Journal of Transportation infrastructure Engineering

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

Semnan University

ISSN: 2821-0549

Research Article

Investigating the Condition of Bridges of Road Arteries in Alborz Province

Beitollahi, A.[a], Mahdavi, M.[b], Dehghan Farouji, F.[c]*

[a] Assistant Professor, Department of Engineering and Risk Seismology, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, I. R. Iran.
[b] Senior Expert, Department of Engineering and Risk Seismology, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, I. R. Iran.
[c] Instructor, Department of Engineering and Risk Seismology, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, I. R. Iran.

PAPER INFO

Paper history:

Received: 2022-12-04
Revised: 2023-09-25
Accepted: 2023-10-19

Keywords:

Bridge;
Road arteries;
Alborz province.

ABSTRACT

Bridges are very important components of transportation networks, and as key points of the network, their recovery after losing performance or safety is much more complicated than other assets. Reconstruction of the bridge is also challenging and expensive. Considering the very vital role of the technical infrastructure of the transportation system, especially the bridges, it became necessary to examine the condition of the bridges of the road arteries of Alborz province. In this survey, first, important and influential technical buildings were identified in the Tehran-Karaj-Qazvin axis, the special Karaj-Qazvin axis, the Kandavan axis, the Taleghan axis, and the Eshtehard axis. Then, technical inspection groups were sent to this region and functional inspection of the structure and identification of vulnerability factors were carried out based on pre-prepared checklists. After extensive field observations, defects in the structures were determined along with all the items related to their current physical and functional conditions. All the parameters taken in the structures were given some weight based on the importance and type of impact of the damage, and according to all the taken parameters as well as the importance coefficient of each, a kind of management classification was made based on the levels of vulnerability in the buildings of the province into four groups. According to the results obtained in Eshtehard axis: 2 bridges with vulnerability degree of A and one bridge with vulnerability degree of B, in the Taleghan axis: 2 bridges with vulnerability degree of A, 3 bridges with vulnerability degree of B, 1 bridge with vulnerability degree of C and 2 bridges with vulnerability degree of D, in the Karaj-Qazvin axis: 10 bridges with vulnerability degree of A, 12 bridges with vulnerability degree of B, 16 bridges with vulnerability degree of C and 3 bridges with vulnerability degree of D, and in Kandavan axis: 11 bridges with vulnerability degree of A, 10 bridges with vulnerability degree of B, 9 bridges with vulnerability degree of C and 2 bridges with vulnerability degree of D were identified.

DOI: https://doi.org/10.22075/jtie.2023.29194.1622

مقاله پژوهشی

*** Corresponding author.**
E-mail address: fatemedehghan@yahoo.com

How to cite this article: Beitollahi, A., Mahdavii, M., & Dehghan Farouji, F. (2023). Investigating the condition of the bridges of road arteries in Alborz province. *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, *9*(3), 81-102. doi: 10.22075/jtie.2023.29194.1622

This is an open access article under the CC-BY 4.0 license.(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

مجله زیرساخت های حمل و نقل

وبسایت نشریه: https://jtie.semnan.ac.ir/?lang=en

شاپا: 2821-0549

Semnan University

بررسی وضعیت پل‌های شریان‌های جاده‌ای استان البرز

علی بیت‌اللهی [۱]، مرتضی مهدوی [۲]، فاطمه دهقان فاروجی [۳*]

[۱] استادیار، بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

[۲] کارشناس ارشد، بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

[۳] مربی، بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۱۳

بازنگری مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

واژگان کلیدی:

پل،

شریان‌های جاده‌ای،

استان البرز.

چکیده

پل‌ها اجزای بسیار مهم شبکه‌های حمل‌ونقل هستند که به عنوان نقاط کلیدی شبکه، بازیابی آنها پس از از دست دادن عملکرد و یا ایمنی، بسیار پیچیده‌تر از سایر دارایی‌ها است. بازسازی پل نیز چالش برانگیز و پُرهزینه است. با توجه به نقش بسیار حیاتی ابنیه فنی سیستم حمل-ونقل، به ویژه پل‌ها، بررسی وضعیت پل‌های شریان‌های جاده‌ای استان البرز ضرورت یافت. هدف از انجام این تحقیق، طبقه‌بندی پل‌های این استان از نظر آسیب‌پذیری به منظور اعطای اعتبار برای مقاوم‌سازی و کاهش ریسک است. در این بررسی، ابتدا ابنیه فنی مهم و تأثیرگذار در محور تهران-کرج-قزوین، محور مخصوص کرج – قزوین، محور کندوان، محور طالقان و محور اشتهارد شناسایی شدند. سپس، گروه‌های بازرسی فنی به منطقه اعزام شده و عملیات بازرسی عملکردی سازه و شناسایی عوامل آسیب‌پذیری براساس چک‌لیست‌های از پیش تهیه‌شده صورت گرفت. پس از برداشت‌های گسترده میدانی، ایرادات موجود در سازه‌ها به همراه کلیه موارد مربوط به وضعیت فعلی فیزیکی و عملکردی آن‌ها تهیه گردید. کلیه پارامترهای برداشت شده در سازه‌ها براساس اهمیت و نوع تأثیرگذاری آسیب وزن‌دهی گردید و با توجه به همه پارامترهای برداشت شده و همچنین ضریب اهمیت هر کدام، طبقه‌بندی براساس سطوح آسیب‌پذیری ابنیه در چهار گروه صورت گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، در محور اشتهارد: ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری A و یک پل با درجه آسیب‌پذیری B، در محور طالقان: ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری A، ۳ پل با درجه آسیب‌پذیری B، ۱ پل با درجه آسیب‌پذیری C و ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری D، در محور کرج- قزوین: ۱۰ پل با درجه آسیب‌پذیری A، ۱۲ پل با درجه آسیب‌پذیری B، ۱۶ پل با درجه آسیب‌پذیری C و ۳ پل با درجه آسیب‌پذیری D و در محور کندوان: ۱۱ پل با درجه آسیب‌پذیری A، ۱۰ پل با درجه آسیب‌پذیری B، ۹ پل با درجه آسیب‌پذیری C و ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری D شناسایی گردید.

DOI: https://doi.org/10.22075/jtie.2023.29194.1622

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: fatemedehghan@yahoo.com

استناد به این مقاله: بیت اللهی, علی, مهدوی, مرتضی & ,دهقان فاروجی, فاطمه. (۱۴۰۲). بررسی وضعیت پل‌های شریان‌های جاده‌ای استان البرز . *مهندسی زیر ساخت های حمل و نقل*, ۹(۳), ۱۰۲-۸۱ . doi: 10.22075/jtie.2023.29194.1622

This is an open access article under the CC-BY 4.0 license.(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

۱. مقدمه

شبکه‌های جاده‌ای برای عملکرد هر جامعه‌ای حیاتی هستند. آنها شریان‌های حیاتی هستند که نیازهای مردم را برآورده می‌کنند (دالزیل و نیکلسون، ۲۰۰۱). علاوه بر این، آنها جابجایی کالاها و خدمات را فراهم می‌کنند و همچنین با کمک به تخلیه، نجات، تعمیر، ترمیم، و توزیع امداد، به اقدامات امدادی در زمان وقوع بحران کمک می‌کنند (ماتسون و جنلیوس، ۲۰۱۵؛ تیلور، ۲۰۱۷). با این حال، شبکه‌های جاده‌ای نیز در برابر خطرات طبیعی بسیار آسیب‌پذیر هستند. اختلالاتی که در اثر وقوع بحران‌های طبیعی به‌وجود می‌آید منجر به خسارات شدید می‌شود که می‌توان آن را به عنوان خسارات مستقیم ناشی از آسیب فیزیکی و خسارات غیرمستقیم اجتماعی-اقتصادی ناشی از تأخیر در سفر و کاهش کارایی خدمات حمل‌ونقل طبقه‌بندی کرد (پُستانس و همکاران، ۲۰۱۷).

بردیکا (۲۰۰۲) به اهمیت مطالعه آسیب‌پذیری شبکه جاده پرداخت و استدلال کرد که ریسک از احتمالات و پیامدها تشکیل شده است. ریسک شبکه جاده می‌تواند داخلی یا خارجی باشد. ریسک‌های داخلی ناشی از آسیب‌پذیری توپولوژیک در ساختار شبکه راه است و ریسک خارجی ممکن است در اثر اختلالات ناشی از حوادث (حوادث ترافیکی، بحران‌های طبیعی) یا مواردی نظیر حوادث عمدی مانند تعمیرات جاده، حملات و تروریسم باشد (ماتسون و جنلیوس، ۲۰۱۵) باشد. استراتژی‌های هدفمند کاهش ریسک نیازمند درک این خطرات، احتمالات و پیامدهای ناشی از عوامل داخلی یا خارجی است (پُستانس و همکاران، ۲۰۱۷).

با توسعه سریع مناطق شهری، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، شبکه حمل‌ونقل نقش مهمی در رشد اقتصاد منطقه‌ای ایفا کرده است. در سال‌های اخیر، تحقیقات فزاینده‌ای برای ارزیابی و سنجش عملکرد شبکه حمل‌ونقل با توجه به نقش مهم آن به‌عنوان یک سیستم راه نجات به‌ویژه تحت رویدادهای مخرب مانند بحران‌های طبیعی صورت گرفته است و تلاش‌های تحقیقاتی زیادی از دیدگاه‌های مختلف برای سنجش، تحلیل و ارزیابی قابلیت شبکه راه‌ها برای عملکرد تحت حوادث و سناریوهای مختلف انجام شده است. تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل به عنوان یک سنجش مؤثر و مهم برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه حمل‌ونقل تحت اختلالات شناخته می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژونگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ لنگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ لو، ۲۰۱۸؛ تانگ و هوانگ، ۲۰۱۹؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۲۰).

خرابی پل و تونل می‌تواند اثرات مخرب بسیار بیشتری را در زمان وقوع بحران‌های طبیعی مانند سیل، طوفان و رانش زمین ایجاد کند (چوپرا و خانا، ۲۰۱۵). بنابراین، بسیاری از زیرساخت‌های مهم ترافیکی مانند پل‌ها و تونل‌ها معمولاً به دلیل حوادث ترافیکی یا رویدادهای مخرب دچار ازدحام یا خرابی و اختلال می‌شوند. به طور خاص، زمانی که یک پل یا تونل در اثر حوادث در یک بزرگراه خراب می‌شود، تعداد زیادی از مسافران به ندرت گزینه‌های جایگزینی دارند جز اینکه منتظر بازیابی این زیرساخت‌های حیاتی باشند که باعث تأخیر جدی ترافیک و متعاقب آن خرابی شبکه بزرگ-مقیاس به دلیل ازدحام می‌شود. خرابی این زیرساخت‌های حیاتی بر سفرهای روزانه مردم، شبکه و همچنین اقتصاد منطقه‌ای تأثیر جدی خواهد گذاشت. متأسفانه، چنین تأثیراتی به ندرت در تحلیل آسیب‌پذیری شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرند. اگر چنین مشکلاتی در فرآیندهای طراحی، ساخت و بهره برداری شناسایی و برطرف شوند، این عوارض جانبی می‌تواند به میزان قابل توجهی کاهش یابد (ژانگ و لی، ۲۰۱۸).

پل‌ها اجزای بسیار مهم شبکه‌های حمل‌ونقل هستند (گویکما و گاردونی، ۲۰۰۹) که به عنوان نقاط کلیدی شبکه، بازیابی آنها پس از از دست دادن عملکرد و/ یا

ایمنی بسیار پیچیده‌تر از سایر دارایی‌ها است. بازسازی پل نیز چالش‌برانگیز و پرهزینه است (رکن‌الدین و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسمیت و همکاران، ۲۰۲۱). پل‌ها از اجزای بسیار کلیدی زیرساخت‌های حمل‌ونقلی به شمار می‌آیند که اقتصاد و جوامع جهانی به شدت به آنها وابسته هستند. پل‌های ریلی و جاده‌ای از اجزای آسیب‌پذیر شبکه‌های حمل‌ونقل هستند که در معرض مخاطرات چندگانه‌اند (کوکس و همکاران، ۲۰۱۹) و هر گونه نقص و خرابی در آنها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد سیستم حمل‌ونقل داشته باشد (دیکانسکی و همکاران، ۲۰۱۸؛ نصر و همکاران، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰). در بازسازی و راه‌اندازی مجدد شبکه‌های حمل‌ونقل، پل‌ها اغلب مهم‌ترین اجزا هستند و عملکرد آنها از اهمیت زیادی برخوردار است (فرانگوپل و بوکینی، ۲۰۱۲). علاوه بر این، پل‌ها به طور نامناسبی در معرض چندین خطر طبیعی و انسانی (مانند سیل (آرگیرودیس و میتولیس، ۲۰۲۱)، زلزله (فردی و همکاران، ۲۰۲۱)، برخوردها و بارگذاری بیش از حد) هستند، و به دلیل فشارهای ناشی از فشار و خوردگی‌های دیگر خراب می‌شوند (واردانا و هادیپریونو، ۲۰۰۳؛ آکیاما و همکاران، ۲۰۱۹). شکنندگی پل‌ها و شبکه‌های حمل‌ونقل در برابر خطرات منفرد و چندگانه توسط آرگیرودیس و همکاران (۲۰۱۹) توصیف شده است.

خطرات مربوط به تغییرات اقلیمی و یا تحت تأثیر آن، رویدادهای مرکبی هستند که در آن دو یا چند رویداد که لزوماً خودشدید نیستند، به طور همزمان یا اندکی پس از دیگری اتفاق می‌افتند و منجر به تأثیر شدید می‌گردند (IPCC ، ۲۰۱۲).

تغییر اقلیم باعث تشدید خوردگی سازه‌ها، فرسایش خاک اطراف و وقوع حوادث شدید مانند سیلاب می‌شود.

بنابراین، افزایش آسیب‌پذیری پل‌ها تحت عوامل استرس‌زای چندگانه از جمله عدم قطعیت تغییرات آب-وهوا، چالش بزرگی را برای اپراتورهای زیرساخت حمل‌ونقل ایجاد می‌کند (موندرو و همکاران، ۲۰۱۸؛ آکیاما و همکاران، ۲۰۱۹؛ لیو و سونگ، ۲۰۲۰). تا کنون، مطالعاتی در مورد تأثیر تغییرات آب‌وهوایی و اثرات مخاطره‌آمیز متعدد بر تاب‌آوری پل‌ها انجام شده است (دونگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ دکو و همکاران، ۲۰۱۳؛ دونگ و فرانگوپل، ۲۰۱۵؛ بنرجی و همکاران، ۲۰۱۹؛ آرگیرودیس و همکاران، ۲۰۲۰؛ لی و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر آن، مدقالچی و همکاران (۲۰۲۳) پل‌های بتنی با ریسک بالای خرابی در محور جاده‌ای استان زنجان را مورد بررسی قرار دادند. دزفولی نژاد و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی ریسک‌های امنیتی پل‌ها در شرایط عدم قطعیت پرداختند. طالب صفا و همکاران (۲۰۲۱) پایش سلامت پل‌ها را از منظر خواص مودال مورد بررسی قرار دادند. دزفولی نژاد و همکاران (۲۰۲۰) به منظور تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقل، به بررسی اثر تغییر در چگالی شبکه حمل‌ونقل بر نحوه بهینه‌سازی تخصیص بودجه پرداختند.

با توجه به نقش بسیار حیاتی ابنیه فنی سیستم حمل‌ونقل، به‌ویژه پل‌ها و تونل‌ها، در تعیین سطح عملکرد و ریسک در محورهای شریانی که مبتنی بر وضعیت عملکرد و سطوح آسیب‌پذیری این ابنیه می‌باشد، و همچنین با توجه به این نکته که بروز خسارت و آسیب به ابنیه فنی می‌تواند علاوه بر موارد انسداد موضعی موجب اختلال در سیستم حمل‌ونقل در کل مسیر شریانی گردد، این ابنیه به عنوان موارد مهمی در بحث ریسک محسوب می‌گردند. بنابراین، تعیین نوع و کیفیت عملکرد این ابنیه به همراه میزان آسیب‌پذیری آن در مخاطرات مد نظر، برای تعیین سطوح ریسک ناشی از این مقوله در محورهای شریانی ضروری می‌نماید.

۲. روش

در گام نخست، با برداشت‌های اولیه میدانی، ابنیه فنی مهم و تأثیرگذار که می‌توانند در بحث زلزله آسیب‌پذیر باشند و همچنین بسته شدن یا تخریب آن‌ها اثر بسیار

بزرگی بر روند ترافیکی منطقه خواهد داشت شناسایی شدند. سپس گروه‌های بازرسی فنی به منطقه اعزام شده و در کلیه این ابنیه فنی که شامل پل و تونل بودند، عملیات بازرسی عملکردی سازه و شناسایی عوامل آسیب‌پذیری براساس چک لیست‌های از پیش تهیه شده صورت گرفت. پس از برداشت‌های گسترده علاوه بر تصحیح و راستی‌آزمایی موارد فنی درج شده در اسناد BMS ابنیه استان، از موارد آسیب‌پذیری عملکردی در ابنیه فنی، لیست کامل و مصوری از ایرادات موجود در سازه‌ها به همراه کلیه موارد مربوط به وضعیت فعلی فیزیکی و عملکردی آن‌ها تهیه گردید. کلیه پارامترهای برداشت شده در سازه‌ها براساس اهمیت و نوع تأثیرگذاری آسیب وزن‌دهی شدند. در شکل ۱، نمونه‌ای از چک لیست‌های تکمیل شده برای یکی از پل‌های استان قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به همه پارامترهای برداشت شده و همچنین ضریب اهمیت هر کدام، طبقه-بندی براساس سطوح آسیب‌پذیری در ابنیه استان در چهار گروه صورت گرفت. این چهار گروه در طبقات زیر معرفی گردیده‌اند:

درجه ۱: ابنیه با عملکرد مناسب و بدون آسیب

درجه ۲: ابنیه با آسیب‌پذیری موضعی

درجه ۳: ابنیه با آسیب‌پذیری گسترده

درجه ٤: ابنیه با آسیب‌پذیری کامل (وضعیت بحرانی کامل)

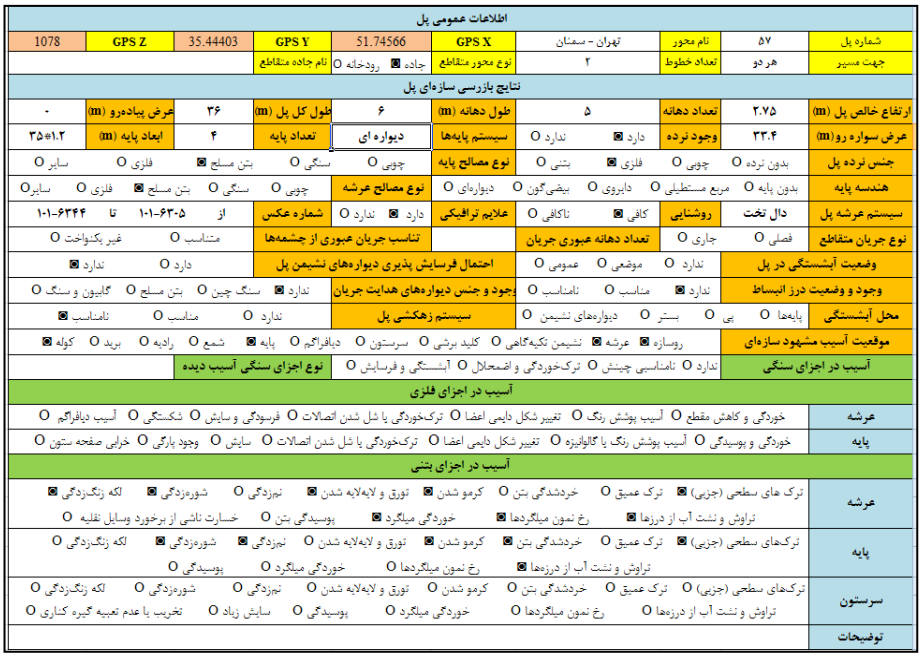
نتایج به‌دست آمده در این مرحله در جدول ۱ قابل مشاهده است. در این جدول، هر کدام از ابنیه بر اساس محوری که در آن واقع شده است به همراه درجه آسیب-پذیری معرفی شده است. این جدول، کاربرد بسیار زیادی در امر اولویت‌بندی ابنیه استان بر اساس آسیب‌پذیری داشته و می‌تواند نقش مهمی در امر تخصیص منابع جهت عملیات مقاوم‌سازی و بهسازی ایفا نماید. ابنیه فنی در شریان‌های جاده‌ای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند که عبارتند از:

- محور تهران- کرج- قزوین
- محور مخصوص کرج - قزوین
- محور کندوان (چالوس)
- محور اشتهارد

در بررسی وضع موجود پل‌های استان البرز موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱. اطلاعات سازه‌ای

در این بخش، ارتفاع پل، تعداد دهانه‌ها، طول دهانه‌ها، طول کل پل، عرض پیاده‌رو، عرض پل، وجود نرده، سیستم پل، تعداد پایه، ابعاد پایه، نوع مصالح عرشه (چوب، سنگ، بتن، بتن مسلح، فلز و سایر مواد)، نوع مصالح پایه (چوب، سنگ، بتن، بتن مسلح، فلز و سایر مواد)، شکل مقطع پایه (مستطیل، دایره، بیضی‌گون، پروفیل فولادی، ...)، جنس نرده پل (چوب، فلز، بتن، ...)، وجود آسیب‌های موضعی مشهود، نوع جریان متقاطع (فصلی و پایدار) تناسب جریان عبوری از چشمه‌ها (متناسب و غیریکنواخت) وضعیت آبشستگی پایه‌ها (دارد یا ندارد) احتمال فرسایش‌پذیری دیواره‌های نشیمن پل (دارد یا ندارد)، وجود دیواره‌های هدایت جریان (دارد یا ندارد)، جنس دیواره‌های هدایت جریان (سنگ چین، بتن و گابیون، سنگ)، سیستم زهکشی پل (دارد یا ندارد) و وضعیت زهکشی پل (مناسب یا نامناسب) مورد بررسی قرار گرفت.



اطلاعات عمومی پل								
شماره پل	۵۷	نام محور	تهران - سمنان	GPS X	51.74566	GPS Y	35.44403	GPS Z	1078
جهت مسیر	هر دو	تعداد خطوط	۲	نوع محور متقاطع	جاده ■ رودخانه O	نام جاده متقاطع			
نتایج بازرسی سازه‌ای پل									
ارتفاع خالص پل (m)	۲.۷۵	تعداد دهانه	۵	طول دهانه (m)	۶	طول کل پل (m)	۳۶	عرض پیاده‌رو (m)	۰
عرض سواره رو(m)	۳۳.۴	وجود نرده	دارد ■ ندارد O	سیستم پایه‌ها	دیواره ای	تعداد پایه	۴	ابعاد پایه (m)	۳۵*۱.۲
جنس نرده پل	بدون نرده O چوبی O		فلزی ■ بتنی O	نوع مصالح پایه	چوبی O سنگی O		بتن مسلح ■	فلزی O	سایر O
هندسه پایه	بدون پایه O مربع مستطیلی O		دایروی O بیضی‌گون O	دیواره‌ای O	نوع مصالح عرشه	چوبی O سنگی O		بتن مسلح ■	فلزی O سایرO
سیستم عرشه پل	دال تخت	روشنایی	کافی ■ ناکافی O	علایم ترافیکی	دارد ■ ندارد O	شماره عکس	از ۱۰۱-۶۳۰۵	تا	۱۰۱-۶۳۴۴
نوع جریان متقاطع	فصلی O جاری O		تعداد دهانه عبوری جریان		تناسب جریان عبوری از چشمه‌ها		متناسب O		غیر یکنواخت O
وضعیت آبشستگی در پل	ندارد O موضعی O عمومی O				احتمال فرسایش پذیری دیواره‌های نشیمن پل		دارد O		ندارد ■
وجود و وضعیت درز انبساط	ندارد ■ مناسب O نامناسب O				وجود و جنس دیواره‌های هدایت جریان		ندارد ■ سنگ چین O بتن مسلح O گابیون و سنگ O		
محل آبشستگی	پایه‌ها O بی O بستر O دیواره‌های نشیمن O				سیستم زهکشی پل		ندارد O مناسب O		نامناسب ■
موقعیت آسیب مشهود سازه‌ای	روسازه ■ عرشه ■ نشیمن تکیه‌گاهی O کلید برشی O سرستون O دیافراگم O پایه ■ شمع O رادیه O برید O کوله ■								
آسیب در اجزای سنگی	ندارد O نامناسبی چینش O ترک‌خوردگی و اضمحلال O آبشستگی و فرسایش O				نوع اجزای سنگی آسیب دیده				
آسیب در اجزای فلزی									
عرشه	خوردگی و کاهش مقطع O آسیب پوشش رنگ O تغییر شکل دایمی اعضا O ترک‌خوردگی یا شل شدن اتصالات O فرسودگی و سایش O شکستگی O آسیب دیافراگم O								
پایه	خوردگی و پوسیدگی O آسیب پوشش رنگ یا گالوانیزه O تغییر شکل دایمی اعضا O ترک‌خوردگی یا شل شدن اتصالات O سایش O وجود پارگی O خرابی صفحه ستون O								
آسیب در اجزای بتنی									
عرشه	ترک های سطحی (جزیی) ■ ترک عمیق O خردشدگی بتن O کرمو شدن ■ تورق و لایه‌لایه شدن ■ نمزدگی O شوره‌زدگی ■ لکه زنگ‌زدگی ■ تراوش و نشت آب از درزها ■ رخ نمون میلگردها ■ خوردگی میلگرد ■ پوسیدگی بتن O خسارت ناشی از برخورد وسایل نقلیه O								
پایه	ترک‌های سطحی (جزیی) ■ ترک عمیق O خردشدگی بتن ■ کرمو شدن ■ تورق و لایه‌لایه شدن O نمزدگی ■ شوره‌زدگی ■ لکه زنگ‌زدگی O تراوش و نشت آب از درزها ■ رخ نمون میلگردها O خوردگی میلگرد O پوسیدگی O								
سرستون	ترک‌های سطحی (جزیی) O ترک عمیق O خردشدگی بتن O کرمو شدن O تورق و لایه‌لایه شدن O نمزدگی O شوره‌زدگی O لکه زنگ‌زدگی O تراوش و نشت آب از درزها O رخ نمون میلگردها O خوردگی میلگرد O پوسیدگی O سایش زیاد O تخریب یا عدم تعبیه گیره کناری O								
توضیحات									

شکل ۱. نمونه چک لیست تکمیل شده برداشت پل‌ها

جدول ۱. عناوین موارد مهمی که در بازرسی پل به آنها توجه شده است

نوع اجرای سازه و نقایص اجرایی	وضعیت مصالح مصرفی در سازه از حیث دوام و کیفیت (مانند فولاد و بتن)
شرایط انتقال بار در المان‌های باربر سازه از جمله ستون‌ها، تیرها	وضعیت رنگ در المان‌های فلزی
وضعیت عملکردی المان‌های اساسی سازه (مانند تیرها، ستون‌ها، سرستون‌ها، دیافراگم‌ها، مهاربندها)	وضعیت کاور بتن در المان‌های بتنی
ابعاد هندسی المان‌های مختلف سازه‌ای	وضعیت آبشستگی در المان‌های مختلف سازه
وضعیت روسازه و راه‌های عبوری از روی سازه‌ها	تأثیرات جریان‌های هیدرولیکی بر سازه
وضعیت نشیمن‌گاه‌های سازه	بررسی چاله‌های فرسایشی
وضعیت رادیه و برید در سازه	وضعیت اتصالات در سازه
وضعیت کوله‌ها	وضعیت انواع ترک‌ها در قسمت‌های مختلف سازه
شناسایی و بررسی انواع نشانه‌های آسیب	وضعیت نرده‌ها در سازه
وضعیت دال‌ها در سازه	وضعیت روشنایی در سازه
وضعیت فونداسیون در سازه	وضعیت علایم ترافیکی در سازه
وضعیت نئوپرن‌ها در سازه	وضعیت زهکش‌ها در سازه
وضعیت تکیه‌گاه‌های مختلف و ایزولاتورها	وضعیت دیوارهای هدایت جریان در سازه
وضعیت اجزای سنگی در سازه	وضعیت درزهای انبساط در سازه

۲-۲. بازرسی سازه

۲-۲-۱. پل‌های مصالح بنایی

- **پل‌های سنگی:** در این مورد، کیفیت ملات مصرفی (مناسب یا نامناسب) و چینش مصالح و پایداری (مناسب یا نامناسب) ارزیابی شد.

- **پل‌های چوبی:** در بررسی پل‌های چوبی، کیفیت چوب (مناسب یا نامناسب) و چینش مصالح و پایداری (مناسب یا نامناسب) ارزیابی شد.

۲-۲-۲. پل‌های فلزی

در پل‌های فلزی، موارد عرشه و پایه از نظر وجود خوردگی، وضعیت رنگ و تغییرشکل در اجزا مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۲-۳. پل‌های بتنی

در بررسی پل‌های بتنی موارد عرشه، پایه و سرستون‌ها از نظر وجود ترک‌های سطحی، کرمو شدن سطح، رخ نمون میلگردها، وجود خوردگی در میلگردها و نوع و محل ترک‌ها ارزیابی شد.

۲-۳. چک لیست‌های فنی برای بازدید پل‌ها

پس از بررسی‌ها و بازدیدهای گسترده به عمل آمده از ابنیه فنی در محورهای جاده‌ای شریانی در سطح استان که مبتنی بر چک لیست‌های تهیه شده براساس آیین-نامه‌های بازرسی فنی ابنیه تنظیم گردیده بود، نتایج حاصل از این بازدیدها به صورت جدول و تصویر، به تفکیک مسیرهای مختلف، تهیه گردید که به عنوان نمونه یکی از این جداول و تصاویر نمایش داده شده است. در شکل ۱، نمونه چک لیست برداشت پل‌ها نشان داده شده است.

۲-٤. بازرسی فنی

موارد تحت بازرسی در شریان‌های جاده‌ای، از نظر همه موارد مهم و تأثیرگذار در عملکرد سازه و همچنین موارد آسیب‌پذیری موجود بررسی شدند. از جمله مهمترین آن-ها باید به مواردی اشاره نمود که در جدول ۱ آورده شده است. برهمین اساس، کلیه پارامترهای فوق در پل‌های مورد بازرسی، شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته و پس از تکمیل چک لیست‌های تعیین شده براساس ضوابط فنی در آیین‌نامه‌های مرتبط، وضعیت کلی پل از حیث نوع عملکرد و میزان آسیب‌پذیری به صورت طبقه‌بندی شده ارائه گردید. قابل ذکر است که این طبقه‌بندی براساس وزن آسیب‌های موجود در قسمت‌های مختلف سازه و ضریب اهمیت آن قسمت در عملکرد کلی سازه بوده است. در شکل‌های ۲ تا ۸ نمونه‌هایی از موارد مورد بازرسی و همچنین آسیب‌های ثبت شده قابل مشاهده می‌باشند.

۳. بحث

۳-۱. بررسی پل‌های محورهای شریانی استان البرز

برای محورهای شریانی در طبقه‌بندی راه‌ها، استان البرز دارای محورهای شریانی: تهران- کرج- قزوین، محور مخصوص کرج – قزوین، محور کندوان و محور اشتهارد می‌باشد.

پوکیدگی بتن در موقعیت نشت و تراوش آب از درز مابین عرشه های جدید و قدیم

نمایی از پل

کرمو شدن و تخریب بتن پوشش عرشه به همراه لکه زنگ بر سطح آن

شوره‌زدگی و تخریب بتن در موقعیت نشت و تراوش آب روی سطح عرشه و نشیمن تکیه‌گاهی

پرشدگی دهانه عبوری جریان ناشی از انباشت نخاله

نم‌زدگی و شوره‌زدگی شدید بر سطح عرشه

شکل ۲. بازرسی پل شماره ۵ در محور کرج- قزوین

شکل ۳. تخریب بتن و رخنمون آرماتورها در اجزای باربر پل

شکل ٤. مشکلات زهکش‌ها و اثرات ثانویه در پل‌ها

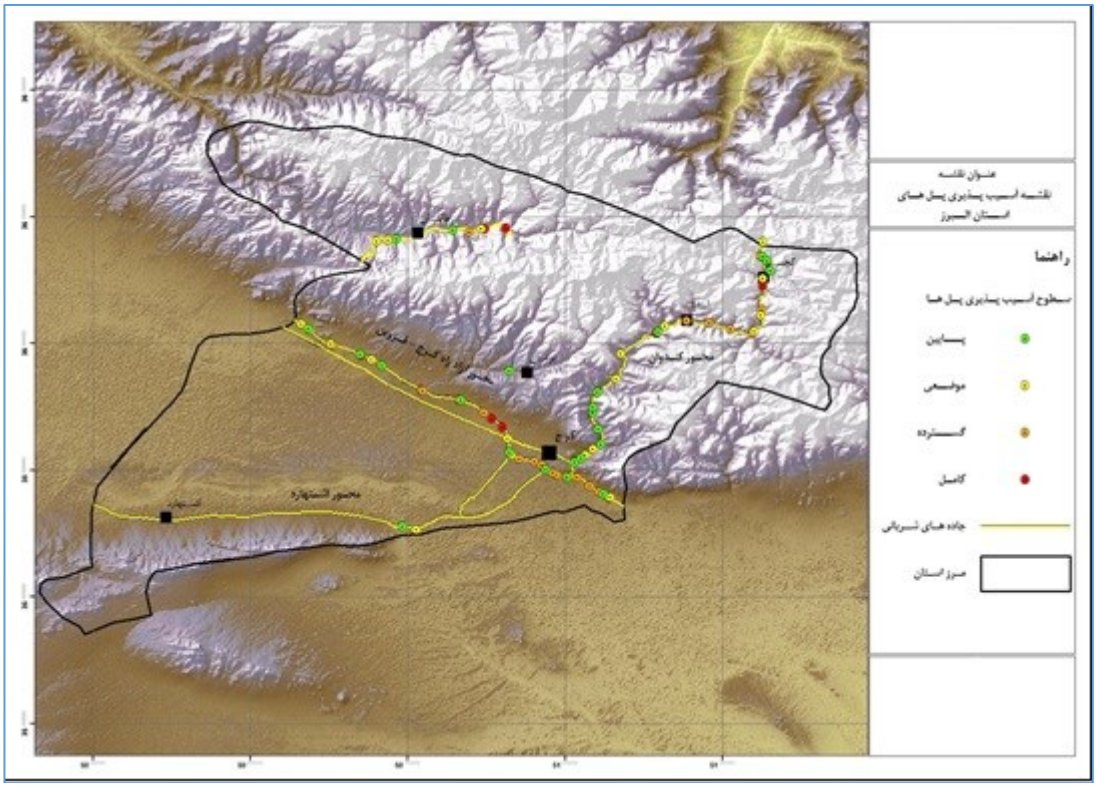
شکل ۵. شناسایی و علت‌یابی نشانه‌های آسیب در اجزای پل (مانند ترک‌ها، پوسیدگی‌ها و...)

شکل ٦. بررسی وضعیت المان‌های اصلی و باربر سازه (تیرها، ستون‌ها، اتصالات، کلیدهای برشی)

شکل ۷. بررسی وضعیت درزهای انبساط در پل‌ها

شکل ۸. وضعیت قطعات و اتصالات در اجزای فلزی

محورهای فوق با توجه به تعریف محورهای شریانی تعیین شدند و همچنین محور طالقان نیز با وجود اینکه جزو محورهای شریانی استان تلقی نمی‌گردید، با توجه به دارا بودن ابنیه فنی مهم برای بازرسی، به این مجموعه اضافه گردید. محورهای مورد نظر در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشند. همچنین، تعداد پل‌های مورد بازرسی در هر یک از محورهای شریانی استان البرز در شکل ۱۰ بیان شده است.

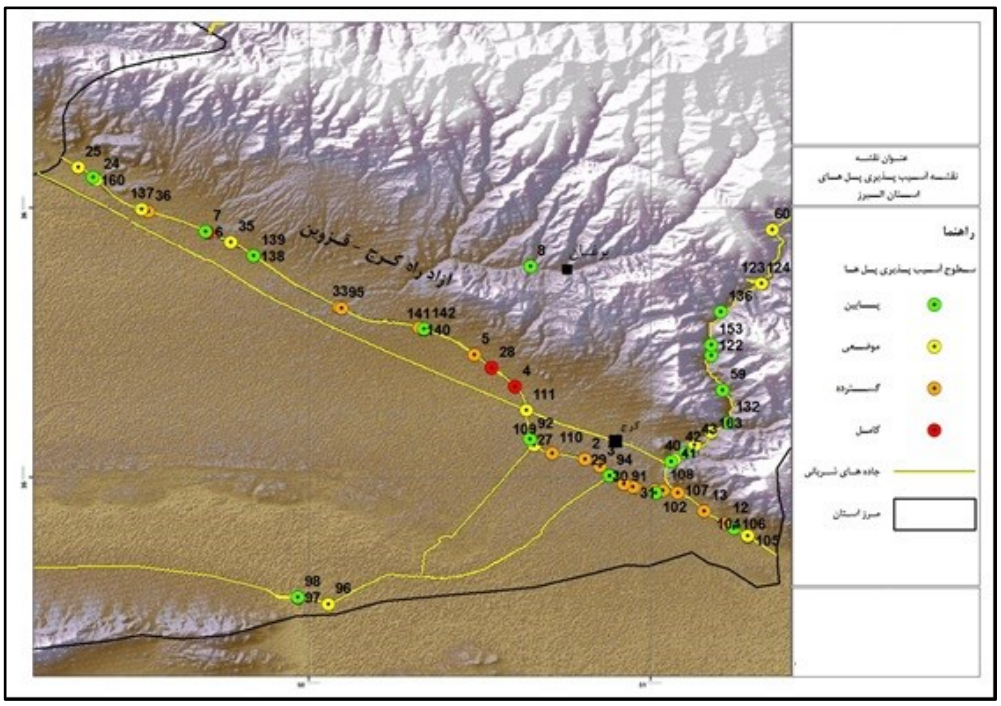


شکل ۹. محورهای شریانی استان البرز و پل‌های بازرسی شده

۳-۱-۱. محور تهران- کرج- قزوین

این محور به عنوان یکی از مهمترین و پرترددترین محورهای ارتباطی کشور، راه ارتباطی شهر تهران با مناطق غربی آن و همچنین کلیه شهرها و شهرستان‌های شمالی و غربی کشور می‌باشد. بنابراین، دارای نرخ تردد بسیار بالایی بوده و به خصوص در ساعاتی از روز دارای حجم ترافیک بسیار انبوهی می‌باشد. تیم سازه و ابنیه فنی در این محور تعداد ۴۳ پل را مورد بازرسی کامل قرار دادند که در بیشتر آن‌ها مشکلات سازه‌ای فراوانی ثبت گردید. نتایج این بازدیدها در شکل ۱۱ مشخص شده است. نمودار شکل ۱۲ در قالب نقشه قرارگیری ابنیه فنی در این محور، به همراه طبقه‌بندی سطوح آسیب‌پذیر در آن‌ها، و همچنین موارد مربوط به هر کدام از سطوح آسیب‌پذیری در طول این محور ارائه شده است. طبق نتایج، پل‌های دارای آسیب‌پذیری موضعی و گسترده در این محور زیاد می‌باشند و دلیل این امر حجم بالای تردد از این محور است. آسیب‌هایی از قبیل تخریب کاور بتن در اعضای اصلی، تورق جداره و همچنین مشکلات مربوط به زهکش‌ها، که موجب تخریب بتن پیرامون شده است، در این محور به وفور قابل مشاهده است. همچنین، در برخی از پل‌های کم‌ارتفاع این محور گرفتگی چشمه‌های عبوری جریان بر اثر انباشت مصالح خاکی و یا زباله مشهود است.

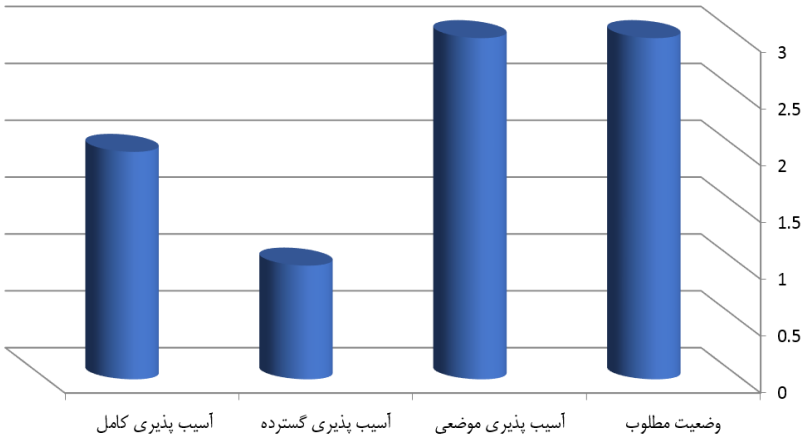
شکل ۱۰. نمودار تعداد پل‌های مورد بازدید در محورهای شریانی استان البرز



شکل ۱۱. طبقه‌بندی پل‌های محور شریانی تهران- کرج- قزوین

۳-۱-۲. محور مخصوص کرج – قزوین

این محور شریانی در گذشته به عنوان راه اصلی ارتباطی استان البرز به شهرستان قزوین بوده است و حجم تردد بسیار بالایی داشت، اما هم اینک بار اصلی ترافیکی این محور به اتوبان جدید کرج- قزوین منتقل شده و این محور دارای تردد کمتری نسبت به قبل می‌باشد. در این محور شریانی، پل برای بازدید جهت بررسی آسیب-پذیری موجود نبود و بازرسی در این محور صورت نگرفت.



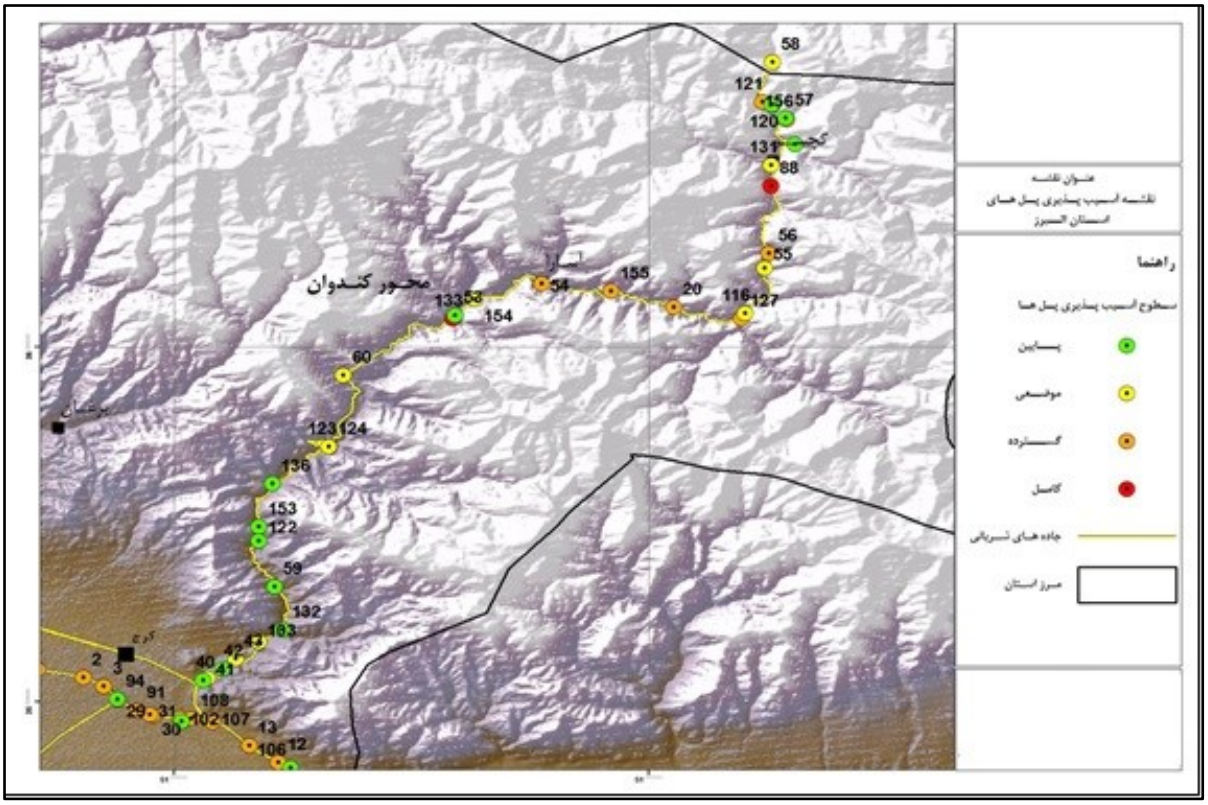
شکل ۱۲. وضعیت سطوح آسیب‌پذیری در پل‌های مورد بازدید محور تهران- کرج – قزوین
(ستون قائم نمودار مربوط به نرمالایز تعداد پل‌ها تا میزان سه درجه است)

۳-۱-۳. محور کندوان (چالوس)

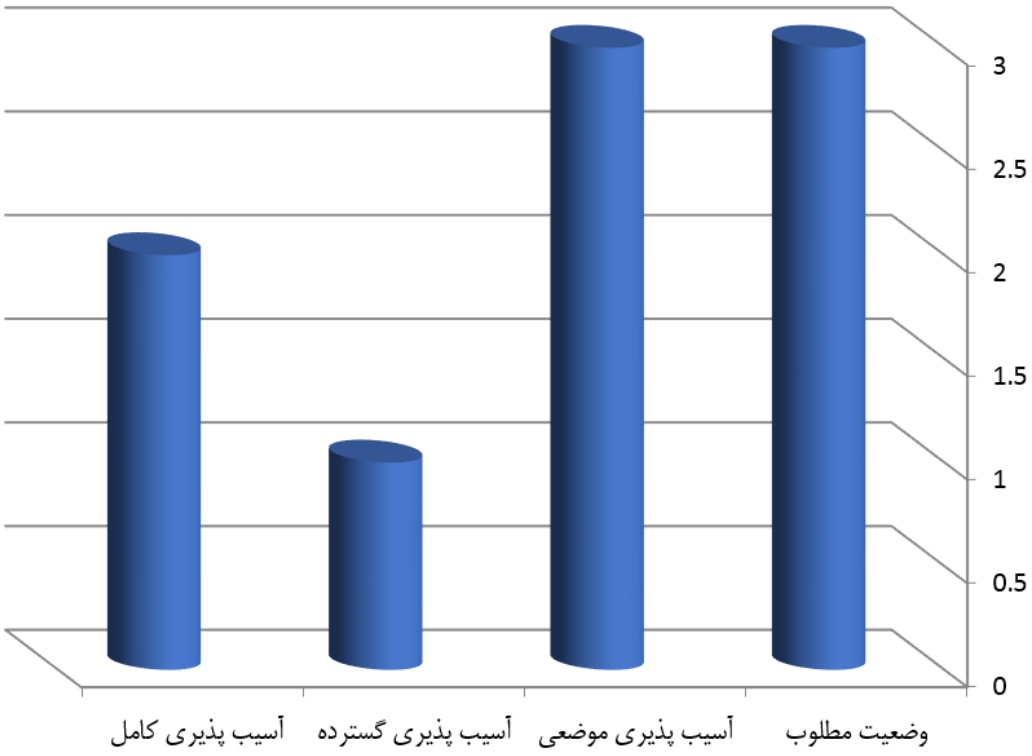
این محور شریانی یکی از پرترددترین محورهای ارتباطی کشور بوده و به دلیل اینکه راهی جهت مسافرت به غرب استان مازندارن فراهم می‌نماید، دارای حجم انبوه ترافیک، به‌خصوص در برخی ایام سال، می‌باشد. به دلیل قدمت این محور، ابنیه فنی قدیمی در این مسیر به وفور مشاهده شده که در بسیاری مواقع مورد بازسازی و تعمیر قرار گرفته‌اند. تیم ابنیه فنی این پروژه تعداد ۳۲ پل را در این مسیر مورد ارزیابی دقیق قرار دادند که تعداد ٤ پل از این جمع مربوط به پل‌های فاقد اطلاعات قبلی می‌باشد. نتایج بازرسی از ابنیه فنی این محور در شکل ۱۳ و نمودار شکل ١٤ ارائه شده است. همان‌طور که از نتایج مشهود است، در این محور، پل‌های با عملکرد مطلوب فراوانی وجود دارد که اغلب آن‌ها پل‌های جوان‌تر هستند. اما در پل‌های قدیمی این مسیر که قدمت عملکرد آن‌ها بالاست، شاهد آسیب‌پذیری‌های متعدد موضعی و گسترده هستیم که بیشتر در قالب مباحث نشت آب، شوره‌زدگی، تخریب و تورق بتن سطوح و علی‌الخصوص مباحث آبشستگی فونداسیون و جداره‌ها مشهود بوده‌اند. پل‌های سنگی این محور نیز اکثراً با مشکل فرسایش و اضمحلال ملات بین سنگ‌ها مواجه هستند. همچنین، آثار گل و لای ناشی از طغیان رودخانه در بسیاری از پل‌های این محور قابل رؤیت است.

۳-۱-٤. محور اشتهارد

این محور شریانی که راه ارتباطی به مناطق اشتهارد و بویین‌زهرا می‌باشد، دارای بار ترافیکی متوسطی در اغلب مواقع سال است و نسبت به دیگر محورهای شریانی استان تردد کمتری دارد. در این مسیر، تعداد ٤ پل مورد ارزیابی دقیق سازه‌ای قرار گرفت. نتایج بازرسی پل‌های این محور در شکل ۱۵ و نمودار شکل ١٦ ارائه گردیده است. موارد بازرسی شده در این محور نشان‌دهنده عملکرد مطلوب اغلب پل‌های این مسیر هستند و این به دلیل بار ترافیکی کم این محور نسبت به دیگر محورهای استان می‌باشد. همچنین، قدمت کم عملکردی این ابنیه نیز باعث گردیده که وارد فاز خستگی و همچنین تأثیرپذیری از شرایط اقلیمی و بارهای دینامیک تأثیرگذار نشوند. بنابراین، بر همین اساس، عملکرد ابنیه این محور را می‌توان به صورت کلی بسیار مطلوب بیان نمود. تنها موارد آسیب در این محور را می‌توان به مشکلات زهکشی و نشت آب در برخی از پل‌های این مسیر و آن هم در برخی مواضع پل معرفی نمود که با راهکارهای ساده قابل رفع می‌باشند.

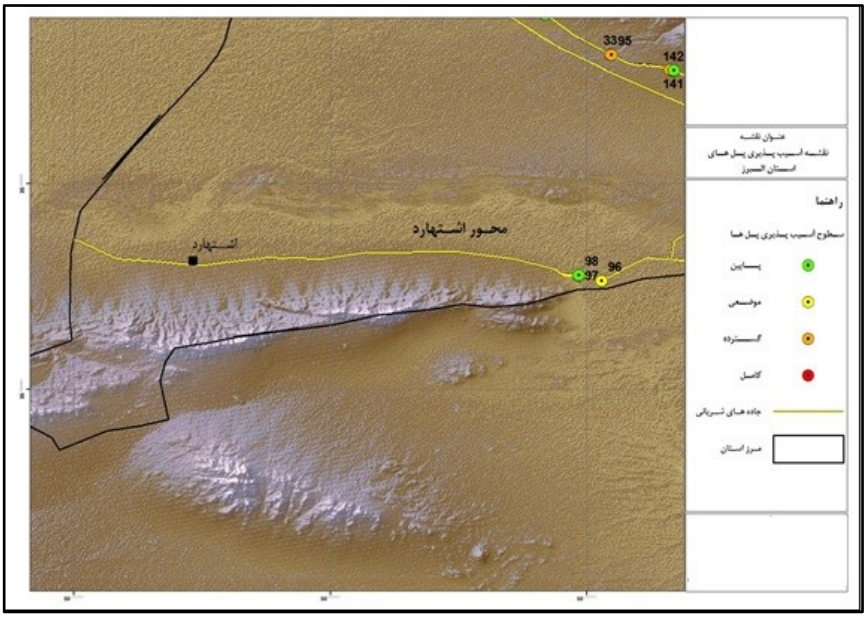


شکل ۱۳. طبقه‌بندی پل‌های محور شریانی کندوان

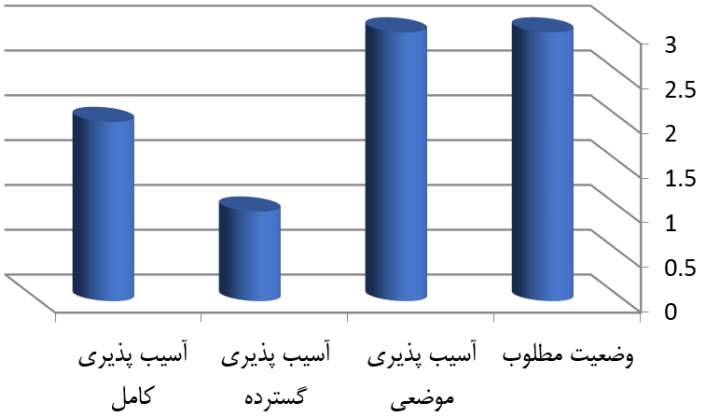


شکل ١٤. نمودار سطوح آسیب‌پذیری در پل‌های مورد بازدید محور کندوان

(ستون قائم نمودار مربوط به نرمالایز تعداد پل‌ها تا میزان سه درجه است)



شکل ۱۵. طبقه‌بندی پل‌های محور شریانی اشتهارد

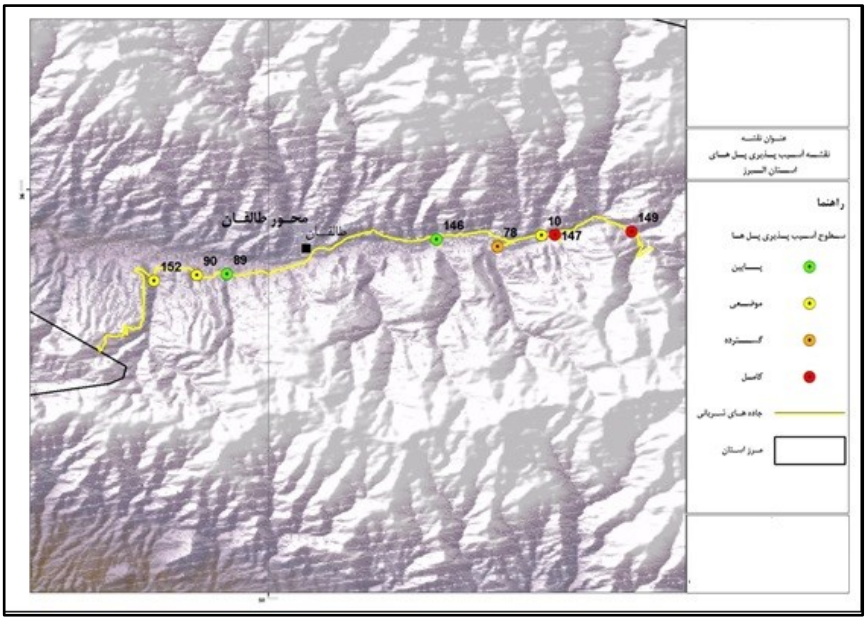


شکل ۱۶. نمودار سطوح آسیب‌پذیری در پل‌های مورد بازدید محور اشتهارد
(ستون قائم نمودار مربوط به نرمالایز تعداد پل‌ها تا میزان سه درجه است)

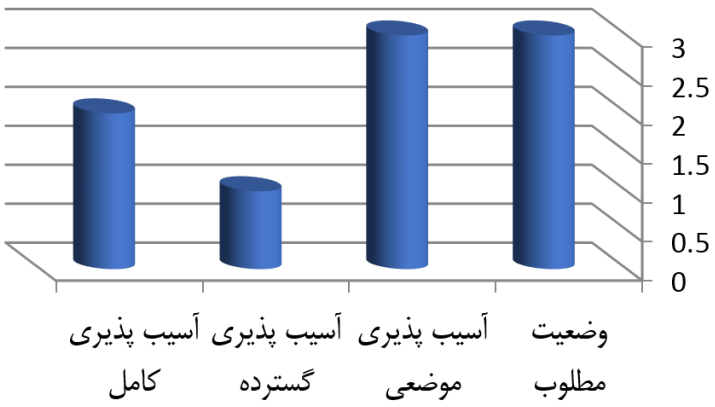
۳-۱-۵. محور طالقان

همانطور که قبلاً اشاره شد، این محور براساس تعاریف مربوط به محورهای شریانی جزو این راه‌ها قرار نمی‌گیرد؛ اما به دلیل نوع مناطق تحت پوشش و همچنین وجود ابنیه مهم و تأثیرگذار در این محور، ابنیه این راه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت که در بسیاری مواقع اطلاعات پیشین این ابنیه دارای اشتباهاتی بود که تصحیح گردید. بر همین اساس، تعداد ۹ پل در این محور مورد ارزیابی دقیق سازه‌ای قرار گرفت. نتایج مربوط به بازرسی از ابنیه فنی این مسیر در شکل ۱۷ و همچنین نمودار شکل ۱۸ که میزان سطوح آسیب‌پذیری مختلف در پل‌های این محور را بیان می‌کند ارائه گردیده است. محور کرج – طالقان از جمله قسمت‌های کوهستانی استان البرز می‌باشد و اکثر پل‌های آن روی رودخانه قرار دارند. از معضلات مشهود پل‌های طالقان، تخریب رادیه و برید در آن‌ها و همچنین آبشستگی را می‌توان نام برد. همچنین، خرابی و فرسایش در محل نشیمن برخی پل‌ها قابل اشاره است. طبیعت موجود در اطراف پل‌های طالقان موجبات

نم‌زدگی و شوره‌زدگی را فراهم نموده است که در بعضی پل‌ها رؤیت گردید. در این محور، می‌توان به پل‌های بسیار قدیمی اشاره نمود که سیستم سازه‌ای آن‌ها خود نشانگر قدمت این پل‌ها می‌باشد. در نتیجه تعویض و برطرف نمودن نقاط آسیب‌پذیری آن‌ها ضروری است. از جمله دیگر موارد شاخص در این محور، زنگ‌زدگی برخی اجزای پل‌های فلزی می‌باشد. در نهایت، لازم به ذکر است که یکی از پل‌های بازدید شده (پل شماره ۱٤٦) مدتی پیش بر اثر سیلاب دچار فروریزش شده بود که در حال حاضر پل جدیدی در آن محل در مرحله اجرا می باشد.



شکل ۱۷. طبقه‌بندی پل‌های محور شریانی طالقان



شکل ۱۸. نمودار سطوح آسیب‌پذیری در پل‌های مورد بازدید محور طالقان

(ستون قائم نمودار مربوط به نرمالایز تعداد پل‌ها تا میزان سه درجه است)

لازم به ذکر است که روند انجام یافته در این طرح که منتج به تعیین سطوح آسیب‌پذیری در هر یک از پل‌ها در مسیرهای شریانی گردیده است، تصویر روشنی از هر یک از موارد آسیب‌پذیری و یا ضعف سازه‌ای آنها ارائه می‌دهد که این نکته به عنوان معیار پایه‌ای برای تعیین راهکار اجرایی کاهش ریسک در این ابنیه فنی محسوب می‌گردد.

به عبارت دیگر، طی فعالیت‌های صورت گرفته در این طرح، برای هر یک از ابنیه فنی مورد نظر، سطوح آسیب‌پذیری و نوع آسیب موجود تعیین گردیده است و بر همین اساس الگوی مناسب جهت رفع و یا کاهش اثر آسیب قابل طراحی و اتخاذ می‌باشد.

٤. نتیجه‌گیری

پل‌ها از جمله زیرساخت های مهم و حیاتی در سامانه-های حمل‌ونقل به شمار می‌آیند که خرابی و ایجاد نقص در آنها عملکرد سیستم حمل‌ونقل را دچار مشکل می‌کند. در محورهای شریانی استان البرز، می‌توان نتایج کلی طبقه‌بندی پل‌های این استان را در جدول ۳ مشاهده نمود.

جدول ۳. نتایج کلی طبقه‌بندی پل‌های استان البرز- محور اشتهارد، طالقان و کرج- قزوین

نام محور	شماره پل	درجه آسیب‌پذیری پل			
		A	B	C	D
اشتهارد	96		■		
	97	■			
	98	■			
طالقان	8	■			
	10		■		
	78			■	
	89	■			
	90		■		
	146	■			
	147				■
	149				■
	152		■		
کرج - قزوین	2			■	
	3			■	
	4				■
	5			■	
	6				■
	7	■			
	12			■	
	13			■	
کرج - قزوین	24		■		
	25		■		
	27	■			
	28				■
	29		■		
	30			■	
	31			■	
	33			■	
	35		■		
	36			■	
	91			■	

			■		92
				■	94
		■			95
		■			100
				■	102
			■		103
			■		104
			■		105
				■	106
		■			107
		■			108
			■		109
			■		111
				■	136
			■		137
				■	138
				■	139
		■			140
		■			141
				■	142
				■	160

ادامه جدول ۳. نتایج کلی طبقه‌بندی پل‌های استان البرز- محور کندوان

نام محور	شماره پل	درجه آسیب‌پذیری پل			
		A	B	C	D
کندوان	20			■	
	40	■			
	41		■		
	42	■			
	43		■		
	53	■			
	54			■	
	55		■		
	56			■	
	57	■			
	58		■		
	59	■			
	60		■		
	88				■
	110			■	
	116		■		
	118	■			
	119		■		
	120	■			
	121			■	
	122	■			

		■		123	
	■			124	
	■			127	
		■		131	
			■	132	
■				133	
			■	136	
			■	153	
		■		154	
	■			155	
	■			156	

ذکر این نکته ضروری است که طبقه‌بندی‌های صورت گرفته به صورت مقایسه‌ای و بر اساس معیارهای ثابت (فاکتورهای مندرج در شناسنامه آسیب‌پذیری پل‌ها) و قضاوت مهندسی تیم بازرسی صورت گرفته است.

همچنین، بر اساس نتایج این طرح، طبقه‌بندی از حیث مدیریتی جهت اعطای اعتبار برای مقاوم‌سازی و کاهش ریسک تعیین گردیده است که در حیطه فازبندی اجرای طرح‌های کاهش ریسک بسیار کاربردی است. از سوی دیگر، معیارهای سنجش شده در ابنیه فنی، اولویت‌بندی هر یک از محورها را برای تعیین فازهای اجرایی محوری تعیین خواهد نمود. با توجه به اینکه معیارهای تعیین ریسک در ابنیه فنی (پل‌ها) بر پایه آیین‌نامه آشتو و همچنین تجمیع نظرات اساتید و متخصصین حوزه راه و ابنیه فنی وابسته بوده است، تعیین سطوح آسیب‌پذیری با جزئیات فنی مناسبی همراه بوده که با تکمیل این روند، امکان تعیین راهکارهای مقاوم‌سازی و کاهش ریسک تا سطح تهیه نقشه‌های اجرایی وجود خواهد داشت.

در محور کندوان، ۳۲ پل مورد بازدید قرار گرفت که بر اساس نتایج حاصله در این محور، ۱۱ پل درجه آسیب‌پذیری A، ۱۰ پل با درجه آسیب‌پذیری B و ۹ پل با درجه آسیب‌پذیری C و ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری D می‌باشند. در این محور، پل‌های با عملکرد مطلوب فراوانی وجود دارد که اغلب آن‌ها پل‌های جوان‌تر هستند. اما در پل‌های قدیمی این مسیر که قدمت عملکرد آن‌ها زیاد است، شاهد آسیب‌پذیری‌های متعدد موضعی و گسترده است که بیشتر در قالب مباحث نشت آب، شوره-زدگی، تخریب و تورق بتن سطوح و به‌ویژه مباحث آبشستگی فونداسیون و جداره‌ها مشهود بود. پل‌های سنگی این محور نیز اکثراً با مشکل فرسایش و اضمحلال ملات بین سنگ‌ها مواجه است. همچنین، آثار گل و لای ناشی از طغیان رودخانه در بسیاری از پل‌های این محور قابل رؤیت است. در محور اشتهارد، ۳ پل مورد بازدید قرار گرفت که براساس نتایج حاصله در این محور، ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری A و یک پل با درجه آسیب‌پذیری B می‌باشند. عملکرد ابنیه این محور را می‌توان به صورت کلی بسیار مطلوب بیان نمود. تنها موارد آسیب در این محور را می‌توان به مشکلات زهکشی و نشت آب در برخی از پل‌های این مسیر و آن هم در برخی مواضع پل معرفی نمود که با راهکارهای ساده قابل رفع می‌باشند.

در محور طالقان، ۹ پل مورد بازدید قرار گرفت که بر اساس نتایج حاصله در این محور، ۲ پل درجه آسیب-پذیری A، ۳ پل با درجه آسیب‌پذیری B، ۱ پل با درجه آسیب‌پذیری C و ۲ پل با درجه آسیب‌پذیری D می-باشند. اکثر پل‌های این محور روی رودخانه قرار دارند. از معضلات مشهود پل‌های طالقان، تخریب رادیه و برید در آن‌ها و همچنین آبشستگی و خرابی و فرسایش در محل نشیمن برخی پل‌ها قابل اشاره است. از جمله دیگر موارد شاخص در این محور، زنگ‌زدگی برخی اجزای

پل‌های فلزی می‌باشد. در محور کرج- قزوین، ٤٠ پل مورد بازدید قرار گرفت که بر اساس نتایج حاصله در این محور، ١٠ پل درجه آسیب‌پذیری A، ١٢ پل درجه آسیب‌پذیری B، ١٦ پل درجه آسیب‌پذیری C و ٣ پل درجه آسیب‌پذیری D دارند. آسیب‌هایی از قبیل تخریب کاور بتن در اعضای اصلی، تورق جداره و همچنین مشکلات مربوط به زهکش‌ها، که موجب تخریب بتن پیرامون شده است، در این محور به وفور قابل مشاهده است. همچنین، در برخی از پل‌های کم‌ارتفاع این محور، گرفتگی چشمه‌های عبوری جریان بر اثر انباشت مصالح خاکی و یا زباله مشهود است.

بر اساس نتایج این طرح، طبقه‌بندی از حیث مدیریتی جهت اعطای اعتبار برای مقاوم‌سازی و کاهش ریسک تعیین گردیده است که در حیطه فازبندی اجرای طرح-های کاهش ریسک بسیار کاربردی است و امکان تعیین راهکارهای مقاوم‌سازی و کاهش ریسک تا سطح تهیه نقشه‌های اجرایی وجود خواهد داشت.

۵. مراجع

Akiyama, M., Frangopol, D. M. and Ishibashi, H. 2019. "Toward life-cycle reliability-, risk-and resilience-based design and assessment of bridges and bridge networks under independent and interacting hazards: Emphasis on earthquake, tsunami and corrosion". Struct. Infrastruct. Eng., 16(1): 26-50. https://doi.org /10.1080/ 15732479.2019.1604770

Argyroudis, S. A. and Mitoulis, S. A. 2021. "Vulnerability of bridges to individual and multiple hazards- floods and earthquakes". Reliab. Eng. Syst. Safe., 210: 107564. https://doi. org/107564./j.ress.2021.107564

Argyroudis S. A., Mitoulis, S. A., Winter, M. G. and Kaynia, A. M. 2019. "Fragility of transport assets exposed to multiple hazards: State-of-the-art review toward infrastructural resilience". Reliab. Eng. Syst. Safe., 191: 106567.

Argyroudis, S. A., Mitoulis, S. A., Hofer, L., Zanini, M. A., Tubaldi, E. and Frangopol, D. M. 2020. "Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment". Sci. Total Environ., 714: 136854.

Banerjee, S., Vishwanath, B. S. and Devendiran, D. K. 2019. "Multihazard resilience of highway bridges and bridge networks: A review". Struct. Infrastruct. Eng., 15(12): 1694-1714.

Berdica, K. 2002. An introduction to road vulnerability: What has been done, is done and should be done". Transp. Policy, 9(2): 117-127. https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00011-2

Chopra, S. S. and Khanna, V. 2015. "Interconnectedness and interdependencies of critical infrastructures in the US economy: Implications for resilience". Phys. A, 436: 865-877.

Dalziell, E. and Nicholson, A. 2001. "Risk and Impact of Natural Hazards on a Road Network". J. Transp. Eng., 127(2): 159-166.

Deco, A., Bocchini, P. and Frangopol, D. M. 2013. "A probabilistic approach for the prediction of seismic resilience of bridges". Earthq. Eng. Struct. Dyn., 42(10): 1469-1487.

Dezfuli Nezhad, M., Raoufi, R. and Dalvand, A. 2020. "Impact of network density on optimizing budget allocation to bridges for improving the resilience of the transportation network". J. Transp. Infrastruct. Eng., 6(4): 81-99. doi: 10.22075/JTIE.2020.20001.1446

Dezfuli Nezhad, M., Raoufi, R. and Dalvand, A. 2022. "Bridges security risk assessment considering uncertainty in network topology". J. Transp. Infrastruct. Eng., 8(3): 111-135. doi: 10.22075/JTIE.2022.24530.1554

Dikanski, H., Imam, B. and Hagen-Zanker, A. 2018. "Effects of uncertain asset stock data on the assessment of climate change risks: A case study of bridge scour in the UK". Struct. Safe., 71: 1-12.

Dong, Y. and Frangopol, D. M. 2015. "Risk and resilience assessment of bridges under mainshock and aftershocks incorporating uncertainties". Eng. Struct., 83: 198-208.

Dong, Y., Frangopol, D. M. and Saydam, D. 2013. "Time-variant sustainability assessment of seismically vulnerable bridges subjected to multiple hazards". Earthq. Eng. Struct. Dyn., 42: 1451-1467.

Frangopol, D. M. and Bocchini, P. 2012. "Bridge network performance, maintenance and optimisation under uncertainty: accomplishments and challenges". Struct. Infrastruct. Eng., 8(4): 341-356.

Freddi, F., Galasso, C., Cremen, G., et al. 2021. "Innovations in earthquake risk reduction for resilience: Recent advances and challenges". Int. J. Disaster Risk Reduction, 60: 102267.

Guikema, S. and Gardoni, P. 2009. “Reliability estimation for networks of reinforced concrete bridges”. J. Infrastruct. Syst., 15(2): 61-69.
IPCC. 2012. “Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation”. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
Koks, E., Rozenberg, J., Zorn, C., Tariverdi, M., Vousdoukas, M., Fraser, S. A., Hall, J. W. and Hallegatte, S. 2019. “A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets”. Nat. Commun., 10: 2677.
Leng, J., Zhai, J., Li, Q. and Zhao, L. 2018. “Construction of road network vulnerability evaluation index based on general travel cost”. Phys. A, 493: 421-429.
Li, Y., Dong, Y., Frangopol, D. M. and Gautam, D. 2020. “Long-term resilience and loss assessment of highway bridges under multiple natural hazards”. Struct. Infrastruct. Eng., 16(4): 626-641.
Liu, W. and Song, Z. 2020. “Review of studies on the resilience of urban critical infrastructure networks”. Reliab. Eng. Syst. Safe., 193: 106617.
Lu, Q. C. 2018. “Modeling network resilience of rail transit under operational incidents”. Transp. Res. A, 117(11): 227-237.
Mattsson, L. G. and Jenelius, E. 2015. “Vulnerability and resilience of transport systems- A discussion of recent research”. Transp. Res. Part A: Policy and Practice, 81: 16-34. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.002
Medghalchi, A., Rashvand, P. and Delnavaz, A. 2023. “Identifying bridges with high damage risk using the Taguchi test design method (Case study: Concrete road bridges in Zanjan province)”. J. Transp. Infrastruct. Eng., 9(2): 51-60. doi: 10.22075/JTIE.2023.25022.1567
Mondoro, A., Frangopol, D. M. and Liu, L. 2018. “Bridge adaptation and management under climate change uncertainties: A review”. Nat. Hazard Rev., 19(1): 04017023.
Nasr, A., Bjornsson, I., Honfi, D., Larsson Ivanov, O., Johansson, J. and Kjelstrom, E. 2019. “A review of the potential impacts of climate change on the safety and performance of bridges”. Sustain. Resil. Infrastruct., 31: 1-21.
Nasr, A., Kjellstrom, E., Bjornsson, I., Honfi, D., Larsson Ivanov, O. and Johansson, J. 2020. “Bridges in a changing climate: A study of the potential impacts of climate change on bridges and their possible adaptations”. Struct. Infrastruct. Eng., 16(4): 738-749.
Postance, B., Hillier, J., Dijkstra, T. and Dixon, N. 2017. “Extending natural hazard impacts: An assessment of landslide disruptions on a national road transportation network”. Environ. Res. Lett., 12(1): 14010.
Rokneddin, K., Ghosh, J., Dueñas-Osorio, L. and Padgett, J. E. 2013. “Bridge retrofit prioritisation for ageing transportation networks subject to seismic hazards”. Struct. Infrastruct. Eng., 9(10): 1050-1066.
Smith, A., Argyroudis, S. A., Winter, M. G. and Mitoulis, S. A. 2021. “Economic impact of bridge functionality loss from a resilience perspective: Queensferry Crossing, UK”. Proc. Instit. Civ. Eng.: Bridge Eng., 174(4): 254-264.
Talebsafa, P., Rezaifar, O. and Naderpour, H. 2021. “Identification of modal characteristics in order to monitor bridges' health in time domain based on complexity pursuit method”. J. Transp. Infrastruct. Eng., 7(3): 79-94. doi: 10.22075/JTIE.2021.21421.1485
Tang, Y. and Huang, S. 2019. “Assessing seismic vulnerability of urban road networks by a Bayesian network approach”. Transp. Res. D, 77: 390-402.
Taylor, M. 2017. “Vulnerability analysis for transportation networks”. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
Wardhana, K. and Hadipriono, F. C. 2003. “Analysis of recent bridge failures in the United States”. J. Perform. Construct. Facil., 17(3): 144-150.
Zhang, X. and Li, H. 2018. “Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know?”. Cities, 72: 141-148.
Zhang, J. H., Hu, F. N., Wang, S. L., Dai, Y. and Wang, Y. X. 2016. “Structural vulnerability and intervention of high speed railway networks”. Phys. A, 462: 743-751.
Zhang, Q., Yu, H., Li, Z., Zhang, G. and Ma, D. T. 2020. “Assessing potential likelihood and impacts of landslides on transportation network vulnerability”. Transp. Res. D, 82: 102304.
Zhong, H., Wang, J., Yip, T. L. and Gu, Y. 2018. “An innovative gravity-based approach to assess vulnerability of a hazmat road transportation network: A case study of Guangzhou, China”. Transp. Res. D, 62: 659-671.