

## بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری با رویکرد سلسله مراتبی فازی (مورد مطالعه: راه شیراز - قائمیه)

### مقاله علمی - پژوهشی

سید یعقوب ذوالفقاری فر\*، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران  
نوید شنبندی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران  
\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: syzoalfeghary@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

صفحه ۱۱۸-۱۰۷

### چکیده

امروزه افزایش عمر سرویس‌دهی مفید، دوام پذیری و نگهداری روسازی جاده‌ها مسائل مهم تحقیقی متخصصین و متولیان این زمینه هست. هدف از این تحقیق بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده های برون شهری با رویکرد سلسله مراتبی فازی برای مسیر قائمیه - شیراز بود. روش انجام تحقیق به لحاظ اجرا توصیفی- پیمایشی و به لحاظ هدف از نوع تحقیق کاربردی بود که بصورت پرسشنامه و کمی انجام شد. بدلیل اینکه موضوع تحقیق حاضر یک موضوع خاص در زمینه راهسازی (مهندسی و جاده) بود، نمونه‌گیری غیراحتمالی از نوع قضائتی بود. جامعه آماری تحقیق شامل ۱۲ خیره شامل متخصصان و مهندسان حوزه راهسازی در استان فارس بود و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای اولویت بندی عوامل مؤثر استفاده شد. نتایج عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری نشان داد که نوع قیر و مصالح مورد استفاده، پیمانکار، تجهیزات و ماشین آلات راهسازی، آب و هوا و نوع خودروهای تردد کننده بترتیب رتبه‌های اول تا پنجم عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری را در راه قائمیه - شیراز بودند، که پیشنهاداتی کاربردی جهت عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری برای مسیر قائمیه - شیراز ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: عمر سرویس دهی مفید، دوام پذیری، نگهداری، روسازی راه، جاده برون شهری

### ۱- مقدمه

نگهداری آن‌ها می‌گردد و عدم توجه به این موارد دوباره‌کاری و هزینه‌های هنگفتی را برای دولت در پی خواهد داشت (Koks & et al, 2019). وضعیت روسازی و عمر مفید و باقیمانده آن بسیار امری مهم است، به دلیل اینکه به طور کلی محدوده یک شاخص جامع از شرایط عملکردی و سازه‌ای روسازی را فراهم می‌نماید. امروزه متخصصین و کارشناسان این حوزه واقف هستند که مدیریت روسازی، گامی فراتر از نگهداری روسازی می‌باشد، به نحوی که انتخاب زمان و روش بهینه ترمیم و نگهداری برای روسازی بدون سامانه مدیریت اطلاعات روسازی یا سیستم مدیریت روسازی

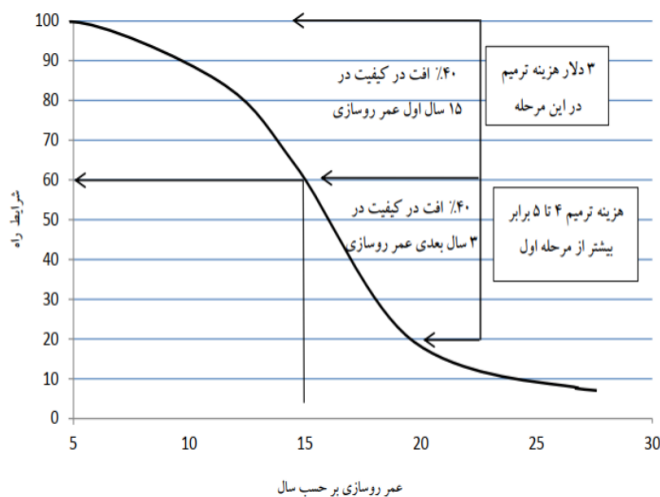
امروزه اقتصاددانان شبکه‌های حمل و نقل از طریق جاده را از مهمترین مؤلفه‌های پیشرفت کشورها می‌دانند و هر کشوری که در این زمینه دارای ارتباطات گسترده‌تری باشد، رفاه بهتری را برای مردم خود فراهم نموده است. سیستم جاده‌ای امروزه با تدابیر مهم و تعمیر و نگهداری مهندسی شده آن به یکی از ارکان مهم در بهبود شرایط زندگی مردم تبدیل شده است و عوامل زمان و هزینه هم برای دولت و هم برای مردم در این سیستم بسیار حائز اهمیت است. جاده‌های درون و برون شهری سرمایه ملی هر کشوری محسوب شده است و سالانه بودجه‌های کلان عمرانی صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و

- (۲) طرح اختلاط نامناسب مخلوط آسفالتی با توجه به شرایط و کاربری روسازی.
- (۳) استفاده از قیر و مصالح نامناسب با توجه به شرایط آب و هوایی و کاربری روسازی.
- (۴) اجرا و نظارت ضعیف.
- (۵) عدم مدیریت صحیح روسازی‌ها و ترمیم و نگهداری به موقع آنها.
- (۶) عدم انتخاب مناسب‌ترین استراتژی ترمیم و نگهداری.

یک روسازی در سه چهارم اولیه طول عمر خود (۷۵ درصد)، ۴۰ درصد کاهش در شاخص ترمیم و نگهداری و در ۲۵ درصد عمر باقیمانده خود نیز ۴۰ درصد دیگر در شاخص مذکور را در پی دارد. از سویی بازسازی در آخر عمر آن هزینه‌ای حدود ۴ الی ۵ برابر بیشتر از بازسازی در ۷۵ درصد عمر کل آن را در پی خواهد داشت که دلیل آن را از کارافتادگی کامل می‌دانند. پس اگر هزینه تعمیر و نگهداری به طور مؤثر و کارا در ۷۵ درصد اول عمر روسازی انجام گیرد، به میزان قابل توجهی از دوباره‌کاری و هزینه‌های نامعقول جلوگیری به عمل می‌آورد. ما و همکاران (Ma & et al, 2021) بیان کردند که صرف ۱ دلار در امر ترمیم و نگهداری راه‌ها می‌تواند تا ۳ دلار در هزینه استفاده‌کنندگان صرفه‌جویی بعمل آورد که این مهم در شکل ۱ آورده شده است و بیانگر همین موضوع است.

امکانپذیر نیست (Asher & Novosad, 2020). بنابراین در هر ساختار سازمان‌یافته‌ای، 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 (عباسی و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از حائز اهمیت‌ترین موضوعات بررسی عمر روسازی جاده‌ها هزینه‌ها و مواردی نظیر استهلاک وسایل نقلیه، صرف هزینه‌های تعمیر و نگهداری و کاهش عمر مفید سازه روسازی، تصادفات جاده‌ای و کاهش ایمنی است که سبب شده محققان زیادی به این مسئله توجه نمایند. تحقیقات تجربی نشان داده‌اند که روند توسعه و سرعت خرابی روسازی‌ها به عوامل مختلفی نظیر بارگذاری ترافیکی، نوع روسازی، شرایط محیطی و نحوه ساخت بستگی دارد و با گذشت زمان و نیز در پایان دوره طرح روسازی، بازسازی و ارتقا کیفیت آن ضرورت پیدا میکنند. واقعیت نیز آن است که عملکرد روسازی‌های آسفالتی در ایران، مانند بسیاری از دیگر کشورهای در حال توسعه با انتظارات و خواسته‌های جوامع امروزی سازگار نیست. عملکرد ضعیف روسازی و عمر کوتاه آن ناشی از عوامل مختلفی به شرح ذیل می‌باشد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷).

(۱) طراحی نامناسب روسازی و لایه‌های تشکیل دهنده آن.



شکل ۱. ارتباط هزینه‌های ترمیم و نگهداری با افزایش عمر روسازی (هاشمی، ۱۳۹۵)

**ترافیک:** شامل نوع، وزن، ترکیب و تعداد محورهای وسایل نقلیه عبوری است.

**عمر طرح:** عمر طرح که براساس آن روسازی طراحی می‌شود.  
**هزینه طرح:** شامل هزینه‌های مراحل ساخت، بهره‌برداری و نگهداری است.

سازه روسازی راه، یک سیستم چند لایه‌ای است که برای توزیع و انتقال بار متمرکز ترافیک به بستر روسازی طرح می‌شود. طراحی، شامل تعیین ضخامت کل سازه و هر یک از لایه‌های تشکیل دهنده آن و کیفیت مصالح مصرفی این ساختار است. این طراحی به گونه‌ای انجام می‌شود که روسازی آسفالتی در دوره طرح با قابلیت اطمینان معینی، آمد و شد راحت، مطمئن و ایمن در یک سطح هموار را تامین نماید. لذا نشانه خدمت‌دهی روسازی باید بعنوان معیار طراحی مورد استفاده قرار گیرد. عمر روسازی شامل عمر طراحی و عمر بهره‌برداری به شرح زیر است (Gauri & et al, 2020):

**عمر طراحی:** دوره یا عمر طراحی، مدت زمانی است که روسازی دچار خرابی‌های عمده نشود. در برخی از موارد، طرح و اجرای روسازی بصورت مرحله‌ای از لحاظ اقتصادی، بیشتر مقرون به صرفه است. معمولاً طراحی به گونه‌ای تعیین می‌شود که در طی این مدت، اجرای یک روکش برای آن پیش بینی شود. انتخاب این گزینه با در نظر گرفتن هزینه‌های نگهداری در دوران بهره‌برداری و هزینه‌های روکش بعدی صورت می‌گیرد. عمر طراحی برحسب اهمیت راه تعیین می‌شود.

**عمر بهره‌برداری:** عمر یا دوره بهره‌برداری، مدت زمانی است که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با کیفیت قابل قبول دوام آورد. زمان بین دو روکش را نیز عمر بهره‌برداری می‌نامند. در واقع این دوره شامل مدت زمانی است که روسازی از میزان خدمت‌دهی اولیه به میزان خدمت‌دهی نهایی برسد. عمر بهره‌برداری بر اساس تجربه‌های طراح و سیاست‌های کارفرما تعیین می‌شود و تابع نحوه و سیستم نگهداری راه است. از طرفی محور قائمیه - شیراز با توجه به اینکه یکی از مسیرهای پرتردد و شلوغ استان فارس محسوب می‌شود، در سالیان اخیر همواره مورد توجه مسئولین امر بوده است و با توجه قدیمی و یک باند بودن این محور، مسیری خطرناک (به لحاظ تصادف) خصوصاً در تنگه ابوالحیات محسوب می‌شد تا اینکه در ۱۴ آبان ماه سال ۱۴۰۱ باند جدید

محدودیت منابع مالی و بودجه باعث شده است تا به جای احداث راه‌های جدید، به حفظ و نگهداری روسازی‌های موجود و انتخاب بهینه سیاست‌های تعمیر و نگهداری توجه بیشتری گردد. فعالیت‌های ترمیم و نگهداری روسازی‌ها یک روش پیشگیرانه نگهداری می‌باشد که می‌تواند از خرابی روکش جاده از طریق محدود کردن نفوذ آب‌های سطحی در لایه‌های اساس و زیر اساس جلوگیری به عمل آورد. این عمل به نگهداری ظرفیت ساختاری روسازی کمک نموده و فرسایش روکش را در آینده محدود می‌کند. اما این سیاست‌ها از یک زمان به زمان دیگر، از یک مکان به مکان دیگر و از یک سازمان به سازمان دیگر فرق می‌نماید (Mahpoor & et al, 2021).

با توجه به این مسائل می‌توان به راحتی به مفهوم مدیریت و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌ها پی برد و اهمیت آن را شناخت هدف تحقیق حاضر نیز بر همین موضوع معطوف است.

## ۲- پیشینه تحقیق

روسازی راه سازه‌ای است که بر روی آخرین لایه مтраکم شده خاک موجود یا اصلاح شده و یا خاکریزی‌ها قرار می‌گیرد. روسازی معمولاً متشکل از قشرهای مختلفی نظیر زیراساس، اساس و لایه‌های آسفالتی یا بتنی یا ترکیبی از آنهاست. هر یک از این قشرها تابع مشخصات فنی و دارای ضخامت معینی است (Gauri & et al, 2020). روسازی، از بروز و ظهور آسیب دیدگی‌های فوق جلوگیری نموده و عبور و مرور راحت و ایمنی را در یک سطح هموار فراهم می‌کند (Muzira & et al, 2022). عوامل مؤثر در طرح روسازی را می‌توان به هفت گروه زیر تقسیم کرد (Silva & et al, 2022):

**ویژگی‌های لایه‌های روسازی:** شامل جنس، کیفیت، مقاومت فشاری و کششی، دوام، تراوایی، زهکشی و پایداری در برابر دوره‌های یخبندان- ذوب است.

**شرایط جوی:** شامل رطوبت، یخبندان و عمق نفوذ آن، درجه حرارت محیط و تغییرات آن است.

**شرایط هندسی:** شامل شیب‌های تند طولی مسیر و تقاطعات است که معمولاً موجب تغییر شکل قشر رویه می‌شود.

هزینه‌های کاربران، مؤسسات متولی تعمیر و نگهداری راه و سایر هزینه‌های جاری انجام گیرد. استفاده از روسازی‌های با آسفالت نیمه گرم اگر ملاحظات فنی آن به درستی مورد توجه قرار گیرد، می‌تواند با صرفه‌جویی در مصرف انرژی سبب کاهش هزینه تولید شود و چون دمای مخلوط پایین‌تر از مخلوط آسفالتی گرم است، میتوان فصل کاری را افزایش داد که در نتیجه آن ظرفیت کاری مناطق مختلف افزایش خواهد یافت. کاوسی و شهدادی سال ۱۳۹۸ در تحقیق خود به این نکته مهم رسیدند که عوامل شاخص وضعیت روسازی، ترافیک عبوری، توپوگرافی منطقه و تعداد روزهای بارانی سال بیشترین تأثیر را بر عمر باقیمانده روسازی راه دارند. باباگلی و همکاران در سال ۱۳۹۸ به بررسی انتخاب نوع روسازی را با فاکتورهای فنی و اقتصادی نظیر حجم ترافیک، هزینه، نوع خاک، شرایط آب و هوایی، مواد و مصالح، دوام، مقاومت، تعمیر و نگهداری و مسائل زیست محیطی مدنظر پرداختند. نقوی در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی عوامل مختلفی نظیر قابلیت چسبندگی سنگدانه‌های مورد استفاده در ساخت و ساز، مقدار گرد و غبار طبیعی سنگدانه‌ها، درجه حرارت محیط در حین ساخت و ساز، درجه حرارت قیر در مخازن توزیع قیر، زمان بین پاشش قیر و پخش سنگدانه‌ها، زمان بین پخش سنگدانه و غلطک‌زنی، زمان بین مراحل ساخت و ساز، دمای سطحی در طول ساخت و ساز، طرح‌های کلی سنگدانه و قیر، مقادیر تست صفحه‌ای جاده‌ای و درصد جایگزینی سنگدانه‌ها بر عملکرد روسازی آسفالت اثرگذارند را بررسی کرد و بیان داشت که عمق بافت اولیه و عملیات غلطک‌زنی از مهمترین عوامل خرابی روسازی‌ها محسوب می‌شوند. سعیدی و طاهرخانی در سال ۱۳۹۱، علل خرابی روسازی آسفالتی را مربوط به نقص در مرحله طراحی، نقص در عملیات تولید و اجرای آسفالت و یا بهره‌برداری نامناسب دانستند. گرانسبرگ (Gransberg, 2005) کیفیت مواد ساخت و ساز را از عوامل مهم در نگهداری روسازی آسفالت برشمرده و هانتز (Hunter, 2000) عملیات غلطک‌زنی را مهم دانست و کیچز و لبلانک (Keches & Leblanc, 2010) شرایط آب و هوایی، شرایط محیطی و ترافیک، کیفیت مواد و استحکام آن‌ها و کیفیت ساخت و ساز را به عنوان عواملی غیر قابل اغماض در عملکرد و طول عمر روسازی مؤثر دانستند.

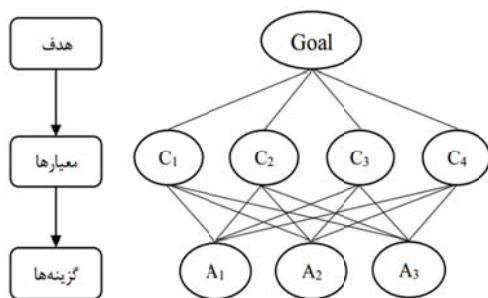
تنگ ابوالحیات به بهره‌برداری رسیده است و حجم ترافیک را به حداقل رسانده است. این مسیر کوهستانی است و در فصول سرد سال در ارتفاعات شاهد بارش برف و باران است و سیلاب و ریزش کوه نیز از دیگر خطرات این مسیر با توجه به سراسیمگی و سرازیری‌های متعدد و پیچ‌های پی در پی خطرناک، برشمرده می‌شود. حال با عنایت به کاهش بار ترافیک بر مسیر باندهای رفت و برگشت، روسازی این مسیر بسیار مورد توجه است و عوامل مؤثر بر مواد اولیه روسازی و تعمیر و نگهداری آن در سالیان آتی جهت بالا بردن عمر مفید و مسیری ایمن با توجه به اینکه مسیر قبلی از مسیرهای قدیمی (قبل از انقلاب اسلامی) کشور محسوب می‌گردد، یکی از نکات حائز اهمیت در مجموعه راه استان فارس محسوب می‌شود.



شکل ۲. مسیر قائمیه - شیراز، تنگه ابوالحیات

شجاعی‌کیا در سال ۱۴۰۱ شاخص‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات، نکات فنی، زیرسازی آسفالت، آب و هوا و نوع خودرو را بر عمر روسازی مؤثر دانستند. موسوی میرکلانی و قمی در سال ۱۴۰۱ با آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که افزودن زئولیت موجب پایداری بیشتر خواص قیر در دماهای پایین شده و کارایی روسازی آسفالت بهبود می‌یابد. حسینی و همکاران در سال ۱۴۰۱ انتخاب نوع روسازی را بر اساس نوع بارگذاری عبوری، شرایط به کارگیری، وضعیت ترافیک منطقه مورد استفاده، امکانات پیمانکاران و بر اساس تدابیر مورد نظر جهت تعمیر و نگهداری راه انتخاب نمودند و اذعان داشتند که با توجه به اهمیت بسیار بالای هزینه‌های اقتصادی هر روش، باید روش مناسب بر اساس الگوی تعمیر و نگهداری مورد نظر و با در نظر گرفتن تحلیل هزینه چرخه عمر روسازی و

### ۳- روش تحقیق



شکل ۳. نمودار درختی سلسله مراتبی تصمیم

مرحله ۲- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: با استفاده از نظر تصمیم گیرنده، ماتریس مقایسات با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی (کمینه، میانه و بیشینه) بر اساس نظرات چندین تصمیم‌گیرنده تشکیل داده می‌شود. ماتریس مقایسات زوجی با فرمول زیر و به صورت شکل ۴ می‌باشد.

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \begin{pmatrix} \tilde{a}_{121} \\ \tilde{a}_{122} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{12P_{22}} \end{pmatrix} & \dots & \dots & \begin{pmatrix} \tilde{a}_{1n1} \\ \tilde{a}_{1n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{1nP_{2n}} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} \tilde{a}_{211} \\ \tilde{a}_{212} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{21P_{21}} \end{pmatrix} & (1,1,1) & \dots & \dots & \begin{pmatrix} \tilde{a}_{2n1} \\ \tilde{a}_{2n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{2nP_{2n}} \end{pmatrix} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \begin{pmatrix} \tilde{a}_{n11} \\ \tilde{a}_{n12} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n1P_{n1}} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} \tilde{a}_{n21} \\ \tilde{a}_{n22} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n2P_{n2}} \end{pmatrix} & \dots & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

شکل ۴. ماتریس مقایسات زوجی فازی

طیف اعداد فازی مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. طیف اعداد فازی مثلثی ۹ گانه (عطانی، ۱۳۸۸)

عدد فازی	عبارات کلامی	کد
(۱,۱,۱)	بی اهمیت	۱
(۱,۱/۵,۱/۵)	اهمیت کم تا متوسط	۲
(۱,۲,۲)	اهمیت متوسط	۳
(۳,۳/۵,۴)	اهمیت متوسط تا زیاد	۴
(۳,۴,۴/۵)	اهمیت زیاد	۵
(۳,۴/۵,۵)	اهمیت زیاد تا خیلی زیاد	۶
(۵,۵/۵,۶)	اهمیت خیلی زیاد	۷
(۵,۶,۷)	اهمیت خیلی زیاد تا کاملاً زیاد	۸
(۵,۷,۹)	اهمیت کاملاً زیاد	۹

در تحقیق حاضر مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری از طریق مطالعات پیشین خارجی و داخلی و مطالعات تجربی بررسی شده و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مورد مطالعه یعنی محور قائمیه - شیراز اولویت‌بندی می‌گردند. روش انجام تحقیق به لحاظ اجرا توصیفی - پیمایشی و به لحاظ هدف از نوع تحقیق کاربردی می‌باشد که بصورت کمی انجام شده است. جامعه آماری شامل متخصصان، کارشناسان و مهندسان حوزه راه‌سازی در استان فارس می‌باشد. به دلیل اینکه موضوع تحقیق حاضر یک موضوع خاص در زمینه راهسازی (مهندسی و جاده) صورت گرفته است، نمونه‌گیری غیراحتمالی از نوع قضاوتی است. پس تعداد خبرگان در این حوزه زیاد نمی‌باشند، لذا محققین قصد تعمیم به یک جامعه آماری خیلی بزرگتر را نداشته و بنابراین از روش‌های آماری جهت پیدا کردن حجم نمونه استفاده نمی‌نمایند (شنبندی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به سایر تحقیقات مشابه و محدود بودن تعداد جامعه خبرگان، محققین ۱۲ نفر را شناسایی و جهت تکمیل پرسشنامه‌ها انتخاب نمودند که عدد قابل قبولی است. روش بسط فازی چانگ (روش مورد استفاده در تحقیق حاضر) یکی از روش‌هایی است که برای فازی‌سازی روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود. در سال ۱۹۹۲ روشی با عنوان روش تحلیل توسعه‌ای توسط چانگ ارائه گردید. بعدها به سال ۱۹۹۶ این روش توسط خود وی بهبود بخشیده شد. روش گسترش یافته چانگ بیش از همه روش‌های دیگر برای محاسبات تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مورد استفاده قرار گرفته است. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. مراحل روش سلسله مراتبی فازی چانگ با سایر روش‌های تحلیل سلسله مراتبی تفاوت‌های بسیاری دارد. تنها اصلی بحث نرمال‌سازی و تعیین وزن نهایی است که چانگ از مفهوم درجه امکان‌پذیری استفاده نموده است (حیبی و همکاران، ۱۳۹۳). خلاصه گام‌های انجام این روش عبارت است از (شیری و همکاران، ۱۳۹۸- گودرزی و همکاران، ۱۳۹۷- 2011 Tzeng & Huang).

مرحله ۱- ترسیم درخت سلسله مراتبی: در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم با استفاده از سطوح هدف، معیار و گزینه ترسیم می‌شود.

مرحله ۳- میانگین حسابی نظرات

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{p_{ij}} a_{ijk}}{p_{ij}}$$

مرحله ۴- محاسبه مجموع عناصر سطر

$$s_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

مرحله ۵- نرمال کردن مجموع سطرها

$$M_i = s_i \otimes \left[ \sum_{i=1}^n s_i \right]^{-1}$$

تمام مراحل فوق به وسیله نرم‌افزار آنالین تحلیل سلسله مراتب فازی بر اساس روش گسترش یافته چانگ موجود در وب سایت سافت‌گستر صورت گرفته است.

یا

$$\bar{M}_i = \left( \frac{l_i}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

۴- یافته‌های حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق محققان، ۱۰ عامل مجری طرح و کارفرما، مشاور، پیمانکار، نوع قیر و مصالح مورد استفاده، آب و هوا، میزان ترافیک، تجهیزات و ماشین‌آلات راهسازی، نوع خودروهای تردد کننده، برنامه‌ریزی دولتی و مطالعات اجرای طرح را با توجه به پیشینه و مطالعات تجربی در این حوزه بررسی نمودند و با ارسال پرسشنامه به ۱۲ خبره و دریافت پرسشنامه‌ها، به بررسی فرآیند مذکور پرداختند. از مجموع ۱۲ پاسخ‌دهنده، ۳ نفر بالای ۵۰ سال، ۵ نفر بالای ۴۰ سال، ۴ نفر بین ۳۰ الی ۴۰ سال سن داشتند. همچنین ۷ نفر مدرک کارشناسی، ۳ نفر کارشناسی ارشد و ۲ نفر مدرک تحصیلی در مقطع دکتری داشتند. تجربه کاری ۵ نفر از یکسال الی ۱۰ سال، سابقه ۴ نفر بین ده الی بیست سال و سابقه ۳ نفر بیشتر از بیست سال بوده است و همچنین ۱۱ نفر از پاسخ‌دهندگان مرد و ۱ نفر پاسخ‌دهنده خانم بوده است.

همچنین درخت تحلیل سلسله مراتبی به صورت شکل ۵ می‌باشد و مرحله ماتریس مقایسات زوجی با عنایت به همین شکل صورت پذیرفت.

مرحله ۶- تعیین درجه احتمال بزرگ‌تر بودن

$$V(M_2 > M_1) = \text{Sub}_{y \geq x} \left[ \min (\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right]$$

یا

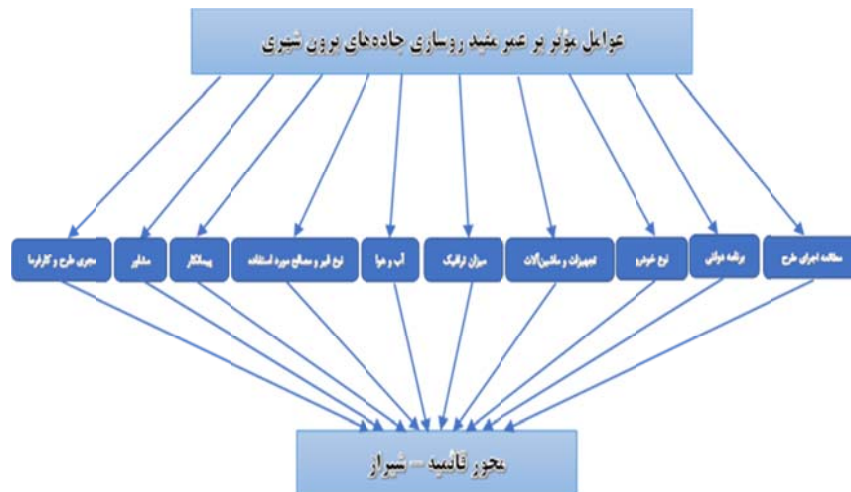
$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1, a \\ 0 & l_2 \geq u_1, a \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

مرحله ۷- نرمال کردن بردار وزن‌ها

$$w = \left[ \frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)}, \dots, \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^n d'(A_n)} \right]^T$$

مرحله ۸- ترکیب اوزان

$$\bar{U}_i = \sum_{j=1}^n \bar{w}_i \bar{r}_{ij} \quad \forall i$$



شکل ۵. درخت تحلیل سلسله مراتبی تحقیق

هم در آنها دخیل است و همین خود دلیلی بود که محققین فقط به آوردن نتیجه نهایی اکتفا نموده و در جدول ۲ نتیجه نهایی آورده شده است.

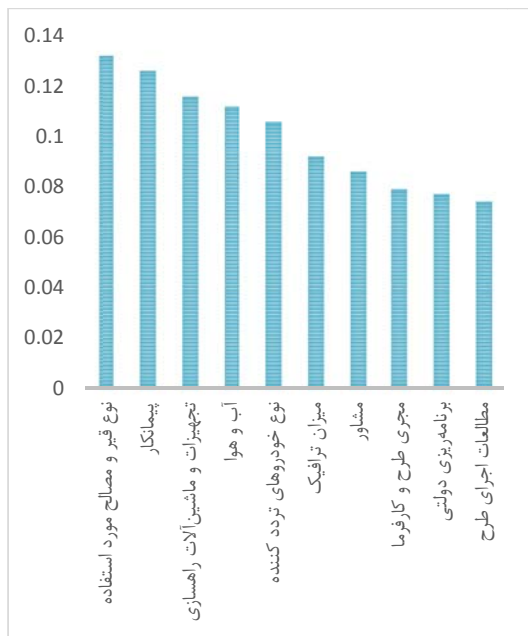
تمام مراحل ۲ تا ۸ با استفاده از نرم‌افزار آنالیز صورت پذیرفت و با توجه به حجم زیاد داده‌ها و محدودیت جا و مکان از آوردن تمام مراحل خودداری شده است؛ زیرا ۱۰ عامل بصورت ماتریس ده‌گانه مقایسه شده‌اند و اعداد فازی سه‌گانه

جدول ۲. وزن نهایی و رتبه عوامل نسبت به هدف تحقیق

رتبه	نام عامل	وزن عامل
۱	نوع قیر و مصالح مورد استفاده	۰/۱۳۲
۲	پیمانکار	۰/۱۲۶
۳	تجهیزات و ماشین‌آلات راهسازی	۰/۱۱۶
۴	آب و هوا	۰/۱۱۲
۵	نوع خودروهای تردد کننده	۰/۱۰۶
۶	میزان ترافیک	۰/۰۹۲
۷	مشاور	۰/۰۸۶
۸	مجری طرح و کارفرما	۰/۰۷۹
۹	برنامه‌ریزی دولتی	۰/۰۷۷
۱۰	مطالعات اجرای طرح	۰/۰۷۴

شهری در محور قائمیه - شیراز، عوامل نوع قیر و مصالح مورد استفاده، پیمانکار، تجهیزات و ماشین‌آلات راهسازی، آب و هوا و نوع خودروهای تردد کننده از نظر متخصصین پاسخگو به سؤالات پرسشنامه بیشترین وزن را کسب نمودند و از نظر آنها سه عامل مجری طرح و کارفرما، برنامه‌ریزی دولتی و مطالعات اجرای طرح اهمیت و وزن کمتری را دارا می‌باشند. نتیجه جمع‌آوری ۱۲ پرسشنامه صحیح و سازگار از نظرات گرانمای متخصصین و خبرگان پاسخگو به پرسشنامه تحقیق این بود که عامل نوع قیر مورد استفاده با کسب وزن نهایی و

همانگونه که از جدول ۱ مشخص است، در مرحله دوم روش تحلیل سلسله مراتب فازی نظر تمام خبرگان در قالب ماتریس مقایسات زوجی آورده شد و سپس در مرحله سوم میانگین حسابی نظرات محاسبه گردید. همچنین پایایی تمام جداول مقایسات زوجی از طریق روش بررسی گوگوس و بوجر به وسیله نرم‌افزار آنالیز تحلیل سلسله مراتب فازی بر اساس روش گسترش یافته چانگ موجود در وب سایت سافت‌گستر انجام گرفت و نتیجه این بود که بر اساس هدف تحقیق یعنی اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون



شکل ۶. نمودار وضعیت عوامل به لحاظ وزن و رتبه

### بحث و مقایسه نتایج تحقیق

هدف از تحقیق مذکور بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عمر مفید روسازی جاده‌های برون شهری در محور قائمیه - شیراز بوده است. بدین منظور محققین عوامل مذکور را با بررسی مرتبط‌ترین پیشینه‌ها و به صورت تجربی شناسایی نموده و سپس با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی آنها را وزندهی و اولویت‌بندی نمودند. رتبه اول از بین عوامل فوق‌الذکر، مربوط به نوع قیر و مصالح مورد استفاده بوده است و شجاعی‌کیا (۱۴۰۱)، موسوی میرکلانی و قمی (۱۴۰۱)، حسینی و همکاران (۱۴۰۱)، باباگلی و همکاران (۱۳۹۸)، نقوی (۱۳۹۵)، سعیدی و طاهرخانی (۱۳۹۱)، گرانسبرگ (۲۰۰۵) و کیچز و لبلانک (۲۰۱۰) در تحقیقات خود این عامل را از عوامل اثرگذار در نگهداری روسازی دانسته‌اند. مواردی مثل کیفیت قیر، میزان نفوذپذیری قیر، انتخاب قیر مناسب با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد نظر، مصالح مقاوم در برابر شکستگی، چسبندگی مصالح و عاری بودن آن از مواد آلی نظیر رس و گرد و خاک و سیقل نبودن مصالح در این عامل نقشی مهم را می‌توانند ایفا نمایند. رتبه دوم مربوط به پیمانکار طرح است. شاید بتوان دلیل دوم شدن این عامل را در اجرای صحیح و بکارگیری نیروها و تکنسین‌های ماهر دانست که این امر خود بسیار حیاتی است و از دوباره‌کاری‌ها و هزینه‌های گزاف بعدی

نرمالیزه شده ۰/۱۳۲ نسبت به ۹ عامل دیگر در رتبه اول قرار گرفته و پس از صحبت با آنها مشخص شد که در محور شیراز - قائمیه، متخصصین پاسخگو این عامل را با توجه به معیارها و تجارب مدنظر خود مهمتر از سایر عوامل دانسته‌اند و تحلیل پرسشنامه‌ها نیز مؤید این بود که در ماتریس میانگین مقایسات زوجی استاندارد شده به نسبت سایر عوامل، نوع قیر استفاده شده با کسب مجموع اعداد فازی (۱۹/۴۳۹، ۱۶/۹۸۱، ۱۳/۳۸۷) و نرمال شده (۰/۵۶۳، ۰/۳۹۵، ۰/۲۷۴) با کسب درجه بزرگتری ۰/۸۷۹ و عامل پیمانکار با مجموع اعداد فازی (۱۸/۲۰۱، ۱۵/۶۱۴، ۱۲/۹۹۳) و نرمال شده (۰/۴۱۵، ۰/۳۴۹، ۰/۲۰۳) با کسب درجه بزرگتری ۰/۷۹۸ و تجهیزات و ماشین‌آلات راهسازی نیز با مجموع اعداد فازی (۱۶/۳۶۶، ۱۴/۴۹۹، ۱۲/۰۰۱) و نرمال شده (۰/۳۷۹، ۰/۲۸۷، ۰/۱۹۶) با کسب درجه بزرگتری ۰/۶۱۱ رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دادند. نکته حائز اهمیت این سه عامل به نسبت سایر عوامل این بود که کمینه اعداد فازی مثلثی در هر سه به نسبت ۷ عامل دیگر به صورت قابل توجهی بالاتر بود و این خود بیانگر آن است که این سه عامل با شرایطی که در محور شیراز-قائمیه حاکم است تأثیرگذاری بالاتری نسبت به سایر عوامل دارند و ممکن است در سایر محورها و مطالعات دیگری اینگونه نباشد. شکل ۶ نمودار وضعیت عوامل را به لحاظ رتبه و نمره کسب شده نشان می‌دهد.

پس محققین نیز با نتیجه تحلیل داده‌ها به این نکته مهم پی بردند که با توجه به بالابودن مقدار کمینه سه عامل فوق‌الذکر در مورد مطالعه تحقیق حاضر، قطعاً هر سه مورد عواملی بسیار مهمتر در نگهداری و افزایش عمر مفید محور مذکور به نسبت سایرین هستند و سایر عوامل هم بنا به شرایط به نوبه خود در سایر محورهای مختلف در سرتاسر کشور می‌توانند مهمترین باشند. پس صرفاً تحلیل اعداد و ارقام تحقیق حاضر بر اساس نظرات متخصصین و خبرگانی بوده است که اشراف خوب و کاملی به این محور داشته و نظرات آنها بنا بر تجربه و شناخت خود بوده است. لذا نتایج و تحلیل داده‌های تحقیق حاضر قابل تعمیم به هر محوری نیست و نیاز به انجام مطالعه و صحبت با متخصصین همان محور را می‌طلبد.



## ۵- نتیجه گیری

یکی از مهمترین مواردی که هر شهری را از سایر شهرها متمایز می‌نماید، اثر بالایی بر وجه شهر و مسافرت‌پذیری آن دارد، جاده‌های آسفالتی یکدست و مناسب است. در کشور ما انواع و اقسام ترک‌ها، موج‌ها و چاله‌ها در سطح آسفالت‌های درون و برون شهری نمایان است. یکی از معضلات سرنشینان وسایل نقلیه، عبور بر بستر ناهموار این معابر است. با پیشرفت تکنولوژی و توسعه صنایع در امر خودروسازی، آسایش و راحتی مسافر بیش از پیش مورد توجه طراحان قرار گرفت و این امر با یک بستر مناسب و هموار امکان‌پذیر است. خرابی روسازی راه تأثیر عمیقی در کاهش سرعت ترافیک و به تبع آن ایجاد تأخیر بیشتر برای حرکت وسایل نقلیه از یک طرف و خطر بروز تصادف و افزایش هزینه‌های ناشی از مصرف سوخت، هزینه‌های مربوط به استهلاک وسایل نقلیه و مشکلات زیست محیطی را از طرف دیگر در پی دارد. حال محققین برای افزایش عمر مفید روسازی در محور قائمیه - شیراز یا به طور عام در محورهای برون‌شهری که حجم ترافیک بالا می‌باشد، توجه به عوامل فوق‌الذکر را راهگشای کار متولیان پروژه‌های مربوطه دانسته و اندیشیدن در ارتباط با تعمیر و نگهداری راه و رفع خرابی‌های بوجود آمده جهت جلوگیری از گسترش خرابی را یک ارزش ملی محسوب می‌دانند. اجرای نادرست و غیر استاندارد و عدم نظارت کافی بر پروژه‌های راهسازی باعث کوتاهی عمر آسفالت راه‌ها و خرابی زود هنگام آن می‌شود. با توجه به عمر کم روسازی جاده‌های کشورمان به نسبت کشورهای پیشرفته و رشد روزافزون ترافیک و افزایش بارهای محوری و توجه به افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آسفالت، امروزه نیاز به توجه ویژه به عواملی که سبب افزایش عمر مفید روسازی جاده‌ها می‌شود، در دستور کار مسئولین امر قرار گرفته است. امید است که نتایج تحقیق حاضر تأثیر مثبتی در این زمینه داشته باشد.

در پایان محققین در راستای نتیجه تحقیق پیشنهادت زیر را ارائه می‌نمایند.

- کیفیت قیر مورد استفاده محور قائمیه - شیراز در شرایط آب و هوایی این منطقه می‌تواند از نوع قیر انتخابی در طرح اختلاط انجام شده مطالعات تکمیلی باشد و عمر طرح خود نقشی بسزا در برنامه‌ریزی برای این مورد دارد.

جلوگیری به عمل می‌آورد. باید توجه داشت که سرمایه دانشی از سرمایه تولیدی بالاتر است. از بین محققین نیز فقط شجاعی‌کیا (۱۴۰۱) و حسینی و همکاران (۱۴۰۱) به این عامل اشاره غیرمستقیم داشته‌اند و شاید بتوان یکی از موارد خاص بودن تحقیق حاضر را نیز همین عواملی دانست که در تحقیقات گذشته به آن توجهی نشده است. عامل سوم به تجهیزات و ماشین‌آلات راهسازی اختصاص یافته است. شجاعی‌کیا (۱۴۰۱)، حسینی و همکاران (۱۴۰۱)، نقوی (۱۳۹۵)، سعیدی و طاهرخانی (۱۳۹۱) و هانتر (۲۰۰۰) به صورت‌های مستقیم و غیرمستقیم به ماشین‌آلات و تجهیزات اشاره نموده‌اند. دلیل انتخاب این عامل را می‌توان در بحث کیفیت و بروز بودن کار انجام شده دانست و تطابق با استانداردهای روز مسلماً نیاز به تجهیزات و ماشین‌آلات مدرن دارد. رتبه چهارم را آب و هوا به خود اختصاص داده است. شجاعی‌کیا (۱۴۰۱)، موسوی میرکلانی و قمی (۱۴۰۱)، کاوسی و شهدادی (۱۳۹۸)، باباگلی و همکاران (۱۳۹۸) و کیچز و لبلانک (۲۰۱۰) نیز به مانند تحقیق حاضر این عامل را در تعمیر و نگهداری و همچنین افزایش عمر روسازی مهم و اساسی برشمرده‌اند. در آب و هوا باید تغییرات درجه حرارت محیطی، میزان رطوبت، یخبندان و عمق نفوذ آب در روسازی نیز در نظر گرفته شود. عوامل نوع خودروهایی تردد کننده و میزان ترافیک به ترتیب رتبه‌های پنجم و ششم را به خود اختصاص داده‌اند که شجاعی‌کیا (۱۴۰۱) و موسوی میرکلانی و قمی (۱۴۰۱) در تحقیقات خود نیز این دو عامل را تأیید نموده‌اند. سبک یا سنگین بودن وسایل نقلیه، وزن و ترکیب و تعداد محورهای وسایل نقلیه عبوری عواملی قابل توجه در این زمینه محسوب می‌شوند که با راه‌اندازی باندهای جدید و یکطرفه شدن مسیر باندها، این دو عامل آسیب کمتری به روسازی جاده مربوطه خواهند زد و با کاهش بار و حجم ترافیکی، عمر روسازی نسبت به عمر پیشینی شده در طرح، بیشتر خواهد شد. رتبه‌های ۷ الی ۱۰ در تحقیق حاضر منحصر بفرد بوده و نوآوری این تحقیق محسوب می‌شود. برنامه‌ریزی برای انجام طرح و انتخاب کارفرما و مشاور از طرف دولت و برنامه‌ریزی استراتژیک و تأمین منابع مالی و تخصیص به موقع آنها، خود عاملی مؤثر در اجرای به موقع طرح و افزایش عمر مفید روسازی‌های انجام شده توسط پیمانکار می‌باشد.

یاسوج، فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری، دوره ۸، شماره ۱.

- شنبیدی، م.، حسین بر، م. ا.، و کیانی مقدم، م. (۱۳۹۷). بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر هاب شدن بندر (مورد کاوی: بندر جنوبی کشور ایران)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه در رشته مدیریت و بازرگانی دریایی دانشکده مدیریت و علوم انسانی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار.

- شیرینی، ع.، توماج، ی.، و یاراحمدزهی، م.ح. (۱۳۹۸). شناسایی و تحلیل و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انگیزش شرکت‌ها به صادرات از بندر چابهار با روش AHP فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه در رشته مدیریت و بازرگانی دریایی دانشکده مدیریت و علوم انسانی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار.

- عباسی، پ.، حسینی، س.ع.، حیدری، م.، و عرب کرمانی، م. (۱۴۰۰)، سنجش وضعیت روسازی معابر (مطالعه موردی معابر شرق شهر تهران)، سومین کنفرانس ملی شهرسازی و معماری دانش بنیان، تهران.

- عطائی، م. (۱۳۸۸). تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

- کاوسی، ا.، و شهدادی، ص. (۱۳۹۸)، مدل برآورد عمر باقیمانده روسازی با استفاده از پارامترهای مؤثر بر آن، مجله علمی پژوهشی مهندسی عمران مدرس، دوره نوزدهم، شماره ۴.

- گودرزی، س.، یاراحمدزهی، م.ح.، و قادری، س. (۱۳۹۷). بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر ماندگاری منابع انسانی در سازمان بندر و دریانوردی سیستان و بلوچستان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه در رشته مدیریت حمل و نقل دریایی بین قاره‌ای دانشکده مدیریت و علوم انسانی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار.

- موسوی میرکلائی، س. م. و قمی، ج. (۱۴۰۱)، ارزیابی علل عمده خرابی روسازی های آسفالتی در مناطق سردسیر و ارائه راهکارهای افزایش عمر مفید آن، نهمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در مهندسی عمران، تهران.

- میرزایی، ا. و احمدی کهنعلی، ر. و محبی، و. (۱۳۹۷)، شیوه‌های نوین روسازی معابر، سومین کنفرانس بین المللی

- در ارتباط با مصالح نیز پیشنهاد می‌گردد که از سنگ‌های آهکی ترجیحاً روشن و شفاف که قابلیت چسبندگی بالا، سختی و مقاومت بالا در برابر عوامل جوی باشند.

- پیشنهاد محققین این است که پیمانکاری انتخاب شود که دارای رتبه‌های بالا در راهسازی و خوشنامی در انجام صحیح پروژه‌های مربوطه باشد و کارفرما با دقت زیاد و کارشناسی شده امور مربوط به مناقصه پروژه را پیگیری نماید.

- از کارخانه تولید مدرن آسفالت و تجهیزات حمل، پخش و کوبیدن گرفته تا ماشین‌آلات مدرن و بروزی نظیر انواع فینیشرها، انواع غلطک‌ها و کامیون‌های مخصوص حمل آسفالت و مصالح مورد نیاز در کل عملیات اجرا استفاده شود.

- برای عامل آب و هوا از نظر محققین پیشنهاد این است که پخش آسفالت رویه یا هر قشر نهایی دیگر می‌بایست منحصراً در فصول مناسب و گرم سال که درجه حرارت سطح راه از ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر نباشد، اجرا گردد.

## ۶- مراجع

- باباگلی، ر.، عباسپور مرزبالی، ک.، محمدی، ز.، و عاملی، ع. ر. (۱۳۹۸)، مقایسه فنی و اقتصادی روسازی بتن غلتکی با روسازی آسفالتی و اولویت بندی پارامترهای مؤثر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: محور سه راهی پلاژ ساری به سمت بهنمیر)، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۵۸، بهار.

- حبیبی، آ.، ایزدیار، ص.، و سرافرازی، ا. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، چاپ اول. تهران، کتیبه گیل.

- حسینی، ه. دادره، ن. ابراهیم‌زاده، پ. و جعفری حقیقت پور، پ. (۱۴۰۱)، ارائه راهکارهایی جهت افزایش عمر مفید روسازی معابر شهر تهران، هفتمین کنفرانس بین المللی مطالعات نوین مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط زیست در قرن ۲۱، تهران.

- سعیدی، م. و طاهرخانی، ح. (۱۳۹۱)، بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد روسازی‌های آسفالتی و روش‌های شبیه‌سازی آن نحوه حمل، پخش، تراکم و شرایط محیطی و سطحی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، دانشکده فنی.

- شجاعی کیا، م. (۱۴۰۱)، شناسایی و رتبه بندی عوامل مؤثر بر عمر روسازی در حوزه بهسازی راه: مورد مطالعه شهر

- Koks, E. E., Rozenberg, J., Zorn, C., Tariverdi, M., Vousdoukas, M., Fraser, S. A., & Hallegatte, S. (2019). A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets. *Nature communications*, 10(1), 1-11.
- Ma, F., Dong, W., Fu, Z., Wang, R., Huang, Y., & Liu, J. (2021). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from asphalt pavement maintenance: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125595.
- Mahpour, A., & El-Diraby, T. (2021). Incorporating climate change in pavement maintenance policies: application to temperature rise in the Isfahan County, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102960.
- Muzira, S., & Qiao, W. (2022), To Pave or Not to Pave: A Framework for Systematic Decision Making in the Choice of Paving Technologies for Rural Roads, Transportation Research Record, *Journal of the Transportation Research Board*.
- Silva, R. J. Simoes, F. & Ferreira, A. (2022), Mechanical-Empirical Pavement Design Guide Applied to Portuguese Pavement Structures, *Appl. Sci.* 2022, 12(11), 5656.  
[doi.org/10.3390/app12115656](https://doi.org/10.3390/app12115656)
- Tzeng, G. H., & Huang, J.J. (2011). Multiple attribute decision making: Methods & applications, *CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business in U.S.*
- پژوهش‌های نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست، کرج.
- نقوی، ح. (۱۳۹۵)، بررسی عوامل موثر بر عملکرد آسفالت روسازی چپیسپیل، دومین کنفرانس سالانه تحقیقات در مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط زیست پایدار، استانبول، ترکیه.
- هاشمی، م. (۱۳۹۵)، روش‌های نوین ترمیم روسازی راه با تأکید بر رویه‌های آسفالتی، چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران.
- Asher, S., & Novosad, P. (2020). Rural roads and local economic development. *American economic review*, 110(3), 797-823.
- Christine Keches. & LeBlanc A. (2010). Reducing Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Materials. *Degree of Bachelor of Science*. In.
- Gauri, R. Mahajan, B. Radhika & Krishna Prapoorna Biligiri. (2022), A critical review of vehicle-pavement interaction mechanism in evaluating flexible pavement performance characteristics, *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 23- Issue 4
- Gransberg, D.D., (2005). Chip Seal Program Excellence in the United States, Transportation Research Record, *Journal of Transportation Research Board*, No. 1933, Washington, D.C., 72-82.
- Hunter. R.N., (2000). Asphalts in road construction, *Thomas Telford*.

# **Investigating and Prioritizing Factors Affecting the Useful Service Life of Suburban Road Pavements with a Fuzzy Hierarchical Approach (Case Study: Shiraz- Ghaemieh Road)**

*Sayyed Yaghoub Zolfegharifar, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,  
Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran.*

*Navid Shanbedi, M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Yasuj Branch, Islamic Azad  
University, Yasuj, Iran.*

*E-mail: syzoalfeghary@gmail.com*

Received: June 2023- Accepted: November 2023

## **ABSTRACT**

Nowadays, increasing useful service life, durability and maintenance of road pavements are important research issues of experts and trustees in this field. The purpose of this research is to investigate and prioritize the factors affecting the useful life of suburban road pavements with a fuzzy hierarchical approach for the Ghaemieh -Shiraz route. The research method was descriptive-survey in terms of execution and applied research in terms of purpose, which was done in the form of a questionnaire and quantitative. Due to the fact that the topic of this research was a specific topic in the field of road construction (engineering and roads), non-probability sampling was a judgmental type. The statistical population of the research included 12 experts, including specialists and engineers in the field of road construction in Fars province, and the fuzzy hierarchical analysis method was used to prioritize the effective factors. The results of factors affecting the service life of suburban road pavements showed that the type of bitumen and materials used, contractor, road construction equipment and machinery, weather and the type of traffic vehicles ranked first to fifth in the order of factors affecting the service life of road pavements. They were in suburban areas on the road from Ghaemieh to Shiraz, that practical suggestions for the useful service life of suburban road pavements for Ghaemieh -Shiraz route were presented.

**Keywords:** Useful Service Life, Durability, Maintenance, Road Paving, Suburban Road