



Semnan University

Journal of Transportation Infrastructure Engineering

Journal homepage: <https://jtie.semnan.ac.ir/?lang=en>

ISSN: 2821-0549



Research Article

Modeling Prioritization of Urban Road Maintenance with Super Decision Software (Case Study: Hamedan City)

Erfan Pashaei Kohan^a, Mohammad Reza Eliasi^{b*}, Daryoosh Daryaei^c

^aMSc. in Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Malayer University, Malayer, I R. Iran.

^bAssistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Malayer University, Malayer, I. R. Iran.

^cAssistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Malayer University, Malayer, I. R. Iran.

PAPER INFO

Paper history:

Received: 2025-08-16

Revised: 2025-10-13

Accepted: 2025-10-14

Keywords:

Maintenance,
pavement
management system,
PCI traffic,
Prioritization,
failure.

ABSTRACT

In the past, engineers were not familiar with pavement management and only paid attention to pavement maintenance. Pavements that require repair and maintenance should be selected for repair and maintenance before reaching a critical state, and this operation requires the experience of engineers based on the pavement management status. Prioritizing road maintenance is one of the most essential measures for allocating funds to road and pavement improvement projects. The simultaneous use of different factors in conventional project prioritization models seems to be essential. In this study, using factors such as Damage Index (PCI), traffic and service level, surrounding uses, accident rates, and machinery, the maintenance of several important streets in Hamedan city has been prioritized using the Analytical Network Process (ANP) method. Results of the sensitivity analysis showed that Axis 2 (Mahdiah Street) with a weight of 0.39 and Axis 1 (Sadaf Street) with a weight of 0.27 have the lowest priority. This indicates that relying on a single criterion cannot provide a correct analysis of the condition of the existing roads.

* Corresponding author.

E-mail address: eliasy@malayeru.ac.ir

How to cite this article: Pashaei Kohan, E., Eliasi, M. R. and Daryaei, D. 2025. "Modeling prioritization of urban road maintenance with super decision software (Case study: Hamedan City)". . *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, 11(3), 91-115. <https://doi.org/10.22075/JTIE.2025.38687.1732>

© 2024 The Author(s). Journal of Transportation Infrastructure Engineering Published by Semnan University Press. This is an open access article under the CC-BY 4.0 license. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



مقاله پژوهشی

مدل سازی اولویت بندی تعمیر و نگهداری راه های درون شهری با نرم افزار سوپر دسیژن (مطالعه موردی: شهر همدان)

عرفان پاشایی کهن^۱، محمدرضا الیاسی^{۲*}، داریوش دریایی^۳

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

^۲ استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

^۳ استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

چکیده

در گذشته، مهندسين با مدیریت روسازی آشنا نبودند و فقط به نگهداری روسازی‌ها توجه می‌کردند. روسازی‌هایی که نیاز به تعمیر و نگهداری دارند، قبل از رسیدن به وضعیت بحرانی باید برای ترمیم و نگهداری انتخاب شوند و این عملیات نیازمند تجربه‌ی مهندسين بر اساس وضعیت مدیریت روسازی می‌باشد. اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری راه‌ها، یکی از ضروری‌ترین اقدامات برای تخصیص اعتبار به پروژه‌های بهسازی راه و روسازی می‌باشد. استفاده همزمان عوامل مختلف در مدل‌های مرسوم اولویت‌بندی پروژه‌ها، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق، با استفاده از عواملی مانند شاخص خرابی‌ها (PCI)، ترافیک و سطح سرویس، کاربری‌های اطراف، نرخ تصادف و ماشین‌آلات، اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری چند خیابان مهم شهر همدان با استفاده از روش ANP صورت گرفته است. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که محور ۲ (خیابان مهدیه) با وزن ۰/۳۹ و محور ۱ (خیابان صدف) با وزن ۰/۲۷ کمترین اولویت‌بندی را دارد. این موضوع بیانگر این است که اتکا کردن به یک معیار نمی‌تواند تحلیل درستی از وضعیت راه‌های موجود ارائه نماید.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۲۱

پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۲۲

واژه‌های کلیدی:

تعمیر و نگهداری،
سیستم مدیریت روسازی،
PCI ترافیک،
اولویت‌بندی،
خرابی.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Elyasi@malayeru.ac.ir

استناد به این مقاله: الیاسی، محمد رضا، دریایی، داریوش و پاشایی کهن، عرفان. (۱۴۰۴). مدل‌سازی اولویت بندی تعمیر و نگهداری راه‌های درون شهری با نرم افزار سوپر دسیژن (مطالعه موردی: شهر همدان). مهندسی زیر ساخت های حمل و نقل، ۱۱(۳)، ۹۱-۱۱۵.

<https://doi.org/10.22075/JTIE.2025.38687.1732>

۱. مقدمه

راه ها به عنوان یکی از گسترده ترین زیرساخت های عمرانی در هر کشور، یک سرمایه محسوب می شوند. تعمیر و نگهداری راه ها یکی از مراحل ضروری بهبود شرایط فیزیکی آنها هستند که در تحلیل چرخه عمر روسازی نقش مهمی دارند و با در نظر داشتن این امر، سالانه بخش عظیمی از بودجه عمرانی کشور صرف ترمیم و نگهداری و بهسازی راه ها می شود. آنچه که مطرح شد، نیاز به یک برنامه مدون به عنوان ابزاری برای تصمیم گیری ها و بهینه سازی هزینه های ترمیم و نگهداری دارد. دو موضوع در مبحث مدیریت تعمیر و نگهداری راه ها دارای اهمیت است: ۱- تعیین گزینه مناسب و ۲- زمان به کارگیری آن. در این مقاله، سعی شده تا مدلی جهت ارائه الگوریتمی در خصوص تصمیم گیری در رابطه با گزینه مناسب جهت انجام عملیات تعمیر و نگهداری و نیز زمان مناسب به لحاظ اولویت بندی برای اجرای آن توسعه داده شود. در حال حاضر، اکثر کشورهای در حال توسعه به دنبال ایجاد یک سیستم مدیریت نگهداری روسازی کارآمد هستند تا بتوانند بیشترین بازده اقتصادی را از بودجه های کلانی که در بخش راه صرف می شود، به دست آورند (ندیمی و همکاران، ۲۰۱۹). مدیریت تعمیر و نگهداری روسازی یک فرآیند هماهنگ و منظم برای انجام تمام فعالیت های مربوط به فراهم سازی و نگهداری روسازی جاده ها می باشد. هدف عمده مدیریت روسازی، پیش بینی شرایط روسازی و هزینه مرتبط با نگهداری و بازسازی در یک برنامه زمان بندی مشخص و کمک به برنامه ریزی کارها است (جوادیان و همکاران، ۲۰۲۲).

روسازی راه ها همواره در معرض انواع تنش های ناشی از عواملی همچون بار ترافیکی، تغییر شکل لایه های اساس، زیر اساس و بستر، میزان رطوبت و تغییر دما قرار دارند که این تنش ها نیز موجب خرابی هایی در روسازی راه ها می شوند. انواع ترک ها، چاله ها و تغییر شکل لایه ها

از انواع این خرابی ها هستند. به منظور مرمت و اصلاح این خرابی ها، ابتدا باید نوع خرابی شناسایی و ارزیابی شود و سپس با توجه به اولویت ها با روش مناسب ترمیم یابد. از آنجا که کیفیت روسازی معابر شهری یکی از مهم ترین عوامل تأثیرگذار در کیفیت سیستم حمل و نقل شهری است، ساخت روسازی های باکیفیت به همراه تعمیر و نگهداری صحیح روسازی می تواند عاملی مهم در تأمین رضایت شهروندان در مورد عملکرد شهرداری باشد. می توان راهکارها و پیشگیری در انواع خرابی های آسفالتی در روسازی راه ها و معابر شهری را این گونه تعریف کرد: اجرای روش مناسب برای روسازی ها در زمان مناسب، راه هایی که مورد غفلت قرار می گیرند، با گذشت زمان، استفاده از آن ها مشکل تر شده و در نتیجه باعث افزایش هزینه های عملکردی وسایل نقلیه (تعمیرات پی در پی و سوخت مصرفی بیشتر) و کاهش رغبت رانندگان در استفاده از راه می شود، به گونه ای که به ازای هر مقدار صرفه جویی در نگهداری راه، هزینه های عملکردی وسایل نقلیه دو تا سه برابر افزایش پیدا می کنند. با به کار بردن روش های پیشگیرانه مناسب در زمان مناسب، عمر خدمت دهی روسازی افزایش چشمگیری پیدا می کند که مدیریت اجرایی در سطح پروژه و شبکه ای را می طلبد. رعایت نکات کلیدی زیر می تواند در اجرا، پیشگیری و نگهداری روسازی آسفالتی راه ها و معابر شهری راهگشا باشد: تعداد و نوع وسایل نقلیه عبوری، نوع و جنس مصالح بستر و روسازی، شرایط جوی، شرایط زهکشی، کیفیت اجرا، ضوابط و معیارهای طرح و اجرا و نگهداری. سیستم مدیریت روسازی استفاده شده در کشور پرتغال شامل یک مدل بهینه سازی با هدف به حداقل رساندن مجموع هزینه ها و حفظ استانداردهای جاده ای می باشد. این سیستم در بخش نخست (هزینه ها)، دو هدف مختلف را دنبال می کند که شامل به حداقل رساندن هزینه های تعمیر و نگهداری و به حداقل رساندن هزینه های کاربر راه،

می‌باشند (بهبهانی و همکاران، ۲۰۲۱).

سیستم مدیریت روسازی به مجموعه‌ای کامل و هماهنگ از فعالیت‌هایی همچون طراحی، برنامه‌ریزی، ساخت، نگهداری، ترمیم، ارزیابی، بازیابی و تحقیق‌های مربوط به روسازی گویند که هدف آن استفاده از اطلاعات صحیح و معیارهای تصمیم‌گیری مناسب در چارچوب تشکیلاتی تعریف شده، به منظور ایجاد یک برنامه مقرون به صرفه برای طراحی، ساخت و نگهداری روسازی است. به این ترتیب، سیستم مدیریت روسازی ابزاری است هدفمند برای مدیران که به منظور افزایش کارایی در تصمیم‌گیری و یافتن استراتژی مؤثر و اقتصادی برای ارزیابی، ترمیم، تعمیر، حفظ و نگهداری روسازی‌ها در سطح خدمت‌دهی قابل قبول طراحی می‌شود. این سیستم یک سیستم اطلاعاتی، تحلیلی و تکاملی است که اطلاعات آن به طور مستمر با برنامه‌ای که بر اساس علوم و فنون نوین مهندسی، فن‌آوری‌ها و تحولات اقتصادی تنظیم شده است بررسی شده تا امکان‌سنجی اقتصادی و استراتژی مهندسی انتخاب شده برای ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری روسازی‌ها بهینه و به هنگام نمود (هاس و همکاران، ۱۹۹۴). نگهداری راه عبارت است از مجموعه‌ای از عملیات که به صورت دائمی و همیشگی روی یک راه و ابنیه فنی، تأسیسات، تجهیزات و حریم مطلوب مربوط به آن انجام می‌شود تا راه همواره در سطحی مطلوب سرویس‌دهی نماید و یا به عبارت دیگر وضعیت راه همواره بر اساس زمان ساخت حفظ شده و یا ارتقاء وضعیت یابد.

برای رسیدن به این هدف باید تمهیدات خاصی برای مرمت خرابی‌ها صورت گیرد و یا با تقویت و بهسازی راه، وضعیت آن را بهبود بخشید. در یک تعریف کلی‌تر، نگهداری راه عبارت است از کارهای روزانه روی جاده که به صورت دستی یا به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مهندسی همراه باشد (فخری و همکاران، ۲۰۱۶).

بنابراین، در هر ساختار سازمان یافته‌ای، این مدیریت است که باید در سطوح مختلف صورت گیرد تا با عنایت به اینکه هر ساله میلیاردها ریال صرف ساخت و نگهداری راه‌ها می‌شود، با طراحی سامانه مدیریت اطلاعات روسازی بر اساس اصول صحیح مهندسی و مدیریت این هزینه‌ها، میزان قابل توجهی از آن را کاهش داد (سیلوا و همکاران، ۲۰۲۲). هانتینگتون و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که در مورد ترمیم و نگهداری راه‌ها داشتند از درخت تصمیم‌گیری برای شناسایی گزینه مناسب برای ترمیم و نگهداری راه‌های با رویه آسفالتی استفاده کردند. در این درخت تصمیم‌گیری، سه متغیر شاخص سرویس-دهی روسازی، عرض راه و عمق شیارشدگی انتخاب شدند. یوگش و همکاران (۲۰۱۰) مشکلات نظری و عملی در ارتباط با فرآیند اولویت‌بندی مدیریت نگهداری راه‌ها را بررسی کردند. آن‌ها تکنیک‌های اولویت‌بندی برای روسازی‌های انعطاف‌پذیر را شناختند و به بررسی دقیق آن‌ها پرداختند (فولادگر و همکاران، ۲۰۱۲). لیو و همکاران (۲۰۲۴) از ترکیب روش‌های AHP و TOPSIS برای نگهداری پیشگیرانه روسازی‌های آسفالتی استفاده کردند. آن‌ها به عنوان مطالعه موردی روی راه‌های آسفالتی کشور چین، اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری را با چهار گزینه‌ی تعمیر اسلاری سیل، میکروسرفیسینگ، چپ سیل و روکش نازک انجام دادند. همانطور که از بخش مقدمه پیداست، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در اولویت‌بندی پروژه‌های تعمیر و نگهداری راه قبلاً مورد استفاده قرار گرفته است، ولی نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری متغیرهای مستقل ترافیک و سطح سرویس، اهمیت کاربری راه، نرخ تصادف و ماشین‌آلات در کنار شاخص کیفیت روسازی (PCI) و استفاده از روش تحلیل شبکه-ای همراه با تأثیر متقابل عوامل مختلف بر یکدیگر با استفاده از روش ANP می‌باشد. در این مدل، که خود از چند زیرمدل تشکیل می‌شود، میزان اهمیت و وزن

بودند، در این پژوهش، پنج معیار مورد بررسی قرار گرفت و اثر هم‌زمان آن‌ها بر بقیه معیارها سنجیده شده است. برای بررسی اثر پنج معیار مختلف بر یکدیگر، از روش چندمعیاره استفاده شده که به کمک آن می‌توان داده‌ها را نرمال‌سازی و وزن‌دهی کرد.

۲. معرفی محل انجام پژوهش

اولویت‌بندی معابر این تحقیق مربوط به استان همدان است. این معابر شامل مسیرهای رفت و برگشت خیابان‌های مهدیه، صدف و جهان‌نما است. نقشه هوایی خیابان‌های این سه معبر در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به اینکه سه معبر ذکر شده نسبت به بقیه معابر پر رفت و آمدتر بودند، در این تحقیق سعی شد با دقت کافی نمونه برداری و تحلیل اولویت‌ها صورت گیرد.

پارامترها در بخش‌هایی که آمار مستندی وجود نداشت و یا نیاز به تبدیل یک پارامتر کیفی به کمی وجود داشت، با طراحی و توزیع فرم‌های نظرسنجی و تحلیل آن‌ها از روش ANP انجام و اعتبارسنجی شد. با توجه به کمبود بودجه در کشور، نیازمند یک سیستم جامع مدیریت روسازی که روی کل شبکه راه‌های یک استان یا یک شهر موضوع اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری راه‌ها را بررسی کند هستیم. در این تحقیق، به عنوان مطالعه موردی، سه معبر در شهر همدان انتخاب شده است که روی این معابر اولویت‌بندی صورت می‌گیرد. به منظور مدیریت بهینه و جامع روسازی راه‌های موجود، سایر پارامترهای مهم مانند ترافیک و سطح سرویس، اهمیت کاربری راه، نرخ تصادف و ماشین‌آلات در کنار شاخص کیفیت روسازی (PCI) مبنای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی گزینه‌های ترمیم و نگهداری قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه در مدل‌های پیشین، هر یک از این معیارها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته



شکل ۱. عکس هوایی معابر در نظر گرفته شده

که تحت تأثیر عواملی با مقیاس‌های متفاوت (کمی و کیفی) می‌باشند، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین

۳. روش تحلیل

۳-۱. روش تحلیل سلسله مراتبی ANP

یکی از روش‌های مناسب برای اولویت‌بندی گزینه‌هایی

می‌تواند معیارهای مختلف کمی و کیفی را در نظر بگیرد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت معیارها را فراهم نماید. شناسایی ریسک‌ها با تکنیک مصاحبه‌های ساختاریافته، اولویت‌بندی کیفی ریسک‌ها با نظرسنجی از خبرگان و اولویت‌بندی کمی ریسک‌ها با تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است. یکی از ضعف‌های روش‌های تحلیل‌هایی که به صورت سلسله مراتبی مقایسات را انجام می‌دهند (مانند روش‌های AHP، دلفی و ...) عدم در نظر گرفتن تأثیر متقابل عوامل مختلف بر یکدیگر می‌باشد. این موضوع در روش ANP (فرایند تحلیل شبکه‌ای)، اصلاح شده است. برای بررسی اندرکنش معیارها و زیرمعیارها بر یکدیگر و تحلیل شبکه‌ای عوامل مؤثر در انتخاب گزینه‌ها از روش ANP (فرایند تحلیل شبکه‌ای) استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسط محقق به نام توماس ال-ساعتی در سال ۱۹۷۰ بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی پیشنهاد شد.

۳-۱-۱. مراحل فرآیند تحلیل شبکه‌ای

مرحله ۱: ساخت مدل

در این مرحله، مدل ساخته شده و مسئله ساختاردهی می‌شود. برای این منظور، تصمیم‌گیرنده باید مسئله را به طور واضح بیان کرده و آن را به یک سیستم منطقی به عنوان یک شبکه تجزیه کند. تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با استفاده از روش‌های مختلفی مانند طوفان فکری، ساختار شبکه مسئله را به دست آورند.

مرحله ۲: تهیه ماتریس‌های مقایسه زوجی و بردارهای اولویت در مرحله دوم، باید بردارهای اولویت و ماتریس‌های مقایسه زوجی تهیه شوند. برای انجام این کار، باید بین جفت عناصر در هر خوشه با در نظر گرفتن اهمیت عناصر نسبت به معیارهای کنترلی آنها، مقایسه‌ای انجام شود. این مرحله مشابه مرحله مقایسه AHP است.

علاوه بر این، خوشه‌ها نیز باید با در نظر گرفتن سهم آنها در هدف، به صورت زوجی مقایسه شوند. بنابراین، این مرحله شامل پاسخ به سری‌های مقایسه زوجی (بین دو خوشه یا دو عنصر) است که باید با در نظر گرفتن سهم آنها در معیارهای خاص سطح بالای خود ارزیابی شوند. علاوه بر این، بررسی‌های زوجی دیگری نیز از نظر وابستگی‌های متقابل بین عناصر یک خوشه ضروری است. از یک بردار ویژه برای نشان دادن تأثیر هر عنصر بر دیگری استفاده می‌شود. مقیاس مقایسه اساسی (1-9) AHP همچنین می‌تواند در روش ANP برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در شناسایی تعداد دفعاتی که یک عنصر بر عنصر دیگر غلبه می‌کند و تعیین مقادیر اهمیت نسبی با در نظر گرفتن معیار مربوطه استفاده شود. همچنین، می‌تواند برای گنجاندن دانش و تجربه تصمیم‌گیرندگان به روش شهودی مورد استفاده قرار گیرد. این مقیاس به جای اعداد نسبی، فاصله‌ای یا ترتیبی از اعداد مطلق استفاده می‌کند (بایزیت، ۲۰۰۲). در این روش، ترجیحات توصیفی تصمیم‌گیرندگان را می‌توان به مقادیر عددی تبدیل کرد. نکته دیگر این است که برای مقایسه معکوس، یک مقدار متقابل تعیین می‌شود. برای این منظور، $a_{ij} = 1/a_{ji}$ استفاده می‌شود. در این معادله، عامل a_{ij} نشان‌دهنده اهمیت عنصر i ام و a_{ji} نشان‌دهنده اهمیت عنصر j ام است. در روش ANP مشابه AHP، از یک ماتریس برای نشان دادن مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود. یک ماتریس محلی بردار اولویت برای تعیین اهمیت نسبی خوشه‌ها/عناصر با استفاده از معادله (۱) استخراج می‌شود:

$$A = \lambda_{\max} \times \omega \quad (1)$$

که A ، ω و $\lambda_{\max}$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی، بردار ویژه و بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی هستند.

مرحله ۳: تشکیل سوپرماتریس

در این مرحله، سوپرماتریس باید تشکیل شود که

را در نظر بگیرید. سوپرماتریس برای این مسئله را می توان به صورت معادله در شکل ۳ نشان داد.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

شکل ۳. سوپرماتریس در نظر گرفته شده

که I ماتریس واحد است و اگر به جای یک شبکه، ساختار یک سلسله مراتب باشد، w_{22} باید صفر در نظر گرفته شود. همچنین، باید توجه داشت که می توان مقدار صفر را با یک ماتریس جایگزین کرد، در شرایطی که رابطه متقابل عناصر بین دو خوشه/درون یک خوشه شناسایی شود. این ماتریس، سوپرماتریس اولیه نامیده می شود که بدون وزن است و فقط بردارهای اولویت های داخلی، ماتریس ها و عناصر در آن جایگزین می شوند. سپس، سوپرماتریس اولیه باید وزن دار شود. برای این کار، مقادیر سوپرماتریس بدون وزن در ماتریس خوشه ضرب می شوند تا یک ماتریس وزن دار تصادفی محاسبه شود. در نهایت، در این مرحله، یک سوپرماتریس حدی جدید باید بررسی شود تا مقادیر عناصر به دست آید.

مرحله ۴: ساختار بندی مسأله

باید عواملی که در تصمیم گیری مهم هستند را در قالب یک درخت تصمیم گیری به صورت سلسله مراتبی بیان کرد. درخت سلسله مراتبی درختی است که در سطح اول آن، هدف تصمیم گیری و در سطح آخر آن گزینه هایی که باید با هم مقایسه شوند بیان می شود و در سطوح میانی نیز معیارهایی که ملاک مقایسه هستند قرار می گیرند.

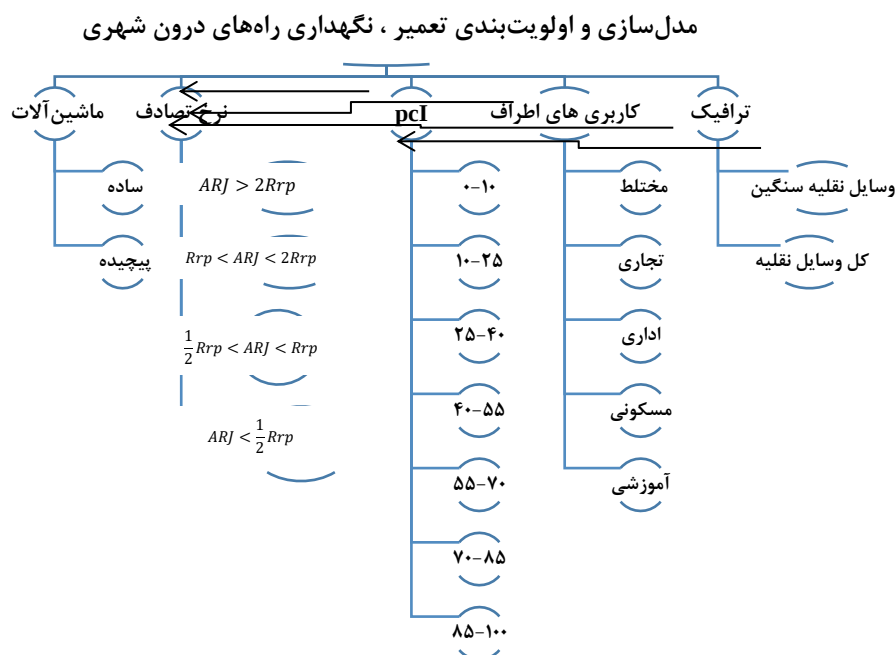
حال می توان ساختار درخت سلسله مراتبی برای مثال فوق را در شکل ۴ مشاهده نمود. در روش ANP برای هر کدام از گزینه ها یک امتیاز به دست می آید و گزینه ها بر حسب امتیازی که کسب نموده اند رتبه بندی می شوند. روشی که در ANP برای محاسبه امتیازها به کار می رود بر اساس مقایسه های زوجی استوار است.

مفهومی مشابه فرآیند زنجیره مارکوف دارد. برای این کار، بردارهای اولویت محلی باید در یک ستون مناسب وارد شوند تا اولویت های کلی با در نظر گرفتن اینکه سیستم شامل تأثیرات وابسته به هم است، به دست آید. بنابراین، این ماتریس مانند یک ماتریس پارتیشن بندی شده عمل می کند. به عبارت دیگر، رابطه بین دو خوشه توسط هر بخش از ماتریس نشان داده می شود. برای تشکیل یک سوپرماتریس، از بردارهای اولویت محلی از مرحله ۲ استفاده می شود. آنها باید گروه بندی شوند و سپس در یک مکان مناسب در سوپرماتریس قرار گیرند. این موقعیت بر اساس جریان های تأثیری است که می توان از دو موقعیت مختلف، از جمله یک خوشه به خوشه دیگر و همچنین حلقه ای که از یک خوشه به خودش است، به دست آورد. یک سوپرماتریس در شکل ۲ نشان داده شده است (یوکسل و داگدورن، ۲۰۰۷).

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_1 & & c_k & & c_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{11} & e_{12} & e_{1m1} \\ e_{11} \\ e_{12} \\ c_1 \\ \vdots \\ e_{1m1} \\ \vdots \\ e_{k1} \\ e_{k2} \\ \vdots \\ c_k \\ e_{kmk} \\ \vdots \\ e_{n1} \\ e_{n2} \\ \vdots \\ c_n \\ e_{nmm} \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1k} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{k1} & & w_{kk} & & w_{kn} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{n1} & & w_{nk} & & w_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل ۲. سوپرماتریس

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده، در سوپرماتریس، C_k نشان دهنده خوشه ها $k = 1, 2, \dots, n$ است و هر خوشه k دارای m_k عنصر است. این عناصر به صورت $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{km_k}$ نشان داده می شوند. وقتی عناصر هیچ تأثیری ندارند، از ورودی های صفر در موقعیت های مرتبط در ماتریس استفاده می شود. یک ساختار شبکه سه سطحی که در شکل ۳ به عنوان مثال با هدف، معیار و جایگزین ها نشان داده شده است،



۳-۱-۲. تعیین حجم نمونه خبرگان

در برخی پژوهش ها، به ویژه در مطالعات کیفی، روش های تصمیم گیری چندمعیاره یا روش دلفی، پژوهشگر با جامعه ای از خبرگان سر و کار دارد، نه با جامعه آماری بزرگ. در این شرایط، استفاده از فرمول هایی مانند کوکران یا جدول مورگان مصداق ندارد. زیرا این فرمول ها برای جوامع کمی و بزرگ طراحی شده اند و دقت عددی آن ها برای جوامع تخصصی کوچک مناسب نیست. برای تعیین حجم نمونه خبرگان، ملاحظات کیفی و منطقی مهم تر از محاسبات ریاضی هستند. به طور معمول، تعداد خبرگان بسته به موضوع تحقیق، گستره دانش تخصصی مورد نیاز، و روش تحلیل به کار رفته بین ۱۰ تا ۳۰ نفر تعیین می شود. این انتخاب معمولاً به صورت هدفمند انجام می شود؛ یعنی افرادی انتخاب می شوند که

تخصص، تجربه و قدرت تحلیل کافی در موضوع پژوهش داشته باشند. به طور کلی، در انتخاب تعداد خبرگان، کیفیت اطلاعات بر کمیت آن ها ارجح است. در این مثال، فرض شده است که مدیریت سازمان می خواهد با استفاده از نظرات گروهی متشکل از ۱۰ کارشناس، یک محور از سه محور مطرح را برای انجام عملیات بازسازی انتخاب کند. در این راستا، عوامل مهم برای مقایسه گزینه های این مثال ترافیک، PCI، نرخ تصادف، کاربری های اطراف، ماشین آلات، شرایط آب و هوایی و محدودیت بودجه ای فرض شده است. به عبارت دیگر، محورهای ۱، ۲ و ۳ با استفاده از این معیارها مورد مقایسه قرار می گیرند.

۳-۱-۳. مقایسه های زوجی

در روش ANP، هر یک از افراد تصمیم گیرنده برای قضاوت های شفاهی از مقیاس مندرج در جدول ۱ استفاده می کند. هنگام مقایسه دو به دو در آغاز باید معادل اهمیت دو به دو، از طریق رتبه های زیر مشخص شود، سپس مقدار عددی متناظر با آن در جدول مقایسه برآورد شود.

جدول ۱. معیار سنجش وضعیت مقایسه ای

ارزش	ترجیحاً یکسان	کمی بهتر	بهر	خیلی بهتر	کاملاً بهتر
	۱	۳	۵	۷	۹

۳-۲. اولویت بندی معیارها

ترافیک و شدت بار وسایل نقلیه ترافیکی که از شبکه راه استفاده می کنند در تعیین قسمت های روسازی مورد توجه قرار می گیرد و تأثیر به سزایی در وضعیت روسازی دارند (آلمیدا و همکاران، ۲۰۱۹).

بار ترافیکی یکی از عوامل مهمی است که منجر به خرابی عملکرد سازه های روسازی می شود. به همین دلیل، عملکرد روسازی با افزایش ترافیک افزایش می یابد. می توان بارهای ترافیکی را به پنج دسته تقسیم کرد که شامل: ترافیک سبک، ترافیک متوسط، ترافیک سنگین، سنگین ویژه و ترافیک بسیار سنگین است. عمر مفید طراحی روسازی عمدتاً با بار ترافیکی تجمعی مشخص می شود و سطوح مختلف بارهای ترافیکی تأثیر تجمعی متفاوتی بر روسازی دارند. راه هایی که دارای عملکرد ساختار روسازی خوب و ترافیک سبک می باشند به راحتی دچار خرابی نخواهند شد که این می تواند سطح عملکرد بالاتری را در مدت طولانی حفظ کند (بازلمیت و همکاران، ۲۰۱۷؛ لیزاسواین آرتیگا و همکاران، ۲۰۲۰).

پرسش نامه خام مربوط به مقایسات زوجی ترافیک و سطح سرویس معابر در جدول ۲ آورده شده است. در این جدول به مقایسه ی گزینه های موجود از نظر سطح سرویس برای تعمیر و نگهداری می پردازد. در این بخش، راه هایی که ترافیک بیشتری دارند، به دلیل زمان بر بودن عملیات تعمیر و نگهداری جهت کنترل ترافیک امتیاز بالاتری می گیرند. از طرف دیگر در مسیرهایی که ترافیک

معیارهای مورد استفاده برای اولویت بندی محورها شامل ترافیک و سطح سرویس، شاخص PCI، کاربری های اطراف، ماشین آلات، نرخ تصادف، محدودیت بودجه ای و شرایط آب و هوایی است، که با توجه به اینکه این پژوهش در شهر همدان انجام شده دو معیار محدودیت بودجه ای و شرایط آب و هوایی از جمع معیارهای در نظر گرفته شده حذف می شود. بر این اساس، معیاری کمی برای سنجش وضعیت مقایسه ای سه خیابان صدف، مهدیه و جهان نما برای اولویت بندی اهمیت راه از نظر معیارهای در نظر گرفته شده استفاده شد. به این صورت که پس از تهیه پرسش نامه، کارشناسان اداره مهندسی، کنترل و ایمنی ترافیک اداره راه و شهرسازی و شهرداری شهر همدان به منظور اولویت بندی این سه خیابان از این معیار سنجش برای مقایسه دو به دو هر یک از خیابان ها از نظر ترافیک و سطح سرویس، شاخص PCI، کاربری های اطراف، ماشین آلات و نرخ تصادف راه استفاده نمودند.

۳-۲-۱. ترافیک و سطح سرویس

یکی از دلایلی که باعث خرابی روسازی می شود و باید به آن اهمیت داده شود، لغزشی است که به تدریج در مسیر چرخ ها به دلیل افزایش تعداد تکرار ترافیک در هوای گرم ایجاد می شود. ویژگی های روسازی مانند ابعاد سطح مقطع، وضعیت سطح، نوع و حجم ترافیک، سن روسازی و وضعیت راه ها باید در نظر گرفته شود. داده های حجم

حومه‌ای، لازم است تا سطح خدمت طراحی حداقل برابر با C در نظر گرفته شده و برای دستیابی به آن، عرض کافی و سایر ملاحظات طراحی مد نظر قرار گیرد (وزارت راه و شهرسازی، ۲۰۱۹).

۳-۲-۴. نرخ تصادف

در روش فراوانی تصادف، یکی از عوامل مؤثر و مهم در فراوانی رخداد تصادف که مسأله ترافیک عبوری است مد نظر قرار نمی‌گیرد. قطعاً دو محل با شمار تصادفات برابر اما اختلاف زیاد حجم ترافیک عبوری از آن‌ها دارای درجه خطر یکسانی نیستند. نرخ تصادف نسبت بین تعداد تصادفات به تعداد وسایل نقلیه عبوری در زمان مورد مطالعه می‌باشد. این روش، ریسک تصادف برای هر کاربر راه را منعکس می‌کند. در این روش نیز نقاط با نرخ تصادف بالاتر به عنوان نقاط خطرناکتر معرفی می‌شوند. به دلیل به حساب آمدن ترافیک در این روش، انتخاب نقاط حادثه‌خیز به سمت راه‌های با ترافیک کم انحراف پیدا می‌کند. فرض رابطه خطی بین حجم ترافیک و تعداد تصادفات در این روش منشأ خطای زیاد می‌باشد (پرساد، ۲۰۰۱؛ میراندا-مورنو و همکاران، ۲۰۰۷؛ مونتلا، ۲۰۱۰). استفاده از این روش نیازمند دانستن حجم ترافیک تمام نقاط می‌باشد و در این روش نیز ماهیت تصادفی تصادفات و شدت تصادفات در نظر گرفته نمی‌شود (پلارک، ۲۰۰۴).

۳-۲-۵. روش فراوانی تصادف

فراوانی تصادف ساده‌ترین معیار معرفی نقاط حادثه‌خیز است. در این روش، موقعیت‌های مشابه (مانند تقاطع‌ها یا قطعات راه) بر حسب میزان فراوانی تصادف مشاهداتی رتبه‌بندی می‌شوند. با تعریف یک آستانه بحرانی و یا میزان سرمایه در دسترس برای ایمن‌سازی، نقاط حادثه-خیز از بالای لیست انتخاب می‌شوند. روش فراوانی

بیشتری دارند به منظور افزایش رضایتمندی استفاده-کنندگان از راه می‌توانند امتیاز بالاتری بگیرند. با استفاده از طیف لیکرت (از ۱ تا ۹) هر معیار که دارای اهمیت بیشتری بود، امتیاز بالاتری گرفت و پرسشنامه‌ی مورد نظر به این ترتیب پر شده است و این موضوع برای کارشناسان تشریح شده و بر اساس آن جداول را پر می‌کنند.

۳-۲-۲. حجم ترافیک طرح

حجم ترافیک در سال طرح، از مهمترین اطلاعات مورد نیاز برای طراحی خیابان‌های شریانی است. سال طرح برای خیابان‌های شریانی معمولاً بر اساس افق ۲۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. قابل اعتمادترین معیار در زمینه حجم ترافیک که می‌تواند تقاضای ترافیک وسایل نقلیه را به منظور طراحی خیابان‌های شریانی نشان دهد، حجم ساعتی طرح است. گاهی حجم‌های تردد ناشی از تحلیل ظرفیت در طراحی‌ها استفاده می‌شود. به این ترتیب که ظرفیت موجود در تحلیل سطح خدمت مطلوب و مورد نظر به عنوان حجم طرح در نظر گرفته می‌شود (وزارت راه و شهرسازی، ۲۰۱۹).

۳-۲-۳. سطح خدمت

زمانی که طراحی خیابان شریانی و سایر تسهیلات آن (مانند خطوط گردش، تقاطع‌ها و سیستم‌های کنترل ترافیک) برای سال طرح انجام می‌گیرد، می‌توان طراحی را بر اساس سطح خدمت C یا D انجام داد. انتخاب سطح خدمت طرح، نیازمند در نظر گرفتن تعادل بین نیازهای وسایل نقلیه موتوری، عابران پیاده و دوچرخه سواران، شرایط پیرامونی موجود، تغییرات کاربری‌ها در آینده و برآورد سفر آن‌ها است. در توسعه‌های متراکم نواحی کلان شهری، استفاده از سطح خدمت D مناسب‌تر است. با این وجود، در برخی نواحی، دستیابی به این سطح خدمت عملی نیست. در توسعه‌های جدید شهری و نواحی

تصادف به دلیل سادگی در عمل عمومی ترین روش رتبه بندی می باشد. از آنجا که حالت کلی افزایش تصادفات با حجم ترافیک رابطه مستقیم دارد، این روش، معمولاً برای مناطقی مفید خواهد بود که در شبکه مورد نظر حجم ترافیک از همگونی قابل قبولی برخوردار باشد (پرساد، ۲۰۰۱؛ پلارک، ۲۰۰۴؛ مونتلا، ۲۰۱۰). ساده بودن و مشخص شدن مکان های دارای تصادف بالا از مزایای این روش و انحراف به سمت مکان های با حجم ترافیک بالا، به حساب نیامدن شدت تصادف و در نظر نگرفتن ماهیت تصادفی تصادفات از معایب این روش می باشد (پرساد، ۲۰۰۱). پرسش نامه خام مربوط به مقایسات زوجی نرخ تصادف در جدول ۳ آورده شده است. منظور از AR_j نرخ تصادف در مکان j است و منظور از R_{rp} میانگین نرخ تصادف می باشد. در این جدول، به مقایسه ی گزینه های موجود از نظر نرخ تصادف برای تعمیر و نگهداری مورد مقایسه قرار می گیرد. در این بخش، راه هایی که نسبت تعداد تصادفات به وسایل نقلیه عبوری بیشتر باشد امتیاز بالاتری می گیرد. این موضوع برای کارشناسانی که جداول را پر می کنند تشریح می شود.

۳-۲-۶. PCI

روش PCI روش عینی و قابل تکرار برای ارزیابی روسازی راه ها است. این روش که در ابتدا توسط گروه مهندسين ارتش ایالات متحده توسعه یافت، مقبولیت وسیعی نزد بسیاری از سازمان ها در سرتاسر دنیا از جمله اداره کل هوانوردی فدرال و وزارت دفاع آمریکا پیدا کرد. PCI یک شاخص عددی است که مقدار آن از صفر (برای یک روسازی کاملاً بی عیب) تغییر می کند. جدول ۴ حدود وضعیت کیفی روسازی را بر حسب مقادیر مختلف PCI نشان می دهد (شروانی، ۲۰۱۱-۲۰۱۵).

اولین قدم برای تعیین PCI یک قطعه روسازی تقسیم آن به قطعات کوچکتری به نام واحدهای نمونه است.

سپس باید تشخیص داده شود که چه واحدهایی باید مورد بازرسی قرار گیرند. نحوه این تقسیم بندی و انتخاب واحدهای مورد بازرسی برای انواع مختلف روسازی متفاوت است، همچنین برای ثبت نوع سطوح شدت خرابی ها و ضرایب کاهندگی مربوطه بر اساس شناخت عمیق رفتار روسازی، تجربیات بسیاری از مهندسين، آزمایش های صحرایی و ارزیابی دستورالعمل ها و تعریف دقیق انواع خرابی ها به دست آمده اند به نحوی که امکان تعیین یک نشانه مرکب خرابی PCI به دست آمده است. پس از برداشت و ثبت اطلاعات به دست آمده، با استفاده از روابط موجود مقدار PCI بر اساس خرابی های موجود و شدت و تراکم آن ها برای یک واحد نمونه و متعاقباً برای قطعه مورد بررسی محاسبه می شود. این شاخص تابعی از نوع، شدت و وسعت خرابی می باشد (شروانی، ۲۰۱۱-۲۰۱۵). پرسش نامه خام مربوط به مقایسات PCI در جدول ۴ آورده شده است. در این جدول، راه مورد نظر از نظر PCI برای تعمیر و نگهداری مورد مقایسه قرار می گیرد. با توجه به اینکه این شاخص تابعی از نوع، شدت و وسعت خرابی می باشد، با ارزیابی روسازی راه مورد نظر به طوری که هر چقدر عدد PCI کمتر باشد، وضعیت روسازی خراب تر است و در نتیجه نمره بالاتری می گیرد. این موضوع برای کارشناسانی که جداول را پر می کنند تشریح می شود.

۳-۲-۷. کاربری های اطراف

کاربری اراضی به طور کلی عبارت است از الگوی توزیع فضایی جغرافیایی عملکردهای مختلف شهر بر حسب نواحی مسکونی، صنعتی، تجاری و فضاهای اختصاص یافته برای موارد استفاده اداری، مؤسسات و نهادهای اجتماعی و گذران اوقات فراغت است. به عبارت دیگر، کاربری زمین بدان معنی است که از هر واحد زمین در سطح شهر به چه صورتی استفاده می شود و چه فعالیت هایی در ترکیب با هم در قطعات مختلف زمین

استقرار می‌یابند. نحوه استفاده از زمین به عبارت ساده، آن است که در وضع موجود در یک شهر، انواع فعالیت‌های شهری اعم از مسکونی، درمانی، آموزشی و مانند آن در چه میزان، وسعت و سرانه‌هایی به نسبت انواع حوزه‌های شهری و کل شهر مورد استفاده قرار گرفته است. از کل مساحت، نسبت هر یک از این کاربری‌ها چه مقدار است و ارتباط آن‌ها با یکدیگر چیست. علاوه بر این، تا چه اندازه بین آن‌ها ارتباط منطقی وجود دارد.

شناخت این ارتباطات، قطعه‌بندی‌ها، مساحت‌ها و موقعیت‌ها در برنامه‌ریزی شهری مورد نیاز است. مطالعه کاربری زمین به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا با توجه به وجود محدودیت‌ها، میزان رفاه اجتماعی را گسترش دهند (کووان و راجرز، ۲۰۰۵).

۳-۲-۱. طبقه‌بندی کاربری‌ها و اراضی شهری

به طور کلی، طبقه‌بندی کاربری‌های شهری به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱. کاربری مسکونی (۵۰-۴۰٪ کل شهر)
۲. کاربری خدماتی (۳۰-۲۵٪ کل شهر)
۳. کاربری ارتباطی (۳۰-۲۵٪ کل شهر)

همچنین اراضی شهری به طور کلی به دو گروه عمده زمین‌های بایر و دایر تقسیم می‌شوند:

اراضی دایر: زمین‌هایی هستند که زیر ساخت و ساز رفته‌اند و یا احیا شده و به‌طور مستمر و دائم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در واقع، اراضی دایر آن دسته از زمین‌هایی هستند که به صورت دائم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. این زمین‌ها اگر در محدوده شهری باشند، زمین دایر شهری محسوب می‌شوند و اگر خارج از محدوده شهری باشند به عنوان زمین‌های دایر کشاورزی هستند.

اراضی بایر: زمین‌هایی هستند که در گذشته از آن استفاده می‌شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفته و در ابتدا از حالت موات خارج و احیاء گردیده است؛ ولی

بعدها رها شده و به وضعیت زمین موات درآمده است. در واقع، اراضی بایر زمین‌هایی هستند که سابقه احیا دارند ولی به علت اعراض یا عدم بهره‌برداری بدون عذر موجه، به مدت ۵ سال متوالی متروک مانده‌اند. زمین‌های بایر یا خالی زمین‌هایی هستند که کاربری شهری خاصی ندارند ("Ezexpert.ir").

در زمینه برنامه‌ریزی شهری و توسعه شهری، ناحیه به منطقه‌ای از شهر اشاره دارد که معمولاً مشخصات و ویژگی‌های خاصی را در بر می‌گیرد. نوع کاربری‌ها در یک ناحیه، انواع فعالیت‌ها و استفاده‌های مختلفی است که در آن ناحیه انجام می‌شود.

انواع کاربری‌ها در مقیاس ناحیه می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

کاربری مسکونی: شامل مناطق مسکونی است که برای سکونت و اقامت افراد استفاده می‌شود. این کاربری شامل واحدهای مسکونی متفاوت مانند ساختمان‌های آپارتمانی، خانه‌ها و ویلاهای می‌شود.

کاربری تجاری: شامل فعالیت‌های تجاری و خدماتی مانند فروشگاه‌ها، بازارها، رستوران‌ها، هتل‌ها، ادارات و دفاتر تجاری است. این نوع کاربری عموماً در مناطق مرکزی و تجاری شهر قرار می‌گیرد.

کاربری صنعتی: شامل صنایع و کارخانه‌ها است که فعالیت‌های تولیدی و صنعتی را در آن‌ها انجام می‌دهند. این کاربری عموماً در مناطق صنعتی و بازرگانی شهر قرار می‌گیرد.

کاربری آموزشی: شامل مدارس، دانشگاه‌ها، مؤسسات آموزشی و پژوهشی است که به تأمین نیازهای آموزشی و تحصیلی افراد می‌پردازند.

کاربری بهداشتی و درمانی: شامل بیمارستان‌ها، کلینیک‌ها، داروخانه‌ها و مراکز بهداشتی است که به تأمین خدمات درمانی و بهداشتی جامعه می‌پردازند.

کاربری فرهنگی و تفریحی: شامل موزه‌ها، کتابخانه‌ها، سینماها، تئاترها، پارک‌ها و فضاهای عمومی

است که برای فعالیت های فرهنگی، هنری و تفریحی مورد استفاده قرار می گیرند.

کاربری ورزشی: شامل استادیوم ها، ورزشگاه ها، باشگاه ها و مراکز ورزشی است که برای فعالیت های ورزشی و تناسب اندام استفاده می شوند.

کاربری حمل و نقل: شامل بنادر، فرودگاه ها، ایستگاه های راه آهن، ترمینال ها و مراکز حمل و نقل عمومی است. این نوع کاربری به تسهیل و انجام فعالیت های حمل و نقل افراد و کالاها می پردازد.

کاربری آب و انرژی: شامل سدها، نیروگاه ها، تأمین آب و انرژی برق و تأمین منابع آب شهری است. این نوع کاربری به تأمین نیازهای آبی و انرژی شهر می پردازد.

کاربری مخصوص: برخی نواحی ممکن است برای کاربری های خاص و ویژه مانند نواحی نظامی، نواحی دولتی، نواحی تجارت بین المللی یا نواحی ویژه صنعتی اختصاص یابند (کار و زویک، ۲۰۱۴). پرسش نامه خام مربوط به مقایسات زوجی کاربری های اطراف در جدول ۵ آورده شده است.

در این جدول، کاربری های اطراف راه منتخب برای تعمیر و نگهداری مورد مقایسه قرار می گیرند. تراکم کاربری های جاذب سفر می تواند در تصمیم گیری برای اولویت بندی تعمیر و نگهداری راه مؤثر باشد و نسبت هر یک از این کاربری ها و ارتباط آن ها با یکدیگر در برنامه ریزی شهری مهم می باشد. این کاربری ها به پنج نوع تجاری، اداری، مسکونی، آموزشی ترکیبی یا مختلط تقسیم بندی شده اند. این موضوع برای کارشناسانی که جداول را پر می کنند تشریح می شود.

۳-۲-۸ ماشین آلات

ماشین آلات ساختمانی ابزارهای حیاتی در صنعت ساخت و ساز هستند که به تسهیل و تسریع فرآیندهای

عمرانی کمک می کنند. این ماشین آلات به دسته های ساده و پیچیده تقسیم می شوند و هر کدام وظایف خاصی را در پروژه های ساختمانی انجام می دهند. انتخاب ماشین آلات مناسب برای هر پروژه به نوع کار، شرایط محیطی و نیازهای خاص پروژه بستگی دارد.

استفاده بهینه از این ماشین آلات می تواند به تسریع فرآیند ساخت و کاهش هزینه ها کمک کند. به همین دلیل، آشنایی با انواع ماشین آلات و کاربردهای آن ها برای هر مهندس و پیمانکار ساختمانی ضروری است. برای پروژه های کوچک و بزرگ ساختمانی، سرعت کار و اتمام به موقع، مهم ترین عوامل در پیشبرد اهداف هستند. وجود انواع ماشین آلات ساختمانی در هر پروژه در روند توسعه عملیات اجرایی نقش بسزایی دارد. استفاده و انتخاب مناسب ماشین آلات باعث بهبود سرعت، کیفیت، ایمنی، صرفه اقتصادی و اتمام به موقع پروژه می شود. ماشین آلات راه سازی به تجهیزاتی گفته می شود که برای ساخت، نگهداری و تعمیر جاده ها، پل ها، فرودگاه ها، بنادر و سایر سازه های زیربنایی استفاده می شوند. این ماشین آلات به طور گسترده در پروژه های مختلف عمرانی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرند و برای انجام وظایف گسترده ای از جمله حفاری، بارگیری، حمل و نقل، تسطیح و فشرده سازی کاربرد دارند. پرسش نامه خام مربوط به مقایسات زوجی ماشین آلات در جدول ۶ آورده شده است. در این جدول به مقایسه ی ماشین آلات مورد استفاده در تعمیر و نگهداری راه مورد نظر از نظر هزینه و در دسترس بودن نوع ماشین آلات اشاره شده است. هر چقدر ماشین آلات از نظر هزینه به صرفه تر باشد و یا راحت تر در دسترس باشد، امتیاز بالاتری می گیرد. این موضوع برای کارشناسانی که جداول را پر می کنند تشریح می شود.

جدول ۲. پرسش نامه تهیه شده برای سنجش وضعیت مقایسه‌ای از نظر ترافیک و سطح سرویس

سطح سرویس	a	b	c	d	e	F
a	۱					
b		۱				
c			۱			
d				۱		
e					۱	
f						۱

جدول ۳. پرسش نامه تهیه شده برای سنجش وضعیت مقایسه‌ای از نظر نرخ تصادف

نرخ تصادف	$R_{rp} < AR_j$	$R_{rp} > AR_j > R_{rp}$	$1/2 R_{rp} < AR_j < R_{rp}$	$AR_j < 1/2 R_{rp}$
$AR_j > 2R_{rp}$	۱			
$R_{rp} < AR_j < 2R_{rp}$		۱		
$1/2 R_{rp} < AR_j < R_{rp}$			۱	
$AR_j < 1/2 R_{rp}$				۱

جدول ۴. پرسش نامه تهیه شده برای سنجش وضعیت مقایسه‌ای از نظر PCI

PCI	0-10	10-25	25-40	40-55	55-70	70-85	85-100
0-10	۱						
10-25		۱					
25-40			۱				
40-55				۱			
55-70					۱		
70-85						۱	
85-100							۱

جدول ۵. پرسش نامه تهیه شده برای سنجش وضعیت مقایسه‌ای از نظر کاربری‌های اطراف

کاربری‌ها	ترکیبی	تجاری	مسکونی	خدماتی	آموزشی
ترکیبی	۱				
تجاری		۱			
مسکونی			۱		
خدماتی				۱	
آموزشی					۱

جدول ۶. پرسش نامه تهیه شده برای سنجش وضعیت مقایسه ای از نظر ماشین آلات

ماشین آلات	پیچیده	ساده
پیچیده	۱	
ساده		۱

۳-۳. معرفی نرم افزار سوپر دسیژن

استفاده قرار گرفته است. این نرم افزار از قابلیت های زیادی برخوردار است. روش AHP به روش تحلیل سلسله مراتبی و روش ANP به روش فرایند تحلیل شبکه معروف هستند. این نرم افزار قابلیت ایجاد ماتریس اولیه، ماتریس وزن دار و سوپر ماتریس حددار را دارد. همچنین، قابلیت تحلیل حساسیت مدل را نیز داراست.

نرم افزار سوپر دسیژن^۱ یکی از نرم افزارهای تصمیم گیری چندمعیاره مختص روش های AHP و ANP می باشد. سوپر دسیژن نرم افزار تصمیم گیری است که بر اساس دو روش تصمیم گیری چندمعیاره کار می کند. سوپر دسیژن فرایند سلسله مراتبی تحلیلی و فرایند شبکه تحلیلی را پیاده سازی می کند. در بسیاری از زمینه های تحقیقاتی و عملی مانند تولید، مدیریت محیط زیست، حمل و نقل هوایی، نیروگاه های کوچک آبی و کشاورزی مورد

۴. نتایج و بحث

۴-۱. بررسی و تحلیل نتایج

پرداخته شده است. خیابان های در نظر گرفته شده در این تحقیق به اختصار در جدول ۷ به عنوان محور ۱، ۲ و ۳ آورده شده است که محور ۱ مربوط به خیابان صدف (تقاطع بین میدان فردوسی و میدان نجوم)، محور ۲ مربوط به خیابان مهدیه (تقاطع بین میدان پژوهش و میدان شریعتی) و محور ۳ مربوط به خیابان جهان نما (تقاطع بین میدان دانشگاه و میدان بعثت) می باشد.

در این بخش که به بحث و بررسی در خصوص نتایج حاصل شده از نرم افزار سوپر دسیژن پرداخته شده، از همین رو در ادامه به ارائه بحث و بررسی و نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت کارایی، دینامیک، گرادینانی، سر به سر و دوبعدی روی گره هدف، حساسیت گزینه ها نسبت به تمام معیارهای در نظر گرفته شده از جمله PCI، ترافیک، کاربری های اطراف، نرخ تصادف و ماشین آلات

جدول ۷. وزن نرمال معیارها و زیرمعیارها

محدود شده	نرمال شده توسط خوشه	وزن معیارها
۰/۰۲۴۳۷۸	۰/۳۴۰۰۵	۰-۱۰
۰/۰۱۶۴۹	۰/۲۳۰۰۲	۱۰-۲۵
۰/۰۱۳۱۱۹	۰/۱۸۳	۲۵-۴۰
۰/۰۰۷۹۲۸	۰/۱۱۰۵۹	۴۰-۵۵
۰/۰۰۵۰۲	۰/۰۷۰۰۲	۵۵-۷۰
۰/۰۰۲۹۲۴	۰/۰۴۰۷۹	۷۰-۸۵
۰/۰۰۱۸۳۱	۰/۰۲۵۵۴	۸۵-۱۰۰
۰/۰۰۰۴۳۴	۰/۰۲۸۴۱	A
۰/۰۰۰۵۴۵	۰/۰۳۵۶۸	B
۰/۰۰۰۹۲۳	۰/۰۶۰۴۳	C
۰/۰۰۱۸۷۳	۰/۱۲۲۶۲	D
۰/۰۰۴۲۴۳	۰/۲۷۷۷۷	E
۰/۰۰۷۲۵۷	۰/۴۷۵۰۹	F
۰/۰۰۲۶۴۸	۰/۱۶۸۱۶	ترکیبی
۰/۰۰۴۵۹۷	۰/۲۹۱۹۳	تجاری
۰/۰۰۶۰۲۱	۰/۳۸۲۳۶	مسکونی
۰/۰۰۰۹۰۳	۰/۰۵۷۳۴	خدماتی
۰/۰۰۱۵۷۸	۰/۱۰۰۲۱	آموزشی
۰/۰۰۴۸۴	۰/۱۳۷۹۳	پیچیده
۰/۰۳۰۲۴۹	۰/۸۶۲۰۷	ساده
۰/۰۱۴۰۶۵	۰/۰۸۷۲	$1/2 R_{rp} < AR_j < R_{rp}$
۰/۰۰۷۲۳	۰/۰۴۴۸۲	$AR_j < 1/2 R_{rp}$
۰/۰۱۴۹۰۷	۰/۶۵۰۴۱	$AR_j > 2R_{rp}$
۰/۰۳۵۹۲	۰/۲۱۷۵۷	$R_{rp} < AR_j < 2R_{rp}$
۰/۰۳۱۴۹۴	۰/۰۷۸۳۸	کاربری های اطراف
۰/۱۴۳۳۸	۰/۳۵۶۸۴	شاخص P_{ci}
۰/۱۶۱۲۹۵	۰/۴۰۱۴۲	نرخ تصادف
۰/۰۳۵۰۸۹	۰/۰۸۷۳۳	ماشین آلات
۰/۰۳۰۵۵	۰/۰۷۶۰۳	ترافیک و سطح سرویس
۰/۰۸۲۹۴۳	۰/۲۷۷۳۱	محور ۱ (خیابان صدف)
۰/۱۱۷۸۵۴	۰/۳۹۴۰۳	محور ۲ (خیابان مهدیه)
۰/۰۹۸۲۹۹	۰/۳۲۸۶۵	محور ۳ (خیابان جهان نما)

نگهداری راه‌هاست و سپس معیارهای نرخ تصادف، ماشین آلات و کاربری‌های اطراف و ترافیک به ترتیب دارای بیشترین اهمیت در تصمیم‌گیری‌ها هستند.

مطالعه موردی انجام شده حاکی از آن است که معیار شاخص وضعیت روسازی (PCI) مطابق جدول ۸ مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر انتخاب روش ترمیم و

بنابراین هیچ‌یک از عوامل یاد شده به تنهایی نمی‌توانند معیار مناسبی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها و انتخاب روش نگهداری باشند. یکی از مسائل مهم تصمیم‌سازی، چگونگی انتخاب کردن یک گزینه از بین گزینه‌های موجود است. حتی در صورتی که انتخاب کردن در میان نباشد ممکن است نیاز باشد دانست اولویت گزینه‌ها نسبت به یکدیگر چگونه است. با توجه به جدول ۸، معیار PCI بیشترین وزن نرمال

و معیار ترافیک و سطح سرویس کمترین وزن نرمال را دارد و در نتیجه معیاری که دارای وزن بیشتری باشد، از اولویت بالاتری برخوردار است. حال با توجه به وزن معیارها و زیرمعیارهای به دست آمده می‌توان فرمول‌های مدل ساخته شده را مطابق روابط (۲) تا (۷) و با علائم اختصاری به شرح زیر نوشت و با جایگذاری هر پارامتر در فرمول به دست آمده، می‌توان اولویت‌بندی را انجام داد.

جدول ۹. اولویت‌بندی گزینه‌ها

نام محورها	ایده‌آل	نرمال	خام
محور ۱ (خیابان صدف)	۰/۷۰۳۷۷۹	۰/۲۷۷۳۱۲	۰/۰۸۲۹۴۳
محور ۲ (خیابان مهدیه)	۱	۰/۳۹۴۰۳۳	۰/۱۱۷۸۵۴
محور ۳ (خیابان جهان نما)	۰/۸۳۴۰۷۷	۰/۳۲۸۶۵۴	۰/۰۹۸۲۹۹

$$\checkmark \quad \text{Goal} = 0.22\text{Ar} + 0.10\text{Los} + 0.11\text{M} + 0.45\text{P} + 0.10\text{N} \quad (۲)$$

مدل‌سازی اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری راه‌های درون شهری^۱

$\text{Ar} =$ نرخ تصادف^۲

$\text{Los} =$ ترافیک و سطح سرویس^۳

$\text{M} =$ ماشین‌آلات^۴

$\text{P} = \text{pci}$

$\text{N} =$ کاربری‌های اطراف^۵

$$\checkmark \quad \text{Ar} = 0.65\text{A}_1 + 0.21\text{A}_2 + 0.08\text{A}_3 + 0.04\text{A}_4 \quad (۳)$$

$$\text{A}_1 = \text{AR}_J > 2\text{R}_{rp}$$

$$\text{A}_2 = \text{R}_{rp} < \text{AR}_j < 2\text{R}_{rp}$$

$$\text{A}_3 = 1/2 \text{R}_{rp} < \text{AR}_J < \text{R}_{rp}$$

$$\text{A}_4 = \text{AR}_J < 1/2 \text{R}_{rp}$$

$$\checkmark \quad \text{Los} = 0.02\text{A} + 0.03\text{B} + 0.06\text{C} + 0.12\text{D} + 0.27\text{E} + 0.47\text{F} \quad (۴)$$

$$\checkmark \quad \text{M} = 0.13 \text{m}_1 + 0.86 \text{m}_2 \quad (۵)$$

$\text{m}_1 =$ پیچیده^۶

-
- 1- Modeling and prioritizing the repair and maintenance of urban roads
 - 2- Accident rate
 - 3- Traffic and Los
 - 4- Machine tools
 - 5- Nearby use
 - 6- Complex

ساده^۱ $m_2 =$

$$\checkmark P = 0.34p_1 + 0.23p_2 + 0.18p_3 + 0.11p_4 + 0.07p_5 + 0.04p_6 + 0.02p_7 \quad (6)$$

$P_1 = 0-10$

$P_2 = 10-25$

$P_3 = 25-40$

$P_4 = 40-55$

$P_5 = 55-70$

$P_6 = 70-85$

$P_7 = 85-100$

$$\checkmark N = 0.16n_1 + 0.29n_2 + 0.38n_3 + 0.05n_4 + 0.10n_5 \quad (7)$$

ترکیبی^۲ $n_1 =$

اداری^۳ $n_2 =$

تجاری^۴ $n_3 =$

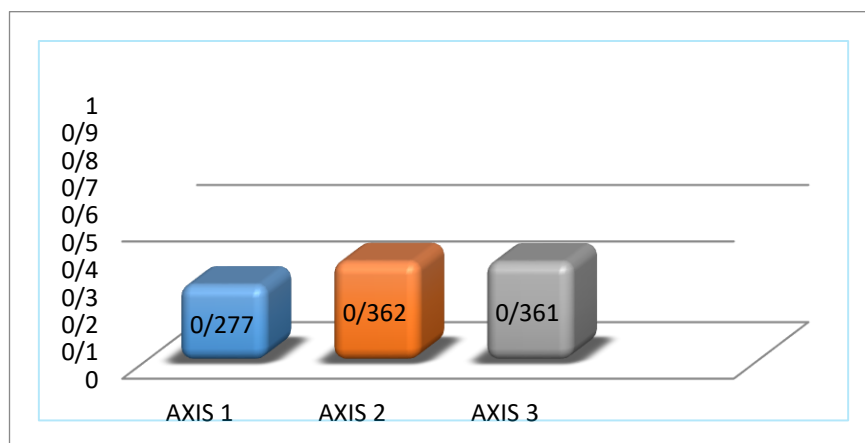
خدماتی^۵ $n_4 =$

آموزشی^۶ $n_5 =$

۴-۱-۱. تحلیل حساسیت گره‌ها

می‌باشد. اما با توجه به شکل ۵، با افزایش وزن معیار، نرخ تصادف به مقدار ۰/۳۹۷ خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می‌باشد.

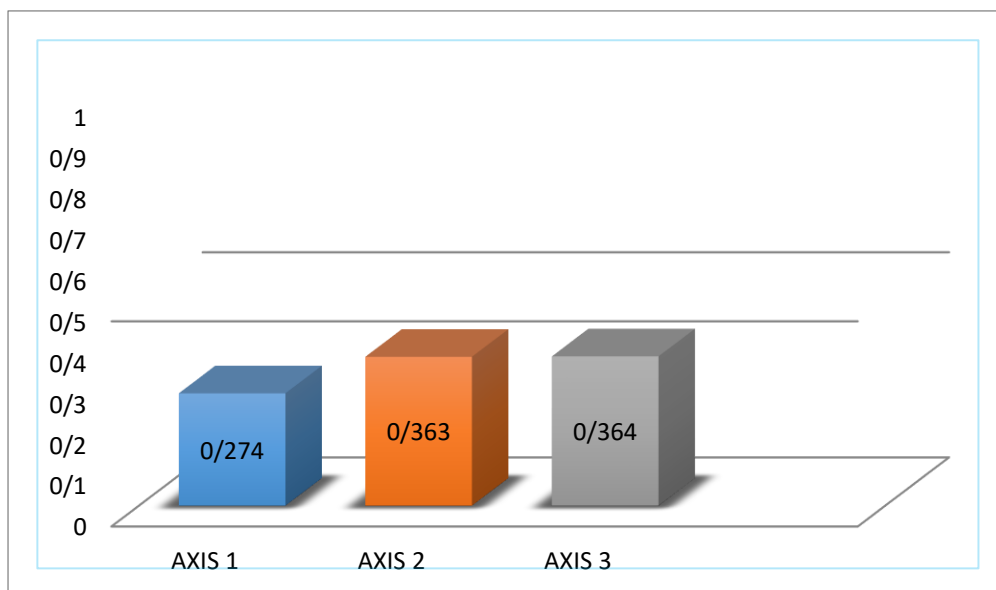
در تحلیل حساسیت گره‌ها می‌توان میزان وزن معیارها را از صفر تا یک تغییر داده و تأثیر آن بر اولویت‌بندی گزینه‌ها را بررسی کرد. قبل از اعمال تغییرات در وزن، معیار نرخ تصادف خیابان جهان‌نما دارای اولویت بیشتری



شکل ۵. تحلیل حساسیت گره‌ها با توجه به معیار نرخ تصادف

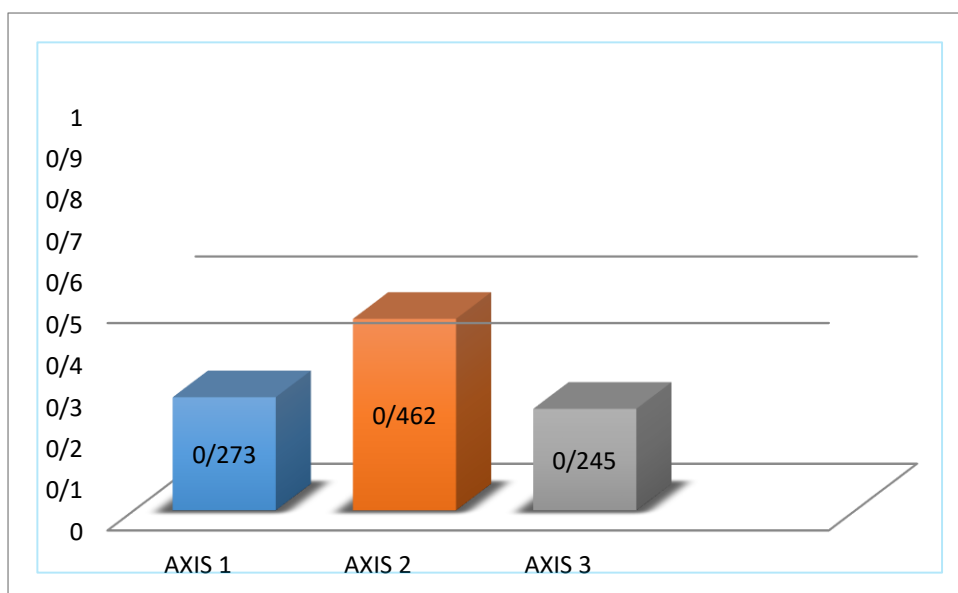
- 1- Simple
- 2- Combined
- 3- Commercial
- 4- Residential
- 5- Service
- 6- Training

قبل از اعمال تغییرات در وزن معیار ماشین‌آلات، خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می‌باشد. اما با توجه شکل ۶، با افزایش وزن معیار ماشین‌آلات به مقدار ۰/۵۶۶، خیابان جهان‌نما دارای اولویت بیشتری می‌باشد.



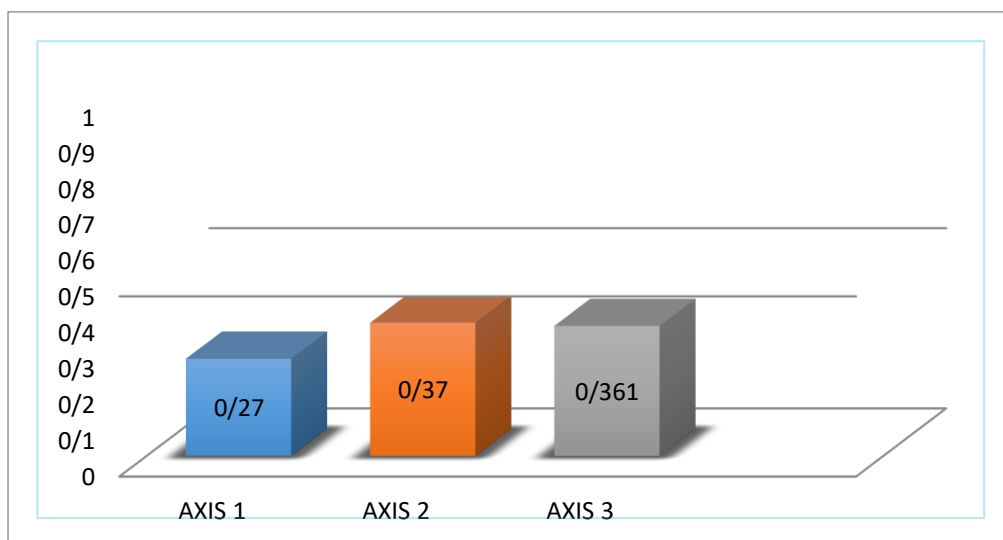
شکل ۶. تحلیل حساسیت گره‌ها با توجه به معیار ماشین‌آلات

با توجه به شکل ۷، در قبل و بعد از اعمال تغییرات در وزن معیار، کاربری‌های اطراف خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می‌باشند.



شکل ۷. تحلیل حساسیت گره‌ها با توجه به معیار کاربری‌های اطراف

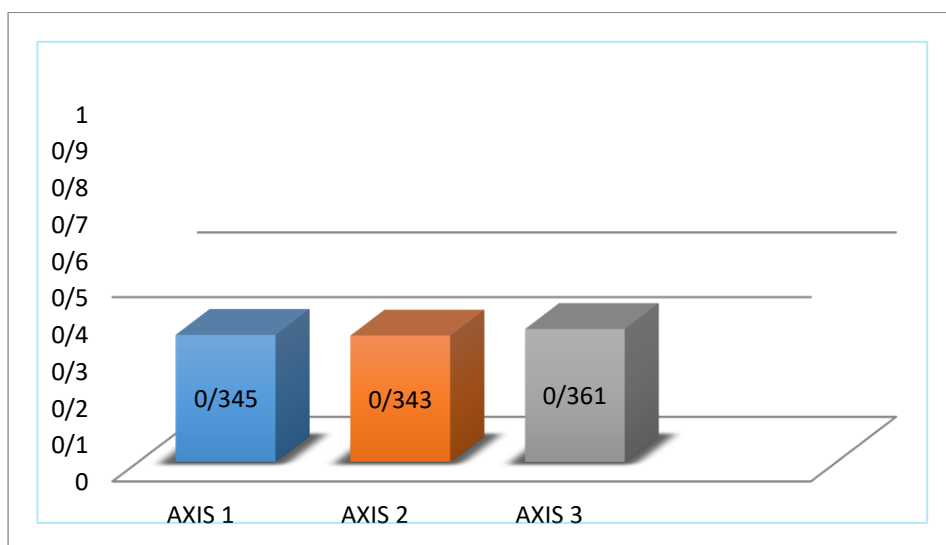
با توجه به شکل ۸، در قبل و بعد از اعمال تغییرات در وزن معیار PCI خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می‌باشد.



شکل ۸. تحلیل حساسیت گره‌ها با توجه به معیار PCI

ترافیک و سطح سرویس به مقدار ۱ خیابان صدف دارای اولویت بیشتری می‌باشد.

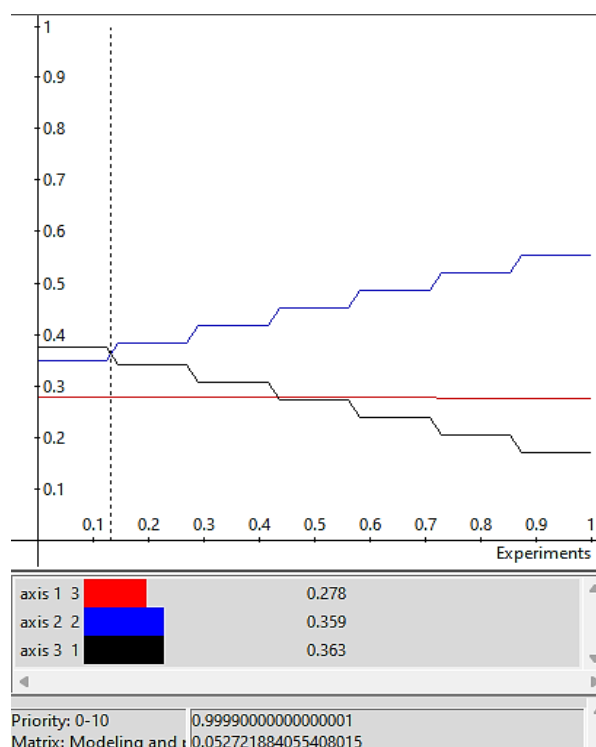
قبل از اعمال تغییرات در وزن معیارها برای ترافیک و سطح سرویس، خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می‌باشد. اما با توجه به شکل ۹ با افزایش وزن معیار



شکل ۹. تحلیل حساسیت گره‌ها با توجه به معیار ترافیک و سطح سرویس

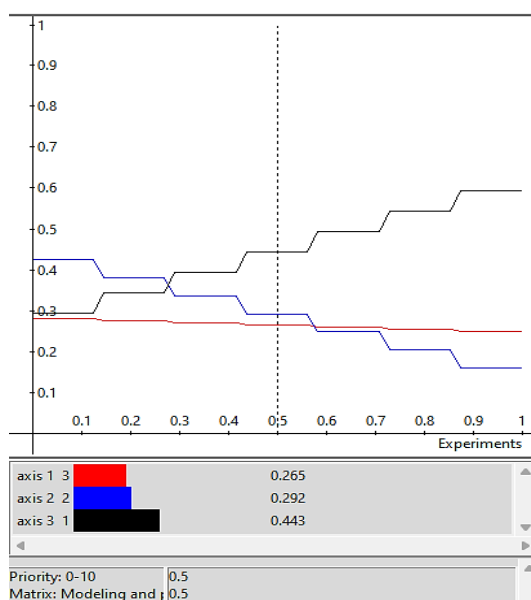
۴-۱-۲- تحلیل حساسیت هر معیار با توجه به هدف

در این نوع تحلیل حساسیت، با توجه به وزن معیار بر اساس هدف می‌توان اولویت‌بندی گزینه‌ها را مشاهده نمود.



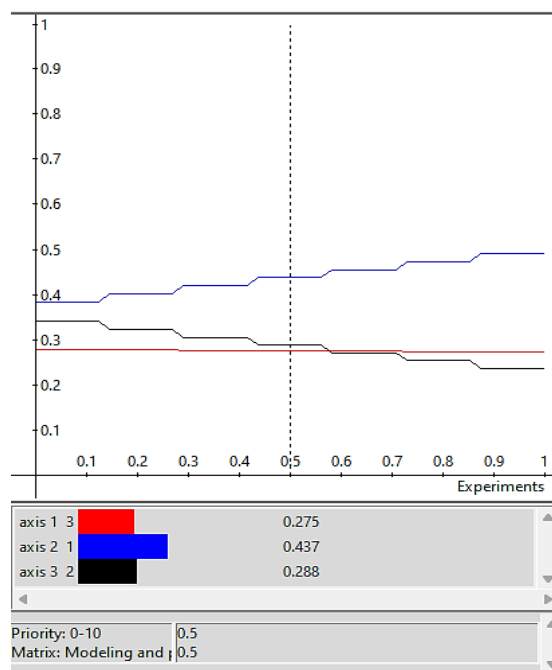
شکل ۱۰. تحلیل حساسیت معیار نرخ تصادف با توجه به هدف

با توجه به شکل ۱۰ و بر اساس هدف معیار نرخ تصادف، جهان‌نما اولویت بیشتری دارد و بعد از این مقدار خیابان مهدیه اولویت بیشتری دارد. اگر وزن معیار نرخ تصادف تا ۰/۱۲ باشد، خیابان



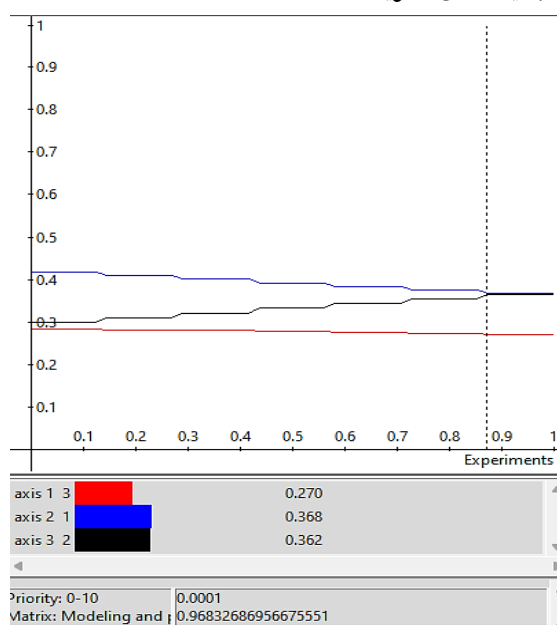
شکل ۱۱. تحلیل حساسیت معیار ماشین‌آلات با توجه به هدف

با توجه به شکل ۱۱ بر اساس هدف معیار ماشین‌آلات، اگر وزن معیار نرخ تصادف اگر تا ۰/۲۸ باشد، خیابان مهدیه اولویت بیشتری دارد و بعد از این خیابان جهان‌نما اولویت بیشتری دارد.



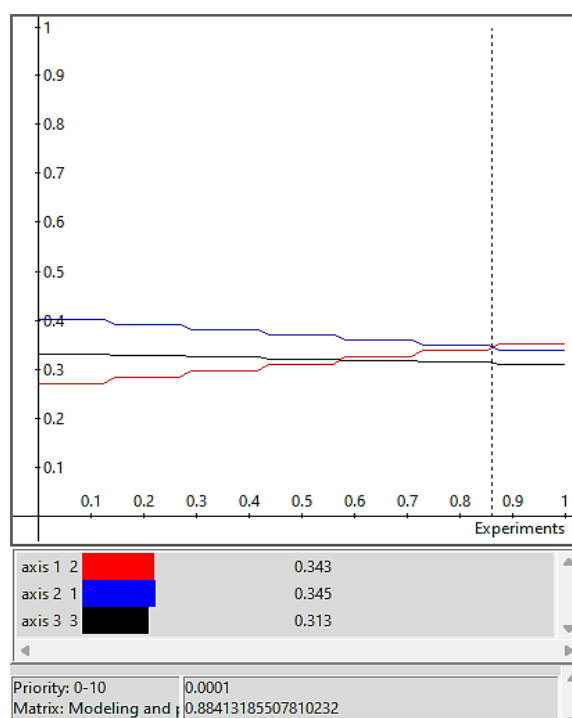
شکل ۱۲. تحلیل حساسیت معیار کاربری‌های اطراف با توجه به هدف

با توجه به شکل ۱۲، بر اساس هدف معیار
کاربری‌های اطراف، همواره خیابان مهدیه دارای اولویت
بیشتری نسبت به گزینه‌های دیگر می‌باشد.



شکل ۱۳. تحلیل حساسیت معیار PCI با توجه به هدف

با توجه به شکل ۱۳ بر اساس هدف معیار PCI
همواره خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری نسبت به
گزینه‌های دیگر می‌باشد



شکل ۱۴. تحلیل حساسیت معیار ترافیک و سطح سرویس با توجه به هدف

اولویت بیشتری نسبت به محورهای دیگر دارد.

با توجه شکل ۱۴، در وزن ۰/۸۷، خیابان مهدیه دارای اولویت بیشتری می باشد و بعد از این خیابان صدف

۵. خلاصه و نتیجه گیری

داده ها را نرمال سازی و وزن دهی کرد. مهمترین نتایج این تحقیق عبارتند از:
۱- در این پژوهش، مدلی ارائه شد که با استفاده از آن به منظور مدیریت بهینه و جامع روسازی راه های موجود سایر پارامترهای مهم مانند نرخ تصادف، ترافیک و سطح سرویس، کاربری های اطراف، ماشین آلات و PCI، مبنای تصمیم گیری و اولویت بندی گزینه های ترمیم و نگهداری قرار گیرند.

در جدول ۸، با توجه به وزن معیارها بر اساس مقایسات زوجی، معیار PCI دارای بیشترین وزن و ترافیک و سطح سرویس دارای کمترین وزن می باشند. با توجه به اولویت بندی گزینه ها، محور ۲ (خیابان مهدیه) بیشترین اولویت بندی و محور ۱ (خیابان صدف) کمترین اولویت بندی را دارد.

در این پژوهش، به عنوان یک مطالعه موردی در شهر همدان، مدلی ارائه شد. وقتی بودجه کمتر از حد مورد نیاز است باید با استفاده از بهترین اولویت بندی، گزینه مناسب را برای انجام تعمیر برگزید. به منظور مدیریت بهینه و جامع روسازی راه های موجود سایر پارامترهای مهم مانند نرخ تصادف، ترافیک و سطح سرویس، کاربری های اطراف، ماشین آلات و PCI مبنای تصمیم گیری و اولویت بندی گزینه های ترمیم و نگهداری قرار می گیرند. با توجه به اینکه در مدل های پیشین هر یک از این معیارها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته بودند، در این پژوهش پنج معیار مورد بررسی قرار گرفت و اثر هم زمان آنها بر روسازی سنجیده شده است. برای بررسی اثر هم زمان پنج معیار مختلف بر روسازی از روش چندمعیاره استفاده شده که به کمک آن می توان

۵- با استفاده از این مدل و فرمول به دست آمده می توان با جای گذاری وزن های معیارهای در نظر گرفته شده، محورها را برای تعمیر و نگهداری اولویت بندی نمود. البته لازم به ذکر است که استفاده از روش های مختلف دیگر مانند DELPHI، TOPSIS و.... می تواند در تثبیت تصمیم گیری و معرفی اولویت ها با اطمینان بیشتر نقش مهمی داشته باشد. ولی در این مقاله، از روش ANP استفاده شده و سایر روش ها به عنوان پیشنهاد در مطالعات آینده معرفی می گردد. علاوه بر آن، استفاده از پارامترهای شرایط آب و هوایی و محدودیت بودجه نیز می تواند در مواردی که در شهرهای مختلف اولویت بندی تعمیر و نگهداری صورت می گیرد، پیشنهاد شود.

۲- مهمترین دستاورد این پژوهش ارائه مدلی جدید با استفاده از خروجی نرم افزار سوپر دسیژن در تصمیم گیری چندمعیاره است که این کار به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عملی شده است.

۳- با توجه به وزن معیارها، PCI نسبت به بقیه معیارها وزن بیشتری دارد. ولی برای اولویت بندی مناسب نیست و در مدل سازی نباید به یک معیار اتکا کرد.

۴- تحلیل حساسیت انجام شده در مقاله نشان داده است که اتکا به یک معیار واحد می تواند منجر به تصمیمات نادرستی شود. بنابراین، استفاده از روش های چندمعیاره مانند ANP برای تخصیص اعتبار در پروژه های عمرانی پیشنهاد شده است.

۶. مراجع

- Almeida, A., Moreira, J. J., Silva, J. P. and Viteri, C. G. 2019. "Impact of traffic loads on flexible pavements considering Ecuador's traffic and pavement condition". *Int. J. Pavement Eng.*, 22: 700-707.
- Bayazit, Ö. 2002. "A new methodology in multiple criteria decision making systems: Analytic network process (ANP) and an application". *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi*, 57(1): 15-34.
- Bazlamit, S. M., Ahmad, H. S. and Al-Suleiman, T. I. 2017. "Pavement maintenance applications using geographic information systems". *Proc. Eng.*, 182: 83-90.
- Behbahani, H., Nadimi, N. and Khaleghi, M. 2021. "Introducing a new method for the pavements' maintenance and rehabilitation planning". *Amirkabir J. Civ. Eng.*, 53(7): 2801-2820. doi: 10.22060/ceej.2020.17506.6585
- Cowan, R. and Rogers, L. 2005. "The dictionary of urbanism". Vol. 67, Tisbury: Streetwise Press.
- Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, A., et al. 2012. "Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment". *Int. J. Strategic Property Manag.*, 16(1): 85-104.
- Fakhri, M., Alaleh, M. and Edrisi, A. 2016. "Pavement maintenance and rehabilitation optimization model by considering user costs for Iran". *Quar. J. Transport. Eng.*, 7(3): 523-540.
- Haas, R., Hudson, W. and Zaniewski, J. 1994. "Modern Pavement Management". Vol 1, Krieger Publishing Company, Malabar, FL: Krieger Publishing Company.
- Carr, H. M. and Zwick, P. D. 2014. "Smart land use analysis: The LUCIS model". Translators: Jafar Mir-Katouli and Mohsen Adeli, First Edition, Published by: Golestan University. [In Persian]
- Huntington, G., Pearce, A., Stroud, N., Jones, J. and Ksaibati, K. 2013. "Mitigating impacts of oil and gas traffic on southeastern Wyoming county roads". *Wyoming University of Laramie*.
- Javadian, S., Aminnejad, B. and Lork, A. 2022. "Determining the critical status of bridges for allocating the repair and maintenance using hybrid fuzzy multi-criteria decision-making methods (Case study: Tehran urban overpass bridges)". *J. Struct. Constr. Eng.*, 9(10): 152 -174. doi: 10.22065/jsce.2022.315155.2642
- Liu, Y., Yu, C. and Guo, F. 2024. "Multi-criteria decision-making framework (AHP-TOPSIS): Pavement preventive maintenance case study for ordinary national trunk highways". *Build.*, 14: 3048. <https://doi.org/10.3390/buildings14103048>
- Lizasoain-Arteaga, E., Indacoechea-Vega, I., Alonso, B. and Castro-Fresno, D. 2020. "Influence of traffic delay produced during maintenance activities on the life cycle assessment of a road". *J. Clean. Prod.*, 253: 120050.
- Ministry of Roads and Urban Development, 2019. Urban Road Design Regulations. Part 5: Urban Streets, [In Persian]
- Miranda-Moreno, L. F., Labbe, A. and Fu, L. 2007. "Bayesian multiple testing procedures for hotspot identification". *Accident Analysis and Prevention*, 39(6): 1192-1201.

- Montella, A. 2010. "A comparative analysis of hotspot identification methods". Accident Analysis and Prevention, 42(2): 571-581.
- Nadimi, N., Shahbazi, H., Gheibi, A. and Zare Mirhosseini, A. 2019. "Presenting a model to determine the method and priority of maintenance for flexible pavements by Fuzzy Inference System- Case study: Fars county". Quar. J. Transport. Eng., 10(3): 459-481.
- Persaud, B. 2001. "Statistical methods in highway safety analysis". Transport. Res. Board. NCHRP synthesis 295, Washington, DC.
- PIARC-C13. 2004. "Road safety manual. Paris: Technical Committee on Road Safety C13.
- Sherwani, S. F. A. A. 2011-2015. "Paveair User Guide, U.S". Dept. Transport. Federal Aviation Administration. <http://faapaveair.faa.gov>
- Silva, R. J., Simoes, F. and Ferreira, A. 2022. "Mechanical-empirical pavement design guide applied to Portuguese pavement structures". Appl. Sci., 12(11), 5656. doi.org/10.3390/app12115656
- Yüksel, İ. and Dagdeviren, M. 2007. "Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis—A case study for a textile firm". Inform. Sci., 177(16): 3364-3382.
- <https://www.ezexpert.ir>.