه‌های مذکور بودند، در این بررسی وارد شدند. در این مطالعه به منظور اعتبار و صحت‌سنجی، به بررسی پارک‌های ملی بر اساس موقعیت، ویژگی‌های جغرافیایی و طبیعی، توزیع شیب، زمین سیمما، پوشش گیاهی، زیستگاه‌های جانوری، سابقه تلفات جاده‌ای، طول و درجه‌بندی راه‌ها (آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، راه فرعی)، تراکم راه‌ها، طبقه‌بندی راه‌ها (کوهستانی، تپه ماهوری و

نتایج

نتایج پرسش‌نامه‌های دلفی تکمیل شده توسط متخصصان و کارشناسان، نشان داد که بیشترین ضریب اهمیت در بین معیارها، مربوط به ویژگی‌های راه‌ها (۰/۳۲۷)، در بین زیرمعیارها مربوط به ساختار فیزیکی راه (۰/۰۹۱) و در بین شاخص‌ها مربوط به الگوی شبکه‌ای راه‌ها (۰/۰۸۰) می‌باشد. همچنین مطابق نتایج رتبه‌بندی شاخص‌ها (براساس ضریب اهمیت)، بالاترین اولویت مربوط به "الگوی شبکه‌ای" و به ترتیب عبور راه از میانه پارک ملی و عبور از حاشیه و میانه

درصد در طبقه ۱۵-۳۰ درصد، ۳۶ درصد در طبقه ۳-۷ درصد و ۱۸ درصد در شیب کمتر از ۳ درصد قرار گرفته‌اند. مجموع طول راه‌ها در پارک‌های ملی یاد شده برابر با ۲۸۲/۲۵ کیلومتر است که ۱/۵ درصد آن از نوع آزادراه، ۳۵ درصد بزرگراه، ۴۵/۵ درصد راه اصلی و ۱۸ درصد راه فرعی است (جدول ۵). مطابق نتایج، بیشترین طول راه مربوط به پارک ملی گلستان با ۸۳/۲۱ کیلومتر می‌باشد که ۴۲ درصد آن در طبقه هموار قرار گرفته است. در مقابل کمترین طول راه به پارک ملی ارسباران (کمتر از ۱ کیلومتر) اختصاص یافته است که این پارک در طبقه کوهستانی واقع شده است.

علاوه‌براین، متوسط تراکم راه‌ها در پارک‌های ملی مورد بررسی، برابر با ۰/۸۹ متر در هکتار می‌باشد که بیشترین تراکم مربوط به پارک ملی کنتال (۳/۸۶ متر در هکتار) و کمترین تراکم به پارک ملی ارومیه (۰/۰۶ متر در هکتار) اختصاص یافته است. بدین ترتیب نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که طبقه غالب راه در پارک‌های ملی ارومیه، خبر، دز، کلاه قاضی، گلستان و نایبند (۵۴ درصد) از نوع هموار، در پارک‌های ملی ارسباران، بمو، کنتال و کیاسر (۳۶ درصد) از نوع کوهستانی و در پارک ملی خجیر از نوع تپه ماهور می‌باشد.

جدول ۴- ضریب اهمیت و رتبه شاخص‌های مؤثر راه بر تصادفات جاده‌ای حیات وحش در پارک‌های ملی

Table 4. Weighting Factor and Rank of Road Indicators Effective on Wildlife-Vehicle Collisions in Iranian National Parks

رتبه	ضریب اهمیت	شاخص	ضریب اهمیت	زیرمعیار	ضریب اهمیت	معیار
-	-	-	۰/۰۴۴	بارش		
-	-		۰/۰۲۹	دمای هوا	۰/۱۲۷	اقلیم
-	-		۰/۰۳۶	نوع اقلیم		
-	-		۰/۰۵۶	شرایط کوهستانی		
-	-		۰/۰۶۵	شرایط دشتی		
-	-		۰/۰۶۱	ترکیب دشت و کوهستان	۰/۲۷۳	ویژگی‌های زمین
-	-	-	۰/۰۳۱	ارتفاع از سطح دریا		
-	-		۰/۰۸۲	شیب غالب زمین		
-	-		۰/۰۷۱	پوشش غالب جنگلی	۰/۲۷۳	پوشش گیاهی غالب
-	-		۰/۰۵۶	پوشش غالب مرتعی		
-	-		۰/۰۷۱	طول راه		
-	-		۰/۰۷۹	تراکم راه در پارک		
۱۱	۰/۰۴۰	راه کوهستانی (شیب بیش از ۱۵ درصد)		طبقه راه		
۱۰	۰/۰۴۶	راه تپه ماهوری (شیب ۷ تا ۱۵ درصد)	۰/۰۸۴	(هموار تا کوهستانی)		
۹	۰/۰۵۰	راه هموار (شیب کمتر از ۷ درصد)				
۵	۰/۰۶۵	آزاد راه (دارای دسترسی غیر مسطح)		نوع راه		
۵	۰/۰۶۵	بزرگراه (دارای دسترسی از حاشیه)	۰/۰۸۵	(آزادراه تا فرعی)		
۷	۰/۰۵۲	راه اصلی (دارای روسازی آسفالت)				
۱۲	۰/۰۳۵	راه فرعی (فاقد روسازی)				
۳	۰/۰۷۰	عبور از میانه پارک ملی			۰/۳۲۷	ویژگی‌های راه
۸	۰/۰۵۰	عبور از حاشیه پارک ملی	۰/۰۶۸	موقعیت راه در پارک		
۲	۰/۰۷۵	عبور از حاشیه و میانه پارک ملی				
۹	۰/۰۴۶	خطی در حاشیه پارک				
۴	۰/۰۶۷	خطی از وسط پارک				
۵	۰/۰۶۵	خطی در بخشی از پارک				
۴	۰/۰۶۷	انشعابی در بخشی از پارک	۰/۰۹۱	ساختار فیزیکی راه		
۴	۰/۰۶۷	الگوی خطی				
۶	۰/۰۶۰	الگوی انشعابی				
۱	۰/۰۸۰	الگوی شبکه‌ای				

جدول ۵- ویژگی‌های عمومی و طبقه‌بندی راه‌ها در پارک‌های ملی ایران
Table 5. General Characteristics and Classification of Roads in Iranian National Parks

پارک ملی	استان	وسعت (ha)	اقلیم منطقه	دامنه ارتفاعی	شیب غالب (%)	طول راه‌ها به تفکیک درجه راه (m)				جمع طول راه‌ها (km)	تراکم راه‌ها (m/h)	طبقه بندی غالب و طول راه (%)
						آزاد راه	بزرگراه	راه اصلی	راه فرعی			
ارسباران	آذربایجان شرقی	۸۹۹۹	نیمه خشک	۱۸۶۴-۴۳۹	۳۰<	-	-	-	۹۲۰	۰/۹۲	۰/۱	کوهستانی ۱۰۰
ارومیه	آذربایجان شرقی و غربی	۵۴۳۸۲۹	نیمه خشک	۱۵۶۳-۱۱۸۷	۳-۷	-	۳۶۰۰۰	-	-	۳۶	۰/۰۶	هموار ۸۷
بمو	فارس	۴۷۷۸۲	نیمه خشک	۲۶۶۳-۱۵۸۱	۳۰<	-	۶۶۳۰	-	۵۸۷۰	۱۲/۵	۰/۲۶	کوهستانی ۵۷
خبر	کرمان	۱۵۲۷۱۱	خشک	۳۸۲۶-۱۰۲۹	۳-۷	-	-	-	۳۵۷۰۰	۳۵/۷	۰/۲۳	هموار ۸۰
خجیر	تهران	۱۰۶۹۳	نیمه خشک	۲۱۴۰-۱۲۴۶	۳۰-۱۵	۴۱۰۹	۳۵۰	۷۰	-	۴/۵۳	۰/۴۲	تپه‌ماهوری ۵۰
دز	خوزستان	۴۱۰۶	خشک	۲۰-۶۰	۳<	-	-	۲۷۴۰	-	۲/۷۴	۰/۶۶	هموار ۱۰۰
کلاه قاضی	اصفهان	۴۷۱۶۸	فراخشک	۲۴۶۴-۱۵۳۷	۳-۷	-	۵۵۸۲۰	-	-	۵۵/۸۲	۱/۱۸	هموار ۸۹
گنتال	آذربایجان شرقی	۷۰۴۹	نیمه خشک	۲۱۲۲-۵۳۸	۳-۷	-	-	۲۷۲۲۰	-	۲۷/۲۲	۳/۸۶	کوهستانی ۹۹
کیاسر	مازندران	۹۲۶۳	مرطوب	۲۷۷۳-۸۷۹	۳۰>	-	-	۱۴۸۶۰	-	۱۴/۸۵	۱/۶	کوهستانی ۶۵
گلستان	گلستان	۹۱۳۰۷	مرطوب	۲۳۳۴-۴۶۷	۳۰>	-	-	۸۳۲۱۰	-	۸۳/۲۱	۰/۹۱	هموار ۴۲
نابیند	بوشهر	۴۸۰۹۳	فراخشک	۱۹۲-۹	۳<	-	-	-	۸۷۶۰	۸/۷۶	۰/۴۹	هموار ۱۰۰
وضعیت غالب												
نیمه خشک تا فراخشک												
آزاد تا بیش از ۳۸۰۰ متر												
کمتر از تراز آب های												
کمتر از ۳ تا بیش از ۳۰												
۴۱۰۹												
۹۸۸۰۰												
۱۳۸۱۰۰												
۵۱۳۵۰												
۲۸۲/۲۵												
۰/۸۹												
هموار تا کوهستانی												
۴۰ تا ۱۰۰												

طبق نتایج حاصل از بررسی الگوی ساختارفضایی راه‌ها، هر ۱۱ پارک ملی دارای ساختار خطی می‌باشند که فقط در نوع عبور از پهنه پارک دارای تفاوت می‌باشند. به‌طور کلی جاده‌ها در ۵ پارک ملی ارسباران، خبر، خجیر، کنتال و کیاسر از نوع راه خطی در حاشیه، در پارک‌های ملی ارومیه و دز از نوع راه خطی در میانه و در پارک‌های ملی بמו، کلاه‌قازی، گلستان و نایبند دارای هردونوع الگوی راه خطی در حاشیه و میانه هستند. مطابق تحلیل‌های صورت گرفته، بیشترین نسبت طول راه در حاشیه به محیط پارک مربوط به پارک ملی کنتال با نسبت ۵۷۸/۰ درصد و کمترین آن متعلق به پارک‌های ملی ارسباران و نایبند با نسبت ۰/۰۱ درصد می‌باشد. همچنین بیشترین مساحت قطع شده از پهنه پارک توسط جاده‌ها

متعلق به پارک ملی دز می‌باشد (۴۵ درصد)، که پارک را به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم می‌کند. در رتبه دوم، پارک ملی ارومیه قرار دارد که حدود ۳۴ درصد از محدوده پارک توسط جاده‌ها قطع شده است (شکل ۴). نتایج غربال‌گری پارک‌های ملی کشور بر اساس معیارها و الگوی ساختار فضایی راه‌ها نیز نشان داد که در بین پارک‌های ملی کشور پارک‌های دز، ارومیه، گلستان، بمو، کلاه‌قازی و نایبند، مهمترین پارک‌های ملی در معرض تهدید توسعه‌جاده‌ای می‌باشند (جدول ۶). همچنین تحلیل نقشه‌ای پارک‌های ملی در محیط نرم افزار ArcGIS و Google Earth نشان داد که ۲۰ درصد از مرز بیرونی راه‌ها در پارک‌های ملی به مناطق تحت حفاظت ختم می‌شود و مابقی راه‌ها در مناطق آزاد قرار دارند.

جدول ۶- ویژگی‌های الگوی ساختارفضایی راه‌ها در پارک‌های ملی ایران

Table 6. Characteristics of the Spatial Structure Pattern of Roads in Iranian National Parks

پارک ملی	نوع راه در پارک ملی	مرز بیرونی راه در پارک ملی	طول راه در حاشیه	طول راه در میانه	نسبت طول راه در حاشیه به محیط پارک	نسبت مساحت قطع شده به کل مساحت پارک (%)
ارسباران	راه خطی در حاشیه	مرز بیرون بدون توسعه و در داخل منطقه حفاظت شده	۹۲۰	-	۰/۰۱	-
ارومیه	راه خطی در میانه	-	-	۳۶۰۰۰	-	۳۴/۱
بمو	راه خطی در حاشیه و راه خطی در میانه	راه محدودکننده توسعه در منطقه آزاد	۵۸۷۰	۶۶۳۰	۰/۰۲۷	۲۶
خبر	راه خطی در حاشیه	راه در ضلع جنوبی پارک، محدود کننده توسعه	۲۶۱۷۰	۹۵۳۰	۰/۰۹۵	۱/۶
خجیر	راه خطی در حاشیه	راه محدودکننده توسعه در منطقه حفاظت شده	۴۵۲۹	-	۰/۰۷۳	-
دز	راه خطی در میانه	-	-	۲۷۴۰	-	۴۵/۷
کلاه قازی	راه خطی در حاشیه و راه خطی در میانه	راه محدودکننده توسعه و در منطقه آزاد	۲۸۶۰۰	۲۷۲۲۰	۰/۲۲۴	۲/۳
کنتال	راه خطی در حاشیه	مرز بیرون بدون توسعه و در منطقه آزاد	۲۷۲۲۰	-	۰/۵۷۸	-
کیاسر	راه خطی در حاشیه	مرز بیرون بدون توسعه و در مناطق آزاد	۱۴۸۶۰	-	۰/۲۲۰	۶
گلستان	راه خطی در حاشیه و راه خطی در میانه	راه محدودکننده توسعه و در مناطق آزاد	۲۹۳۰۰	۵۳۹۱۰	۰/۱۷۵	۲۱/۱
نایبند	راه خطی در حاشیه و راه خطی در میانه	راه محدود کننده توسعه و در مناطق آزاد	۱۳۱۰	۷۴۵۰	۰/۰۱۰	۴/۶



شکل ۴- ساختار فضایی راه‌های دسترسی اصلی در پارک‌های ملی کشور

Fig. 4- Spatial Structure Pattern of Roads in Iranian National Parks



ادامه شکل ۴- ساختار فضایی راه‌های دسترسی اصلی در پارک‌های ملی کشور
Fig. 4 (cont.)- Spatial Structure Pattern of Roads in Iranian National Parks

بحث و نتیجه‌گیری

پارک‌های ملی از اکوسیستم‌های طبیعی جهان و حیاتی‌ترین بستر توسعه پایدار محیط‌زیست و پدیده‌های اکولوژیک محسوب می‌شوند که با هدف حفظ تنوع زیستی و جلوگیری از آسیب به اکوسیستم‌های طبیعی ایجاد شده‌اند (Sobhani *et al.*, 2023). با این حال، توسعه جاده‌ها و شبکه راه‌ها، به‌خصوص در این مناطق، تأثیرات قابل توجهی بر اکوسیستم و زیستگاه حیات وحش دارد. براین اساس در مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر راه‌ها بر پارک‌های ملی کشور به شناسایی ویژگی‌های عمومی راه‌ها در پارک‌های ملی، الگوی ساختار فضایی راه‌ها و همچنین شاخص‌های مؤثر راه بر تصادفات جاده‌ای حیات وحش در این پارک‌ها پرداخته شد.

همان‌طور که نتایج نشان داد بیشترین ضریب اهمیت در

بین معیارها، مربوط به ویژگی‌های راه‌ها (۰/۳۲۷)، در بین زیرمعیارها مربوط به ساختار فیزیکی راه (۰/۰۹۱) و در بین شاخص‌ها مربوط به الگوی شبکه‌ای راه‌ها (۰/۰۸۰) می‌باشد. همچنین مطابق نتایج رتبه‌بندی شاخص‌ها (براساس ضریب اهمیت)، بالاترین اولویت مربوط به "الگوی شبکه‌ای" و به‌ترتیب عبور راه از میانه پارک ملی و عبور از حاشیه و میانه نیز در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند. در راستای نتایج به‌دست آمده Sánchez-Fernández *et al.* (2022)، ساختار فیزیکی جاده‌ها و زیرساخت‌های توسعه راه‌ها یکی از عمده‌ترین عوامل اثرگذار بر تخریب زیستگاه و تهدید جمعیت حیات وحش می‌باشد.

همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که از ۳۲ پارک ملی موجود در کشور، تنها ۱۱ پارک ملی (۳۴ درصد) از جمله پارک‌های ملی ارسباران، ارومیه، بمو، خبر، خجیر، دز،

کلاه‌قازی، کنتال، کیاسر، گلستان و نایبند، برخوردار از ۴ دسته راه مورد ارزیابی با ویژگی‌های عمومی مشخص بوده‌اند. مطابق بررسی راه‌ها، بیشترین طول راه مربوط به پارک ملی گلستان با ۸۳/۲۱ کیلومتر می‌باشد که ۴۲ درصد آن در طبقه هموار قرار گرفته است. در مقابل کمترین طول راه به پارک ملی ارسباران (کمتر از ۱ کیلومتر) اختصاص یافته است که این پارک در طبقه کوهستانی واقع شده است. علاوه‌براین، متوسط تراکم راه‌ها در پارک‌های ملی مورد بررسی، برابر با ۰/۸۹ متر در هکتار می‌باشد که بیشترین تراکم مربوط به پارک ملی کنتال (۳/۸۶ متر در هکتار) و کمترین تراکم به پارک ملی ارومیه (۰/۰۶ متر در هکتار) اختصاص یافته است. بدین ترتیب نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که طبقه غالب راه در پارک‌های ملی ارومیه، خبر، دز، کلاه‌قازی، گلستان و نایبند (۵۴ درصد) از نوع هموار، در پارک‌های ملی ارسباران، بمو، کنتال و کیاسر (۳۶ درصد) از نوع کوهستانی و در پارک ملی خجیر از نوع تپه ماهور می‌باشد.

طبق نتایج حاصل از بررسی الگوی ساختارفضایی راه‌ها، هر ۱۱ پارک ملی دارای ساختار خطی می‌باشند که فقط در نوع عبور از پهنه پارک دارای تفاوت می‌باشند. به‌طور کلی جاده‌ها در ۵ پارک ملی ارسباران، خبر، خجیر، کنتال و کیاسر از نوع راه خطی در حاشیه، در پارک‌های ملی ارومیه و دز از نوع راه خطی در میانه و در پارک‌های ملی بمو، کلاه‌قازی، گلستان و نایبند دارای هردونوع الگوی راه خطی در حاشیه و میانه هستند. مطابق تحلیل‌های صورت گرفته، بیشترین نسبت طول راه در حاشیه به محیط پارک مربوط به پارک ملی کنتال با نسبت ۰/۵۷۸ درصد و کمترین آن متعلق به پارک‌های ملی ارسباران و نایبند با نسبت ۰/۰۱ درصد می‌باشد. همچنین بیشترین مساحت قطع شده از پهنه پارک توسط جاده‌ها متعلق به پارک ملی دز می‌باشد (۴۵ درصد)، که پارک را به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم می‌کند. در رتبه دوم،

پارک ملی ارومیه قرار دارد که حدود ۳۴ درصد از محدوده پارک توسط جاده‌ها قطع شده است. نتایج غربال‌گری پارک‌های ملی کشور بر اساس معیارها و الگوی ساختار فضایی راه‌ها نیز نشان داد که در بین پارک‌های ملی کشور پارک‌های دز، ارومیه، گلستان، بمو، کلاه‌قازی و نایبند، مهمترین پارک‌های ملی در معرض تهدید توسعه‌جاده‌ای می‌باشند. (Monz et al. (2016)، بیان کردند که تأثیر جاده‌ها بر مناطق حفاظت‌شده به‌ویژه پارک‌های ملی به‌طور قابل توجهی مورد توجه قرار نگرفته است. در حالی که جاده‌ها می‌توانند بر زندگی حیات وحش و زیستگاه‌های طبیعی تأثیرات منفی بگذارند و ارزیابی دقیق تأثیرات آن‌ها بر اکوسیستم‌های طبیعی امری ضروری است. همچنین نتایج مطالعه (Makki et al. (2019)، نشان داد که دهه‌های اخیر در ایران، توسعه شبکه جاده‌ای به‌ویژه در درون مناطق تحت حفاظت و پارک‌های ملی، بسیار شتاب‌زده و بدون رعایت ضوابط و اصول اولیه حفاظتی گسترش یافته است. بدین ترتیب این امر موجب افزایش تهدیدات توسعه جاده‌ای و افزایش تأثیرات منفی آن در مناطقی است که به عنوان زیستگاه امن گونه‌های حیات وحش محسوب می‌گردد.

مطابق نتایج به‌دست آمده الگوی ساختار فضایی جاده‌ها و عوامل مؤثر بر آن می‌تواند نقش مهمی بر پارک‌های ملی و زیستگاه حیات وحش در این مناطق داشته باشد. از این‌رو بهبود در وضعیت راه‌ها و توسعه ضابطه‌مند شبکه جاده‌ها می‌تواند به ارتقاء وضعیت مناطق حفاظتی و ایمنی حیات وحش در این مناطق کمک کند. در این راستا، می‌توان به برخی از پیشنهادات مؤثر به شرح زیر اشاره نمود:

- تغییر در سیاست‌های توسعه راه‌ها در پارک‌های ملی: از هرگونه توسعه بزرگراه و آزادراه در پارک‌های ملی جلوگیری شود و در مواردی که وجود جاده‌ها ضروری است، استفاده از راه‌های خطی و تمرکز بر توسعه جاده‌ها در حاشیه پارک‌ها برای کاهش تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها توصیه

می‌شود.

- توسعه راهکارهای ایمن‌سازی جاده‌ها برای حیات وحش:

در پارک‌هایی که جاده‌ها از میانه عبور می‌کنند، مانند پارک‌های دز و ارومیه، ساخت پل‌های حیات وحش یا تونل‌های عبور برای گونه‌ها می‌تواند به کاهش تصادفات جاده‌ای کمک کند. علاوه بر این، نصب تابلوهای هشداردهنده و دوربین کنترل سرعت جهت کاهش سرعت خودروها در مناطق پرخطر برای حیات وحش نیز از جمله اقدامات ضروری است.

- بازنگری در مدیریت راه‌ها و الگوهای فضایی جاده‌ها: نتایج

این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی فضایی جاده‌ها نقش مهمی در تأثیرگذاری بر زیستگاه‌ها دارد. برای حفاظت بهتر از گونه‌های جانوری و کاهش تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها، توصیه می‌شود که الگوهای خطی در حاشیه پارک‌ها مورد

استفاده قرار گیرند و از ساخت جاده‌های عبوری در میانه پارک‌ها به شدت پرهیز شود.

- بازبینی و بهینه‌سازی تراکم جاده‌ها در پارک‌های ملی: در پارک‌هایی با تراکم بالای راه‌ها، مانند پارک ملی کنتال، کاهش تراکم راه‌ها با حذف جاده‌های غیرضروری و ترمیم مناطق آسیب‌دیده به عنوان یک راهکار عملی می‌تواند به بهبود کیفیت زیستگاه‌ها و افزایش امنیت حیات وحش کمک کند. علاوه بر این، برای هرگونه توسعه جاده‌ای در آینده، باید معیارهای دقیقی از جمله حداقل تأثیرات زیست‌محیطی و تراکم مجاز مورد توجه قرار گیرد.

سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده‌اند.

References

Alamgir, M., Campbell, M. J., Sloan, S., Goosem, M., Clements, G. R., Mahmoud, M. I., & Laurance, W. F. (2017). Economic, socio-political and environmental risks of road development in the tropics. *Current Biology*, 27(20), R1130-R1140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.067>

Ament, R., Clevenger, A., & van der Ree, R. (2023). Addressing ecological connectivity in the development of roads, railways and canals (No. 5). IUCN WCPA technical report series. 129 p. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PATRS-005-En.pdf>

Ament, R., Jacobson, S., Callahan, R., & Brocki, M. (2021). Highway crossing structures for wildlife: opportunities for improving driver and animal safety. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 51 p. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/download/62531.pdf>

Ascensão, F., Fahrig, L., Clevenger, A. P., Corlett, R. T., Jaeger, J. A., Laurance, W. F., & Pereira, H. M. (2018). Environmental challenges for the Belt and Road Initiative. *Nature Sustainability*, 1(5), 206-209. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0059-3>

Bakaloudis, D. E., Bontzorlos, V. A., & Kotsonas, E. (2023). Wildlife mortality on roads crossing a protected area: The case of Dadia-Lefkimi-Soufli National Park in north-eastern Greece. *Journal for Nature Conservation*, 74, 126443. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126443>

Barrientos, R., Ascensão, F., D'Amico, M., Grilo, C., & Pereira, H. M. (2021). The lost road: do transportation networks imperil wildlife population persistence? Perspectives in Ecology and Conservation, 19(4), 411-416. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.07.004>

Bennett, V. J. (2017). Effects of road density and pattern on the conservation of species and biodiversity. *Current Landscape Ecology Reports*, 2, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40823-017-0020-6>

Borhani, M., Daneshkar, A., & Moeinaddini, M. (2023). Climatic capacity evaluation of coastal area of Sistan and Baluchistan province for the development of wind farms. *Journal of Natural Environment*, 75(Special Issue Coastal and Marine Environment), 149-166. <https://doi.org/10.22059/jne.2023.352699.2509>

Cerqueira, R. C., de Rivera, O. R., Jaeger, J. A., & Grilo, C. (2021). Direct and indirect effects of roads on space use by jaguars in Brazil. *Scientific reports*, 11(1), 22617. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01936-6>

de Rivera, C. E., Bliss-Ketchum, L. L., Lafrenz, M. D., Hanson, A. V., McKinney-Wise, L. E., Rodriguez, A. H., ... & Wheat, R. E. (2022). Visualizing connectivity for wildlife in a world without roads. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 757954. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.757954>

Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S.,

- Lausche, B. J., Locke, H., ... & Tabor, G. M. (2020). Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. IUCN. 122 p. https://myescarpment.ca/wp-content/uploads/2025/04/Gudielines-for-corridors_IUCN.pdf
- Kabiri Hendi, M., Mirkarimi, S.H. and Salmanmahiny, A. (2023). Identification and Prioritization of Effective Criteria for Cultural Ecosystem Services Assessment in Golestan Province. *Environmental Researches*, 13(26), 247-262. doi: 10.22034/eiap.2023.170003.
- Keramatloo, H., Darbeiki, M., Madadi, M. 2022, A survey on impacts of Golestan National Park Road on wildlife mortality. The first national conference of national parks and protected areas. http://openaccess.ir/c/nppa1/paper_70640
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Kubacka, M., Żywica, P., Subirós, J. V., Bródka, S., & Macias, A. (2022). How do the surrounding areas of national parks work in the context of landscape fragmentation? A case study of 159 protected areas selected in 11 EU countries. *Land Use Policy*, 113, 105910. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105910>
- Kučas, A., Balčiauskas, L., & Lavallo, C. (2023). Identification of Urban and Wildlife Terrestrial Corridor Intersections for Planning of Wildlife-Vehicle Collision Mitigation Measures. *Land*, 12(4), 758. <https://doi.org/10.3390/land12040758>
- Lee, M., Cheon, S., Son, S. W., Lee, M. J., & Lee, S. (2023). Exploring the relationship between the spatial distribution of roads and universal pattern of travel-route efficiency in urban road networks. *Chaos, Solitons & Fractals*, 174, 113770. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2023.113770>
- Modoodi, M. N., Shirmohammadi Aliakbarkhani, Z., Kheirandish, M., & Mowdoudi, A. (2023). The Assessment of Roadside (Agricultural and Non-Agricultural) Habitats' Effects on Wildlife's Road Casualties and an Analysis on the Views of Drivers. *Environmental Education and Sustainable Development*, 11(3), 63-76. <https://doi.org/10.30473/ee.2023.59551.2422>
- Monz, C., D'Antonio, A., Lawson, S., Barber, J., & Newman, P. (2016). The ecological implications of visitor transportation in parks and protected areas: Examples from research in US National Parks. *Journal of Transport Geography*, 51, 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.11.003>
- Sánchez-Fernández, M., Barrigón Morillas, J. M., Montes González, D., & de Sanjosé Blasco, J. J. (2022). Impact of Roads on Environmental Protected Areas: Analysis and Comparison of Metrics for Assessing Habitat Fragmentation. *Land*, 11(10), 1843. <https://doi.org/10.3390/land11101843>
- Sánchez-Fernández, M., Barrigón Morillas, J. M., Montes González, D., & de Sanjosé Blasco, J. J. (2022). Impact of roads on environmental protected areas: analysis and comparison of metrics for assessing habitat fragmentation. *Land*, 11(10), 1843. <https://doi.org/10.3390/land11101843>
- Sepehr, M., S.M.R.Fatemi, A.Danehkar and A.Mashinchian Moradi. (2017). Application of Delphi Method in Site Selection of Desalination Plants. *Global Journal of Environmental Science Management*, 3(1)89-102. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.01.009>
- Shahidinejad, F., Danehkar, A., Alizadeh Shabani, A., & Sobhani, P. (2024). Investigation of road accidents on the loss of wildlife species in the different provinces of Iran. *Journal of Natural Environment*, 77(Ecology and Biodiversity Management), 199-211. <https://doi.org/10.22059/jne.2024.376359.2667>
- Shi, H., Shi, T., Yang, Z., Wang, Z., Han, F., & Wang, C. (2018). Effect of roads on ecological corridors used for wildlife movement in a natural heritage site. *Sustainability*, 10(8), 2725. <https://doi.org/10.3390/su10082725>
- Sobhani, P., & Esmailzadeh, H. (2021). Evaluation and Analysis of Land Use Change Trends in Protected Areas (Case Study: Lar National Park). *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 13(2), 75-92. <https://www.sid.ir/paper/1162439/en>
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., Marcu, M. V., & Wolf, I. D. (2022). Evaluating Ecotourism Sustainability Indicators for Protected Areas in Tehran, Iran. *Forests*, 13(5), 740. <https://doi.org/10.3390/f13050740>
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Wolf, I. D., Marcu, M. V., Lück, M., & Sadeghi, S. M. M. (2023). Strategies to Manage Ecotourism Sustainably: Insights from a SWOT-ANP Analysis and IUCN Guidelines. *Sustainability*, 15(14), 11013. <https://doi.org/10.3390/su151411013>
- Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024). Identifying And Prioritizing Sustainability Indicators To Evaluate The Performance Of Nature Tourism Tours (Case study: Khamir-Qeshm mangrove forests). *Journal of Tourism and Development*, 13(1), 241-261. <https://doi.org/10.22034/jtd.2023.416500.2825>
- Van Der Ree, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (2015). Handbook of road ecology. John Wiley & Sons. 522 p. <https://doi.org/10.1002/9781118568170>
- Yang, Y., Wang, Y., Zhou, H., Chen, X., Tao, S., & Kong, Y. (2024). Evaluation of the effect of road barriers on wildlife habitats. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 131, 104218. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104218>

Zhang, H., Zhang, C., Hu, T., Zhang, M., Ren, X., & Hou, L. (2020). Exploration of roadway factors and habitat quality using InVEST. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102551. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102551>

Zoghi, Mahmoud., 2023. Clarifying the threshold of changes or destruction of urban ecosystems based on the concepts of landscape ecology and ecosystem

services in the paradigm of environmental planning and management. PhD Thesis. Faculty of Environment. University of Tehran. Tehran, Iran, 250 p.



*This page is intentionally
left blank.*