ارزیابی ریسک پل‌های شهر بابلسر از منظر ساختار شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

مقاله علمی- پژوهشی

محمدجواد طاهری امیری، استادیار، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی پردیسان، مازندران، ایران
فرشیدرضا حقیقی*، دانشیار، گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، مازندران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: haghighi@nit.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳- پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵
صفحه ۲۲۲-۲۰۷

چکیده

پل‌ها با هر شکل سازه‌ای که طراحی شوند و با هر نوع مصالحی که ساخته شوند، دیر یا زود آثار فرسودگی در آنها ظاهر می‌شود لیکن در نوع و میزان این فرسودگی‌ها و روند گسترش آنها عوامل متعددی مانند شرایط جوی، وقوع سیل یا زلزله، افزایش بار بیش از میزان طراحی، کیفیت طراحی و اجرا و نوع مصالح تاثیرگذار می‌باشند که تمامی این عوامل چنانچه مورد توجه و رسیدگی قرار نگیرند منجر به کاهش عمر مفید سازه و یا تخریب این پل‌ها خواهد شد. با توجه به نقش حیاتی پلها در ساختار شهری و همچنین احتمال خرابی هر یک از پل‌ها پس از پایان عمر مفید خود، لزوم بررسی نقش هر یک از پلها از دیدگاه ساختار شهری ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق به بررسی نقش پلهای شهر بابلسر و میزان تاثیرگذاری هر یک از این پل‌ها در ساختار شهری این شهر پرداخته شده است. بدین منظور عوامل هزینه ناشی از تخریب، خسارات زیست محیطی، اهمیت مسیر و مرگ و میر ناشی از تخریب پل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است که در نهایت با توجه به برآورد همه پارامترها توسط روش تصمیم‌گیری چند معیاره VIKOR که یکی از روش‌های نوین در زمینه تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره بوده، به اولویت‌بندی مهمترین پل‌های شهر بابلسر از منظر ساختار شهری پرداخته شده است. نتایج حاصل از ارزیابی وضعیت پل‌ها، نشان می‌دهد که پل اول این شهر از نظر ساختار شهری از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و باید مورد مراقبت‌های جدی قرار گیرد و نسبت به پل‌های دیگر در اولویت تعمیر و نگهداری قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: پل، ساختار شهری، تصمیم‌گیری چند معیاره، شهر بابلسر، روش **VIKOR**

۱-مقدمه

در بین زیر ساخت‌های بزرگراه‌ها، پل‌ها نقش مهمی در برقراری ارتباطات دارند و یکی از مهم‌ترین شاهرگ‌های ترافیکی به خصوص در کلان‌شهرها می‌باشند. به آسانی می‌توان دریافت که خرابی شدید سازه‌ای و یا تخریب یک پل به خصوص پل‌های بزرگراهی، چه آثار زیانباری برای مدیریت کلانِ شهری در پی خواهد داشت. در ضمن، با توجه به ترافیک کلان‌شهرها، در صورت بروز چنین مشکلاتی، امکان انجام مناسب عملیات تعمیراتی، بسیار سخت و محدود می‌گردد. از دیگر سو سرمایه‌گذاری اولیه برای ساختن آنها بسیار سنگین است. اما اگر ظرفیت تحمل بار آنها کاهش یابد و یا فرو ریزند، هزینه لازم برای بازسازی آنها به مراتب بیش از هزینه ساختشان خواهد بود. طبق نظر پتروسکی در مورد پل‌ها، پل‌ها نیز به مانند سلامتی انسان‌ها وقتی به ضرورت وجود آنها پی برده می‌شود که آنها از دست رفته‌اند(Petroski, 1995). چنانکه ماکسول در سال ۱۹۹۰ نیز بدان اشاره می‌کند، مشکلات خرابی پل‌ها امروزه یکی از معضلات مدیریت پل به شمار

می‌روند(Maxwell, 1990). و به گفته مکین‌تایر در سال ۱۹۹۷ ما وارث پل‌هایی هستیم که نتیجه‌ی سال‌های متمادی بی‌توجهی، سرمایه‌گذاری ناکافی و نگهداری عکس العملی است(McIntyre, 1997). از این رو پل‌های موجود با مشکلات بسیار زیادی مواجه می‌باشند. از طرف دیگر احتمال بروز ریسک‌های تهدید کننده پل‌ها ممکن است باعث بروز آسیب‌های جدی به این پلها شود که حتی می‌تواند منجر به تخریب پل‌ها گردد. با توجه به اهمیت نقش پلها در سیستم شهری، خرابی هر یک از پل‌ها می‌تواند منجر به ایجاد ضعف‌هایی در عملکرد شهری گردد. بنابراین، بررسی هر یک از پل‌ها به لحاظ اهمیت این پل‌ها در سیستم شهری با توجه به ریسک‌های تهدید کننده آنها و توجه بیشتر به پل‌های دارای اولویت بالاتر، از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. در ادامه به بررسی تحقیقات مختلف در زمینه مدیریت و ریسک پل‌ها، پرداخته شده است. وانگ و الهاگ به منظور ارزیابی ریسک پل‌ها از روش Topsis-Fuzzy با برش‌های مختلف سطح آلفا استفاده نموده و یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی ارایه نمودند. همچنین، رابطه بین روش Topsis-Fuzzy و میانگین وزنی فازی را مورد بررسی قرار دادند. در ادامه برای ارزیابی ریسک پل‌ها سه مطالعه موردی در نظر گرفته و نحوه عملکرد روش پیشنهادی خود را بررسی نمودند. شاخص‌های مرتبط با ریسک در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل ایمنی، توسعه پایدار، عملکردی و زیست محیطی می‌باشد. که با در نظر گرفتن این عوامل در پل‌های مختلف عملکرد این پل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است(Wang & Elhag, 2006). وانگ والهاگ(a۲۰۰۷) از رویکرد تصمیم‌گیری گروهی فازی برای ارزیابی ریسک پل‌ها استفاده نمودند. این رویکرد به تصمیم‌گیرنده اجازه ارزیابی فاکتورهای ریسک پل را براساس عبارت‌های زبانی می‌دهند. این رویکرد همچنین دو الگوریتم جایگزین برای یکپارچه‌سازی ارزیابی شاخص‌های چندگانه ریسک پلها را فراهم می‌سازند. بدین منظور یک مطالعه موردی در نظر گرفته شده و نحوه پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و کاربرد آن در ارزیابی ریسک پل بیان شده است. وانگ والهاگ (b۲۰۰۷) به منظور مدلسازی ریسک پل‌ها از روش شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون استفاده نمودند. مدلهای حاصل از هر کدام از روش‌ها متفاوت از یکدیگر بوده، بنابراین مقایسه بین این مدل‌ها نیز انجام گرفت. همچنین عملکرد هر یک از مدل‌ها براساس مجموعه‌ای از داده‌های مربوط به ریسک پل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشاندهنده عملکرد بهتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به تحلیل رگرسیون در مطالعه موردی مدنظر می‌باشد. لی و کیم (۲۰۰۷)، در پژوهش خود یک الگوریتم برای سیستم مدیریت پل جهت اولویت‌بندی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در سطح شبکه و نشان دادن عملیاتی شدن آن پیشنهاد نمودند. در پژوهش مذکور، مجموعه‌ای از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری به عنوان یک مسأله بهینه‌سازی چند هدفه مدل شده است و از الگوریتم ژنتیک برای حل آن استفاده نمودند. آنها در پژوهش خود با استفاده از چند مطالعه موردی، امکان پذیر بودن روش پیشنهادی خود را مورد بررسی قرار دادند. وانگ و همکاران (a۲۰۰۸)، از روش یکپارچه تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی ریسک پلها زمانی که تعداد آنها بسیار زیاد باشد استفاده نمودند. در روش پیشنهادی از تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن معیارها و از تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین ارزش عبارات بیانی و همچنین از روش، وزن‌دهی افزایشی ساده برای یکپارچه‌سازی ریسک پلها و محاسبه وزن نهایی آنها استفاده نمودند. وانگ و الهاگ (b۲۰۰۸) یک سیستم شبکه عصبی فازی تطبیقی با استفاده از اطلاعات مربوط به پروژه نگهداری ۵۰۶ پل برای ارزیابی ریسک پل‌ها ارایه دادند. این روش برای تعیین اولویت نگهداری و تعمیرات سازه‌های پل، به صورت سیستماتیک، کاراتر و اقتصادی‌تر نسبت به روش‌های موجود عمل کرده است. نتایج حاکی از عملکرد کاراتر روش پیشنهادی نسبت به روشهای شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون می‌باشد. "یین و همکاران" (۲۰۱۱) در مقاله‌ای عنوان کردند، سیستم جامع ارزیابی، تجربیات و دانش متخصصان در مورد پل‌سازی را با علم کامپیوتر پیوند می‌زند و تنها با وارد کردن داده های بدست آمده از عناصر اولیه پل، شرایط محیطی، و حجم ترافیکی از بازرسی پل، سیستم می‌تواند از روش‌های درصدی برای ارزیابی استحکام و درستی تمام اجزای پل استفاده نماید. آنها در تحقیق خود از BMIADSS (سیستم پشتیبانی از تصمیمات کمکی هوشمندانه مدیریت و تعمیر و نگهداری از پل) پیشرفته برای درک نظارت، مدیریت و حفظ و نگهداری از پل ژیومن، استفاده نمودند؛ این سیستم کارایی عمده ای دارد و می‌تواند به عنوان ابزاری پشتیبان برای تصمیم گیری در بخش

مدیریت و حفاظت از پل مورد استفاده قرار گیرد. "غلامی و همکاران" (۲۰۱۳) سیستم مدیریت پل در ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. تحقیق آنها نشان داد که نیاز است در آیندهٔ نزدیک، تلاش‌هایی جدی برای اجرای این سیستم صورت گیرد. با این وجود، تکرار مراحل ذکر شده برای تمامی استان‌ها و نیز فرآیند جمع‌آوری داده‌ها، همگی استفاده از سیستم مدیریت پل (BMS) را پیشنهاد کردند. زمانی که در ایران تصمیم به استفاده از این روش گرفته شد، این روش تقریباً در تمامی کشورهای توسعه یافته مورد استفاده قرار می‌گرفت. در مجموع، با توجه به شرایط ایران، برخی عوامل مهم وجود دارد که می‌تواند این فرآیند را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود ببخشد. آندریک و لو (۲۰۱۶)، یک چارچوب جدید برای ارزیابی ریسک پل‌ها با ترکیب تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک‌های منطق فازی و تبدیل آنها به یک رویکرد یکپارچه ارائه دادند. از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی برای رتبه‌بندی شاخص‌های ریسک استفاده شده که به مراتب دقیق‌تر و کاراتر از تحلیل سلسله مراتبی سنتی بوده است. شاخص‌های ریسک، احتمال خرابی و اثرات خرابی از دیدگاه متخصصان بررسی شدند. در نهایت مقدار ریسک هر پل با استفاده از ابزار منطق فازی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی برای تحلیل و ارزیابی ریسک چند مخاطره‌ای سریع و قابل اطمینان پل‌ها کاربردی می‌باشد. از آنجا که عدم رسیدگی و توجه به پل‌ها در دوران بهره‌برداری آنها ممکن است منجر به تخریب پل‌ها گشته و با توجه به اینکه هر کدام از پل‌های شهر بابلسر نقشی تعیین‌کننده در ساختار شهر ایفا می‌کنند، لزوم اولویت‌بندی این پلها به لحاظ درجه اهمیتشان در ساختار شهری، بیش از پیش احساس می‌گردد، بدین منظور در این تحقیق به بررسی مهمترین پل‌های شهری بابلسر پرداخته شده و از آنجا که بودجه شهر به منظور تعمیر و نگهداری پل‌ها محدود بوده، به اولویت‌بندی درجه اهمیت این پل‌ها در ساختار شهری پرداخته شده تا این پل مورد توجه بیشتری به لحاظ تعمیرات و نگهداری قرار گیرد تا از آسیب‌های احتمالی به وجود آمده برای آن جلوگیری به عمل آید. برای این منظور از رویکرد VIKOR که رویکردی جدید در میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد به منظور اولویت‌بندی پل‌های شهر بابلسر استفاده شده است.

۲-روش VIKOR

روش ویکور برای بهینه سازی مسائل چند معیاره در سیستم‌های پیچیده معرفی شده است. این روش یک مجموعه رتبه بندی شده از گزینه های موجود را با توجه به شاخص‌های متضاد تعیین می‌کند. هدف اصلی روش ویکور، نزدیکی بیشتر به جواب ایده آل هر شاخص است به طوریکه رتبه بندی گزینه‌ها براساس این هدف صورت می‌گیرد (Opricovic, 1997). مراحل روش، در یک مسأله تصمیم گیری چندمعیاره، با n معیار و m راهکار با توجه به مطالعه یالکین و همکاران (۲۰۱۲) به صورت مقابل است: ۱- تشکیل ماتریس تصمیم ۲- تعیین بردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگان و ...) ۳- تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی ٤- محاسبه مقدار سودمندی Sj و مقدار تأسف Rj برای هر راهکار با استفاده از دو فرمول زیر:

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i\left(f_i^* - f_{ij}\right)/\left(f_i^* - f_i^-\right) \quad i = 1,2,\dots,n \quad j = 1,2,\dots,m$$

$$R_j = \max_j\left[w_i\left(f_i^* - f_{ij}\right)/\left(f_i^* - f_i^-\right)\right] \quad i = 1,2,\dots,n \quad j = 1,2,\dots,m$$

۵- محاسبه شاخص ویکور Q_j برای هر راهکار با استفاده از فرمول زیر:

$$Q_j = v\left(S_j - S^*\right)/\left(S^- - S^*\right) + (1-v)\left(R_j - R^*\right)/\left(R^- - R^*\right)$$

٦- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر S_j و R_j و Q_j

۷- پیشنهاد راهکار سازشی با توجه به دو شرط:

۱) مزیت قابل قبول: به این معناست راهکار سازشی می‌بایست با راهکار بعدی خود تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

$$Q(\ddot{a}) - Q(\dot{a}) \geq DQ = \frac{1}{m-1}$$

$Q(\dot{a}) - Q(\ddot{a})$ اختلاف میان دو گزینه اول را نشان داده و m تعداد گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

۲) ثبات قابل قبول در تصمیم گیری: به این معناست که راهکار سازشی انتخاب شده باید حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تاثر فردی را داشته باشد. همچنین می‌توان گزینه‌ها را به ترتیب غیر صعودی مقدار Q_j رتبه‌بندی نمود (Opercovic & Teng, 2003)

۳-معرفی مطالعه موردی

پل‌های شهر بابلسر در استان مازندران، شهر توریستی بابلسر و بر روی رودخانه بابلرود واقع است. دلیل بررسی این پل‌ها این است که این پل‌ها نقش استراتژیکی در شهر دارند و در صورت خرابی آن‌ها ارتباط دو قسمت اصلی شهر با هم قطع می‌گردد و چون همانطوری که قبلا گفته شد این شهر یک شهر توریستی بوده و در مواقعی از سال مسافران بسیار زیادی به این شهر سفر می‌کنند، در صورت خرابی این پل‌ها مشکلات بسیار زیادی برای شهر ایجاد خواهد شد که این امر اهمیت مطالعه این پل‌ها را بیش از پیش نشان خواهد داد. شکل ۱ پل‌های بابلسر را با استفاده از تصاویر هوایی نشان می‌دهد.

شکل ۱. نمایش پل‌های بابلسر با استفاده از تصاویر هوایی

۳-۱- معرفی پل‌های شهر بابلسر

پل اول شهر بابلسر: این پل در سال ۱۳۲۰ شمسی توسط یک شرکت آلمانی ساخته شده است که دارای سازه قوسی کلافدار بوده و نوع عرشه آن، از نوع تیرورق‌های فولادی ودال بتنی و دارای یک مسیر یک خطه می‌باشد. سطح کل عرشه پل برابر ۹۰۰ متر مربع، طول کوله تا کوله ۹۶ متر و طول دهانه‌ها نیز ۹۶ متر می‌باشد. همچنین ارتفاع کوله‌ها برابر ۲,۵ متر می‌باشد. قابل ذکر است این پل دارای پایه نمی‌باشد.

پل دوم شهر بابلسر: این پل درتیر ماه ۱۳۷۹ ساخته شده است که به مانند پل اول، دارای سازه قوسی کلافدار بوده و نوع عرشه آن از نوع تیرورق های فولادی و دال بتنی می‌باشد ولی این پل دارای مسیری دو خطه (رفت و برگشت) می‌باشد. سطح کل عرشه پل برابر۱۲۰۰ متر مربع، طول کوله تا کوله ۱۰۲ متر و طول دهانه‌ها نیز ۱۰۲ متر می‌باشد همچنین ارتفاع کوله‌ها ۲,۵ متر می‌باشد. قابل ذکر است این پل نیز به مانند پل اول دارای پایه نمی‌باشد.

پل سوم شهر بابلسر: این پل در سال ۱۳۹۰ توسط شرکت ماشین سازی اراک ساخته شده است. سازه این پل از نوع بتن مسلح می‌باشد و از دو پایه میانی تشکیل شده است این پل، در کنار پل اول به منظور کاهش بار ترافیکی وارده پل اول شهر بابلسر احداث گردیده است.

٤-ارزیابی ریسک پل‌های شهر بابلسر در حالتی که پل‌ها تخریب شوند یا از منظر شهری

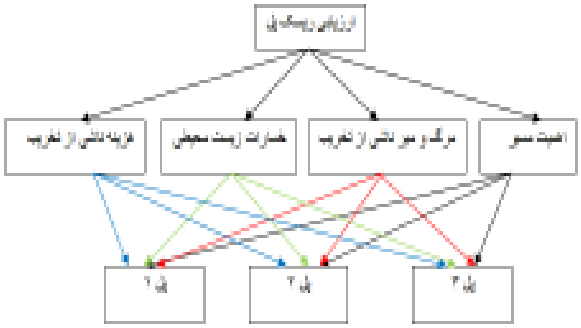
در این قسمت به بررسی ریسک پل در حالت ناشی از تخریب پرداخته شده است، برای این منظور، ابتدا لازم است به شناسایی عوامل به وجود آورنده ریسک پل‌ها در حالت ناشی از تخریب پرداخته شود.

٤-١- شناسایی عوامل تأثیرگذار بر ریسک پل از منظر شهری یا در حالت خرابی پل

بر اساس مطالعات شتی، ریسک‌های بوجود آمده در حالت خرابی پل‌ها به صورت زیر می‌باشد (Shetty et al, 1997):

١. اهمیت مسیر
٢. خسارات ناشی از تخریب پل‌ها
٣. آسیب‌های زیست محیطی ناشی از تخریب
٤. مرگ و میر ناشی از تخریب پل‌ها

وانگ در مطالعات متعددی ارزیابی ریسک پل را با استفاده از روش‌های Topsis-Fuzzy (Wang & Elhag, 2006)، تصمیم‌گیری گروهی فازی(Wang & Elhag, 2007a)، روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها (Wang etal, 2008) و شبکه عصبی- فازی (Wang & Elhag, 2008)، انجام داد و در نهایت ساختار سلسه مراتبی مورد بررسی برای ارزیابی ریسک پل از منظر شهری یا در حالت تخریب پل مطابق شکل ٢ می‌باشد.



شکل ٢. ساختار تحلیل سلسله مراتبی مربوط در حالت ساختار شهری

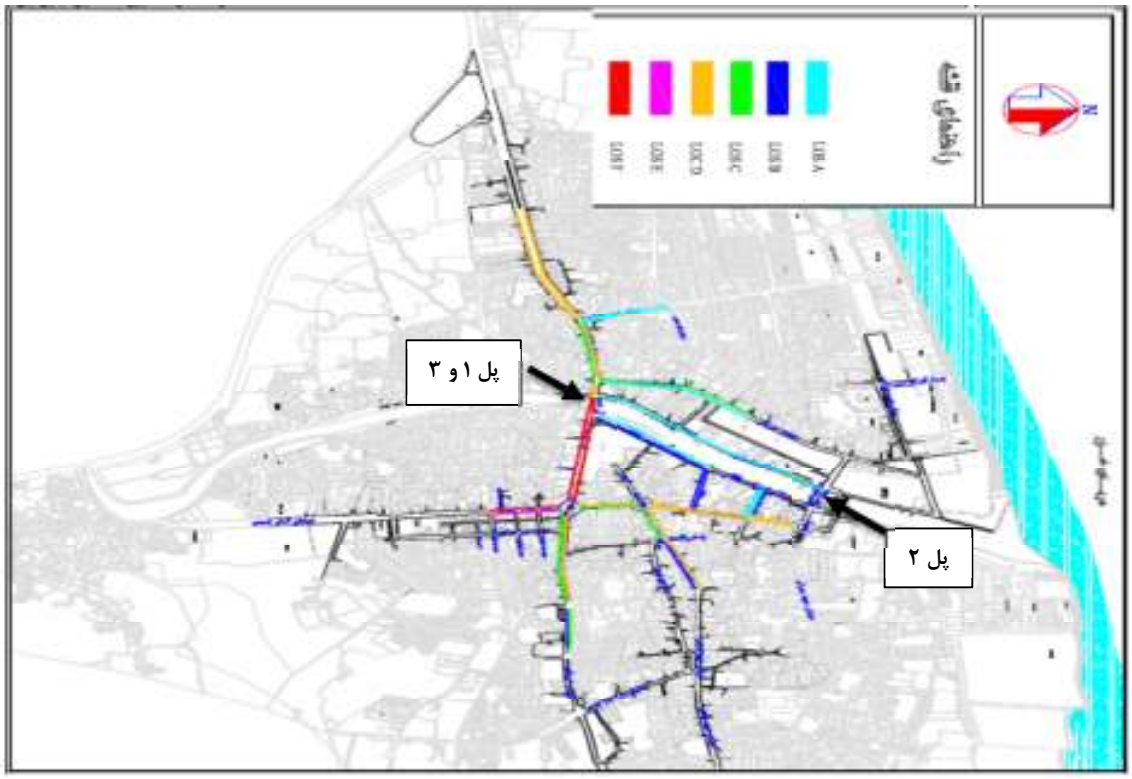
٤-٢- بررسی عوامل تأثیرگذار بر ریسک پل از منظر شهری یا در حالت تخریب پل

پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار بر روی ریسک پل‌ها از منظر شهری یا در حالت تخریب پل‌ها به بررسی دقیق پارامترهای ذکر شده در بالا بر روی پل‌های شهر بابلسر پرداخته شده است. اهمیت مسیر به منظور بررسی اهمیت مسیر مورد بررسی که از نظر ساختار شهری، پل تخریب شده چه عملکردی داشته و از دو پارامتر برای ارزیابی آن استفاده شده است.

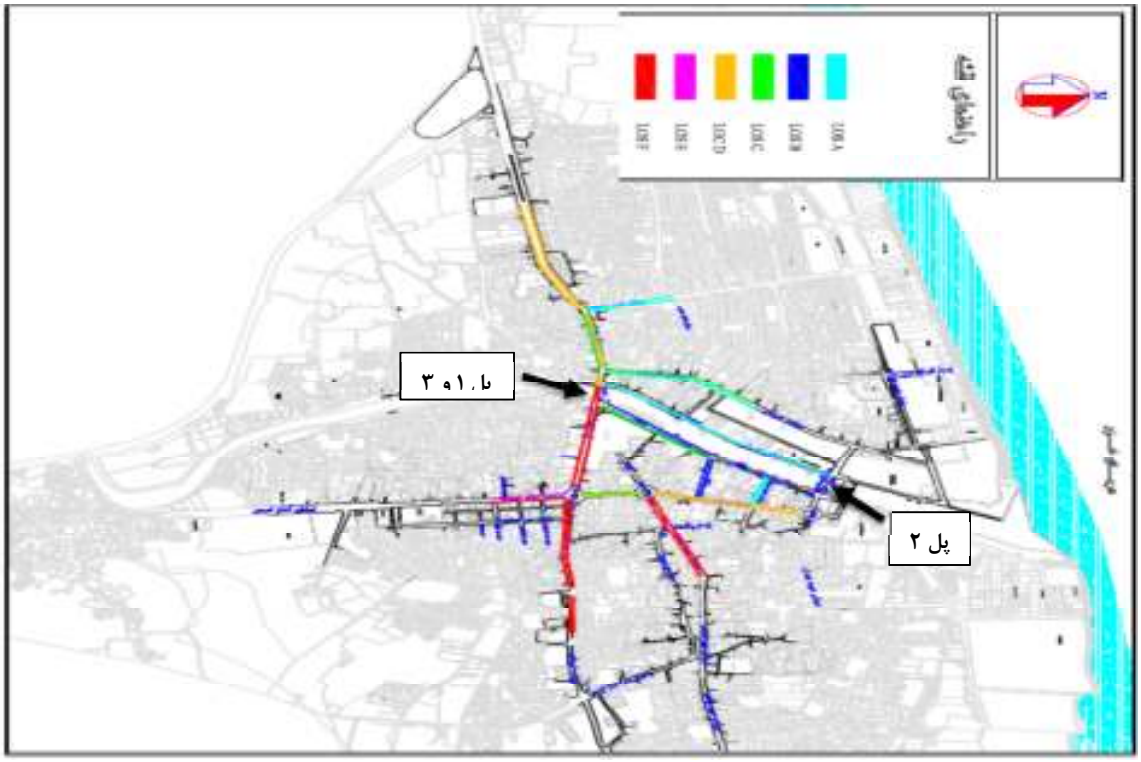
٤-٢-١-اهمیت مسیر

الف-اهمیت مسیر از لحاظ سطح سرویس

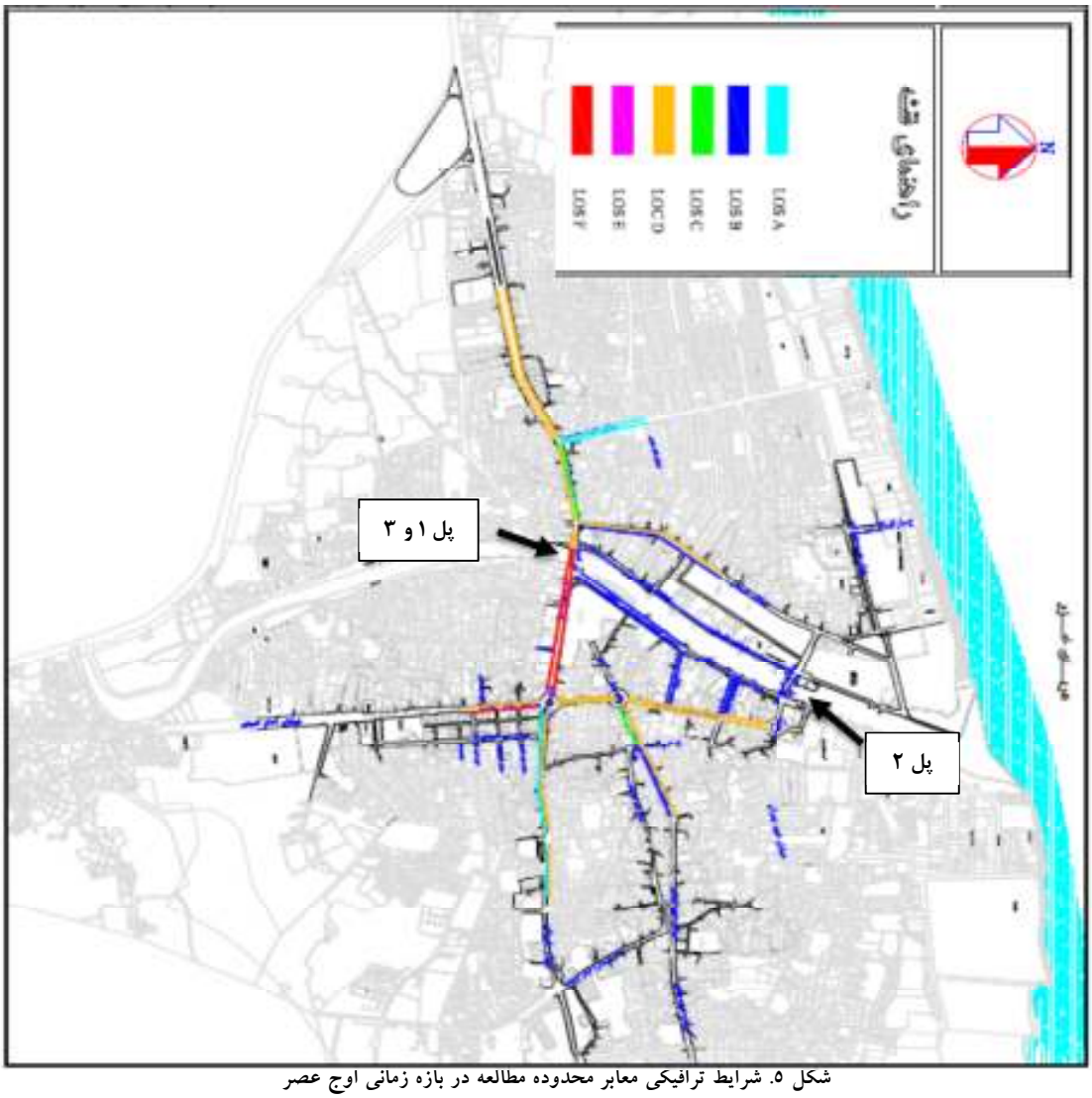
با توجه به طبقه‌بندی‌های انجام شده برای سطح سرویس، این سطح از LOS A تا LOS F تقسیم‌بندی می‌گردد که LOS A نشان‌دهنده‌ی میزان ترافیک کم و وضعیت روان ترافیکی می‌باشد و هر سطح سرویس از LOS A به سمت LOS F برود میزان ترافیک عبوری زیاد و در وضعیت بحرانی قرار خواهد گرفت. در این قسمت به بررسی وضعیت سطح سرویس برای سه پل بابلسر با استفاده از نرم‌افزار AIMSUN پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا به انجام آمارگیری‌های ترافیکی در محدوده سه پل بابلسر در سه ساعت اوج ترافیکی صبح، ظهر و عصر پرداخته شده و با توجه به داده‌های آماری به دست آمده، این داده‌ها وارد نرم‌افزار AIMSUN شد و نتایج حاصل از نرم‌افزار AIMSUN در شکل‌های ٣ و ٤ و ٥ نشان داده شده است.



شکل ۳. شرایط ترافیکی معابر محدوده مطالعه در بازه زمانی اوج صبح



شکل ٤. شرایط ترافیکی معابر محدوده مطالعه در بازه زمانی اوج ظهر



شکل ۵. شرایط ترافیکی معابر محدوده مطالعه در بازه زمانی اوج عصر

ب-اهمیت مسیر از لحاظ سلسله مراتب عملکردی

با توجه به طبقه‌بندی راه‌های کشور و دسترسی‌های پیشنهادی به لحاظ عملکردی، راه‌ها به راه‌های شریانی درجه۱، شریانی درجه ۲ اصلی، شریانی درجه ۲ فرعی(جمع و پخش کننده) و معابر محلی دسته‌بندی می‌گردند که با توجه به بررسی‌های انجام شده بر روی پل‌های شهر بابلسر این نتیجه حاصل شد که پل‌های اول و سوم شهر بابلسر به عنوان راه شریانی درجه ۱ و پل دوم این شهر بعنوان راه شریانی درجه ۲ شناخته شده است، بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده مشخص است که اهمیت پل‌های اول و سوم شهر بابلسر به لحاظ سلسله مراتب عملکردی مهم‌تر از پل دوم این شهر می‌باشد. پس از مشخص شدن اهمیت مسیر از لحاظ حجم ترافیک عبوری و سلسله مراتب عملکردی، ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار اهمیت مسیر مطابق جدول شماره ۱ به دست خواهد آمد.

٤-۲-۲-هزینه ناشی از تخریب

به منظور بررسی هزینه ناشی از تخریب پل‌ها، باید هزینه ساخت هر یک از پل‌ها مشخص شده تا مشخص گردد در اثر خراب شدن هر یک از این پل‌ها چه میزان خسارت به شهر وارد شده و پس از آن، میزان خسارت پل‌های مختلف این شهر از طریق مقایسات زوجی پل‌ها نسبت به هم مشخص می‌گردد. از سه طریق می‌توان هزینه ساخت هر یک از پل‌ها را به دست آورده و با هم مقایسه کرد.

۱-هزینه ساخت هر یک از پل‌ها در زمان ساخت مشخص شده و با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی هزینه تمام پل‌ها که در زمان‌های مختلف ساخته شده است، به یک زمان مشخص تبدیل شده تا با هم قابل مقایسه باشند. با توجه به اینکه هزینه ساخت دو پل از سه پل شهر بابلسر، به دلیل گذشت زمان طولانی از زمان ساخت دو پل اول این شهر و عدم مستندسازی پروژه‌ها موجود نبوده، استفاده از این راهکار برای محاسبه هزینه ناشی از تخریب پل‌های شهر بابلسر مناسب نمی‌باشد و باید از روش دیگری استفاده کرد.

۲-محاسبه حجم عملیات ساخت هر یک از پل‌ها و برآورد هزینه ساخت هر یک از پل‌ها با استفاده از فهرست بهای ابنیه در سال مورد بررسی که می‌توان با برآورد این هزینه‌ها، هزینه ناشی از تخریب پل‌ها را با هم مقایسه کرد. با توجه به موجود نبودن نقشه‌های کامل پل‌های اول و دوم این شهر، امکان محاسبه هزینه ساخت پل‌ها به این روش نیز برای پل‌های این شهر امکان‌پذیر نبود.

۳-با در نظر گرفتن پلی مشابه با پل‌های مورد مطالعه از نظر سازه‌ای و با دهانه‌های برابر، مقدار هزینه تمام شده پل مشابه را بدست آورده و با تقسیم کردن این مقدار بر ابعاد این پل‌ها، مقدار هزینه این سازه به ازای هر متر مربع بدست خواهد آمد که با ضرب هزینه به ازای هر متر مربع در ابعاد پل مورد بررسی، مقدار هزینه تقریبی این پل‌ها بدست آمده و می‌توان آنها را با هم مقایسه کرد. با توجه به قوسی بودن پل‌های اول و دوم شهر بابلسر، پل قوسی مشابه این پل‌ها در نظر گرفته شده تا مقدار هزینه این پل‌ها برآورد گردد. برای این منظور از پل پنجم قوسی شهر آمل استفاده گردیده است که هزینه تمام شده این پل برابر ۶,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان می‌باشد و ابعاد این پل برابر ۱۵,۷۰× ۹۰ می‌باشد که از تقسیم مقدار هزینه تمام شده بر ابعاد پل، مقدار هر متر مربع پل قوسی بدست می‌آید که بصورت تقریبی برابر ٤,٥٠٠,٠٠٠ تومان به ازای هر متر مربع می‌باشد. با توجه به اندازه‌گیری ابعاد هر یک از پل‌های اول و دوم شهر بابلسر، ابعاد این پل‌ها و هزینه تقریبی این پل‌ها مطابق جدول ۲ به دست آمده است. همچنین با توجه به تازه ساخت بودن پل سوم این شهر، هزینه ساخت این پل که ۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان بوده است از شهرداری شهر بابلسر گرفته شد و با مقایسه هزینه پل‌ها، ماتریس مقایسه زوجی پل‌ها مطابق جدول ۳ به دست آمده است.

جدول ۱. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار اهمیت مسیر

	پل ۱	پل ۲	پل ۳
پل ۱	۱	۹	۱
پل ۲	$\frac{۱}{۹}$	۱	$\frac{۱}{۹}$
پل ۳	۱	۹	۱

جدول ۲. ابعاد و هزینه تقریبی پل‌های اول و دوم

پلها	طول پل(متر)	عرض پل(متر)	هزینه تقریبی پل(تومان)
پل اول	۹٦	۹,٦	٤,١٥٠,٠٠٠,٠٠٠
پل دوم	۱۰۲	١٤	٦,٤٥٠,٠٠٠,٠٠٠

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار هزینه ناشی از تخریب

	پل ۱	پل ۲	پل ۳
پل ۱	۱	$\frac{۱}{۳}$	۳
پل ۲	۳	۱	٥
پل ۳	$\frac{۱}{۳}$	$\frac{۱}{٥}$	۱

٤-٢-٣-هزینه زیست محیطی ناشی از تخریب

احداث یا تحریب یک مسیر باعث اثرات زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا، آلودگی آب و آلودگی صوتی می‌شود. آگاهی عمومی از تأثیر بزرگراه‌ها و دیگر پروژه‌های عمومی بر روی محیط‌زیست افزایش یافته است. در بعضی از موارد بحرانی، مسائل زیست محیطی می‌تواند تبدیل به مهمترین عامل در طراحی راه‌ها شود(Monchak & Eaton, 1999). از آنجا که هزینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی معمولاً کمی نیستند، دشوار است که آنها را به یک تابع هزینه برای ارزیابی تبدیل کرد. به همین دلیل، مطالعات مختلفی سعی کردند تا هزینه‌های زیست‌محیطی را برآورد کنند. دی کورلا سوزا و جنسن فیشر منابع واحد هزینه‌های زیست محیطی در هر کیلومتر خودرو را برآورد کردند که در جدول ٤ نشان داده شده است. این تخمین‌ها می‌تواند به عنوان سمبل هزینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی در تابع هدف باشند. با این حال، هزینه‌های اجتماعی نه تنها تحت تأثیر VKT هستند بلکه تحت تأثیر محل جاده نیز قرار دارند. بنابراین، یک مکان خوب برای احداث مسیر باید مکانی سازگار با محیط زیست باشد و از مکان حساس برای احداث مسیر باید اجتناب کرد(DeCorla-Souza & Jensen-Fisher, 1994).

جدول ٤. هزینه‌های زیست‌محیطی در هر کیلومتر خودرو (Jong & Schonfeld, 1999)

طبقه بندی	واحد(cents/VKT)
آلودگی هوا	٠,٦٢ ~ ٤,٤٨
آلودگی صوتی	٠,٠٦ ~ ٠,١٩
آلودگی آب	٠,١٠ ~ ٠,١٢
کاربری زمین	٢,١٨ ~ ٣,٩٢

بنابراین، با توجه به ضرایب نشان داده شده در جدول ٤ می‌توان مشخص کرد که در اثر تخریب هر یک از پل‌ها چه مقدار مشکلات زیست‌محیطی به شهر وارد خواهد شد. بنابراین به منظور محاسبه هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از تخریب پل‌ها باید مقدار VKT در اثر تخریب هر یک پل‌ها را به دست آورده و مقدار آن را با مقدار VKT وضع موجود مقایسه کرده و مقدار افزایش VKT نشان‌دهنده‌ی آسیب زیست محیطی بیشتر در اثر تخریب پل‌ها می‌باشد. در این پژوهش به منظور محاسبه مقدار VKT در شرایط مختلف، از نرم‌افزار AIMSUN استفاده شده است و سپس پس از مشخص شدن مقدار VKT به محاسبه مقدار آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از تخریب هر یک از پل‌ها پرداخته شده و مقدار این هزینه‌ها برای پل‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌گردند. به منظور محاسبه مقدار آسیب‌های زیست محیطی در شرایط مختلف سه سناریو به شرح زیر تعریف می‌شود:

سناریو ۱: پل ۱ تخریب شده و ۵۰ درصد از بار ترافیکی پل اول به پل ۳ و ۵۰ درصد دیگر به پل دوم منتقل خواهد شد.

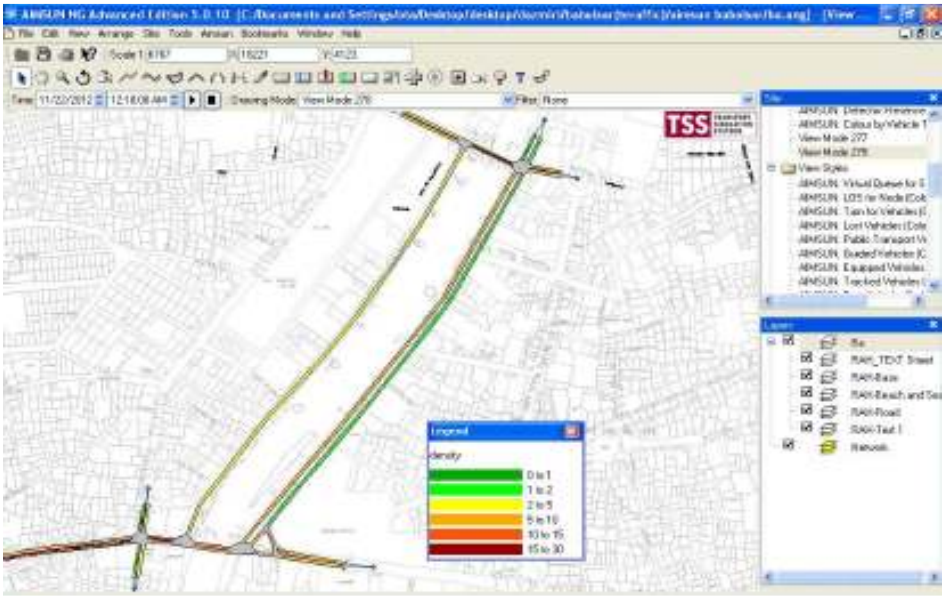
سناریو ۲: پل۲ تخریب شده و ۵۰ درصد از بار ترافیکی پل دوم به پل ۱ و ۵۰ درصد دیگر به پل سوم منتقل خواهد شد.

سناریو ۳: پل ۳ تخریب شده و ٦٦,٦٦ درصد از بار ترافیکی پل سوم به پل اول و ۳۳,۳۳ درصد دیگر به پل دوم منتقل خواهد شد. نتایج مربوط به حجم تردد ساعتی وسایل‌نقلیه (معادل سواری) گذرنده از محدوده تقاطع بلوار طالقانی و خیابان پاسداران در سه بازه زمانی صبح، ظهر و عصر در جدول ۵ ارایه شده است. بر اساس این جدول ساعت اوج صبح در محل تقاطع، ساعت (۸:۱۵-۷:۱۵) و حجم اوج در بازه زمانی صبح ۳۰٦۳ وسیله‌نقلیه معادل سواری می‌باشد. همچنین در دوره آمارگیری ظهر نیز ساعت اوج در حدفاصل (۱۲:۳۰-۱۱:۳۰) و حجم اوج نیز ۳٤٥۰ وسیله نقلیه معادل سواری است. ضمن آن که ساعت اوج عصر نیز بر اساس این جدول، ساعت (۱۹:۱۵-۱۸:۱۵) است. حجم اوج در این بازه زمانی نیز برابر با ۳۰٦٥ وسیله‌نقلیه معادل سواری است. بر این اساس ساعت اوج صبح به عنوان ساعت اوج بحرانی تعیین می‌شود. همچنین بازه زمانی و حجم اوج نیز در این جدول و در هر یک از دوره‌های آمارگیری انجام شده در محدوده این تقاطع مشخص شده است. همچنین جزییات مربوط به حجم تردد در ساعات اوج ترافیک در رویکردهای منتهی به این تقاطع نیز در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ به تفکیک بازه‌های آمارگیری صبح، ظهر و عصر ارایه شده است.

جدول ۵. حجم تردد ساعتی وسایل‌نقلیه گذرنده از محدوده تقاطع طالقانی و پاسداران در بازه‌های آمارگیری شده

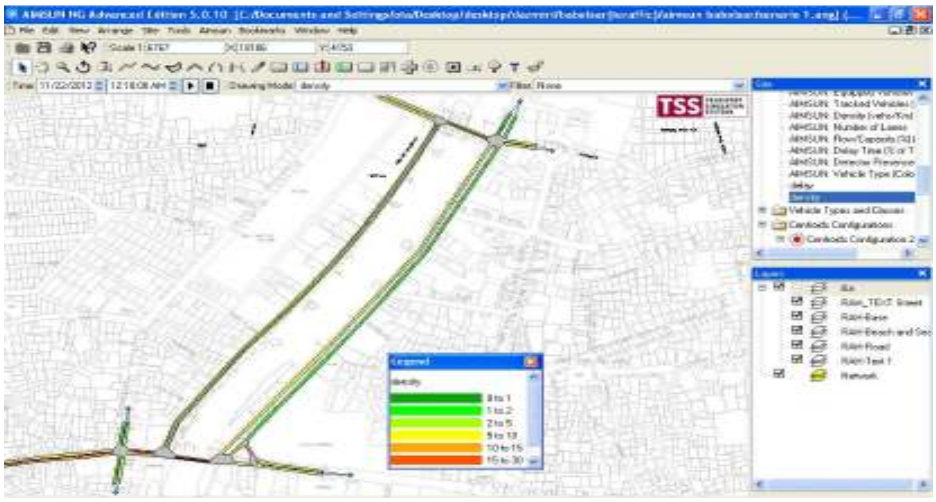
دوره آمارگیری صبح (۹:۳۰-۶:۳۰)		دوره آمارگیری ظهر (۱۳:۳۰-۱۱:۳۰)		دوره آمارگیری عصر (۲۰:۰۰-۱۷:۰۰)	
ساعات آمارگیری	حجم ساعتی (معادل سواری)	ساعات آمارگیری	حجم ساعتی (معادل سواری)	ساعات آمارگیری	حجم ساعتی (معادل سواری)
۶:۳۰-۷:۳۰	۲۴۴۳	۱۱:۳۰-۱۲:۳۰	۳۴۵۰	۱۷:۰۰-۱۸:۰۰	۲۸۷۷
۶:۴۵-۷:۴۵	۲۶۹۷	۱۱:۴۵-۱۲:۴۵	۳۴۰۲	۱۷:۱۵-۱۸:۱۵	۲۹۰۷
۷:۰۰-۸:۰۰	۲۹۱۶	۱۲:۰۰-۱۳:۰۰	۳۳۸۱	۱۷:۳۰-۱۸:۳۰	۲۹۷۳
۷:۱۵-۸:۱۵	۳۰۶۳	۱۲:۱۵-۱۳:۱۵	۳۳۴۳	۱۷:۴۵-۱۸:۴۵	۲۹۷۹
۷:۳۰-۸:۳۰	۳۰۶۱	۱۲:۳۰-۱۳:۳۰	۳۲۶۱	۱۸:۰۰-۱۹:۰۰	۲۹۵۸
۷:۴۵-۸:۴۵	۲۹۱۵			۱۸:۱۵-۱۹:۱۵	۳۰۶۵
۸:۰۰-۹:۰۰	۲۷۹۹			۱۸:۳۰-۱۹:۳۰	۳۰۳۹
۸:۱۵-۹:۱۵	۲۷۴۱			۱۸:۴۵-۱۹:۴۵	۳۰۴۶
۸:۳۰-۹:۳۰	۲۸۱۱			۱۹:۰۰-۲۰:۰۰	۳۰۳۸

سپس پس از مشخص شدن مقدار VKT به محاسبه مقدار آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از تخریب هر یک از پل‌ها پرداخته شده و مقدار این هزینه‌ها برای پل‌های مختلف با یکدیگر و وضع موجود مقایسه می‌گردند. در شکل‌های شماره ۶، ۷، ۸، ۹ نمایی از وضع موجود، سناریو ۱، ۲ و ۳ در نرم‌افزار AIMSUN مشاهده می‌شود.

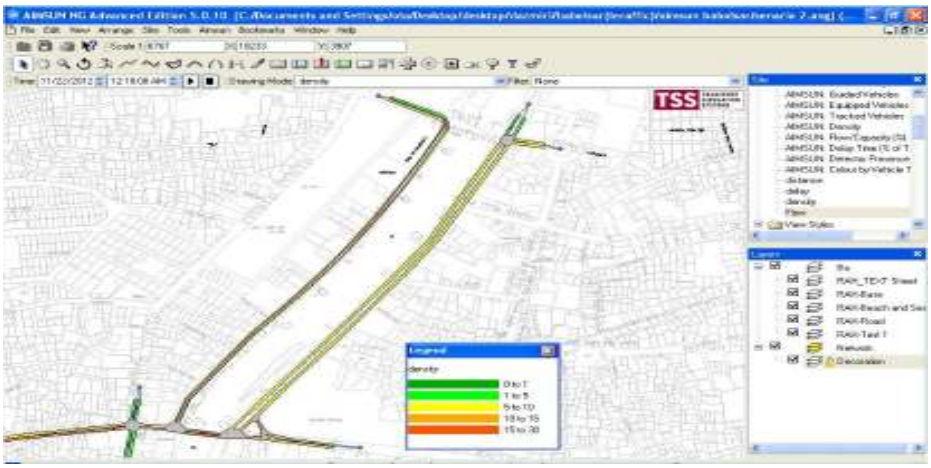


شکل ۶. نمایش وضع موجود در نرم‌افزار AIMSUN

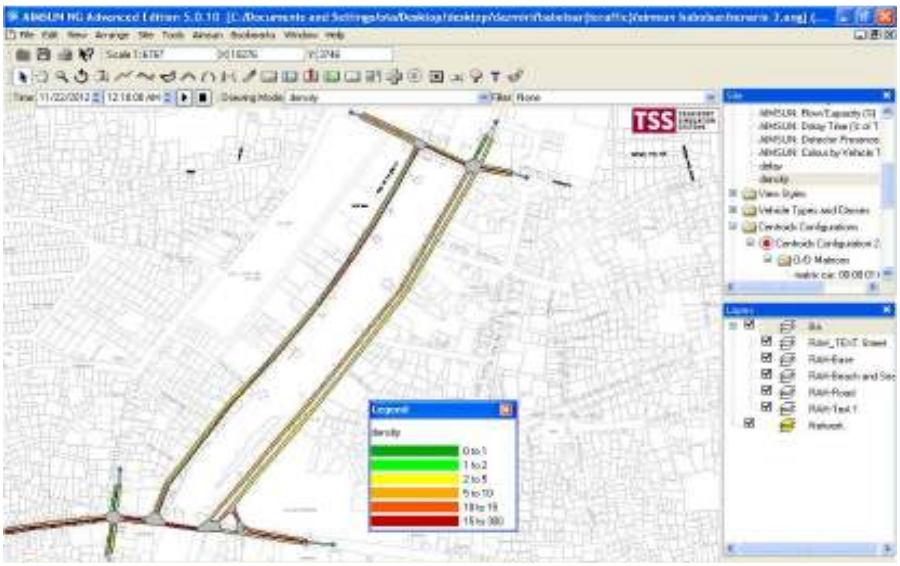
به منظور محاسبه مقدار آسیب‌های زیست محیطی در شرایط مختلف سه سناریو به شرح زیر تعریف می‌شود.



شکل ۷. نمایش سناریو ۱ در نرم‌افزار AIMSUN



شکل ۸. نمایش سناریو ۲ در نرم‌افزار AIMSUN



شکل ۹. نمایش سناریو ۳ در نرم‌افزار AIMSUN

پس از آنالیز نتایج در نرم‌افزار AIMSUN مقدار VKT به ازای هر وسیله نقیله را در مقدار جریان موجود در شبکه ضرب کرده و مقدار VKT به ازای کل وسایل نقلیه پیموده شده شبکه به دست می‌آید که با توجه به این مقدار برای سناریوهای مختلف مطابق جدول ٦، هزینه زیست‌محیطی ناشی از تخریب پل به دست می‌آید.

بر طبق اعداد به دست آمده درجدول ٦ می‌توان میزان خسارات زیست محیطی ناشی از تخریب هر یک از پل‌ها را به دست آورد. در اثر تخریب پل اول شهر بابلسر، آلودگی‌های زیست‌محیطی بر اثر میزان افزایش مقدار VKT ایجاد می‌گردد که با توجه به مقدار VKT بدست آمده در جدول ٦ و میزان اختلاف VKT سناریو ۱ با وضع موجود، مقدار افزایش VKT در اثر تخریب پل ۱ به دست می‌آید. از ضرب مقدار افزایش VKT به دست آمده در ضریب‌های موجود در جدول ٤، مقدار خسارات زیست‌محیطی در اثر تخریب پل ۱ بر واحد هزینه به دست می‌آید. به همین ترتیب از اختلاف مقدار VKT سناریو ۲ نسبت به وضع موجود و از اختلاف مقدار VKT سناریو ۳ نسبت به وضع موجود به ترتیب خسارات زیست‌محیطی در اثر تخریب پل ۲ و پل ۳ به دست می‌آید که در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ٦. نتایج به دست آمده از نرم‌افزار AIMSUN با توجه به سناریوهای مختلف

	VKT به ازای هر وسیله نقلیه	مقدار جریان شبکه	VKT کل وسایل نقلیه پیموده شده شبکه
وضع موجود	۰,٦۳	۲٦۲۱۸	۱٦٥۱۷,۳٤
سناریو ۱	۰,٦٦	۲٦٦٥۰	۱۷٥۸۹
سناریو ۲	۰,۸۷	۲٦٥۷٦	۲۳۱۲۱,۱۲
سناریو ۳	۰,۷٤	۲٦۳۱۰	۱۹٤٦۹,٤

جدول ۷. میزان آسیب‌های زیست‌محیطی به وجود آمده در اثر تخریب هر یک از پل‌ها

	آلودگی هوا (cents)	آلودگی صوتی (cents)	آلودگی آب (cents)	کاربری زمین (cents)	مجموع آسیب‌های زیست‌محیطی(cents)
تخریب پل اول	۲۷۳۲,۷۲۳	۱۳۳,۹٥۷٥	۱۱۷,۸۸۲	۳۲٦۸,٥٦	٦۲٥۳,۱۳
تخریب پل دوم	۱٦۸۳۹,٦۳۹	۸۲٥,٤۷۲٥	۷۲٦,٤۱٥۸	۲۰۱٤۱,٥۲۹	۳۸٥۳۳,۰٥۹
تخریب پل سوم	۷٥۲۷,۷٥۳	۹٤۰,۹٦۹	۳۲٤,۷۲٦٦	۹۰۰۳,۷۸۳	۱۷۷۹۷,۲۳۱٦

جدول ۸. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار هزینه ناشی از آسیب‌های زیست محیطی

	پل ۱	پل ۲	پل ۳
پل ۱	۱	۱/۹	۱/٥
پل ۲	۹	۱	٥
پل ۳	٥	۱/٥	۱

٤-۲-٤- مرگ و میر ناشی از تخریب

عوامل انسانی مؤثر بر میزان مرگ و میر و آسیب‌های جسمی به این شرح‌اند: حجم بالای ترافیک و نیز عابران پیاده که از روی پل یا زیر آن گذر می‌کنند (Shetty et al, 1997). با توجه به اینکه در زیر پل‌های شهر بابلسر رودخانه وجود داشته و میزان افرادی که از زیر آن عبور می‌کنند ناچیز است، همچنین با توجه به اینکه میزان عابرین روی پل برای سه پل تقریبا برابر فرض شده، از اثر این دو پارامتر صرف نظر شده و میزان مرگ و میر را فقط بر مبنای میزان ترافیک عبوری روی پل به صورت لحظه‌ای در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه میزان ترافیک لحظه‌ای بر روی پل‌ها از وضعیت موجود پل‌ها که در نرم‌افزار AIMSUN مدل شده است استفاده کرده و بر مبنای چگالی موجود بر روی هر یک از پل‌ها میزان مرگ و میر

ناشی از تخریب پل‌ها به دست آمده و می‌توان مقایسات زوجی را با توجه به مقدار به دست آمده، با هم مقایسه کرد. چگالی هر یک از پل‌ها در وضعیت موجود مطابق جدول ۹ از نرم افزار AIMSUN به دست آمده است.

با توجه به جدول شماره ۹ می‌توان مقایسات زوجی پل‌ها نسبت به هم را بر طبق معیار مرگ و میر ناشی از تخریب انجام داد که در جدول شماره ۱۰ نمایش داده شده است.

جدول ۹. نتایج بدست آمده چگالی هر یک از پل‌ها در وضعیت موجود از نرم‌افزار AIMSUN

پل‌ها	چگالی(وسیله نقلیه بر واحد طول پل)
پل ۱	۱۳,۵
پل ۲	۸,۵
پل ۳	۱۰

جدول ۱۰. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار مرگ و میر ناشی از تخریب

	پل ۱	پل ۲	پل ۳
پل ۱	۱	۷	۳
پل ۲	$\frac{1}{7}$	۱	$\frac{1}{3}$
پل ۳	$\frac{1}{3}$	۳	۱

۴-۲-۵-مقایسه معیارها با هم

پس از مشخص شدن مقایسه زوجی پل‌های مختلف با توجه به معیارهای مورد ارزیابی، به منظور آنالیز مدل مورد بررسی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نیاز به مقایسه معیارها نسبت به هم می‌باشد که با استفاده از روش دلفی و استفاده از نظرات متخصصین در این زمینه ماتریس مقایسات زوجی معیارها ماتریسی مطابق جدول ۱۱ به دست خواهد آمد.

جدول ۱۱. ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به هم

	هزینه ناشی از تخریب	مرگ و میر ناشی از تخریب	اهمیت مسیر	آسیب زیست محیطی
هزینه ناشی از تخریب	۱	$\frac{1}{3}$	۳	۵
مرگ و میر ناشی از تخریب	۳	۱	۵	۷
اهمیت مسیر	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	۱	۳
آسیب زیست محیطی	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	۱

پس از به دست آوردن نتایج مقایسه زوجی معیارها، با توجه به گام‌های روش VIKOR مقدار سودمندی S_j و مقدار تاسف R_j محاسبه شده و نهایتا مقدار شاخص ویکور با توجه به مطالعه یالکین و همکاران (۲۰۱۲) به دست آمده است. نتایج حاصل از روش ویکور در جدول شماره ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۲. وزن گزینه‌ها با توجه به در نظر گرفتن معیارهای مختلف

گزینه	S_j	R_j	Q_j	اولویت بدست آمده از روش VIKOR
پل اول	۱,۸۷	۱,٤٦	۰	اول
پل دوم	۵,۱۳	٤	۰,۹٦	سوم
پل سوم	۵,٤	۲,۷۹	۰,۷٦	دوم

-کنترل ثبات تصمیم‌گیری

شرط اول :

$$Q(\ddot{a}) - Q(\dot{a}) \geq DQ = \frac{1}{m-1}$$

$$0.76 - 0.0000 = 0.76 \geq \frac{1}{3-1} = 0.5$$

شرط دوم : گزینه ۱ بهترین S و R را هم دارا می‌باشد.

با توجه به برقراری دو شرط بالا مشخص است که پل اول به عنوان گزینه برتر انتخاب شده است یعنی پل اول این شهر با توجه به بررسی‌های انجام شده به عنوان مهمترین پل شهر در ساختار شهری محسوب می‌گردد.

۵-نتیجه‌گیری

۱-نتایج به دست آمده از جدول ۱ نشان می‌دهد که با توجه به آنالیزهای انجام شده در نرم‌افزار AIMSUN و با توجه به اینکه پل اول و سوم در مسیر اصلی شهر قرار دارند بنابراین، این پل‌ها مهمترین پل‌های شهر بابلسر بوده و در اثر تخریب این پل‌ها شهر بابلسر از لحاظ ترافیکی با آسیب‌های بسیار جدی مواجه خواهد بود.

۲- با توجه به نتایج به دست آمده از بخش ٤-۲-۲ ، مشخص است که در اثر تخریب هر یک از پل‌ها به دلیل اینکه بعد از محاسبه هزینه تقریبی ساخت پل‌ها و با توجه به اینکه هزینه تقریبی پل دوم بابلسر از بقیه پل‌های دیگر این شهر بیشتر می‌باشد، در اثر تخریب پل دوم این شهر، بیشترین خسارت از لحاظ هزینه‌ای به شهر وارد خواهد شد.

۳- با توجه به نتایج به دست آمده از بخش ٤-۲-۳، مشخص است که در اثر تخریب هر یک از پل‌ها بر اثر افزایش میزان مسافت‌های ترافیکی، آسیب‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌گردد. بنابراین، در اثر تخریب پل دوم این شهر، بدلیل افزایش مسافت‌های ترافیکی بیشتر نسبت به سایر پل‌ها، آسیب‌های زیست‌محیطی بیشتری بوجود می‌آید.

٤- با توجه به نتایج بدست آمده از بخش ٤-۲-٤، مشخص است که مرگ و میر ایجاد شده در اثر تخریب پل اول شهر بابلسر به علت حجم بیشتر ترافیک لحظه‌ای عبوری از روی این پل بیشتر از دو پل دیگر می‌باشد و این نتایج از چگالی ترافیکی عبوری که از نرم‌افزار AIMSUN به دست می‌آید، حاصل می‌گردد.

۵- نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که از لحاظ درجه اهمیت معیارها به ترتیب مرگ و میر ناشی از تخریب بیشترین اهمیت را داشته و هزینه ناشی از تخریب، اهمیت مسیر مورد بررسی و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از تخریب در درجات اهمیت بعدی قرار می‌گیرند.

٦- با توجه به بررسی انجام شده از ریسک پل‌ها زمانی که پل‌ها تخریب شده‌اند یا بررسی ریسک پل در حالت ساختار شهری نیز نشان می‌دهد که خرابی پل اول این شهر خسارات و آسیب‌های بسیار زیادی را برای شهر به همراه خواهد داشت و با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص است که این پل به عنوان مهمترین پل این شهر به حساب آمده و نقش تعیین‌کننده‌ای را در ساختار شهری داشته و حذف این پل مشکلات بسیاری را برای شهر به همراه خواهد داشت.

۷-با توجه به اینکه پل اول نقش بسیار حیاتی را در ساختار شهر داشته و نباید از ساختار شهر حذف گردد و از طرف دیگر به علت احتمال خرابی بالای این پل، با توجه به اینکه تقویت این پل به دلیل سن زیاد آن نمی‌تواند به طور کامل اثربخش باشد پیشنهاد می‌گردد پلی دیگر که نقش همین پل را داشته، به مانند پل سوم در کنار پل اول و در طرف دیگر پل اول احداث شده و از پل اول این شهر به منظور پیاده‌رو استفاده شده و این پل به عنوان یکی از نمادهای شهری کاملاً حفظ گردد.

٦- پی‌نوشت‌ها

-Bridge Maintenance & Management Intelligent Aided Decision Support System

۷-مراجع

-Andric, J. M. Lu, D. G., (2016), "Risk assessment of bridges under multiple hazards in operation period", Safety Science, 83, pp.80-92.

-C. K. Lee and S. K. Kim, (2007), "GA-based algorithm for selecting optimal repair and rehabilitation methods for reinforced concrete (RC) bridge decks," Automation in Construction, Vol. 16, No. 2, pp.153–164.

-DeCorla-Souza, P., and R. Jensen-Fisher, (1994), "Comparing Multimodal Alternatives in Major Travel Corridors", In Transportation Research Record 1429, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 15–23.

-Jong, J.,C. ,Schonfeld, P, (1999), "Cost Functions for Optimizing Highway Alignments", Civil Engineering, University of Maryland, College Park, MD 20742.

-M. Gholami, A.R.B.M. Sam, J.M. Yatim, (2013), "Assessment of Bridge Management System in Iran", Procedia Engineering, 54, pp.573 – 583.

-Maxwell, J.W.S., (1990), "highway bridge management", First International Conference on Bridge Management, Elsevier, London, pp. 113-120,

-Wang. Y.M. Elhag. M.S., (2006), "Fuzzy-TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment", Expert Systems with Applications, pp.309-319.

-Wang.Y.M. Elhag. M.S, (2008), "An adaptive neuro-fuzzy inference system for bridge risk assessment", Expert Systems with Applications, pp.3099-3106.

-Wang.Y.M. Liu.J, Elhag.M.S, (2008), "An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment", Computers &Industrial Engineering, 53, pp.513-525.

-Wang.Y.M., Elhag. M.S, (2007), "A comparison of neural network, evidential reasoning and multiple regression analysis in modeling bridge risks", 32, pp.336–348.

-Wang.Y.M., Elhag. M.S., (2007), "A Fuzzy Group Decision Making approach for bridge

-McIntyre, D., (1997), "Weak bridges: the impact on freight movement", Proc. Conference on British Roads: National asset or national Disgrace, Sponsored by Surveyor Magazine and the Automobile Association.

-Monchak, T. M., and C. K. Eaton., (1995), "Arizona Department of Transportation and Environmental Protection Agency Cooperative Superfund Site Cleanup Effort for Red Mountain Freeway", In Transportation Research Record 1475, TRB, National Research Council, Washington, D.C, pp. 85–91.

-Opricovic, S., & Tzeng, G. H., (2003), "Fuzzy multi criteria model for post-earthquake land-use planning", Natural Hazards Review, 4, pp.59–64.

-Opricovic, S., (1998), "Multi – criteria optimization of civil engineering system", faculty of civil Engineering, belgrad.

-Petroski, H., (1995), "Engineers of Dreams", Allfred A. Knopf, New York.

-Shetty, N.K., Chubb, M. S. and Halden, D., (1997), "An overall risk-based assessment procedure for substandard bridges", Symposium on the safety of Bridges, (Ed) P .G. Das, ICE, London. pp.225-235. risk assessment", Computers &Industrial Engineering.53, pp.137-148.

-Yalcin, N., Bayrakdaroglu, A., Kahraman, C., (2012), "Application of fuzzy multi-criteria decision making methods for financial performance evaluation of Turkish manufacturing industries", Expert Systems with Applications, 39, pp.350-364.

-Yalcin, N., Bayrakdaroglu, A., Kahraman, C., (2012), "Application of fuzzy multi-criteria decision making methods for financial performance evaluation of Turkish manufacturing industries", Expert Systems with Applications, 39, pp. 350-364.

-Z. Yin, Y. Li, J. Guo, Y. Li., (2011), "Integration Research and Design of the Bridge Maintenance Management System", Procedia Engineering, 15, pp.5429 – 5434.

Deterioration Effect Assessment of Babolsar Bridges Considering Urban Structure by Multi Criteria Decision Making

Mohammad Javad Taheri Amiri, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Higher Education Institute of Pardisan, Mazandaran, Iran.

Farshidreza Haghighi, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol , Iran.

Email: haghighi@nit.ac.ir

Received: October 2021- Accepted: May 2022

ABSTRACT

Bridges by any design, and any materials, signs of wear will be appear sooner or later, but several factors such as climate situation, flood or earthquake, increasing in overloading, design quality and performance and kinds of materials effect on kind and rate of this wear and development rate. Regardless to these factors can cause decreasing useful life of structures and/or their destruction. Base on critical role of bridges in civil structures and also possibility of destruction of each bridge from civil structure view is necessary. In this research we investigate role of Babolsar bridges and their effectiveness on civil structure in this city. In order to these factors such as cost of destruction, environmental losses, the importance of road and death caused by the destruction of bridges were investigated. And finally base on estimating all parameters by VIKOR multi criteria decision method that is a modern methods in multi criteria decision, use priorities main bridges in Babolsar from urban structure. Obtained results from evaluating bridge's situation, show that first bridge of this city from urban structure is very important and must be considered carefully and should be repair and maintenance priory.

Keywords: Bridge, Urban Structure, Multi Criteria Decision, Babolsar City, Vikor Method