رتبه‌بندی پل‌های پیش‌ساخته بتنی راه‌آهن با معیارهای مدیریت آب به روش تاپسیس

حسین فرشاد[1*]، نادر عبدلی یزدی[2]، احسان اله اشتهاردیان

۱- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات سازه و زلزله، واحد تفت، دانشگاه آزاد اسلامی، تفت، ایران.

۲- استادیار، مرکز تحقیقات سازه و زلزله، واحد تفت، دانشگاه آزاد اسلامی، تفت، ایران.

۳- دانشیار گروه مدیریت پروژه دانشگاه تربیت مدرس.

Email: Farshad@mazust.ac.ir

چکیده

مدیریت آب در حمل و نقل ریلی، نقش عمده‌ای را در افزایش طول عمر سازه‌های ریلی ایفا می‌کند. در این تحقیق با توجه به مطالعات گذشته و جمع‌آوری نظرات متخصصان کشور، مطالعات میدانی گسترده، استفاده از چک لیست‌های بازرسی، اطلاعات آماری و با شناخت درست خرابی‌های مرتبط با مدیریت آب در پل‌های بتنی و در نهایت با روش تاپسیس، طبق معیارهای مهندسی آب در نگهداری و تعمیرات پل، بتوان پل‌های پیش‌ساخته بتنی اداره کل راه آهن شمال ایران براساس معیارهای مدیریت آب رتبه‌بندی کرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۵ پارامتر موثرتر شناسایی و نهایتاً پل شماره ۱ با امتیاز نهایی ۰/۵۹۹۰ رتبه یک اولویت برای نگهداری و پل شماره ۲۹ آخرین اولویت برای نگهداری را با توجه به معیارهای مدیریت آب به دست آوردند و نهایتاً به کارفرمایان و مدیران مسئول کمک می-کند تا بتوانند با توجه به سرمایه و منابع محدود، پل‌ها را به درستی مدیریت کنند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آب، رتبه‌بندی، پل‌های پیش‌ساخته بتنی راه‌آهن، روش تاپسیس.

مقدمه

براساس گزارشات مالی راه‌آهن ایران یکی از علل هزینه‌های پی در پی تعمیرات شبکه ریلی ایران نداشتن برنامه‌های اولویت‌بندی جهت عملیات نگهداری در بخش‌ها یا محورهای مختلف راه‌آهن ایران است. به طوری که بعضاً عملیات نگهداری و تعمیرات در بخش‌ها یا قطعات (یا بلوک‌هایی) انجام می‌گردد که در اولویت به لحاظ وضعیت کیفی نمی‌باشند. در حالی که در همان زمان بخش‌هایی که نیاز مبرم به تعمیرات دارند غافل و از دیده پنهان می‌باشد. در حقیقت، در روش‌های جاری راه‌آهن ایران هیچگونه سیستم اولویت‌بندی، الگوریتم یا مدل مشخصی که بر اساس آن بتوان برنامه کوتاه‌مدت یا بلندمدتی برای عملیات نگهداری و تعمیرات ارائه نمود موجود نمی‌باشد. در حقیقت عامل تعیین کننده در انتخاب روش نگهداری و تعمیرات مناسب، تجربه مدیران است، در عین حال که توجه چندانی به هزینه‌های چرخه عمر و یا به اولویت‌بندی بر اساس ضرورت در سطح شبکه معطوف نمی‌گردد. این در حالی است که امروزه تقاضای زیاد این بخش از حمل و نقل مستلزم افزایش در ظرفیت، تعداد قطارها، سرعت و بار محوری است. افزایش در هر کدام از موارد مذکور موجب افزایش در نرخ زوال خط و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات می‌شود. با پیشرفت تکنولوژی و در محیط رقابتی امروز و با محدود شدن بودجه، مدیران راه‌آهن می‌بایست با بهینه‌سازی عملیات نگهداری و تعمیرات هزینه‌ها را کاهش داده ولی در عین حال استانداردهای ایمنی را برآورده سازند. لذا در این تحقیق سعی می‌شود اولویت بندی معیارهای نگهداری و تعمیرات پل به کارفرمایان و مدیران مسئول کمک شود تا بتوانند مشکل مذکور را حل کنند و همچنین به کمک نتایج این تحقیق و با توجه به سرمایه و منابع محدود، پل‌ها را به درستی مدیریت کنند. با توجه به آیین‌نامه مدیریت پل اروپا و مطالعه تحقیقاتی که در دنیا صورت گرفته است، معیارهایی را که در اولویت‌بندی نگهداری و تعمیرات پل در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرددر ایران، در سال ۱۳۸۱ ه.ش. رهائی و فیروزی، در تحقیقی پس از دسته‌بندی پل‌های بتنی، روش‌های بازرسی عینی و بررسی خرابی‌های اجزای پل با رویکردی علت‌جویانه، مورد مطالعه قرار داده و روش درجه‌بندی وضعیت اعضای پل با توجه به خرابی‌ها ملاحظه شده در طی دوران بازرسی، پیشنهاد دادند. در سال ۱۳۸۶ ه.ش. بهفرنیا و حسن‌زاده، در مقاله‌ای ضمن معرفی مدل بکار رفته در کشور انگلستان، جهت نمونه وضعیت کیفی دو پل مهم در شهر اصفهان، تعیین کردند. بر اساس این مطالعه، برای افزایش عمر پل‌ها با کمترین هزینه، انجام بازرسی-های دوره‌ای حداکثر ۵ ساله و انجام تعمیرات حداکثر در دوره‌های ۷ ساله پیشنهاد کردند.در سال ۱۳۸۷ ه.ش. صادقی و بلوکیان، طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه مدیریت منسجم و یکپارچه نگهداری و تعمیرات، رو بررسی کردند. این سیستم دستورالعمل‌های ویژه‌ای را برای راه‌آهن ایران در بر می‌گیره و بانک اطلاعاتی جامعی ایجاد می‌کردو بر روی شبکه GIS نصب می‌شد. در سال ۱۳۸۸ ه.ش. عامری و یگانه، یک روش اولویت‌بندی جدیدی را، برای پروژه‌های نگهداری و تعمیرات پل‌ها ایجاد کردند که می‌توان تصمیمات بهینه‌ای را با توجه به اعتبارات محدود اتخاذ کرد. در سال ۱۳۸۸ ه.ش. احسان اله اشتهاردیان و همکاران، در تحقیقی مدلی را تهیه کردند که با تعیین معیارهای تصمیم‌گیری و وزن‌دهی به هر یک از این معیارها برای پل‌ها به تعیین اولویت‌بندی می‌پردازد. در سال ۱۳۸۹ ه.ش. گلستانی و رجائی، با توجه به بازدید خرابی و زوال،

کارهای مورد نیاز برای کنترل افزایش خرابی یا تعمیرات خرابی‌های به وقوع پیوسته انجام گرفت. طبق بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش رسیدن به هدف بیان شده با استفاده از یک مدل مناسب نگهداری امکان‌پذیر بود. در سال ۱۳۹۱ ه.ش. ضیائی، چک لیست‌های بازرسی مربوط به شناسنامه عمومی پل‌ها برای شهر تهران فراهم کردن. در سال ۱۳۹۳ ه.ش. بهداروندی و همکاران، یک الگوریتم مشخص جهت بازرسی پل‌ها با استفاده از فهرست کردن بخش‌های اصلی پل مشخص کردن آسیب‌های محتمل در هر یک از بخش‌ها به دست آوردند. در سال ۱۳۹۳ ه.ش. بشیری راد و اسکندری، در سیستم توسعه داده شده سعی کردند تا جای ممکن نواقص و کاستی‌های موجود در سیستم‌های مشابه رفع کنند. نتیجه کاربردی این سامانه در سطح شهر شیراز بخوبی بیانگر کارایی سیستم در مدیریت هزینه‌ها و کمک به چرخه تصمیم‌گیری برای مدیران است. در سال ۱۳۹۴ ه.ش. عبداله زاده و همکاران، در تحقیقی، با توجه به مطالعات گذشته و مطالعات میدانی گسترده و مصاحبه با متخصصان مورد مطالعه، داده‌های مناسب جهت نگهداری و تعمیرات پل‌ها مشخص و بعد از شناخت، تعیین و پردازش معیارها با بهره گیری از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP Fuzzy، به ارزیابی درست هر معیار نسبت به هر پل پرداخته شد. در سال ۱۳۹۵ ه.ش. مقصودی و رمضانی، در مقاله‌ای به معرفی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و نحوه کاربرد آن در مهندسی پل پرداختند. در سال ۱۳۹۵ ه.ش. اسکندری و دنیوی، روشی پیشنهاد دادند که استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بود، جهت درجه‌بندی وضعیت بر اساس خرابی‌های مشاهده شده و اولویت‌بندی پل های مورد نظر جهت انجام عملیات تعمیر مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۳۹۶ ه.ش. کائیدی، به منظور تعمیر، تقویت، مقاوم‌سازی و بهسازی پل‌ها رتبه‌بندی مناسب از تمام پل‌ها توسط بازرسان و مهندسان دارای صلاحیت انجام داد. در سال ۱۳۹۷ ه.ش. طباطبایی و مقبلی، از دیدگاه کارشناسان و خبرگان حوزه ساخت و تعمیر پل‌های حوزه استحفاظی جنوب کرمان مهمترین معیارهای تأثیرگذار بر خرابی پل‌ها با رویکرد ایمنی، شدت خرابی پل‌ها، معیارهای اصلی خرابی و نقص‌های موجود بار ترافیکی، شرایط هیدرولیکی، شرایط اقلیمی و محیطی، سن و عمر پل و نوع پل را تعیین کردند و با بررسی نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارهای اصلی را مشخص نمودند. در سال ۱۳۹۷ ه.ش. حقیقی و همکاران، خرابی‌های مربوط به پل‌ها از طریق بازدید میدانی مشخص شد و پل‌ها بر اساس معیارهایی همچون بار ترافیکی، خصوصیات بستر رودخانه، نقص‌های موجود و سن پل‌ها، اولویت‌بندی شدند. سپس به منظور انتخاب بهینه اقدامات اصلاحی، یک الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک توسعه داده شد.

برای تعیین اولویت‌بندی مدیریت آب پل با رویکرد نگهداری و تعمیرات و با در نظر گرفتن کلیه معیارهای مطرح شده، حذف موارد تکراری، ادغام معیارهای مشابه و همچنین با توجه به نظر کارشناسان و خبرگان متخصص ایرانی که با پروژه های این چنین درگیر می‌باشند، شاخص‌هایی تعیین می‌گردد. در نهایت تعداد بیست معیار استخراج گردید که از آن‌ها در این تحقیق به منظور دست یافتن به اولویتی که در جهت تأثیر پارامترهای مدیریت آب در پل‌های پیش ساخته بتنی راه آهن صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود. با توجه به پژوهش‌های گذشته، نیاز به اولویت‌بندی معیارهای موثر مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌ها

مشهود است. لذا در این تحقیق، ابتدا برای مشخص شدن معیارهای موثر مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌ها و تعیین اولویت هر معیار، نظرسنجی از خبرگان متخصص در زمینه مرتبط انجام می‌شود و با توجه به نتایج پرسشنامه، داده‌ها به جهت اولویت‌بندی معیارهای موثر در مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌ها معرفی می‌گردند. سپس با ارزیابی شرایط تعدادی از پل‌ها با توجه به این معیارها و با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس، مدلی مناسب برای تحلیل آماری ارائه و معیارهای مدیریت آب ارزیابی شده و میزان اهمیت هر یک از معیارها بررسی، وزن و رتبه‌بندی آن‌ها مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

۱- جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به در نظر گرفتن شیوه تحقیق توصیفی-تحلیلی و به منظور تأمین اطلاعات مورد نیاز جهت انجام تحقیق، از روش‌های نظرسنجی و روش‌های آماری استفاده می‌شود.

الف. استفاده از اطلاعات و مدارک موجود: در این تحقیق معیارهای موجود مورد مطالعه قرار میگیرد.

ب. گروه قضاوت کارشناسی (خبرگان): در این مرحله مجموعه‌ای از کارشناسان که درگیر فعالیت‌های اجرایی در زمینه هدف مورد نظر می‌باشند، برای تشکیل گروه قضاوت کننده دعوت می‌شوند. این افراد اهمیت معیارها را با روش دلفی ارزیابی نموده و اهمیت معیارها را نسبت به یکدیگر مشخص و جداول (پنج سطحی) جهت تعیین امتیاز کیفی معیارهای موثر مدیریت آب هر پل را طراحی می‌کنند.

پ. بازرسی: در این تحقیق، پژوهشگر از بازرسی (بازدید و مشاهده) به همراه استفاده از چک لیست های استاندارد بازرسی چشمی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران برای تعیین امتیاز کیفی هر یک از معیارهای انتخابی مدیریت آب جهت نگهداری و تعمیرات پل توسط خبرگان بهره می‌برد.

در این تحقیق خبرگان که شامل هفت نفر (کارشناسان اداره کل راه‌آهن شمال ایران) می‌باشند، نظرات خود را در خصوص اهمیت معیارهای موجود مدیریت آب در نگهداری پل‌ها اعلام نمودند. اهمیت هر سطر نسبت به شاخص‌های ستون‌ها درج می‌گردد. در تعیین این شاخص‌ها سعی بر این است که بازرس تعیین کننده کیفیت در اسرع وقت و تنها با بازرسی چشمی بتواند کیفیت را به بالاترین دقت و با شرایط موجود تعیین کند. شاخص در نظر گرفته شده نشان ترکیبی از کیفیت و اولویت‌بندی می‌باشد.

ت. کمی‌سازی: پس از تعیین امتیازات کیفی توسط گروه قضاوت کارشناسی، از روش طیف لیکرت (پنج سطحی) برای تبدیل امتیازات کیفی به کمی جهت استفاده در مدل تبدیل می‌گردد.

ث. روایی: اعتبارسنجی به روش روایی صوری بهره گرفته شد.

ج. پایایی: پایایی به روش آلفای کرونباخ بهره گرفته شد، که نتیجه مورد تأیید می‌باشد.

۲- تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل اطلاعات عبارتند از آمار توصیفی شامل فراوانی، درصد، جدول، نمودار و ... و همچنین جهت رتبه‌بندی از تکنیک دلفی و تاپسیس استفاده شده است.

روش دلفی

روش دلفی به عنوان یکی از روش‌های ساخت یافته برای ایجاد وفاق در دهه ۱۹۵۰ در شرکت «راند» ابداع شد. کاربرد این روش، ساخت دادن به فرآیند ارتباطات گروهی است، به نحوی که چنین فرآیندی در فراهم کردن زمینه درگیری مجموعه‌ای از افراد به عنوان یک کل با مسأله یا موضوعی پیچیده موثر باشد. این ارتباط ساخت یافته با دریافت بازخورد اطلاعات و دانش افراد، ارزیابی نظره گروه، فراهم کردن فرصتی جهت افراد برای بازنگری در نظرشان و با تأمین درجه‌ای از محرمانه بودن پاسخ-های افراد فراهم می‌شود. روش دلفی در عمل، یک سری پرسشنامه‌ها با دوره‌های متوالی همراه بازخورهای کنترل شده‌ای است که تلاش دارد به اتفاق نظر میان یک گروه از افراد متخصص درباره یک موضوع خاص دست پیدا کند. هر چند روش دلفی در ابتدا برای پیش بینی به کار برده شد، اما در گردآوری داده‌های مربوط به زمان حال با گذشته که به درستی معلوم یا موجود نیستند و یافتن روابط علی در پدیده‌های پیچیده اجتماعی و اقتصادی نیز استفاده می‌شود. در مراحل گوناگون فرآیند یک پژوهش نیز این روش می‌تواند به کار رود. از جمله این مراحل می‌توان به یافتن دیدگاهی نظری برای پژوهش، انتخاب متغیرها، شناخت اولیه روابط علی میان متغیرها و تعریف سازه ها اشاره کرد.

گام‌های روش دلفی عبارتند از:

گام اول- شناسایی شاخص‌های پژوهش با استفاده از مرور جامع مبانی نظری پژوهش

گام دوم- جمع‌آوری نظرهای متخصصان تصمیم گیرنده

در این گام بعد از شناسایی معیارهای پژوهش، گروه تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل شده و پرسشنامه‌ها به منظور تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی شده با موضوع اصلی پژوهش و غربالگری برای آن‌ها ارسال می‌شود که در آن متغیرهای زبانی جدول ۱ که بر اساس طیف لیکرت است، برای بیان اهمیت هر شاخص به کار می‌روند.

جدول ۱- عبارات زبانی و اعداد دلفی

عبارات زبانی	اعداد متناظر
کاملاً مخالف	۱
مخالف	۲
ممتنع	۳
موافق	۴
کاملاً موافق	۵

تأیید و غربالگری شاخص‌ها: این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه $\tilde{S}$ صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه با استنباط ذهنی تصمیم‌گیرنده معین می‌شود و مستقیم بر روی تعداد عواملی که غربال می‌شوند تأثیرخواهد داشت در این پژوهش مقدار آستانه عدد ۳ در نظر گرفته شده است. چنانچه میانگین امتیازات هر شاخص از عدد ۳ کمتر باشد آن شاخص حذف می-شود.

در این پژوهش ابتدا موضوع و ابعاد آن تعریف شد. بر این اساس ابتدا شناسایی شاخص‌ها انجام خواهد گرفت در تمامی مراحل میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت و شامل گزینه‌های (خیلی کم: ۱)، (کم: ۲)، (متوسط: ۳)، (زیاد: ۴) و (خیلی زیاد: ۵) صورت گرفت. در هر دور نیز در مقابل هر عامل، میانگین پاسخ‌های اعضای پانل در دورهای پیش آگاهی پاسخگویان می‌رسید.

الگوریتم تکنیک تاپسیس

گام اول- تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند براساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم m×n تشکیل شود.

گام دوم- نرمال کردن ماتریس تصمیم

مانند سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ماتریس تصمیم باید نرمال شود. برای نرمال سازی مقادیر از روش برداری استفاده می‌شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال سازی خطی به صورت زیر انجام می شود:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$ رابطه ۱-

گام سوم- محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی

محاسبه PIS[1] و NIS[2] گام بعدی است. در این گام برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (A+) و یک ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود.

- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت بزرگترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

گام چهارم- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد.

گام پنجم- محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. برای اینکار از فرمول زیر استفاده می‌کنیم.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}$$ رابطه ۲-

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$$ رابطه ۳-

$$cl_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$ رابطه ۴-

[1] Positive Ideal Point
[2] Negative Ideal Point

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیکتر باشد راه‌کار به جواب ایده‌آل نزدیکتر است و راه‌کار بهتری می‌باشد.

در این مرحله از روش تاپسیس که یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه برای ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیارهای مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌ها استفاده می‌شود.

۳- داده‌ها

طی این تحقیق تا انتهای سال ۱۴۰۰ هجری شمسی، ۸۵ پل از پل‌های پیش‌ساخته بتنی (باکسی) که در محدوده اداره کل راه‌آهن شمال (راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران) ساخته و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، در این پژوهش این پل‌ها تحت ارزیابی و بازرسی قرار می‌گیرند و داده‌های آن از نظر کیفی و کمی توسط گروه قضاوت کارشناسی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت برای رتبه بندی اولویت مدیریت آب در پل‌های پیش‌ساخته بتنی راه آهن جهت نگهداری و تعمیرات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پس از امتیازدهی گروه قضاوت کارشناسی به جداول کیفی و کمی سازی هر یک از معیارها طبق بازرسی انجام شده، به روش تاپسیس وزن نهایی هر یک از پل‌ها به دست آمد. که بر اساس آن اولویت بندی مورد نظر انجام شد. در این بخش در نظر گرفته شد که در صورت تشابه وزن نهایی پل‌ها، آن پلی که مدت بهره‌برداری بیشتری دارد، اولویت بالاتری نیز داشته باشد.

نتایج و بحث

از مهم‌ترین بخش هر تحقیق، تجزیه و تحلیل اطلاعات است. وجود هر گونه خطا و اشتباهی در چنین بخشی می‌تواند به نتیجه‌گیری‌های نادرستی منجر گردد. انتخاب یک روش تحقیق مناسب، تا حد زیادی محقق را در جلوگیری از بروز اشتباهات در امر تحقیق یاری می‌رساند. داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده منابع خامی هستند که جهت کاربردی شدن نتایج آن‌ها بایستی توسط ابزار مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. در بخش قبلی، راجع به روش انجام پژوهش بحث شد. لذا در این بخش جهت دستیابی به اهداف و پاسخ به سؤالات پژوهشی به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شده است.

۱- روش تجزیه و تحلیل

در این بخش به تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش پرداخته می‌شود هدف در این پژوهش اولویت‌بندی پل‌های بتنی راه‌آهن جهت نگهداری و تعمیرات براساس معیارهای مدیریت آب است برای دستیابی به این هدف ابتدا با استفاده از روش دلفی عوامل موثر و شناسایی و تأیید می‌شوند سپس با استفاده از روش تاپسیس پل‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

الف- نتایج روش دلفی

در این بخش با استفاده از روش دلفی به غربالگری و تأیید معیارهای پژوهش پرداخته می‌شود.

نتایج دور اول دلفی

در گام اول ابتدا پرسشنامه‌ای شامل عوامل موثر در انتخاب پل که شامل ۲۰ معیار موثر می‌باشد و در اختیار ۷ خبره قرار داده شد تا بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز دهند. همچنین از خبرگان خواسته شد چنانچه عاملی غیر از عوامل گفته شده مد نظر دارند بیان کنند. نتایج دور اول

دلفی در جدول ۲ آورده شده است. پایایی این مرحله دلفی با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شد که برابر با ۰/۷۵۸ می‌باشد و چون از ۰/۷ بیشتر است نشان از پایایی قابل قبول دارد.

جدول ۲- نتایج دور اول دلفی

ردیف	معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار
۱	وضعیت عرشه	۲	۵	۲/۸۵۷	۰/۹۰۰
۲	وضعیت دیواره‌ها	۲	۵	۲/۲۸۶	۰/۹۵۱
۳	وضعیت گابیون	۱	۵	۳/۲۸۶	۱/۶۰۴
۴	وضعیت پی	۱	۵	۲/۲۸۶	۱/۳۸۰
۵	وضعیت درز انبساطی	۲	۵	۲/۸۵۷	۰/۹۰۰
۶	ارتفاع آزاد پل	۱	۴	۲/۴۲۹	۱/۲۷۲
۷	اندازه دهانه پل	۱	۴	۲/۸۵۷	۱/۰۶۹
۸	سن پل	۱	۴	۲/۷۱۴	۰/۹۵۱
۹	وضعیت بستر	۲	۵	۳/۵۷۱	۱/۱۳۴
۱۰	نوع آبرو	۱	۴	۳/۰۰۰	۱/۴۱۴
۱۱	شرایط آب و هوایی منطقه	۱	۳	۲/۰۰۰	۰/۸۱۶
۱۲	کیفیت محافظ در برابر مواد مخرب	۲	۵	۲/۵۷۱	۱/۱۳۴
۱۳	وضعیت جداول، گاردیل‌ها، نرده‌ها، حفاظ‌ها	۲	۵	۲/۴۲۹	۰/۹۷۶
۱۴	وضعیت ریل‌ها	۱	۴	۲/۸۵۷	۱/۰۶۹
۱۵	وضعیت زهکشی سطحی	۱	۵	۳/۷۱۴	۱/۲۵۴
۱۶	اهمیت استراتژیک پل	۱	۳	۲/۱۴۳	۰/۶۹۰
۱۷	وضعیت سیستم زهکشی	۱	۴	۳/۱۴۳	۱/۲۱۵
۱۸	وضعیت تأسیسات روشنایی	۳	۴	۲/۷۱۴	۰/۴۸۸
۱۹	شرایط ترافیکی	۱	۴	۲/۴۲۹	۱/۱۳۴
۲۰	حجم ترافیکی	۱	۴	۲/۷۱۴	۱/۱۱۳

نتایج دور دوم دلفی

در دور دوم دلفی ابتدا عواملی که میانگین کمتر از ۳ در مرحله اول دلفی کسب کرده‌اند حذف می‌شوند. که نتایج نشان داد ۱۵ عامل میانگین کمتر از ۳ کسب کرده‌اند پس حذف می‌شوند. در دور دوم دلفی، معیارهای تأیید شده مرحله اول در اختیار خبرگان قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهند. همچنین در این دور، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده شد تا افراد با اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این دور بسیاری از خبرگان نظرات خود در مرحله اول را تأیید کردند. نتایج دور دوم دلفی در جدول ۳ آورده شده است. در این دور دلفی، ضریب هماهنگی کندال توسط SPSS محاسبه شد که برابر با ۰/۰۵۷ می‌باشد.

جدول ۳- نتایج دور دوم دلفی

ردیف	معیار	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف

		مقدار		مقدار	معیار
۱	وضعیت گابیون	۲	۳/۴۲۹	۵	۱/۳۹۷
۲	وضعیت بستر	۲	۳/۵۷۱	۵	۰/۹۷۶
۳	نوع آبرو	۱	۳/۲۸۶	۵	۱/۶۰۴
۴	وضعیت زهکشی سطحی	۲	۳/۸۵۷	۵	۰/۹۰۰
۵	وضعیت سیستم زهکشی	۲	۳/۵۷۱	۵	۰/۹۷۶

جدول ٤- ضریب هماهنگی کندال مرحله دوم دلفی

Test Statistics	
N	3
Kendall's Wa	0.057
Chi-Square	2.403
df	4
Asymp. Sig.	0.957

a. Kendall's Coefficient of Concordance

نتایج دور سوم دلفی

در دور سوم دلفی معیارهای تأیید شده دور دوم طی یک پرسشنامه جدید دوباره در اختیار خبره‌ها قرار داده می‌شود چون در دور دوم دلفی همه عوامل میانگین بیشتر از ۳ کسب کرده‌اند بنابراین معیاری حذف نمی‌شود و همان پرسشنامه دور دوم دوباره در اختیار خبره‌ها قرار می‌گیرد. همچنین در این دور، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده شد تا افراد با اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. در این دور بسیاری از خبرگان نظرات خود در مرحله دوم را تأیید کردند. نتایج دور سوم دلفی در جدول ۵ آورده شده است. در این دور دلفی، ضریب هماهنگی کندال توسط spss محاسبه شد که برابر با ۰/۰۶۹ می‌باشد.

جدول ۵- نتایج دور سوم دلفی

ردیف	معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار
۱	وضعیت گابیون	C3	۲	۵	۳/۷۱۴
۲	وضعیت بستر	C9	۳	۵	۳/۷۱۴
۳	نوع آبرو	C10	۲	۵	۳/۸۵۷
۴	وضعیت زهکشی سطحی	C15	۲	۵	۳/۸۵۷
۵	وضعیت سیستم زهکشی	C17	۲	۵	۳/۵۷۱

جدول ٦- ضریب هماهنگی کندال مرحله سوم دلفی

Test Statistics	
N	3
Kendall's Wa	0.069
Chi-Square	2.276
df	4
Asymp. Sig.	0.917

a. Kendall's Coefficient of Concordance

دلایل توقف نظرخواهی

نتایج دورهای دوگانه اجرای روش دلفی در پژوهش نشان می‌دهد که به دلایل زیر اتفاق نظر میان افراد حاصل شده است و می‌توان به تکرار دورها پایان داد:

- در دور دوم دلفی، در تمامی شاخص‌ها حداقل ۹۰ درصد پاسخ دهندگان شاخص‌ها را دارای امتیاز زیاد و خیلی زیاد دانسته‌اند (میانگین بالاتر از ۳ داشته‌اند).
- در دور سوم دلفی شاخصی حذف یا اضافه نشده است.
- اختلاف ضریب هماهنگی کندال مرحله دوم و

سوم دلفی ۰/۰۱۲ می‌باشد که اختلاف ناچیزی است و نشان دهنده این می‌باشد که ضریب هماهنگی راند دوم و سوم تفاوت زیادی با هم ندارند و نظرات خبره‌ها به هم نزدیک شده است.

جدول ۷- پایایی روش دلفی

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.758	20

جدول ۸- معیارهای مورد نظر جهت اولویت بندی مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌های پیش‌ساخته بتنی راه‌آهن

شماره	معیار	کد
۱	وضعیت گابیون	C3
۲	وضعیت بستر	C9
۳	نوع آبرو	C10
۴	وضعیت زهکشی سطحی	C15
۵	وضعیت سیستم زهکشی	C17

نتایج روش تاپسیس

در این بخش با استفاده از روش تاپسیس به رتبه‌بندی ۸۵ پل بر اساس ۵ معیار تأیید شده پژوهش پرداخته می‌شود. اولین گام در روش تاپسیس تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم در این بخش یک ماتریس سطری، ستونی می‌باشد که سطرهای آن را ۵ معیار پژوهش و ستون‌ها را ۸۵ پل تشکیل می‌دهند که هر سلول ارزیابی هر پل از نظر هر معیار بر اساس طیف ۱ تا ۵ (۱- اهمیت خیلی کم، ۲- اهمیت کم، ۳- اهمیت متوسط، ۴- اهمیت زیاد، ۵- اهمیت خیلی زیاد) می‌باشد که در جدول ۹ آورده شده است.

بعد از نرمال‌سازی ماتریس تصمیم و تعیین ایده‌آل‌ها، فاصله از ایده‌ها و سپس امتیاز نهایی محاسبه می‌شود که در جدول ۱۰ به صورت صعودی از رتبه ۱ تا ۸۵ آورده شده است.

جدول ۹- ماتریس تصمیم تاپسیس پل‌ها

	C3	C9	C10	C15	C17
پل ۱	۵	۵	۵	۹	۹
پل ۲	۳	۳	۳	۹	۹
پل ۳	۳	۱	۱	۳	۹
پل ۴	۳	۵	۳	۳	۹
پل ۵	۳	۳	۳	۳	۹
پل ۶	۳	۳	۳	۱	۹
پل ۷	۳	۹	۱	۱	۹
پل ۸	۳	۳	۳	۹	۹
پل ۹	۱	۱	۱	۹	۹
پل ۱۰	۱	۳	۳	۹	۹
پل ۱۱	۱	۱	۱	۹	۹
پل ۱۲	۱	۳	۳	۹	۹
پل ۱۳	۱	۳	۳	۹	۹
پل ۱۴	۳	۳	۳	۹	۹
پل ۱۵	۱	۱	۱	۹	۹
پل ۱۶	۱	۷	۳	۹	۹
پل ۱۷	۱	۷	۳	۳	۹
پل ۱۸	۳	۳	۱	۱	۹
پل ۱۹	۳	۳	۳	۳	۹
پل ۲۰	۳	۳	۳	۹	۹
پل ۲۱	۳	۳	۳	۳	۹
پل ۲۲	۱	۳	۱	۳	۹
پل ۲۳	۱	۱	۱	۹	۹

پل ۲۴	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۲۵	۱	۳	۱	۳	۹	
پل ۲۶	۳	۳	۱	۳	۹	
پل ۲۷	۳	۷	۳	۳	۹	
پل ۲۸	۱	۳	۱	۳	۹	
پل ۲۹	۱	۱	۱	۱	۹	
پل ۳۰	۱	۱	۱	۳	۹	
پل ۳۱	۱	۱	۱	۳	۹	
پل ۳۲	۱	۱	۳	۳	۹	
پل ۳۳	۱	۱	۳	۵	۹	
پل ۳۴	۱	۱	۵	۳	۹	
پل ۳۵	۱	۳	۳	۵	۹	
پل ۳۶	۱	۱	۳	۳	۹	
پل ۳۷	۱	۱	۳	۳	۹	
پل ۳۸	۱	۳	۵	۵	۹	
پل ۳۹	۱	۳	۵	۵	۹	
پل ۴۰	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۴۱	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۴۲	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۴۳	۱	۹	۷	۵	۹	
پل ۴۴	۱	۵	۷	۳	۹	
پل ۴۵	۳	۹	۵	۳	۹	
پل ۴۶	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۴۷	۱	۱	۱	۹	۹	
پل ۴۸	۱	۱	۱	۱	۹	
پل ۴۹	۵	۳	۳	۵	۹	
پل ۵۰	۳	۵	۳	۹	۹	
پل ۵۱	۳	۵	۳	۹	۹	
پل ۵۲	۳	۳	۵	۹	۹	
پل ۵۳	۳	۵	۵	۹	۹	
پل ۵۴	۱	۳	۳	۳	۹	

پل ۵۵	۱	۳	۳	۳	۹	
پل ۵۶	۱	۳	۳	۳	۹	
پل ۵۷	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۵۸	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۵۹	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۰	۳	۱	۱	۵	۹	
پل ۶۱	۳	۱	۱	۵	۹	
پل ۶۲	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۳	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۴	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۵	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۶	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۷	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۶۸	۳	۳	۳	۳	۹	
پل ۶۹	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۰	۱	۱	۳	۹	۹	
پل ۷۱	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۲	۱	۳	۳	۳	۹	
پل ۷۳	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۴	۱	۵	۵	۳	۹	
پل ۷۵	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۶	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۷	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۸	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۷۹	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۸۰	۱	۳	۳	۹	۹	
پل ۸۱	۱	۳	۳	۳	۹	
پل ۸۲	۱	۱	۳	۳	۹	
پل ۸۳	۳	۳	۱	۳	۹	
پل ۸۴	۳	۳	۳	۹	۹	
پل ۸۵	۳	۳	۳	۹	۹	

جدول ۱۰- رتبه نهایی پل‌ها بر اساس معیارهای مدیریت آب در نگهداری پل‌ها

	امتیاز نهایی	رتبه تاپسیس	مدت زمان بهره برداری (ماه)	رتبه نهایی
پل ۱	۰/۵۹۹۰	۱	۱۹۰	۱
پل ۲	۰/۴۹۹۱	۲	۴۹	۲
پل ۵۳	۰/۴۱۲۳	۳	۲۰	۳
پل ۴	۰/۴۱۱۰	۴	۱۹۰	۴
پل ۲۷	۰/۳۸۹۳	۵	۷۸	۵
پل ۳۶	۰/۳۷۷۸	۶	۱۴۳	۶
پل ۳۷	۰/۳۷۷۸	۶	۱۳۳	۷
پل ۴۹	۰/۳۶۶۲	۸	۱۴۰	۸
پل ۸۴	۰/۳۵۹۷	۹	۱۳۸	۹
پل ۸۵	۰/۳۵۹۷	۹	۱۳۸	۱۰
پل ۶۵	۰/۳۵۳۹	۱۱	۱۴۱	۱۱
پل ۶۶	۰/۳۵۳۹	۱۱	۱۴۱	۱۲
پل ۶۷	۰/۳۵۳۹	۱۱	۱۴۱	۱۳
پل ۶۴	۰/۳۵۳۹	۱۱	۱۴۱	۱۴
پل ۶۲	۰/۳۵۳۹	۱۱	۱۴۱	۱۵
پل ۷۶	۰/۳۴۸۶	۱۶	۱۴۳	۱۶
پل ۷۵	۰/۳۴۸۶	۱۶	۱۷	۱۷
پل ۵۲	۰/۳۴۶۶	۱۸	۶۵	۱۸
پل ۴۳	۰/۳۴۳۰	۱۹	۱۰۵	۱۹
پل ۴۵	۰/۳۴۲۹	۲۰	۱۹۹	۲۰
پل ۱۴	۰/۳۳۸۸	۲۱	۱۸۷	۲۱
پل ۷۹	۰/۳۳۷۲	۲۲	۱۴۳	۲۲
پل ۵۹	۰/۳۳۷۲	۲۲	۹۵	۲۳
پل ۶۳	۰/۳۳۲۲	۲۴	۱۴۱	۲۴
پل ۵۰	۰/۳۳۲۱	۲۵	۱۶۰	۲۵
پل ۸۰	۰/۳۱۲۹	۲۶	۱۴۳	۲۶
پل ۸	۰/۳۱۰۶	۲۷	۷۰	۲۷
پل ۷۷	۰/۳۱۰۵	۲۸	۱۴۳	۲۸
پل ۳	۰/۳۰۹۴	۲۹	۱۴۷	۲۹
پل ۷۳	۰/۳۰۲۸	۳۰	۱۴۱	۳۰
پل ۷۳	۰/۳۰۲۸	۳۰	۱۴۱	۳۰
پل ۵	۰/۲۹۴۱	۳۱	۵۳	۳۱
پل ۵۱	۰/۲۹۱۳	۳۲	۶۱	۳۲
پل ۷	۰/۲۷۹۰	۳۳	۱۹۰	۳۳
پل ۴۴	۰/۲۷۷۵	۳۴	۱۶۰	۳۴
پل ۷۸	۰/۲۷۷۴	۳۵	۱۴۲	۳۵
پل ۱۶	۰/۲۷۰۱	۳۶	۴۶	۳۶
پل ۶	۰/۲۶۴۴	۳۷	۱۹۰	۳۷
پل ۳۴	۰/۲۵۷۷	۳۸	۴۵	۳۸
پل ۵۸	۰/۲۵۲۸	۳۹	۱۴۰	۳۹
پل ۲۰	۰/۲۴۹۸	۴۰	۱۸۲	۴۰
پل ۱۷	۰/۲۴۲۴	۴۱	۱۰۵	۴۱
پل ۳۹	۰/۲۳۴۵	۴۲	۱۰۵	۴۲
پل ۶۸	۰/۲۳۴۳	۴۳	۱۴۲	۴۳
پل ۱۹	۰/۲۳۴۳	۴۳	۶۱	۴۴
پل ۸۳	۰/۲۳۰۶	۴۵	۱۰۲	۴۵
پل ۷۴	۰/۲۲۹۹	۴۶	۱۴۲	۴۶
پل ۵۶	۰/۲۲۶۵	۴۷	۱۰۵	۴۷
پل ۶۹	۰/۲۲۰۵	۴۸	۱۴۳	۴۸

	امتیاز نهایی	رتبه تاپسیس	مدت زمان بهره برداری (ماه)	رتبه نهایی
پل ۲۱	۰/۲۱۵۳	۴۹	۱۷۳	۴۹
پل ۱۲	۰/۲۱۲۴	۵۰	۱۲۹	۵۰
پل ۱۳	۰/۲۱۲۴	۵۰	۱۲۹	۵۱
پل ۷۱	۰/۱۹۷۳	۵۲	۱۴۲	۵۲
پل ۲۶	۰/۱۹۷۲	۵۳	۱۶۶	۵۳
پل ۱۸	۰/۱۹۳۲	۵۴	۱۰۵	۵۴
پل ۱۰	۰/۱۸۹۵	۵۵	۲۲۰	۵۵
پل ۳۸	۰/۱۸۹۱	۵۶	۱۰۵	۵۶
پل ۶۰	۰/۱۸۶۲	۵۷	۹۵	۵۷
پل ۶۱	۰/۱۸۶۲	۵۷	۱۴۱	۵۸
پل ۷۰	۰/۱۸۲۷	۵۹	۱۴۳	۵۹
پل ۵۷	۰/۱۷۷۸	۶۰	۳۴	۶۰
پل ۴۲	۰/۱۷۰۵	۶۱	۱۱۶	۶۱
پل ۴۱	۰/۱۷۰۵	۶۱	۱۱۶	۶۲
پل ۲۴	۰/۱۶۸۶	۶۳	۱۱۴	۶۳
پل ۳۵	۰/۱۶۷۸	۶۴	۸۱	۶۴
پل ۲۵	۰/۱۶۳۶	۶۵	۱۶۶	۶۵
پل ۹	۰/۱۵۶۰	۶۶	۹۴	۶۶
پل ۱۱	۰/۱۵۶۰	۶۶	۵۱	۶۷
پل ۵۵	۰/۱۵۳۶	۶۸	۹۴	۶۸
پل ۵۴	۰/۱۵۳۶	۶۸	۷۱	۶۹
پل ۸۱	۰/۱۴۸۴	۷۰	۵۴	۷۰
پل ۴۰	۰/۱۴۱۵	۷۱	۹۷	۷۱
پل ۴۶	۰/۱۴۱۵	۷۱	۷۵	۷۲
پل ۴۷	۰/۱۴۱۵	۷۱	۶۲	۷۳
پل ۱۵	۰/۱۴۱۵	۷۱	۴۱	۷۴
پل ۲۳	۰/۱۴۱۵	۷۱	۳۳	۷۵
پل ۳۲	۰/۱۳۷۹	۷۶	۱۴۰	۷۶
پل ۲۸	۰/۱۳۲۸	۷۷	۱۴۰	۷۷
پل ۲۲	۰/۱۲۸۰	۷۹	۱۶۳	۷۸
پل ۸۲	۰/۱۲۸۰	۷۸	۱۴۲	۷۸
پل ۷۲	۰/۱۱۹۷	۸۰	۱۴۳	۸۰
پل ۳۳	۰/۱۱۲۶	۸۱	۷۹	۸۱
پل ۳۰	۰/۱۱۰۷	۸۲	۱۱۴	۸۲
پل ۳۱	۰/۰۳۹۳	۸۳	۱۱۴	۸۳
پل ۴۸	۰/۰۰۰۰	۸۴	۷۷	۸۴
پل ۲۹	۰/۰۰۰۰	۸۴	۷۶	۸۵

نتیجه‌گیری نهایی

رتبه‌بندی پل‌های راه‌آهن از حیث نگهداری و تعمیرات مدیریت آب دارای اهمیت بسزایی است. لذا می‌توان دریافت که با ارائه راهکارهای اصولی نگهداری و تعمیرات در زمینه مدیریت آب، می‌توان به صرفه‌جویی‌های زیادی در هزینه‌های اقتصادی و زمانی لازم برای بازسازی این پل‌ها دست یافت. همچنین با روش تاپسیس رتبه‌بندی صحیح برای انتخاب پل‌های بحرانی ارائه گردید. بر این مبنا، در این تحقیق، با این هدف، مدلی به منظور اولویت‌بندی عوامل موثر بر مدیریت آب در نگهداری و تعمیرات پل‌های موجود پیش‌ساخته بتنی اداره کل راه آهن شمال ایران پرداخته شده است. با توجه به داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و رتبه بندی پل‌ها تعیین گردید. در ادامه مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به روش تاپسیس مورد بررسی قرار گرفت و با مطالعه موردی ۸۵ پل

پیش ساخته بتنی اداره کل راه آهن شمال ایران جهت عملیات نگهداری و تعمیرات در مدیریت آب رتبه‌بندی گردید که ۵ پارامتر موثرتر شناسایی و نهایتاً پل شماره ۱ با امتیاز نهایی ۰/۵۹۹۰ رتبه یک اولویت برای نگهداری و بحرانی ترین پل از نظر معیارهای مدیریت آب می‌باشد و پل شماره ۲۹ آخرین اولویت برای نگهداری را با توجه به معیارهای مدیریت آب به دست آوردند. این نتایج می‌تواند به مدیران در تصمیم‌گیری صحیح و مناسب جهت نگهداری و تعمیرات و توزیع بودجه محدود موجود کمک نماید.

مراجع

[1] Gholizadeh, S. Monirabbasi, A. Nasirzadeh, F., (2015). "Presenting a model for prioritizing damage repair and maintenance of urban footbridges using the network analysis method (ANP, a case study of bridges in Tehran)", Master's thesis in the field of Civil Engineering, Engineering and Construction Management, Payam Noor Karaj University.

[2] Mohammadi, M. Miri, M., (2013). "Examining the compressive strength of concrete using laboratory data and modeling with the help of neural network", Master's thesis in the field of Civil Engineering, Structural Orientation, University of Sistan and Baluchistan.

[3] Ishwarya Srikanth, Madasamy Arockiasamy, (2020). "Deterioration models for prediction of remaining useful life of timber and concrete bridges: A review", Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 7, Issue 2, Pages 152-173.

[4] Zaharah Allah Bukhsha, Irina Stipanovic, Aaqib Saeed, Andre G. Doree, (2020). "Maintenance intervention predictions using entity-embedding neural networks", Automation in Construction, Volume 116, 103202.

[5] Vahid Asghari, Shu-Chien Hsu, (2021). "An open-source and extensible platform for general infrastructure asset management system", Automation in Construction, Volume 127, July 2021, 103692.

[6] Fayaz A. Sofi, Joshua S. Steelman, (2021). "Using committees of artificial neural networks with finite element modeling for steel girder bridge load rating estimation", Structures, Volume 33, October 2021, Pages 533-553.

[7] Mohammad Hosein Nili, Hosein Taghaddos, Banafsheh Zahraie, (2021). "Integrating discrete event simulation and genetic algorithm optimization for bridge maintenance planning", Automation in Construction, Volume 122, 103513.

[8] Dariusz Fabianowski, Przemyslaw-Jakiel, Slawomir Stemplewski, (2021). "Development of artificial neural network for condition assessment of bridges based on hybrid decision making method–Feasibility study", Expert Systems with Applications, Volume 168, 11427.

[9] Ilgin Gokasar, Muhammet Deveci, Onur Kalan, (2021). "CO2 Emission based prioritization of bridge maintenance projects using neutrosophic fuzzy sets based decision making approach", Research in Transportation Economics, 10 February 2021, 101029.

[10] Vahid Asghari, Shu-Chien Hsu, (2021). "An open-source and extensible platform for general infrastructure asset management system", Automation in Construction, Volume 127, July 2021, 103692.

[11] Fayaz A. Sofi, Joshua S. Steelman, (2021). "Using committees of artificial neural networks with finite element modeling for steel girder bridge load

rating estimation", Structures, Volume 33, October 2021, Pages 533-553.

[12] Weifeng Tao, Peihui Lin, Naiyu Wang, (2021). "Optimum life-cycle maintenance strategies of deteriorating highway bridges subject to seismic hazard by a hybrid Markov decision process model", Structural Safety, Volume 89, 102042.
[13] Shilun Chen, Colin Duffield, Saeed Miramini, Babar Nasim Khan Raja, Lihai Zhang, (2021). "Life-cycle modelling of concrete cracking and reinforcement corrosion in concrete bridges: A case study", Engineering Structures, Volume 237, 112143.
[14] Junyong Zhou, Colin C. Caprani, Liwen Zhang, (2021). "On the structural safety of long-span bridges under traffic loadings caused by maintenance works", Engineering Structures, Volume 240112407.

Ranking of Precast Concrete Railway Bridges with Water Management Criteria by TOPSIS Method

Abstract
Water management in rail transportation plays a major role in increasing the lifespan of rail structures. In this research, according to the past studies and gathering the opinions of the country's experts, extensive field studies, the use of inspection checklists, statistical information and with the correct understanding of the failures related to water management in concrete bridges and finally with the TOPSIS method, according to Water engineering standards in bridge maintenance and repairs, it is possible to rank the prefabricated concrete bridges of the General Administration of North Iran Railways based on water management standards. The results of this research show that 5 more effective parameters were identified and finally, bridge number 1 with a final score of 0.5990 was ranked first priority for maintenance and bridge number 29 was the last priority for maintenance according to water management criteria, finally to employ the responsible managers to manage the bridges properly according to the limited capital and resources.

Keywords: Water Management, Ranking, Prefabricated Concrete Railway Bridges, TOPSIS Method.