Civil and Project Journal, 2026, 7(11), 11-23
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.553949.1409

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Prioritization of Asphalt Pavement Distresses through Road Users' Perceptions: An Analytic Hierarchy Process-Based Case Study in Gonabad

Ali Haghighat[1], Mohammad Hossain Jalal Kamali[2]*

1-B.Sc. Student in Civil Engineering, University of Gonabad, Gonabad, Iran.

2*-Assistant Professor, University of Gonabad, Gonabad, Iran.

Received: 17 September 2025; Revised: 03 November 2025; Accepted: 06 November 2025; Published: 21 January 2026

Abstract

Optimal pavement maintenance, under limited resources, requires a scientific and precise prioritization of pavement distress. Traditional approaches have predominantly focused on technical and structural criteria, often overlooking the perspective of road users who interact daily with the quality of urban pavements. This study aims to bridge this analytical gap by introducing a novel approach centered on the road users' perceptions to prioritize asphalt pavement distresses in the city of Gonabad using the Analytic Hierarchy Process (AHP). In this research, five principal streets in Gonabad, each representing a dominant distress type (severe raveling, alligator cracking, potholes, longitudinal cracks, and transverse cracks), were selected. An online questionnaire based on pairwise comparisons was designed, through which respondents evaluated and compared the driving quality and experience along these corridors. The collected qualitative assessments were converted into quantitative values using Saaty's 1-9 scale. After verifying the consistency ratio, the final pairwise comparison matrix was constructed using the geometric mean of the valid responses. Subsequently, the final weights and maintenance priorities for each distress type were calculated using Expert Choice 11 software. The results revealed that, from the perspective of road users in Gonabad, severe raveling ranked first in maintenance priority with the highest relative weight (approximately 38%), followed by alligator cracking (about 25%) and potholes (about 21%). Longitudinal and transverse cracks received lower relative importance and were placed in subsequent priorities. Emphasizing the integration of users' perceptions into the managerial decision-making process represents an innovative approach to urban pavement evaluation and provides insights for developing maintenance strategies that enhance both user satisfaction and surface performance.

Keywords: *Pavement Management System, Asphalt Pavement Distresses, Distress Prioritization, Analytic Hierarchy Process (AHP), Road users' Perception.*

Cite this article as Haghighat A., Jalal Kamali M. H. (2026). 'Prioritization of Asphalt Pavement Distresses through Road Users' Perceptions: An Analytic Hierarchy Process-Based Case Study in Gonabad', Civil and Project, 7(11), e233633. doi https://doi.org/10.22034/cpj.2025.553949.1409

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2025 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *m.jalalkamali@gmail.com, jalalkamali@gonabad.ac.ir*

Civil and Project Journal, 2026, 7(11), 11-23
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.553949.1409

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

اولویت‌بندی خرابی‌های روسازی آسفالتی بر اساس ادراک کاربران راه: مطالعه موردی مبتنی بر فرایند تحلیل سلسله مراتبی در شهر گناباد

علی حقیقت[1]، محمّدحسین جلال‌کمالی[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

*۲- استادیار گروه مهندسی عمران و معدن، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

تاریخ دریافت: ۲۶ شهریور ۱۴۰۴؛ تاریخ بازنگری: ۱۲ آبان ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۵ آبان ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ بهمن ۱۴۰۴

چکیده

نگهداری بهینه روسازی راه‌ها با توجه به محدودیت منابع، نیازمند اولویت‌بندی علمی و دقیق خرابی‌ها است. رویکردهای سنتی اغلب بر معیارهای فنی-سازه‌ای متمرکز بوده و دیدگاه کاربران راه را، که به صورت روزمره با کیفیت معابر در ارتباط هستند، نادیده می‌گیرند. این پژوهش با هدف پر کردن این شکاف تحلیلی و ارائه رویکردی نو مبتنی بر دیدگاه استفاده کنندگان از راه، به اولویت‌بندی خرابی‌های روسازی آسفالتی در شهر گناباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌پردازد. در این مطالعه ، پنج معبر اصلی در شهر گناباد که هر یک نمایانگر یک نوع خرابی غالب (شن‌زدگی شدید، ترک پوست سوسماری، چاله، ترک‌های طولی و ترک‌های عرضی) بودند، انتخاب شدند. سپس با طراحی یک پرسشنامه آنلاین مبتنی بر مقایسه‌های زوجی، از کاربران خواسته شد تا کیفیت و تجربه‌ی رانندگی در این معابر را نسبت به یکدیگر بسنجند. داده‌های کیفی جمع‌آوری‌شده با استفاده از مقیاس ساعتی به مقادیر کمی تبدیل و پس از کنترل نرخ ناسازگاری، ماتریس مقایسه زوجی نهایی با استفاده از میانگین هندسی پاسخ‌های معتبر تشکیل شد. در نهایت، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11، وزن نهایی و اولویت تعمیر برای هر نوع خرابی محاسبه گردید: نتایج تحلیل نشان داد که از دیدگاه کاربران راه در شهر گناباد، شن‌زدگی شدید با کسب بالاترین وزن نسبی (حدود ۳۹٪) در اولویت نخست برای تعمیر و نگهداری قرار دارد و پس از آن، ترک پوست سوسماری با حدود ۲۵٪ و چاله با حدود ۲۱٪ قرار دارند. ترک‌های طولی و عرضی با اهمیت نسبی کمتر، در اولویت‌های بعدی جای گرفتند. تاکید بر ادغام ادراک کاربران در فرآیند تصمیم‌گیری مدیریتی، رویکردی نوآورانه در ارزیابی روسازی شهری ارائه می‌دهد و می‌تواند به طراحی سیاست‌های نگهداری مبتنی بر رضایت عمومی و بهبود عملکرد سطح راه کمک کند.

کلمات کلیدی: مدیریت و نگهداری روسازی، خرابی‌های روسازی، الویت بندی خرابی‌ها، تحلیل سلسله مراتبی، دیدگاه کاربران.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: jalalkamali@gonabad.ac.ir , m.jalalkamali@gmail.com

Civil and Project Journal, 2026, 7(11), 11-23
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.553949.1409

۱- مقدمه

راه‌ها یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های حمل‌ونقل در هر کشور به شمار می‌روند و نقشی اساسی در رشد اقتصادی، توسعه اجتماعی، توزیع کالا و جابجایی افراد ایفا می‌کنند. به همین دلیل، حفظ و نگهداری مناسب این دارایی‌های ارزشمند، از نظر فنی، اقتصادی و مدیریتی، یکی از وظایف اساسی نهادهای مسئول در حوزه راه و ترابری است. با گذشت زمان و در اثر عوامل مختلفی همچون بار ترافیکی سنگین، تغییرات شرایط اقلیمی، ضعف در زیرسازی، یا اجرای نامناسب، روسازی راه‌ها دچار خرابی‌هایی می‌شود که اگر در زمان مناسب به آن‌ها رسیدگی نشود، منجر به تشدید آسیب، کاهش ایمنی، افزایش هزینه‌های بهره‌برداری و نارضایتی عمومی خواهد شد.

نگهداری راه‌ها تنها به ترمیم خرابی‌ها محدود نمی‌شود، بلکه فرآیندی جامع شامل بازرسی مستمر، نگهداری پیشگیرانه، تعمیرات اصلاحی و برنامه‌ریزی منابع است که هدف آن افزایش عمر مفید روسازی، کاهش هزینه‌های چرخه عمر و ارتقای کیفیت خدمات حمل‌ونقل می‌باشد. از آن‌جا که منابع مالی همواره محدودند، توجه به اولویت‌بندی علمی پروژه‌های نگهداری و انتخاب راهبردهای بهینه، اهمیتی دوچندان پیدا می‌کند.

نگهداری راه‌ها به عنوان یک مؤلفه کلیدی در مدیریت زیرساخت، نقشی بنیادین در تضمین ایمنی، عملکرد بهینه و توجیه‌پذیری اقتصادی شبکه‌های حمل و نقل ایفا می‌کند. غفلت از نگهداری به موقع، فرآیند تخریب روسازی را تسریع کرده و پیامدهای نامطلوبی را به همراه دارد؛ به عنوان مثال، در ایالات متحده، اولویت‌بخشی به پروژه‌های عمرانی جدید به جای حفظ دارایی‌های موجود، منجر به قرارگیری تنها ٪۵۰ از راه‌ها در وضعیت مطلوب شده است. روسازی‌های فرسوده و ناهموار به طور مستقیم ایمنی کاربران را تهدید می‌کنند و به عنوان یک عامل مؤثر، در حدود ٪۱۰ از تلفات ترافیکی نقش دارند. علاوه بر این، نگهداری صحیح با حفظ کارایی حمل و نقل کالا و کاهش هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه، تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری اقتصادی دارد. تأخیر در تعمیرات، از یک سو با کاهش بازدهی سوخت و آسیب به خودروها، هزینه‌های اضافی بر کاربران تحمیل می‌کند و از سوی دیگر، سازمان‌های مسئول را با هزینه‌های تصاعدی بازسازی روبرو می‌سازد. از این رو، اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه، مانند درزگیری ترک‌ها و نگهداری سیستم‌های زهکشی، برای جلوگیری از بروز خرابی‌های سازه‌ای امری ضروری است و لزوم اولویت‌بخشی به حفظ وضع موجود به جای اصلاحات واکنشی و پرهزینه را برجسته می‌سازد (Burningham & Stankevich, ۲۰۰۵).

یکی از چالش‌های عمده متولیان حوزه راهداری، چه در محدوده‌های شهری و چه در محورهای برون‌شهری، اولویت‌بندی عملیات تعمیر و نگهداری راه‌ها است. در محیط‌های شهری، از آنجا که شهروندان به صورت روزانه از معابر استفاده می‌کنند، بروز خرابی در روسازی‌ها به‌طور مستقیم در کیفیت زندگی و رضایت عمومی آنان تأثیر می‌گذارد. بنابراین، صرف تمرکز بر شاخص‌های فنی کافی نیست و ضروری است در کنار معیارهای مهندسی، دیدگاه کاربران و ادراک آنان از کیفیت معابر نیز به‌عنوان یکی از عوامل تصمیم‌گیری وارد فرآیند اولویت‌بندی شود. ترکیب نظرات شهروندان با داده‌های فنی می‌تواند تصویری واقع‌گرایانه‌تر از وضعیت روسازی فراهم سازد و تصمیم‌گیری‌های مربوط به نگهداری را از حالت صرفاً فنی به سمت تصمیم‌گیری اجتماعی ـ فنی سوق دهد.

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که بیشتر پژوهش‌ها در زمینه اولویت‌بندی خرابی‌های روسازی، بر محدودیت‌های بودجه و ارزیابی کارشناسی تمرکز داشته‌اند و از نقش ادراک کاربران غفلت کرده‌اند. این امر خلأ مهمی در ادبیات موضوع ایجاد کرده است. پژوهش حاضر با هدف پرکردن این خلأ، رویکردی نوآورانه را دنبال می‌کند که در آن دیدگاه کاربران شهری در کنار شاخص‌های فنی و اجرایی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) لحاظ می‌شود. همچنین با توجه به روندهای جهانی و مطالعات اخیر که تلفیق AHP با روش‌های فازی را در اولویت‌بندی روسازی‌ها پیشنهاد داده‌اند، این پژوهش می‌کوشد تا الگویی علمی و بومی برای شهر گناباد ارائه دهد که بتواند تصمیم‌گیری‌ها را از نظر فنی و اجتماعی بهینه سازد.

در ایران، شرایط اقلیمی متنوع، از گرمای شدید مناطق کویری تا سرمای فراگیر نواحی کوهستانی، موجب بروز الگوهای متفاوتی از خرابی‌های روسازی می‌شود. علاوه بر این، محدودیت بودجه‌های عمرانی و تمرکز اعتبارات بر پروژه‌های توسعه‌ای جدید، فرآیند نگهداری راه‌ها را با چالش جدی مواجه کرده است. در بسیاری از شهرهای متوسط مانند گناباد، کمبود منابع مالی و ضعف در نظام ثبت داده‌های روسازی، تصمیم‌گیری درباره اولویت تعمیرات را پیچیده‌تر می‌سازد. از این‌رو، دستیابی به چارچوبی علمی که بتواند با لحاظ کردن شرایط اقلیمی محلی و محدودیت‌های اجرایی، به تخصیص بهینه منابع در نگهداری روسازی‌ها کمک کند، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

۲- مروری بر ادبیات

در این بخش ابتدا انواع خرابی‌های روسازی و منشا آنها به صورت مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه مبانی روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) و کاربرد آن در انتخاب رویه تعمیر و نگهداری توضیح داده شده است.

۲-۱- خرابی‌های روسازی

خرابی‌های روسازی عمدتا به دو گروه خرابی‌های سازه‌ای و عملکردی تقسیم بندی می‌شوند؛

خرابی‌های سازه‌ای زمانی رخ می‌دهند که توان تحمل بار روسازی به دلیل آسیب در سیستم لایه‌ای کاهش یابد؛ در این حالت انرژی ناشی از بارهای ترافیکی به‌درستی توزیع نمی‌شود و سبب شکست تدریجی سازه می‌گردد. نمونه‌های شاخص آن شامل ترک‌های پوست سوسماری، شیارشدگی و چاله‌ها هستند. این نوع خرابی‌ها معمولاً نشانه‌ی ضعف سازه‌ای روسازی‌اند و اگر در زمان مناسب ترمیم نشوند، منجر به نفوذ آب، گسترش ترک‌ها و تخریب کامل لایه‌های زیرین می‌شوند. اهمیتی که کارشناسان فنی برای این دسته قائل‌اند، ناشی از نقش آن‌ها در کاهش عمر مفید روسازی و افزایش هزینه‌های بازسازی است.

در مقابل، خرابی‌های عملکردی بیشتر بر کیفیت سواری، راحتی رانندگی و ایمنی کاربران جاده تأثیر می‌گذارند. این نوع خرابی‌ها لزوماً به ضعف سازه‌ای اشاره ندارند، بلکه موجب اختلال در خدمت‌دهی سطح راه می‌شوند. از نمونه‌های بارز آنها می‌توان به شن‌زدگی سطحی، کاهش مقاومت لغزشی، و ناهمواری‌های طولی و عرضی اشاره کرد. اگرچه این خرابی‌ها ممکن است سازه‌ای نباشند، اما از منظر ادراک انسانی، تأثیر بسیار بیشتری بر رضایت عمومی، آسایش سواری و درک بصری از کیفیت روسازی دارند. این خرابی‌ها مستقیما ایمنی گدرندگان از راه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Jalal Kamali et al., ۲۰۲۰; Mahmood, ۲۰۱۵).

در ادامه برخی از خرابی‌های مهم و پرتکرار در روسازی‌ها به صورت اجمالی شرح داده شده‌اند (Ghobeishavi, ۲۰۱۸; Ragnoli et al., ۲۰۱۸; International, ۲۰۲۲)؛

ترک‌های خستگی[2]: این ترک‌ها که به نام ترک‌های پوست سوسماری نیز شناخته می شوند، مجموعه‌ای از ترک‌های به‌هم‌پیوسته هستند که ناشی از شکست خستگی سطح آسفالت بتنی تحت بارگذاری مکرر ترافیک ایجاد می‌شوند. ترک‌ها از پایین سطح آسفالت یا پایه تثبیت‌شده شروع می‌شوند، جایی که تنش و کرنش کششی تحت بار چرخ بیشترین مقدار را دارند. ترک‌ها ابتدا به‌صورت مجموعه‌ای از ترک‌های طولی موازی به سطح گسترش می‌یابند. پس از بارگذاری مکرر ترافیک، ترک‌ها به یکدیگر متصل شده و قطعات چند ضلعی با زوایای تیز ایجاد می‌کنند که الگویی شبیه تور سیمی یا پوست تمساح به وجود می‌آورد. طول بلندترین ضلع این قطعات معمولاً کمتر از ۰٫۵ متر است. ترک‌های پوست تمساح تنها در نواحی‌ای رخ می‌دهند که در معرض بارگذاری مکرر ترافیک قرار دارند، مانند مسیر چرخ‌ها. ترک‌های الگوگونه‌ای که در کل ناحیه‌ای ایجاد می شوند و تحت بارگذاری نیستند، به ترک‌های بلوکی موسوم هستند و مربوط به بارگذاری نمی‌باشند.

[1] Analytic Hierarchy Process
[2] Fatigue Cracking

ترک‌های انعکاسی[3]: ترک‌های انعکاسی به دلیل انتقال ترک‌های موجود در لایه‌های زیرین به رویه آسفالتی ایجاد می‌شوند و در اصلاح روسازی‌های قدیمی، به خصوص روسازی‌های بتنی، متداول‌اند. مکانیک ترکیبی و تحلیل‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که افزایش ضخامت رویه آسفالتی و استفاده از لایه‌های میانی مهندسی شده می‌تواند تا حد زیادی از این ترک‌ها جلوگیری کند.

نشست‌های موضعی[4]: فرورفتگی‌ها نواحی موضعی در سطح روسازی هستند که ارتفاع آن‌ها اندکی کمتر از بخش‌های اطراف است. در بسیاری از موارد، فرورفتگی‌های جزئی تا پس از بارندگی قابل مشاهده نیستند؛ زمانی که تجمع آب در این نواحی موجب ایجاد منطقه‌ای موسوم به آبخوری پرندگان می‌شود. در شرایط خشک نیز می‌توان با مشاهده لکه‌هایی که در اثر ماند آب ایجاد شده‌اند، این فرورفتگی‌ها را تشخیص داد. فرو رفتگی‌های موضعی ناشی از تراکم ناکافی یا فرسایش خاک بستر است که منجر به تمرکز تنش‌ها و کاهش تحمل بار در نقاط مشخصی از روسازی می‌شود. تثبیت خاک بستر با مواد اصلاح‌شده یکی از راهکارهای مقابله با این مشکل است.

شیار شدگی[5]: شیار شدگی به صورت فرورفتگی‌های طولی در مسیر چرخ‌ها بروز می‌کند و ناشی از تغییر شکل پلاستیک در لایه‌های آسفالتی است. عوامل موثر بر بروز این خرابی عبارت‌اند از کیفیت پایین قیر، دانه‌بندی نامناسب مصالح و شرایط دمایی بالا. تحقیقات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که استفاده از قیرهای اصلاح شده با پلیمر می‌تواند مقاومت روسازی را در برابر شیار شدگی به طور چشمگیری افزایش دهد.

شن زدگی[6]: فرسایش و تخریب سطحی یا به اصطلاح شن زدگی عبارت است از فرسایش سطح روسازی به دلیل از دست رفتن ماده چسباننده آسفالت (قیر) و جدا شدن ذرات مصالح سنگی. این نوع خرابی نشان می‌دهد که یا قیر موجود در آسفالت به‌طور قابل توجهی سخت شده است یا مخلوطی با کیفیت پایین به‌کار رفته است. علاوه بر این، فرسایش سطحی ممکن است توسط برخی انواع ترافیک، مانند وسایل نقلیه زنجیری و یا استفاده از زنجیر چرخ خودروها، ایجاد شود. نرم شدن سطح و جدا شدن ذرات مصالح ناشی از ریختن روغن نیز تحت عنوان فرسایش سطحی در نظر گرفته می‌شود.

چاله‌ها[7]: چاله نوعی خرابی است که در اثر اضمحلال و خرابی قسمتی از سطح راه آسفالته به وجود می‌آید و معمولا به شکل دایره‌هایی با اندازه‌های مختلف بروز می‌کنند. این خرابی‌ها معمولا در اثر ضعف قشر آسفالت پدیدار می‌گردند که این پدیده خود می‌تواند به دلایل مختلف از جمله کم بودن قیر، ضخامت کم لایه آسفالتی و یا کمبود یا مصرف زیاد مصالح ریزدانه در مخلوط آسفالتی باشد.

۲-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یک روش نمونه مهندسی سیستم است که تحلیل کیفی را به تحلیل کمی تبدیل می‌کند. این روش می‌تواند با در نظر گرفتن عوامل کمی و کیفی، مشکلات تعیین وزن هر عامل را به‌طور مؤثر حل کند. AHP به‌طور گسترده برای حل مسائل تصمیم‌گیری با ساختار پیچیده، معیارهای متعدد و عواملی که کمی سازی آن‌ها دشوار است، استفاده می‌شود. این روش به حفظ انسجام فرایند قضاوت کمک می‌کند و به‌طور گسترده برای تعیین وزن و بیان اهمیت نسبی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس چندین معیار به‌کار می‌رود (Li et al., ۲۰۱۸).

AHP در دهه ۱۹۷۰ توسط توماس ساتی[8] برای حل مسائل پیچیده تکنولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی توسعه یافت. هدف AHP کمی سازی اولویت‌های نسبی برای مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس مقیاس نسبی است. AHP یک تکنیک ریاضی است و برای تصمیم‌گیری چندمعیاره به کار می‌رود تا به تصمیم‌گیرنده در انتخاب بهترین گزینه کمک کند. در این روش،

[3] Reflective Cracking
[4] Localized Settlements
[5] Rutting
[6] Raveling
[7] Potholes
[8] Saaty

ساختار پیچیده مسئله با مدیریت این پیچیدگی در سطوح مختلف ساده می‌شود. هر سطح شامل گروهی از پارامترها با ویژگی‌های مشابه است. در این روش، هدف کلی در بالاترین سطح یا سطح اول قرار دارد و در ادامه مجموعه‌ای از معیارها در سطح میانی و سپس مجموعه‌ای از گزینه‌ها برای رسیدن به هدف کلی قرار می‌گیرند. معمولاً معیارها به زیرمعیارها، زیر-زیرمعیارها و غیره تقسیم می‌شوند (Ahmed et al., ۲۰۱۷).

گرچه فرایند تحلیل سلسله مراتبی را نیز می‌توان در کنار سایر روش‌های تصمیم گیری چندشاخصه مانند ELECTRE، تئوری مطلوبیت چند شاخصه (MAUT)، TOPSIS و مانند اینها قرار داد، ولی در واقع کاربردهای متنوع و فراوان این روش ما را متقاعد می سازد که جایگاهی فراتر از یک روش تصمیم‌گیری برای آن متصور شویم. در واقع هنوز ابعاد مختلف فرایند تحلیل سلسله مراتبی شناخته نشده است و نیاز به بررسی و واکاوی بیشتری دارد تا این روش را بهتر و دقیق‌تر شناخت. نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین نشان می‌دهد که روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف پذیری، بکارگیری معیارهای کیفی و کمی به صورت همزمان و نیز قابلیت بررسی ناسازگاری در نظرات کارشناسی می‌تواند روش مناسبی جهت وزن دهی باشد (Sepahvand, ۲۰۱۳).

۲-۳- کاربرد AHP در فرایند تعمیر و نگهداری راه

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به عنوان یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، ابزاری کارآمد جهت اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری راه‌ها، به‌ویژه در شرایط محدودیت منابع، شناخته می شود. در همین را ستا، پژوهشی در ایالت شان میانمار به بررسی کاربرد این رویکرد برای اولویت‌بندی نگهداری راه‌های روستایی پرداخته است. نویسندگان در این تحقیق، یک چارچوب نظام‌مند برای تخصیص بهینه منابع نگهداری ارائه کرده‌اند. مدل سلسله‌مراتبی طراحی شده در این پژوهش، بر پنج معیار اصلی خرابی روسازی شامل شن‌زدگی، قیرزدگی، چاله‌ها، شکستگی لبه و ناهمواری استوار است. هر یک از این معیارها نیز بر اساس شدت (کم، متوسط و زیاد) به زیرمعیارهایی تقسیم شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که AHP با فراهم آوردن امکان ترکیب داده‌های کمی (مانند ابعاد خرابی) و قضاوت‌های کیفی متخصصان (مانند اهمیت نسبی انواع خرابی)، به مدیران زیرساخت این امکان را می‌دهد تا گزینه‌های مختلف نگهداری را به شکلی جامع‌تر از روش‌های تک‌بعدی مانند شاخص وضعیت روسازی (PCI) ارزیابی و رتبه‌بندی کنند. این پژوهش با ارائه یک ابزار عملی مبتنی بر اکسل، خلأ موجود در به‌کارگیری AHP برای مدیریت شبکه‌های راه روستایی در کشورهای در حال توسعه را مورد توجه قرار داده و یک راهکار عملی برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری در این حوزه معرفی می‌کند (Nandar Tun, ۲۰۲۴).

در پژوهشی دیگر، تلفیق دو رویکرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS[9]) برای اولویت‌بندی عملیات نگهداری راه‌های شهری به‌کار گرفته شده است. در این چارچوب تصمیم‌گیری، معیارهایی چون حجم ترافیک (۲۳٪/۳)، مسئولیت اجرایی راه (۲۲٪/۱)، ارزش راهبردی (۲۰٪/۸) و تراکم جمعیت (۱۶٪/۵) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین بخش‌های نیازمند تعمیر فوری شناسایی شدند. نتایج نشان داد که استفاده همزمان از AHP و GIS سبب افزایش شفافیت و دقت در تخصیص منابع نگهداری و تسهیل درک مکانی از نواحی بحرانی می‌شود. این ترکیب روشی، ضمن پشتیبانی از رویکردی کمی و ساختارمند در تصمیم‌گیری، امکان همسوسازی تصمیمات نگهداری با اهداف توسعه پایدار شهری را فراهم می‌آورد (Nugraha et al., ۲۰۲۵).

در مطالعات اخیر، به‌ویژه آن‌هایی که بر کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در حوزه نگهداری راه تمرکز دارند، تلاش شده تا عدم‌قطعیت‌های موجود در قضاوت کارشناسان و وابستگی میان معیارهای تصمیم‌گیری به صورت واقع‌بینانه مدل سازی شود. مرور ادبیات نشان می‌دهد که نظریه مجموعه‌های فازی ابزاری مؤثر برای مدیریت عدم قطعیت در ارزیابی‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان است و قابلیت تلفیق با روش‌های گروهی را دارد. همچنین روش‌های تجمیع نظرات، مانند میانگین وزنی (WAM)، و روش‌های بررسی وابستگی میان معیارها نظیر فازی بهترین–بدترین (Fuzzy Best–Worst)، در

[9] Geographic Information System

تصـــمیم‌گیری گروهی کاربرد گســـترده‌ای یافته‌اند. در مرحله رتبه‌بندی گزینه‌ها، بهره‌گیری از روش فازی ویکور (Fuzzy VIKOR) به عنوان راهکاری کارآمد برای تعیین اولویت‌ها در شـرایط چندمعیاره پیشـنهاد شـده اسـت. مجموعه این مطالعات تأکید دارند که بهره‌گیری از رویکردهای فازی در ترکیب با روش‌های MCDM می‌تواند به افزایش دقت و واقع‌گرایی در فرآیند اولویت‌بندی نگهداری روسازی‌های آسفالتی منجر شود (Hasan & Jaber, ۲۰۲۳).

در مقایسه با سایر روش‌های MCDM مانند TOPSIS، ELECTRE، ویژگی‌های زیر موجب انتخاب روش AHP در این پژوهش شده‌اند (Figueira et al., ۲۰۰۵):

- سادگی و شفافیت: برخلاف روش‌هایی نظیر TOPSIS و ELECTRE که نیازمند محاسبات پیچیده فاصله یا رتبه‌گذاری غیرفهم‌پذیر برای کاربران‌اند، AHP از ساختار سلسله مراتبی ساده و مقایسه‌های زوجی مستقیم استفاده می‌کند و برای ترجمه قضاوت انسانی کاملاً گویا است.
- سازگاری با داده‌های ادراکی و مقیاس ساعتی: چون پاسخ‌های نظرسنجی در این پژوهش مبتنی بر احساس رانندگی مردم بوده، نیاز به یک روش با مقیاس ترجیحی (در قالب خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد) وجود داشت تا شدت قضاوت‌های ذهنی را به اعداد منطقی تبدیل کند؛ از این منظر، AHP بهترین تطابق را دارد.
- کنترل ناسازگاری قضاوت‌ها: برخلاف روش‌های خطی مانند TOPSIS، AHP قادر است ناسازگاری در مقایسه‌های انسانی را محاسبه و حذف کند، که به ارتقای اعتبار آماری داده‌های کیفی منجر می‌شود.

با توجه به این ویژگی‌ها، روش AHP در این مطالعه نه تنها از جنبه فنی بلکه از دیدگاه جامعه‌محور و ادراکی نیز برتری دارد، زیرا توانسته فرآیند ترجیح ذهنی کاربران را به مدل کمی قابل تحلیل در نرم‌افزار Expert Choice تبدیل کند.

۳- فرایند انجام پژوهش

۳-۱- هدف از انجام پژوهش

هدف از انجام این پژوهش، اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری خرابی های چند معبر انتخابی بر اساس نظر مردم در شهر گناباد می‌باشد. همانگونه که پیشتر بیان شد در این تحقیق نظر کاربران راه به عنوان پارامتر اصلی تعمیر و نگهداری راه در نظر گرفته شده است. از آنجا که عامه‌ی مردم با انواع خرابی‌ها آشنا نیستند، حس خود را هنگام عبور از روی خرابی را به عنوان مرجع ذهنی خود در نظر می‌گیرند. به همین منظور مناطقی مورد تحقیق قرار گرفته است که یک خرابی عمده داشته باشد تا بتوان نتایج نظرات مردم را از نام معابر به نوع خرابی تعمیم داد.

۳-۲- رویه‌ی انجام پژوهش

فرآیند انجام این پژوهش با هدف دستیابی به مدلی علمی جهت اولویت‌بندی خرابی‌های روسازی شهری بر اساس نظر کاربران راه در شهر گناباد طراحی شده است. به منظور تحقق این هدف، مراحل اجرای تحقیق شامل پنج گام اصلی بوده است:

- انتخاب معابر
- طراحی نظرسنجی
- گردآوری داده‌ها
- تبدیل نظرات به مقادیر کمی
- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی جهت تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP).

در نخستین گام، انتخاب معابر مورد مطالعه انجام شد. معیار انتخاب شامل وجود یک نوع خرابی غالب در هر معبر، تکرار آن در طول مسیر، و دسترسی آسان برای ارزیابی عمومی بود؛ به‌گونه‌ای که هر معبر نمایانگر نوعی خرابی مشخص (مانند ترک‌های پوست ماری، شیارشدگی، شن‌زدگی، یا چاله‌ها) باشد. این امر به پژوهشگر امکان می‌دهد تا حس عمومی مردم نسبت به هر نوع

خرابی را از طریق نام معبر به نوع خرابی متناظر آن تعمیم دهد. جدول ۱ شماره اطلاعات پایه و ویژگی‌های فنی معابر منتخب را نشان می‌دهد.

جدول۱ : مسیرهای مورد مطالعه و خرابی‌های شایع آنها.

ردیف	نام خیابان	نوع خرابی غالب
۱	خیابان امام خمینی	ترک‌های طولی ممتد
۲	بلوار امام حسین	ترک‌های عرضی
۳	خیابان دلویی	شن‌زدگی شدید
۴	خیابان قصبه	چاله
۵	خیابان ترمینال	ترک‌های پوست سوسماری

در گام دوم، طراحی پرسشنامه نظرسنجی به صورت آنلاین در بستر Google Form انجام شد. فرم پرسشنامه شامل مجموعه‌ای از سؤالات زوجی بود که در آن هر دو معبر به صورت هم‌زمان با یکدیگر مقایسه می‌شدند. شرکت‌کنندگان از میان دو گزینه مشخص می‌کردند که در کدام معبر خرابی، اثر منفی بیشتری بر تجربه‌ی رانندگی آنان داشته است. بدین ترتیب، قضاوت‌های ذهنی به صورت مقایسه نسبی استخراج شد تا بتوان با روش AHP آن را کمی‌سازی کرد. برای اطمینان از پایایی پاسخ‌ها، چند سؤال تکراری در فرم گنجانده شد تا ناسازگاری احتمالی پاسخ‌دهنده‌ها قابل شناسایی و کنترل باشد. شکل ۱ یک نمونه از پرسشنامه را نشان می‌دهد.

شکل۱ : نمونه‌ی سوالات پرسشنامه در قالب Google Form.

در گام سوم، داده‌های پرسشنامه جمع‌آوری و کدگذاری شدند. پس از حذف پاسخ‌های ناقص یا ناسازگار، مجموع داده‌ها در یک پایگاه داده Excel سازمان‌دهی گردید. ۳۰ نفر از میان دانشجویان و اعضای هیئت علمی مجتمع آموزش عالی گناباد که همگی تجربه رانندگی در معابر مورد مطالعه را داشته‌اند، در فرآیند پاسخ‌گویی به پرسشنامه شرکت کردند. تحقیقات مشابه نشان داده‌اند در صورتی که از کارشناسان خبره در موضوعی استفاده شود برای حصول به نتایج قابل قبول، تعداد ۱۰ تا ۱۵ نفر جامعه‌ی آماری مناسبی خواهد بود (Sepahvand et al., ۲۰۲۵). در این تحقیق کارشناسان خبره همان استفاده کنندگان از راه هستند

که دائما از خیابانهای مورد مطالعه عبور می‌کنند. پس از بررسی نرخ سازگاری[10] برای مقایسه‌های زوجی هر پاسخ‌دهنده در نرم‌افزار Expert Choice، پاسخ‌های ۲۷ نفر معتبر تشخیص داده شد (CR<۰/۱) و تنها این داده‌ها در تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. رعایت این آستانه‌ی سازگاری، اعتبار منطقی نتایج و انسجام قضاوت‌های ادراکی شرکت‌کنندگان را تضمین می‌کند.

در گام چهارم، تبدیل داده‌های کیفی به مقادیر عددی بر اساس اصول مقیاس ساعتی (Saaty scale) در روش AHP صورت گرفت؛ به‌طوریکه شدت ترجیح هر معبر نسبت به دیگری در بازه ۱ تا ۹ کمی‌سازی گردید. سپس بر مبنای تمامی مقایسه‌های زوجی، ماتریس مقایسه وزنی معابر تشکیل شد که در آن اهمیت نسبی هر معبر (به‌عنوان نماینده‌ی نوع خرابی متناظر) قابل استخراج بود. جدول شماره ۲ نمونه‌ای از یک ماتریس مقایسه تکمیل‌شده میان معابر انتخابی را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در این جدول، پاسخ‌دهنده به پرسشنامه اذعان داشته است که کیفیت روسازی موجود در بلوار امام حسین نسبت به خیابان قصبه خیلی خوب است. به عبارتی دیگر از نظر این شخص اهمیت بهسازی خیابان قصبه نسبت به بلوار امام حسین، بسیار زیاد است. حال باید این اظهار نظرهای کیفی را در فرایندی به اظهار نظر کمی تبدیل کرده تا بتوان با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 به تحلیل نتایج پرداخت.

جدول۲ : خلاصه‌ی یک فرم نظر سنجی در قالب ماتریس های مقایسه.

	خیابان امام خمینی	خیابان ترمینال	بلوار امام حسین	خیابان قصبه	خیابان دلویی
خیابان امام خمینی	۱	خیلی خوب	متوسط	خوب	خیلی خوب
خیابان ترمینال	-	۱	بد	بد	متوسط
بلوار امام حسین	-	-	۱	خیلی خوب	خیلی خوب
خیابان قصبه	-	-	-	۱	خوب
خیابان دلویی	-	-	-	-	۱

برای آنکه این نظرات کیفی را بتوان به مقادیر کمی تبدیل کرد از یک مدل پیشنهادی استفاده شد که در آن به ازای هر انتخاب یک معادل کمی در نظر گرفته می‌شود و در نهایت میانگین بین نظر همه‌ی شرکت کنندگان گرفته می‌شود. ضرائب پیشنهادی برای توصیف خیلی خوب ۷، خوب ۴، متوسط ۱، بد ۱/۴ و خیلی بد ۱/۷ در نظر گرفته شد. برای آنکه بتوان نتایج غیر دقیق را از میان پاسخ‌های جمع آوری شده گردآوری کرد، هر سری پاسخ را در نرم‌افزار Expert Choice وارد شد و اگر ناسازگاری نتایج بیشتر از ۰/۱ بود، آن فرم نظر سنجی حذف شد (Saaty, ۲۰۰۸). برای اینکه نمره‌ی نهایی هر مقایسه به دست آید، از فرمول میانگین هندسی به شرح زیر استفاده می‌شود(Forman & Peniwati, ۱۹۹۸)؛

[10] Consistency Ratio

Civil and Project Journal, 2026, 7(11), 11-23
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.553949.1409

$$a_{ij}^{group} = (\prod_{k=1}^{n} a_{ij}^{(k)})^{\frac{1}{n}}$$

که در آن a_{ij}^{group} میانگین هندسی معادل کمی شده‌ی نظرات و $a_{ij}^{(k)}$ مقدار کمی شده‌ی هر نظر در مقایسه‌ی زوجی است. در صورتی که عدد به دست آمده کمتر از یک شد یعنی در زوج i و j، انتخاب jام از اهمیت بیشتری برخوردار است و برای وارد کردن این عدد در نرم‌افزار معکوس آن را (با رعایت برتری j) وارد می‌کنیم. به عنوان مثال اگر نظر شرکت کنندگان در نظر سنجی برای سوال مقایسه کیفیت آسفالت خیابان امام خمینی در مقایسه با خیابان دلوئی، به شرح جدول ۳ باشد، با احتساب وزن های گفته شده و انجام میانگین‌گیری برتری روسازی خیابان امام خمینی نسبت به خیابان دلوئی معادل ۴,۴ در مقیاس Saaty خواهد بود. نحوه‌ی محاسبه این عدد به شرح زیر است:

$$a_{ij}^{group} = \sqrt[27]{7^{12} \times 4^{12} \times 1^{3}} = 4.397 \cong 4.4$$

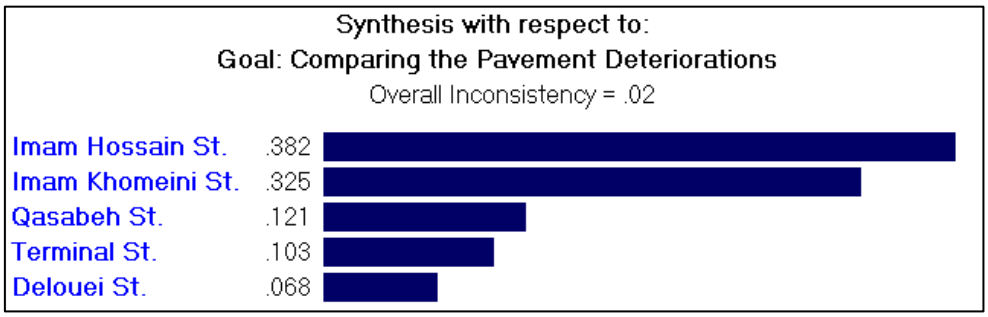
جدول ۳- یک نمونه از نتایج پرسشنامه‌ها

وضعیت کیفی	خیلی خوب	خوب	متوسط	بد	خیلی بد
تعداد انتخاب	۱۲	۱۲	۳	۰	۰

در گام پایانی، وزن‌های نهایی برای هر معبر و در نتیجه برای هر نوع خرابی آسفالتی محاسبه شدند و نرخ ناسازگاری (Consistency Ratio) نیز برای کنترل صحت منطقی قضاوت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت؛ به‌گونه‌ای که مقدار آن کمتر از ۰،۱ تأییدکننده‌ی سازگاری مناسب داده‌ها در تصمیم‌گیری است.

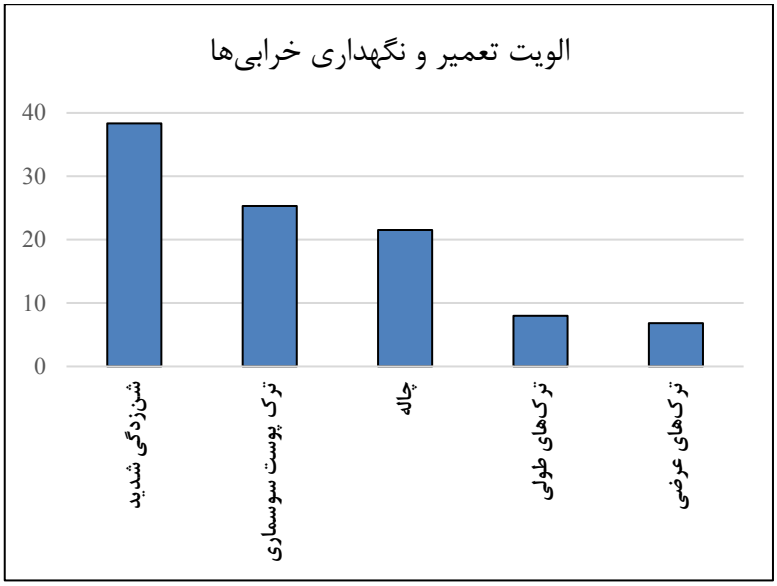
۴- نتایج و بحث

پس از تکمیل ماتریس‌های مقایسه زوجی در نرم‌افزار Expert Choice نتایج به شرح شکل ۲ ارائه شدند. همانگونه در شکل مشاهده می شود، کیفیت خیابانهای مورد مطالعه در شاخص نرمال شده (به گونه ای که جمع نمرات داده شده برابر یک است) داده شده است.



شکل۲ : خروجی نرم‌افزار Expert Choice.

از آنجا که هر خیابان معادل یک خرابی عمده در نظر گرفته شده بود، و با عنایت به اینکه در این نظر سنجی از مردم کیفیت روسازی در معبر مورد مطالعه سوال شده بود، بایستی ضرایب را معکوس کرده تا اهمیت تعمیر و نگهداری هر خرابی از دید استفاده کنندگان از راه مشخص شود.برای آنکه نتایج حالت ملموسی به خود بگیرند، الویت‌بندی‌های تعمیر و نگهداری به گونه‌ای نرمال شده‌اند که مجموع ضریب اهمیت آنها ۱۰۰ شود. با انجام این مراحل نتایج به شرح شکل ۳ حاصل شد.



شکل ۳ : الویت تعمیر و نگهداری از دید استفاده کنندگان از راه

نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نشان داد که خرابی شن‌زدگی شدید با وزن نهایی ۰,۳۸ بالاترین اولویت را از دید کاربران دارد. این یافته بیانگر آن است که کاربران معابر شهری گناباد، این نوع خرابی را بیش از سایر آسیب‌ها، همچون ترک‌های طولی یا چاله‌ها، درک و تجربه می‌کنند. از منظر رفتاری و شناختی، شن‌زدگی با ایجاد سطحی خشن و ناهموار بر آسفالت، مستقیماً بر راحتی رانندگی و پایداری حرکت وسایل نقلیه سبک تأثیر می‌گذارد؛ به‌ویژه در شرایط تابستانی که دمای بالا باعث جدا شدن ذرات ریز سنگدانه از سطح روسازی می‌شود. این وضعیت موجب ارتعاش مداوم در چرخ‌ها، افزایش صدای تماس لاستیک با سطح و کاهش تمرکز راننده می‌گردد. بنابراین اثر آن بر راحتی و ادراک عملکردی روسازی بسیار مشهود است.

از سوی دیگر، شدت شن‌زدگی به‌طور بصری نیز قابل مشاهده است و چهره‌ی خیابان را ناهمگون و فرسوده جلوه می‌دهد؛ همین ویژگی موجب شکل‌گیری ادراک منفی از کیفیت عمومی معابر شهری می‌شود. داده‌های مصاحبه‌های تکمیلی نشان دادند که کاربران علاوه بر جنبه‌ی راحتی، ظاهر بصری و حس فرسودگی روسازی را نیز شاخصی از ایمنی و کیفیت مدیریت شهری تلقی می‌کنند. درواقع، کاربران شن‌زدگی را نه‌تنها به‌عنوان نقص عملکردی، بلکه به‌عنوان نشانه‌ای از کاهش ایمنی در ترمزگیری و انحراف کنترل وسیله نقلیه تشخیص می‌دهند.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که در محیط شهری مورد مطالعه، اولویت بالای شن‌زدگی از دید کاربران ناشی از ترکیب مؤلفه‌های عملکردی (راحتی و کنترل) و بصری (ظاهر فرسوده و ادراک ایمنی) است؛ و همین هم‌پوشانی عامل شده تا این نوع خرابی بیشترین وزن نسبی را در مدل AHP کسب کند.

مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات بین‌المللی، به درک عمیق‌تری از یافته‌ها کمک می‌کند. به‌عنوان نمونه، در تحقیقی مشابه برای سنجش ادراک کاربران در شهر حائل عربستان سعودی، عامل ناهمواری سطح[11] با کسب حدود ۲۷٪ از آرا، به عنوان اصلی‌ترین علت نارضایتی شناسایی شد (Touahmia, ۲۰۱۷). این در حالی است که در پژوهش حاضر در گناباد، خرابی شن‌زدگی شدید با وزن نسبی حدود ۳۸ در رتبه نخست قرار گرفت. اگرچه شن‌زدگی (که به از دست رفتن سنگدانه‌ها از سطح روسازی اشاره دارد) و ناهمواری (که یک شاخص کلی برای سنجش کیفیت سواری است) دو مفهوم فنی مجزا هستند، اما اولویت یافتن هر دوی این‌ها بر خرابی‌های نقطه‌ای مانند چاله (که در مطالعه مذکور تنها ۱۲٪ آرا را کسب کرد) یک الگوی رفتاری مهم را آشکار می‌سازد. این الگو نشان می‌دهد که کاربران راه، حساسیت ویژه‌ای به خرابی‌های گسترده و پیوسته دارند که کل تجربه رانندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در مقایسه با خرابی‌های موضعی که ممکن است قابل پیش‌بینی یا حتی قابل اجتناب باشند.

[11] Surface roughness

به عبارت دیگر، احساس ممتد ناشی از حرکت بر روی یک سطح زبر و متخلخل (ناشی از شن‌زدگی) یا یک سطح دارای ارتعاشات مداوم (که با شاخص ناهمواری سنجیده می‌شود)، در نهایت نارضایتی بیشتری نسبت به ضربه‌های ناگهانی و منفرد چاله ایجاد می‌کند. این همسویی در نتایج، اهمیت تمرکز بر کیفیت بافت و یکپارچگی سطح روسازی را برای افزایش رضایت عمومی برجسته می‌سازد و نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری بر روی رفع خرابی‌های سطحی گسترده، بازخورد مثبت قابل توجهی از سوی شهروندان به همراه خواهد داشت.

در رویکردی دیگر که با هدف کاهش ذهنیت‌گرایی در اولویت‌بندی ارائه شده، در یک مطالعه اهمیت انواع خرابی‌ها از دیدگاه کارشناسان و خبرگان مورد بررسی قرار گرفته است و با مقایسه نتایج مطالعه حاضر با آن مدل، تفاوت‌های بنیادینی را در فلسفه اولویت‌بندی آشکار می‌سازد. در مدل فنی آن‌ها، بالاترین وزن به خرابی‌های با ماهیت سازه‌ای یعنی ترک پوست سوسماری و چاله‌ها (با اهمیت نسبی به ترتیب۳۵,۵٪ و ۲۶,۲٪) اختصاص داده شده است، در حالی که در مطالعه حاضر ، شن‌زدگی شدید به وضوح در صدر اولویت‌های کاربران قرار دارد. نکته قابل تأمل دیگر، تحلیل جایگاه چاله است. همانطور که اشاره شد، این خرابی در هر دو دیدگاه (رتبه دوم برای کارشناسان و رتبه سوم برای کاربران) از اهمیت بالایی برخوردار است که این خود یک نقطه اشتراک مهم است. اما دلیل این اهمیت متفاوت است. کاربران، چاله را به دلیل تأثیر آنی، محسوس و خطرآفرین آن بر ایمنی و خسارت احتمالی به وسیله نقلیه در اولویت بالایی قرار می‌دهند. در مقابل، برای کارشناسان، چاله نشان‌دهنده یک نقطه بحرانی و شکست سازه‌ای پیشرفته است که نیازمند مداخله فوری برای جلوگیری از نفوذ آب و گسترش آسیب به لایه‌های زیرین می‌باشد(Shah et al., ۲۰۱۴).

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که از دیدگاه کاربران شهری، خرابی‌های سطحی گسترده مانند شن‌زدگی شدید و ترک پوست سوسماری در اولویت بالاتری نسبت به خرابی‌های موضعی قرار دارند. این نتیجه برای شهرداری‌ها و ادارات راه پیام روشن دارد: تمرکز برنامه‌های نگهداری باید از صرفاً رفع خرابی‌های نقطه‌ای، به سمت بازسازی و بهسازی بافت سطحی معابر تغییر یابد. چنین رویکردی نه‌تنها رضایت عمومی را به‌طور محسوس افزایش می‌دهد، بلکه با ارتقای کیفیت سواری و کاهش خطرات ایمنی مرتبط با سطوح زبر و لغزنده، می‌تواند هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از تصادفات و فرسایش خودروها را کاهش دهد. همچنین، اولویت‌بندی علمی بر اساس ادراک کاربران امکان می‌دهد تا تخصیص منابع محدود بر پروژه‌هایی متمرکز شود که بیشترین اثر را بر تجربه روزمره رانندگان و تصویر عمومی کیفیت خدمات شهری دارند. این رویکرد می‌تواند به عنوان یک چارچوب تصمیم‌گیری اجتماعی–فنی، در تدوین بودجه‌های سالانه و برنامه‌ریزی زمان‌بندی تعمیرات معابر مورد استفاده قرار گیرد.

۵- پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

با توجه به محدودیت منابع مالی و اهمیت بالای مدیریت بهینه روسازی‌ها و با توجه به ضرورت هدفمندسازی فعالیت‌های عمرانی در افزایش رضایت شهروندان، ادامه‌ی تحقیقات در زمینه اولویت‌بندی خرابی‌های روسازی آسفالتی با رویکرد ادراک کاربران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این رویکرد می‌تواند به تدوین راهبردهای مدیریت نگهداری منطبق بر نیاز واقعی کاربران کمک کرده و به بهبود کارایی تخصیص منابع و افزایش رضایت عمومی منجر شود. لذا پیشنهادات زیر برای تحقیقات آتی ارائه می‌گردند؛

- توسعه مدل‌های ترکیبی که علاوه بر ادراک کاربران، داده‌های ترافیکی و اقلیمی را نیز در اولویت‌بندی دامنه خرابی‌ها لحاظ کنند.
- کاربرد روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای افزایش دقت پیش‌بینی و مدیریت عدم قطعیت در ارزیابی خسارت‌ها.
- گسترش مطالعات موردی به مناطق با شرایط اقلیمی و ترافیکی متنوع به منظور اعتبارسنجی و تعمیم نتایج.
- بررسی تأثیر عوامل اجتماعی و اقتصادی در تعیین اولویت‌های نگهداری از منظر کاربران.

مراجع

Ahmed, S., Vedagiri, P., & Rao, K. K. (2017). Prioritization of pavement maintenance sections using objective based Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Pavement Research and Technology*, *10*(2), 158-170.

Burningham, S., & Stankevich, N. (2005). *Why road maintenance is important and how to get it done*.

Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys.

Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, *108*(1), 165-169.

Ghobeishavi, M. (2022). Investigation of types and causes of breakdowns and cracks in asphalt roads in Bandar Mahshahr city in Khuzestan province.

Hasan, A. E., & Jaber, F. K. (2023). The applicability of multiple MCDM techniques for implementation in the priority of road maintenance. *Journal of Engineering*, *29*(10), 106-125.

International, A. (2018). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. ASTM International.

Jalal Kamali, M. H., Hassani, A., & Sodagari, J. (2020). Investigating the relation among British pendulum number, mean texture depth and asphalt content in hot mix asphalt. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, *8*(1), 87-96.

Li, H., Ni, F., Dong, Q., & Zhu, Y. (2018). Application of analytic hierarchy process in network level pavement maintenance decision-making. *International Journal of Pavement Research and Technology*, *11*(4), 345-354.

Mahmood, M. S. (2015). *Network-level maintenance decisions for flexible pavement using a soft computing-based framework*. Nottingham Trent University (United Kingdom).

Nandar Tun, K. K., Moe Thet Thet Aye. (2024). An Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach to Road Maintenance Prioritization: A Case Study in Shan State, Myanmar. *Innovation in Engineering*, *1*, 60-72. https://doi.org/https://doi.org/10.58712/ie.v1i2.9

Nugraha, M. A., Muhidong, J., & Soma, A. (2025). MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING IN ROAD MAINTENANCE: AN AHP-GIS APPROACH. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, *17*(3).

Ragnoli, A., De Blasiis, M. R., & Di Benedetto, A. (2018). Pavement distress detection methods: A review. *Infrastructures*, *3*(4), 58.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, *1*(1), 83-98.

Sepahvand, S. (2013). *standardization and safety improvement in the road tunnels* Shahid Chamran University of Ahvaz]. Ahvaz, Iran.

Sepahvand, S., Hejazi, S. J., & Jalal Kamali, M. H. (2025). Advancing Tunnel Safety Management: A Simple and Adaptable Method for Comprehensive Evaluation. *Contributions of Science and Technology for Engineering*, -. https://doi.org/10.22080/cste.2025.29635.1066

Shah, Y. U., Jain, S., & Parida, M. (2014). Evaluation of prioritization methods for effective pavement maintenance of urban roads. *International Journal of Pavement Engineering*, *15*(3), 238-250.

Touahmia, M. (2017). Prediction of pavement condition based on public perceptions. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*, *4*(8), 129-132.