تبیین نقش پل‌ها و راه‌های جایگزین در مدیریت بحران آتش‌سوزی پس از زلزله (نمونه موردی: استان تهران)

مقاله علمی – پژوهشی

محسن عسگرزاده، دانشجوی دکترا، گروه جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*علیرضا استعلاجی (نویسنده مسئول)، استاد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

سید علی جوزی، استاد، گروه محیط‌زیست، واحد تهران‌شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

علی بیت الهی، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: alirezaestelaji@iau.ac.ir

دریافت : ۱۴۰۴/۰۷/۱۸– پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲

صفحه ۴۴۶-۴۳۱

چکیده

یکی از بحران‌های پیش‌بینی‌شده برای کلان‌شهر تهران، به‌عنوان پایتختی پرجمعیت با ساخت‌وساز متراکم، بافت‌های فرسوده و پتانسیل بالای زمین‌لرزه، وقوع آتش‌سوزی پس از زلزله است. در مدیریت بحران آتش‌سوزی پس از زلزله، جاده‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای به‌عنوان مسیرهای اصلی تخلیه، امدادرسانی و تردد نیروهای نجات، نقش حیاتی ایفا می‌کنند؛ ازاین‌رو مدیریت شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای می‌تواند در کاهش خسارات جانی و مالی مؤثر باشد. این پژوهش باتمرکزبر پل‌های موجود در محورهای: تهران – پردیس، تهران- فیروزکوه، تهران – ساوه، تهران-قم، تهران-گرمسار، تهران-شهریار و فیروزکوه-سمنان واقع در استان تهران (بر اساس داده‌های سازمان راهداری)، و بااستفاده ازبرداشت میدانی،جانمایی پل‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکمیل چک لیست بازرسی،وضعیت وجودمسیرجایگزین و امکان احداث مسیرجایگزین (نقطه‌ای یا محوری) رابرای پل های منتخب براساس معیارهای تعریف شده ارزیابی می کند. ۱۲۲ یافته پژوهشی از بررسی و تکمیل چک لیست‌های مرتبط وضعیت هر یک از پل‌ها را از نظر برخورداری از مسیر جایگزین مشخص می‌سازد و نشان می‌دهد درکدامیک از محورها پل‌ها فاقد مسیرجایگزین مناسب هستند. نتایج حاکی از آن است که ۷۴ پل از پل‌های بررسی شده در سناریوی بحران،آسیب پذیری بالاتری درعملیات امداد و اطفای حریق خواهندداشت و نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای مقاوم سازی وپیش بینی محورهای جایگزین هستند تادر زمان وقوع بحران، از تأخیر در واکنش اضطراری و افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از گسترش حریق جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی پس از زلزله، تهران، جاده، شبکه حمل و نقل، مدیریت بحران

۱-مقدمه

بلایای طبیعی خسارت‌باری مانند زلزله، علاوه بر خسارات جانی و مالی، پتانسیل ایجاد حوادثی مثل آتش‌سوزی را دارند (Chen.et.al.2004) آتش‌سوزی‌های ناشی از رخداد زلزله، رویدادهای آبشاری چندخطری هستند که در صورت عدم کنترل و نبود مدیریت بحران مناسب می‌توانند منجر به حریق گسترده‌ای شوند که وابسته به بافت ساخت و ساز شهر، وجود باد، قابلیت‌های آتش‌نشانی و کمک‌رسانی و ... خسارات جانی و مالی بیشتری به‌بارآورند. به عنوان مثال، در آتش‌سوزی رخ‌داده پس از زلزله در سانفرانسیسکو در سال ۱۹۰۶، ۸۰٪ از خسارات در اثر حریق بود تا زمین‌لرزه (Scawthorn, 2010). تمایز آتش‌سوزی پس از زلزله نسبت به سایر حوادث حریق این است که پس از رخداد زلزله در شهر، ممکن است چندین

منطقه مختلف دچار حریق شـــوند و شـــرایط وقتی بحرانی‌تر می‌شود که در به‌دلیل خسارات وارد آمده، امکان اطفای همزمان یا دســـترســـی به تیم اطفاء در نتیجه آســـیب‌دیدگی جاده‌ها و راه‌های ارتباطی ممکن نبا شد. ضمن این‌که در چنین شرایطی، ممکن است امکانات نیروی انسانی و تجهیزات کافی برای مهار و کنترل حریق کافی نباشـــد. خطر ثانویه در شـــهر بزرگی مثل تهران، امکان انفجار ناشـــی از اتصـــالات برقی یا آتش‌گرفتن شبکه‌های گاز در اثر آ سیب‌دیدگی خطوط لوله نا شی از زلزله اســـت که خود عاملی در جهت افزایش گســـترش آتش‌ســـوزی اســـت(Bektash et. al.,2017). نقش جاده‌ها و زیرســـاخت‌های جاده‌ای در در مدیریت بحران آتش‌ســـوزی‌های پس از زلزله حیاتی اســـت؛ تا حدی که اســـتحکام شـــبکه‌های حمل و نقل (از جمله اتصال جاده‌ای)، به عنوان شاخص اصلی در پاسخ به بلایا و بازیابی پس از آن مطرح شده است(Cutter et. al.,2010). تجربه‌های جهانی، مانند زلزله کوبه ژاپن در ســـال ۱۹۹۵، که در آن جاده‌های مسدود شده سبب تأخیر امداد نیروهای آتش‌نشانی شـــد، تأیید می‌کنند که هرگونه اختلال در شـــبکه حمل و نقل شـــامل بســـته‌شـــدن یا آســـیب‌دیدگی، می‌تواند موجب تأخیر در امدادرسانی و گسترش غیرقابل کنترل آتش‌سوزی شود. اهمیت جاده‌ها و زیر ساخت‌های جاده‌ای شهری در بحران آتش سوزی بعد از زلزله را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد.

دسترسی به نیروهای امداد و آتش‌نشانان

جاده‌ها در رسیدن آتش‌نشانان و امدادگران به مناطق آسیب‌دیده نقشی تعیین کننده دارند. زیرا مسدود شدن یا آسیب دیدن آنها، سرعت امدادر سانی را کم می‌کند و بدتر از آن می‌تواند سبب گسترش غیرقابل کنترل آتش سوزی شود. زلزله و آتش سوزی پس از آن، ســـبب آوار ســـازه‌ها و ســـاختمان‌های فروریخته، زیر ساخت‌های شکسته و سایل نقلیه سوخته و آ سیب‌دیده می شود که می‌تواند منجر به بسته شدن راه‌های ارتباطی شهری و بیرون شهری شود. به علاوه، در فرار و نجات افراد آسیب‌دیده نیز تأخیر و اختلال ایجاد می‌کند. علاوه بر این، آســـیب‌دیدگان برای ترک مناطق آســـیب دیده و رفتن به مناطق ایمن از جمله پناهگاه‌های اضطراری نیاز به جاده‌های سالم و قابل عبور دارند.

تأمین منابع مورد نیاز

به منظور انتقال تجهیزات ضـروری به آسـیب دیدگان در حریق پس از زلزله، مثل تجهیزات پز شکی و منابع امدادی (مانند غذا، آب، چادر)، خودروهای آتش‌نشانی و کامیون‌های حامل مخازن آب و ژنراتور و مواد غذایی نیاز به وجود راه‌های ارتباطی سالم دارند این راه‌ها، امکان دســـترســـی نیروهای آتش‌نشـــانی، پلیس، تیم‌های مدیریت بحران (تیم‌های جســـتجو و نجات) را فراهم می‌کنند.

د ستر سی به زیر ساخت‌های جاده‌ای شهر (پل‌ها و تونل‌ها)

زیرســـاخت‌های جاده‌ای مثل پل‌ها، پل‌های هوایی و تونل‌ها ممکن ا ست در اثر زلزله و حریق پس از آن، خ سارت ببینند یا تخریب شوند و در این صورت د ستر سی به نیروهای امداد را دشوارتر کنند.

جاده‌های عریض

جاده‌های باریک در مناطق شهری متراکم از راه گرمای تابشی یا خاکستر می‌توانند به گسترش آتش کمک کنند. در صورتی که در جاده‌های عریض این مشکل مهار می‌شود. طی مطالعه انجام شـــده در ایران، چالش‌های موجود درزمینه بزرگراه‌ها و شـــبکه حمل و نقل در وقوع بحران به ســـه عامل زیر مربوط می‌شـــود (داعی‌نژاد،۱۳۹۲).

-ا شغال حا شیه بزرگراه‌ها تو سط کاربری‌های ناهم سان (مانند صنایع، ساختمان‌های فرسوده).

-فقدان حریم ایمن و دسترسی‌های اضطراری.

-تداخل عملکردی بین ترافیک سـواره و پیاده، و نبود پیوند بین حمل‌ونقل عمومی و خصوصی.

بنابراین، مدیریت مؤثر در ارتباط با این موضوع، هم‌سو با پاسخ سریع به نیازهای اساسی برای جلوگیری از شدیدتر شدن دامنه حادثه و کاهش دامنه خســـارات، منجربه بازگشـــت ســـریع به و ضعیت کنترل شده (و نه لزوما عادی) خواهد شد. بر این اســـاس، تاکنون م طالعه‌ای با رویکرد مدیر یت بحران در آتش‌ســـوزی پس از زلزله در تهران، با تمرکز بر نقش جاده‌ها، و زیرساخت‌های جاده‌ای و بررسی راه‌های ارتباطی انجام نشده است و مطالعه حاضر، با هدف بررسی و شناسایی شبکه حمل و نقل جاده‌ای در تهران و ارائه راهکارهایی برای اقدامات مؤثر جهت بهینه‌ســازی مدیریت بحران در آتش‌ســوزی پس از زلزله در شهر انجام شده است.

۲-پیشینه تحقیق

در جهان، آتش‌سوزی پس از زلزله، از منظرهای مختلفی مثل تحلیل سازه‌ای، تاب‌آوری شهری، مدل‌سازی و ... بررسی شده است. برای مثال در سال ۱۹۷۸ میلادی، اولین مدل آتش‌سوزی پس از زلزله بر اساس آمار آتش‌سوزی پس از زلزله در ژاپن ارائه شد (Mizuno H, 1978). در سال ۲۰۱۰، اسکاتورن، طی بررسی جامعی، تحلیلی بر پتانسیل آتش‌سوزی پس از زلزله برای سانفرانسیسکوی کالیفرنیا ارائه داد (Scawthorn, 2010). این مطالعه نشان می‌دهد که در مدیریت بحران حریق پس از زلزله، شبکه راه‌ها نقشی حیاتی در کاهش زمان واکنش نیروهای آتش‌نشانی، جلوگیری از توسعه آتش‌سوزی‌های اولیه و پشتیبانی لجستیکی دارد. زیرا هرگونه اختلال در عملکرد این شبکه می‌تواند احتمال وقوع حریق‌های گسترده را افزایش دهد. بنابراین، طراحی مقاوم و چندمسیره شبکه حمل‌ونقل شهری، همراه با برنامه‌ریزی برای مسیرهای جایگزین و بازگشایی سریع راه‌های ارتباطی پس از زلزله، یکی از ارکان کلیدی تاب‌آوری شهری در برابر سناریوهای حریق پس از زلزله است. در سال ۲۰۱۲، یک مدل فیزیکی برای تخمین تعداد آتش‌سوزی‌های داخل ساختمان و محل آنها برای مناطق شهری ییلدیز و کارامان ارائه شد (Yildiz,2012). در ایران، آتش‌سوزی پس از زلزله بیشتر از بعد سازه‌ای بررسی شده است (کلالی و همکاران ۱۴۰۰، درودی و ناطقی الهی حسنی ۱۴۰۰ و گرامی و میرزایی ۱۳۹۹) در زمینه مدیریت بحران مطالعات انگشت‌شماری صورت گرفته است. از جمله، در سال ۲۰۲۰، ارزیابی ریسک آتش سوزی پس از زلزله در استان قزوین و مرکزی با تأکید بر سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای مبتنی بر نقشه‌های بحران و پیشنهاد افزایش ایمنی در زیرساختها، شبکه‌ها و تأسیسات صورت گرفت (Alavi et.al). با وجود مطالعات انجام‌شده در زمینه آتش‌سوزی پس از زلزله، اغلب پژوهش ها بر تحلیل های سازه‌ای یا مدل‌سازی حریق متمرکز بوده‌اند و نقش شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، به‌ویژه پل ها و مسیر های جایگزین، به‌صورت میدانی و سیستماتیک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این خلأ پژوهشی، ضرورت انجام مطالعه حاضر را برجسته می‌سازد.

۳-روش‌شناسی

مطالعه حاضر بر پایه رویکردی میدانی، آماری و تحلیلی انجام شده است و از داده‌های طرح‌های پژوهشی مرتبط با ارزیابی ریسک زلزله در شریان‌های جاده‌ای استان تهران بهره می‌گیرد. موقعیت شریان‌های جاده‌ای مورد مطالعه بر اساس داده‌های سازمان راهداری تعیین شده و جانمایی پل‌های موجود در این شریان‌ها توسط گروه کارشناسی مهندسی زلزله مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شده است (جدول ۱). لازم به ذکر است مسیرهایی که از نظر مدیریت بحران مورد خاص یا چالش‌برانگیزی مشاهده نشده، در این پژوهش لحاظ نشده‌اند. در گام نخست، پل‌های هر مسیر از نظر مجموعه عوامل مؤثر بر عملکرد سازه‌ای و میزان آسیب‌پذیری مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی شامل ارزیابی مشخصات سازه‌ای، شرایط اجرایی و نشانه‌های آسیب‌دیدگی بوده است، از جمله:

- نوع سیستم سازه‌ای و نقایص اجرایی
- شرایط انتقال بار در المان‌های باربر سازه، از جمله ستون‌ها و تیرها
- وضعیت عملکردی المان‌های اصلی سازه (نظیر تیرها،ستون‌ها،سرستون‌ها، دیافراگم‌ها، مهاربندها)
- ابعاد هندسی المان‌های مختلف سازه‌ای
- وضعیت روسازه و راه‌های عبوری از روی پل
- وضعیت رادیه و برید درسازه‌ها
- وضعیت کوله‌ها
- شناسایی و بررسی انواع نشانه‌های آسیب
- وضعیت دالها، فونداسیون، نئوپرن‌ها در سازه‌ها
- سایر عوامل مؤثر بر تخریب و عملکرد نامطلوب پل‌ها

پس از انجام بازرسی‌های میدانی و تکمیل چک‌لیست‌های تدوین‌شده بر اساس ضوابط فنی و آیین‌نامه‌های مرتبط، وضعیت کلی پل‌ها از نظر نوع عملکرد و میزان آسیب‌پذیری به‌صورت طبقه‌بندی‌شده ارائه شد (جدول ۱). در ادامه، میزان آسیب‌پذیری هر محور مشخص واولویت‌بندی مداخلات بر اساس نتایج به‌دست‌آمده انجام گرفت.

جدول ۱. اولویت بندی مسیرهای مواصلاتی استان تهران از نظر وضعیت پل‌ها

اولویت ۱	تهران- فیروزکوه
اولویت ۲	تهران- قم
اولویت ۳	تهران- ساوه
اولویت ٤	تهران-گرمسار
اولویت ٥	پردیس
اولویت ٦	تهران- شهریار
اولویت۷	فیروزکوه- سمنان

سپس بر اساس اولویت‌های تعیین شده برای هر مسیر، محورهای مورد مطالعه از نظر مدیریت بحران، وجود مسیر جایگزین وامکان احداث مسیرجایگزین (نقطه‌ای یا محوری) مورد بازدید میدانی قرار گرفتند. این ارزیابی به بصورت پیمایش جاده‌ای و در قالب پنج مرحله اصلی به شرح زیر انجام شد.

-بررسی راه‌های ارتباطی، جاده‌ها با ارائه آمار شریان‌های حیاتی

-مطالعه راه‌های جایگزین (نقطه‌ای و محوری) کارآمددر زمان وقوع حادثه

-پیمایش جاده‌ای و کنترل، ارزیابی و اعتبار سنجی راه‌های جایگزین

-دسته‌بندی المان‌های نقطه‌ای، خطی و ناحیه‌ای از منظر مدیریت بحران و طبقه‌بندی آن‌ها

-ارائه راهکارها به‌منظور مدیریت بحران و پیشگیری از خسارات احتمالی در صورت وقوع آتش‌سوزی پس از زلزله

بر این اساس، تعداد ۱۲۲ فقره چک‌لیست (جدول ۳) تهیه شد و طی بیش از ٤٥٠ ساعت پیمایش جاده‌ای، بازدیدهای میدانی و شناسایی مسیرهای جایگزین جاده‌ای تکمیل گردید.

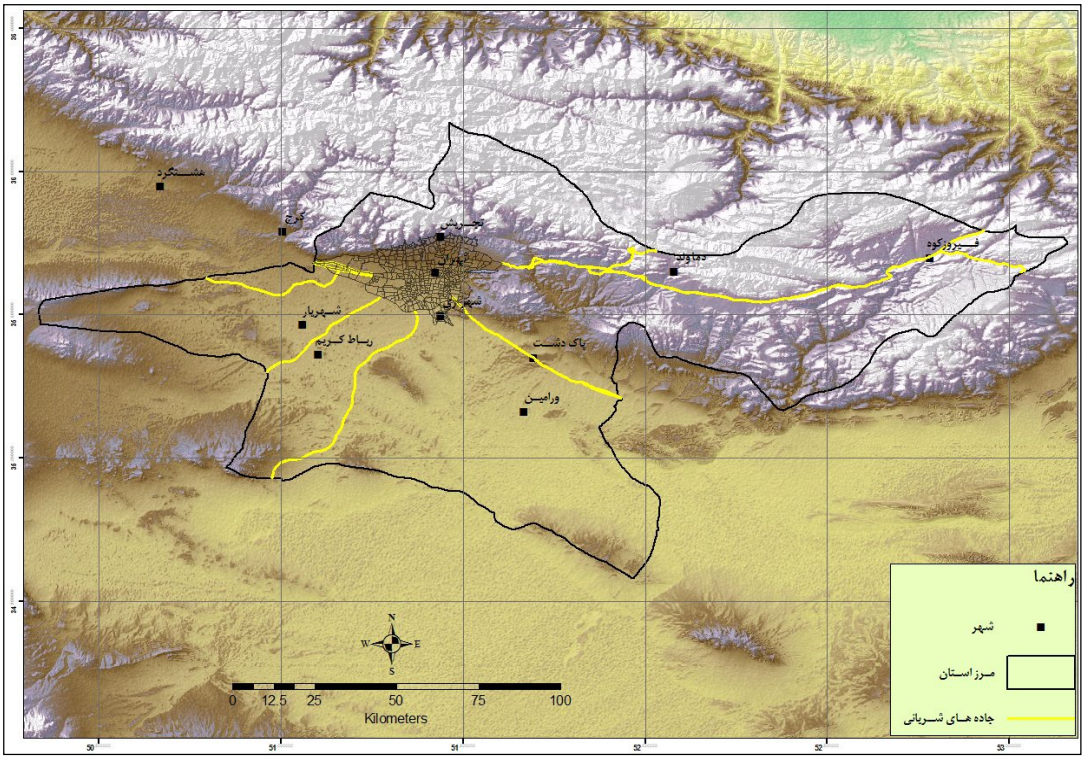
در نهایت، نتایج حاصل از این بررسی‌ها استخراج و ارائه شد.

٤-یافته‌ها

٤-۱-بررسی راه های مواصلاتی استان تهران

راه‌های مواصلاتی در مدیریت بحران نقشی دوگانه ایفا می‌کنند؛ از یک‌سو به‌عنوان المان‌هایی آسیب‌پذیر در برابر مخاطراتی نظیر زلزله، رانش زمین و ریزش‌ها مطرح هستند و از سوی دیگر، در زمان وقوع مخاطرات طبیعی، به‌عنوان شریان‌های حیاتی امدادرسانی اهمیت ویژه‌ای دارند. در این پژوهش، مباحث مدیریت بحران دقیقاً با تمرکز بر همین دو نقش متمایز اما مکمل دنبال شده است. با توجه به آسیب‌پذیری‌های موجود و ماهیت مخاطرات محتمل، در این مطالعه توجه ویژه‌ای به نقش راه‌های جایگزین جاده‌های شریانی به‌عنوان مسیرهای امدادرسانی معطوف شده است. محور اصلی بحث آن است که در زمان وقوع مخاطرات و در صورت آسیب‌دیدگی پل‌ها، آیا مسیر جایگزین مناسب برای تداوم عملیات امداد و نجات وجود دارد یا خیر.

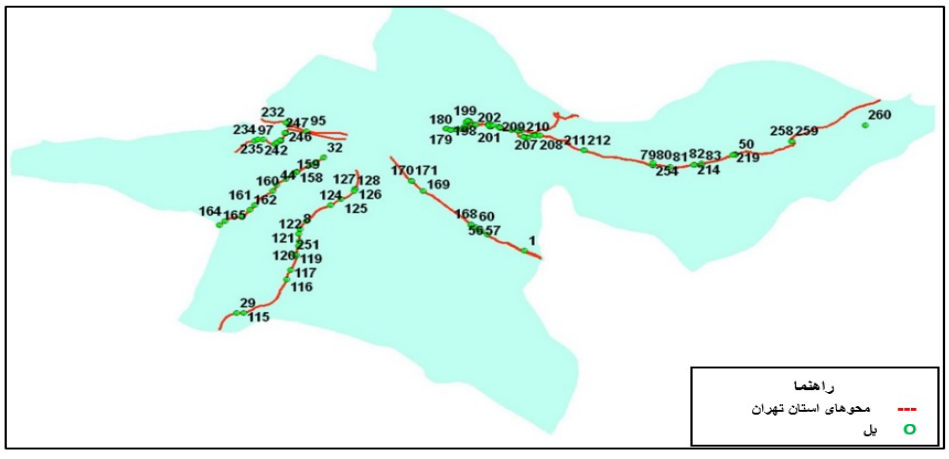
جاده‌های شریانی استان تهران شامل محورهای پردیس، تهران—ساوه، تهران—شهریار، تهران—فیروزکوه، تهران—قم، تهران—گرمسار و فیروزکوه—سمنان هستند که در راستاهای مختلف در پهنه استان تهران گسترده شده‌اند. موقعیت این شریان‌های جاده‌ای بر اساس داده‌های سازمان راهداری تهیه شده و به‌صورت نقشه در شکل ۱ ارائه شده است. بر این اساس، در ادامه وضعیت هر یک از محورهای شریانی استان تهران از نظر برخورداری از مسیر جایگزین و میزان کارایی آن‌ها در سناریوی آتش‌سوزی پس از زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱. نقشه موقعیت شریان‌های جاده‌ای استان تهران (بخش زلزله شناسی مهندسی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

تعین مکان و تهیه نقشه ژئورفرنس شده

در این پژوهش، نقاط مربوط به پل‌ها در هر محور بر اساس مختصات جغرافیایی مشخص شده و شماره‌گذاری پل‌ها در امتداد مسیرهای مورد مطالعه انجام گرفت. سپس این پل‌ها در نقشه‌های ژئورفرنس‌شده جانمایی شدند. شکل ۲، تعداد و شماره پل‌های واقع در مسیرهای مواصلاتی استان تهران را نشان می‌دهد.



شکل ۲. جانمائی پل‌ها و شماره گذاری در محورهای شریانی استان تهران با توجه به مختصات پل‌ها

جدول ۲. تعداد پل‌های مسیرهای بازدید شده در استان تهران

نام محور	تعداد پل‌ها
پردیس	٤٤
تهران- فیروزکوه	۲۵
تهران- ساوه	۱۵
تهران - قم	۱۵
تهران - شهریار	۱۲
تهران - گرمسار	۱۰
فیروزکوه- سمنان	۱
جمع کل	**۱۲۲**

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، محور پردیس با ٤٤ پل، از نظر تعداد پل‌ها، مهم‌ترین مسیر مواصلاتی استان تهران محسوب می‌شود. پس از آن، محور تهران-فیروزکوه با ۲۵ پل در رتبه بعدی قرار دارد. همچنین محورهای تهران-ساوه و تهران-قم هر یک با ۱۵ پل، محور تهران-شهریار با ۱۲ پل، محور تهران-گرمسار با ۱۰ پل و در نهایت محور فیروزکوه-سمنان با یک پل قرار دارند (جدول ۲).

فرم بازرسی از پل‌ها برای تعیین راه‌های جایگزین

به‌منظور بررسی وضعیت کلی پل‌ها، شرایط هندسی آن‌ها و امکان وجود یا احداث مسیرهای جایگزین نقطه‌ای یا محوری، فرم بازرسی ویژه‌ای تدوین شد. این فرم‌ها از طریق بازدیدهای میدانی برای هر یک از پل‌ها تکمیل گردید (جدول ۳). سپس با در نظر گرفتن احتمال انسداد محورها در اثر ریزش‌ها و تخریب‌های ناشی از زلزله، امکان احداث مسیرهای جایگزین در زمان وقوع بحران، به‌صورت نقطه‌ای یا محوری، بر اساس موقعیت پل‌ها، وجود عوارض طبیعی و شرایط محیطی ارزیابی شد. همچنین اولویت‌های بازسازی پل‌ها و احداث مسیرهای جایگزین برای هر محور مشخص گردید.

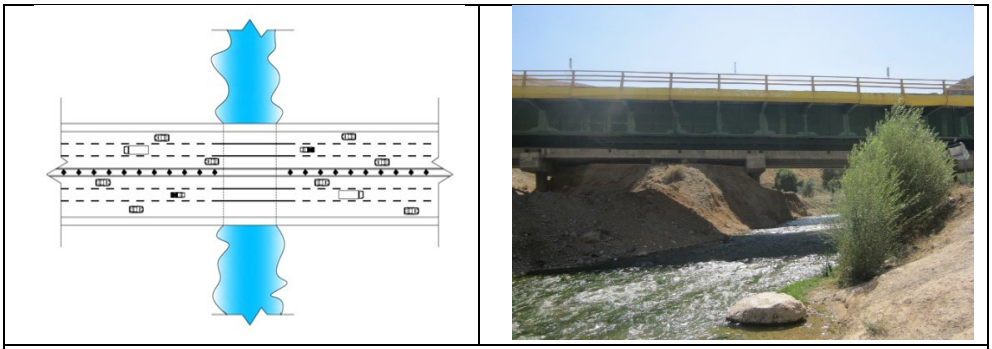
در این پژوهش، منظور از مسیر جایگزین نقطه‌ای، مسیر کوتاه و موقتی در مجاورت پل است که در صورت تخریب پل، امکان برقراری ارتباط بین قطعات جاده را به‌طور موقت فراهم می‌سازد (شکل ٤-و). استفاده از این نوع مسیرها در زمان خرابی پل‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و در چنین شرایطی می‌توان از مسیرهای جایگزین نقطه‌ای، مسیرهای محلی، راه‌های فرعی و در برخی موارد از محورهای مواصلاتی دیگر بهره گرفت (شکل ٤-ه).

از نظر موقعیت و کاربری، پل‌های موجود در مسیرهای مورد مطالعه را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

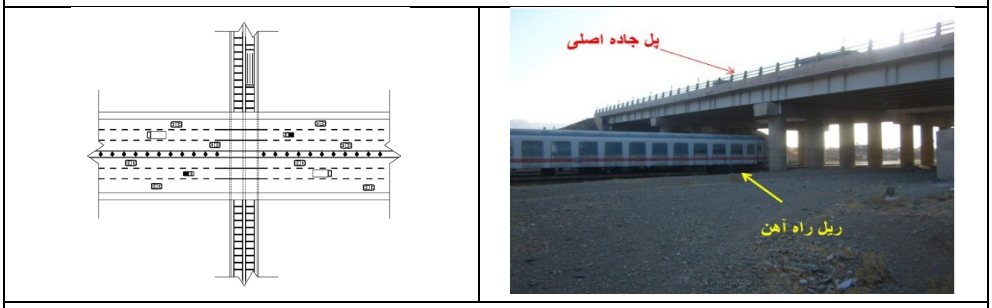
-پل‌هایی که بر روی عوارض طبیعی نظیر رودخانه‌ها، مسیرهای عبور سیلاب و دره‌ها احداث شده‌اند (شکل ۳-الف)

-پل‌هایی که بر روی عوارض انسان‌ساخت مانند خطوط راه‌آهن، تقاطع‌ها و سایر زیرساخت‌ها ساخته شده‌اند (شکل ۳-ب و ج)

-پل‌هایی که بر روی جاده‌ها به‌منظور عبور محورهای فرعی، تأسیسات و سایر کاربری‌ها احداث شده‌اند (شکل ۳-د)

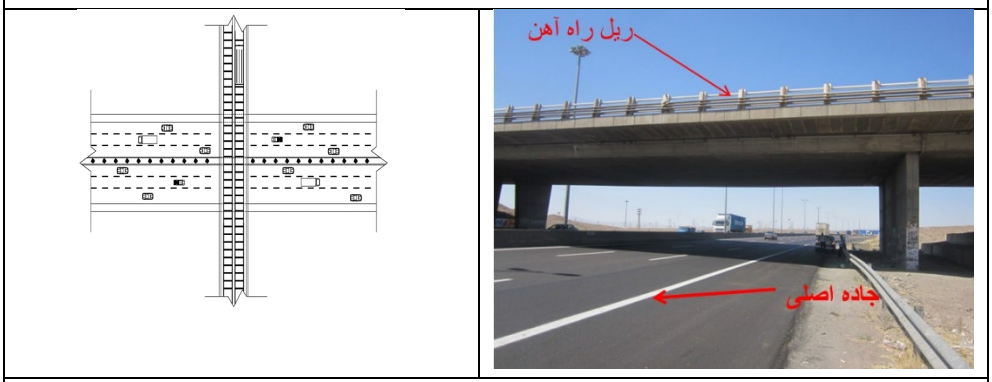


الف- پل‌های احداث‌شده بر روی عوارض طبیعی



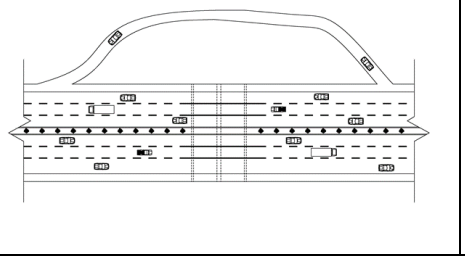
ب- پل‌های احداث‌شده بر روی عوارض انسان‌ساخت، نظیر خطوط راه‌آهن

ج- پل‌های احداث‌شده بر روی عوارض انسان‌ساخت، نظیر راه‌ها و جاده‌های دیگر



د- پل‌های احداث‌شده به‌منظور عبور خطوط راه‌آهن از روی محورهای اصلی

شکل۳. انواع پل‌های موجود در مسیرهای مورد مطالعه



ه-امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در صورت وقوع بحران

و- عدم امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در صورت وقوع بحران

و لزوم استفاده از محورهای جایگزین

شکل ٤. انواع راه‌های جایگزین برای پل‌های موجود در مسیر

شکل ۵. پیمایش جاده‌ای، انجام بازدیدهای میدانی و شناسایی مسیرهای جایگزین

جدول۳. چک لیست بازرسی از پل‌های مسیرهای مواصلاتی استان تهران (محور تهران -پردیس)

۱. تاریخ بازدید		۲.نام محور		فیروزکوه-سمنان
۳.جهت مسیر	فیروزکوه به سمنان ■			سمنان به فیروزکوه ■
٤.نوع نقطه	پل ■ تونل□ بهمن گیر□ گسل□ ریزش□ رانش□ غیره□:			
۵.شماره نقطه	260	مختصات جغرافیایی	GPS-X	
			GPS-Y	
٦.تعداد خطوط عبوری	2	۷.شماره عکس ها		5211-5246
۸.علائم ترافیکی	دارد ■ ندارد □ مناسب ■ نامناسب □ توضیحات:			
۹.احتمال انسداد مسیر	وجود دارد ■ وجود ندارد □			
۱۰.علت انسداد	سیل □ ریزش ■ رانش □ غیره□ توضیحات:			
۱۱.مسیر جایگزین درصورت وجود بحران	دارد □ ندارد ■ در صورت وجود نوع آن:			
۱۲.امکان احداث راه جایگزین	امکان دارد □ امکان ندارد ■			
علت عدم امکان احداث	عارضه طبیعی ■ عارضه انسان ساز □			
۱۳.نوع راه جایگزین	نقطه‌ای □ محوری ■			
۱٤.وضعیت حفاظ	ندارد □ دارد ■ مناسب ■ نامناسب □ نیاز به تعمیر□			
۱۵.توضیحات تکمیلی				

عکس‌ها

نتایج حاصل از بازدیدهای میدانی و چک لیست‌ها

-مسیر تهران- فیروزکوه

محور تهران-فیروزکوه با طول تقریبی ۷۹ کیلومتر از تهران تا گدوک، یکی از شریان‌های اصلی مواصلاتی تهران-مازندران و از معابر پرتردد استان تهران محسوب می‌شود. انسداد این مسیر در زمان وقوع مخاطرات طبیعی می‌تواند مشکلات متعددی را به همراه داشته باشد که یکی از مهم‌ترین گلوگاه‌های انسدادی آن، محدوده پل‌ها است (جدول ٤). در این محور، از مجموع ۲۵ پل موجود و مورد ارزیابی، تعداد ۱۳ پل فاقد مسیر جایگزین بوده و همچنین امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در کناره پل‌ها برای آن‌ها وجود ندارد. در صورت خرابی این پل‌ها، استفاده از مسیرهای محلی، راه‌های فرعی و در برخی موارد از محورهای مواصلاتی دیگر اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در مقابل، تنها ٤ پل دارای مسیر جایگزین موجود هستند و برای ۸ پل دیگر نیز امکان احداث مسیر جایگزین پیش‌بینی شده است (جدول شماره٤).

-مسیر تهران- قم

محور تهران-قم یکی از شریان‌های اصلی مواصلاتی تهران-جنوب و از معابر پرتردد استان تهران به‌شمار می‌رود. بخش واقع در استان تهران این محور حدود ۶۳/۹ کیلومتر طول دارد و شامل ۱۵ پل است. از میان ۱۵ پل بازدیدشده در این مسیر، تعداد ۱۰ پل فاقد مسیر جایگزین بوده و امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در کناره پل‌ها برای آن‌ها وجود ندارد. در مقابل، در مجاورت ۵ پل، امکان احداث مسیر جایگزین پیش‌بینی شده است.

-مسیر تهران- ساوه

طول محور تهران-ساوه حدود ۸۰ کیلومتر است. از میان ۱۵ پل بازدیدشده در این مسیر، تعداد ۲ پل فاقد مسیر جایگزین بوده و امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در کناره پل‌ها برای آن‌ها وجود ندارد. در مقابل، ۵ پل دارای مسیر جایگزین موجود هستند و برای ۸ پل دیگر نیز امکان احداث مسیر جایگزین پیش‌بینی شده است.

-مسیر تهران- گرمسار

از میان ۱۰ پل بازدیدشده در این مسیر، تعداد ۳ پل فاقد مسیر جایگزین بوده و امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در کناره پل‌ها برای آن‌ها وجود ندارد. در مقابل، ۲ پل دارای مسیر جایگزین موجود هستند و در مجاورت ۵ پل دیگر، مسیر جایگزین شناسایی شده و امکان احداث مسیر جایگزین پیش‌بینی شده است.

-مسیر تهران پردیس

طول محور تهران-پردیس حدود ۱۸۰ کیلومتر است. نتایج مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که از میان ٤٤ پل بزرگ بازدیدشده در این مسیر، تعداد ٤٠ پل فاقد مسیر جایگزین بوده و امکان احداث مسیر جایگزین نقطه‌ای در کناره پل‌ها برای آن‌ها وجود ندارد. در صورت خرابی این پل‌ها، استفاده از مسیرهای محلی، راه‌های فرعی و در برخی موارد از محورهای مواصلاتی دیگر اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این مسیر، تنها ۲ پل دارای مسیر جایگزین موجود هستند و برای ۲ پل دیگر نیز امکان احداث مسیر جایگزین پیش‌بینی شده است.

-مسیر تهران- شهریار

طول محور تهران-شهریار٤٧/٣ کیلومتر است که حدود ۳۰ کیلومتر از آن در محدوده استان تهران قرار دارد. از میان ۱۲ پل بازدیدشده در این مسیر، در اطراف ٤ پل مسیر جایگزین شناسایی شده است و در مجاورت ۵ پل دیگر نیز امکان احداث مسیر جایگزین وجود دارد.

-مسیر فیروزکوه- سمنان

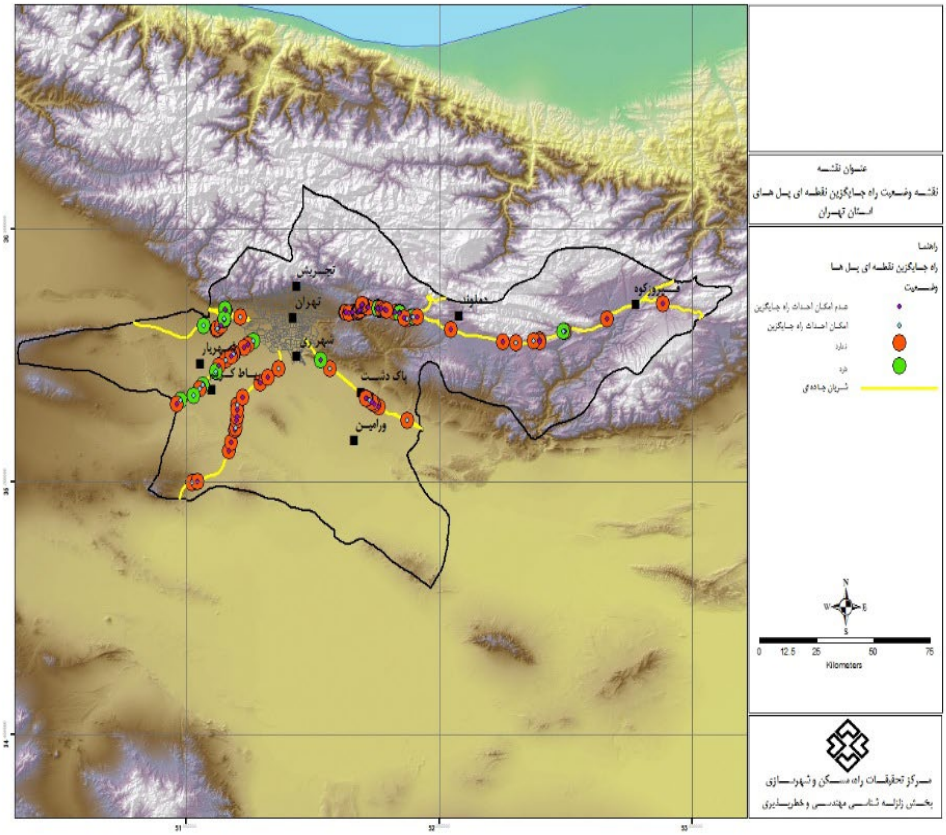
در بخش شرقی استان تهران، محور کوتاه فیروزکوه-سمنان قرار دارد. این مسیر دارای یک پل است که برای آن مسیر جایگزینی شناسایی نشده و همچنین امکان احداث مسیر جایگزین نیز وجود ندارد. در ادامه، چک‌لیست‌ها بر اساس برداشت‌های میدانی در هر مسیر توسط تیم بازرسی تکمیل شد. سپس با توجه به وجود یا عدم وجود مسیر جایگزین نقطه‌ای، محوری یا محلی، و همچنین امکان احداث مسیر جایگزین با در نظر گرفتن شرایط موجود پل‌ها، تصمیم‌گیری مدیریتی انجام گرفت. بر این اساس، پل‌هایی که دارای وضعیت سازه‌ای نامطلوب بوده، فاقد مسیر جایگزین هستند اما امکان احداث مسیر جایگزین برای آن‌ها وجود دارد، در اولویت احداث مسیرهای جایگزین نقطه‌ای در مجاورت پل‌ها قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، پل‌هایی که دارای وضعیت سازه‌ای نامطلوب بوده و علاوه بر فقدان مسیر جایگزین، مکان احداث مسیر جایگزین نیز برای آن‌ها وجود ندارد، باید در اولویت اقدامات مقاوم‌سازی قرار گیرند تا به سطح پایداری مطلوب برسند.

جدول٤. نتایج حاصل از چک‌لیست‌های بازرسی پل‌های مسیر تهران-فیروزکوه در استان تهران (همراه با تعیین دقیق موقعیت پل‌ها)

ردیف	شماره نقطه	راه جایگزین دارد (۱) ندارد (۰)	امکان احداث راه جایگزین دارد (۱) ندارد (۰)
۱	۷۹	۰	۰
۲	۸۰	۰	۰
۳	۸۱	۰	۱
٤	۸۲	۰	۰
٥	۸۳	۰	۰
٦	۱۳۳	۰	۰
۷	۱۳٤	۰	۰
۸	۱۳٥	۰	۱
۹	۱۳٦	۰	۱
۱۰	۱۳۷	۰	۰
۱۱	۱۳۸	۰	۰
۱۲	۲۰٦	۱	۱
۱۳	۲۰۷	۱	۱
۱٤	۲۰۸	۰	۰
۱٥	۲۱۱	۰	۰
۱٦	۲۱۲	۰	۰
۱۷	۲۱۳	۰	۰
۱۸	۲۱٤	۰	۱
۱۹	۲۱٥	۰	۰
۲۰	۲۱٦	۱	۱
۲۱	۲۱۷	۰	۰
۲۲	۲۱۸	۰	۰
۲۳	۲۱۹	۱	۱
۲٤	۲٥۸	۰	۰
۲٤	۲٥۹	۰	۰
جمع کل: ۲۵		٤	۸
تعداد پل‌های محور		تعداد پل‌هایی که راه جایگزین دارند	تعداد پل‌هایی که امکان احداث راه جایگزین دارند

جدول ۵. نتایج حاصل از چک‌لیست‌ها در خصوص مسیرهای جایگزین پل‌ها (بر مبنای اولویت‌بندی وضعیت سازه‌ای پل‌ها)

اولویت بازسازی	مسیر	تعداد پل‌ها	تعداد پل‌هایی که راه جایگزین دارند	تعداد پل‌هایی که امکان احداث راه جایگزین دارند	تعداد نقاطی که امکان احداث راه جایگزین نقطه‌ای ندارند و در صورت ریزش پل باید از راه جایگزین محوری استفاده کنند
اولویت ۱	تهران- فیروزکوه	۲۵	٤	۸	۱۳
اولویت ۲	تهران- قم	۱۵	۰	۵	۱۰
اولویت ۳	تهران- ساوه	۱۵	۵	۸	۲
اولویت ٤	تهران-گرمسار	۱۰	۲	۳	۵
اولویت ۵	پردیس	٤٤	۲	۲	٤۰
اولویت ٦	تهران- شهریار	۱۲	٤	۵	۳
اولویت۷	فیروزکوه- سمنان	۱	۰	۰	۱



شکل٦. نقشه وضعیت راه جایگزین نقطه‌ای پل‌های استان تهران (بخش زلزله شناسی مهندسی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

راهکارهای ایمنی راه‌ها در مدیریت بحران آتش‌سوزی‌های پس از زلزله در تهران

راه‌های اضطراری

با تعیین و اجرای مسیرهای اضطراری و راه‌های جایگزین می‌توان نقش مؤثری در مدیریت بحران ایفا کرد. این موضوع به‌ویژه در شرایطی که جاده‌های اصلی دچار آسیب شده یا مسدود می‌شوند، اهمیت دوچندان پیدا می‌کند و موجب تسهیل عملیات امدادرسانی و کاهش زمان واکنش اضطراری می‌شود.

مقاوم سازی پل‌ها

مقاوم‌سازی پل‌های موجود، به‌ویژه پل‌هایی که به‌دلیل وجود عوارض طبیعی یا محدودیت‌های محیطی امکان احداث راه جایگزین برای آن‌ها وجود ندارد و در صورت تخریب یا ریزش می‌توانند موجب انسداد کامل مسیر شوند، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

عریض‌سازی جاده‌ها

برنامه‌ریزی شهری در مناطق لرزه‌خیزی مثل تهران، نیاز به بازنگری و وضع مقرراتی درخصوص اجرای جاده‌های عریض و مستقیم برای جلوگیری از گسترش آتش و تضمین دسترسی به نیروهای آتش‌نشانی و امداد دارد. در سال ۲۰۰۵ میلادی، اسکاتورن و همکاران (Scawthorn, 2010) طی مقاله‌ای که در انجمن مهندسان عمران آمریکا منتشر شد، تأثیر پیکربندی شهری، از جمله عرض خیابان، طرح جاده‌ها و نقش آنها در عملیات نجات آتش‌نشانان را بررسی کرد. این بررسی، ارتباط دسترسی جاده‌ای با پیامدهای حریق پس از زلزله را تصدیق می‌کند. در ایران، در سال ۱۳۹۲، داعی‌نژاد، مطالعه‌ای در خصوص به کارگیری فضاهای باز حاشیه بزرگراه‌ها در بهبود عملیات مدیریت بحران ارائه داد (داعی‌نژاد،۱۳۹۲)

استفاده از فناوری‌های نوین و مدیریت هوشمند بحران

بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و هوش مصنوعی، امروزه در حوزه‌های تخصصی مختلف و از جمله در مدیریت بحران می‌تواند بسیار راهگشا باشد. برخی از فناوری‌های نوین در حوزه مدیریت حریق پس از زلزله به شرح زیر است.

سنسورها و اینترنت اشیاء (IoT) **:** نصب سنسور روی پل‌ها و جاده‌ها برای پایش سلامت سازه (SHM) و ارزیابی سریع امنیت آنها پس از زلزله.

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) **:** ایجاد سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) برای نمایش وضعیت جاده‌ها و مسیرهای قابل عبور برای تیم‌های امدادی

تصاویر ماهواره‌ای و پهپادها: ارزیابی سریع و وسیع میزان آسیب و مسدودی جاده‌ها در مناطق وسیع

۵-نتیجه‌گیری

بحران آتش‌سوزی پس از زلزله، در صورت ضعف در مدیریت بحران، می‌تواند منجر به خسارات جانی و مالی گسترده‌ای شود که در برخی موارد از خود زمین‌لرزه نیز فراتر می‌رود. در این میان، عملکرد جاده‌ها و زیرساخت‌های جاده‌ای نقش تعیین‌کننده‌ای در سرعت تخلیه جمعیت، دسترسی نیروهای امدادی و کارایی عملیات اطفای حریق پس از زلزله ایفا می‌کند. نتایج حاصل از مطالعات آماری و بازدیدهای میدانی انجام‌شده بر روی راه‌های ارتباطی، پل‌ها و مسیرهای جایگزین در استان تهران نشان می‌دهد که با وجود تعدد پل‌ها در شریان‌های جاده‌ای اصلی، عدم استقامت و کارایی سازه‌ای پل‌ها در زمان وقوع زلزله و همچنین نبود مسیرهای جایگزین در مجاورت آن‌ها، می‌تواند بیشترین سهم را در افزایش آسیب‌پذیری استان تهران در سناریوی آتش‌سوزی پس از زلزله داشته باشد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، از مجموع ۱۲۲ پل مورد بازدید، تعداد ۷۴ پل فاقد مسیر جایگزین نقطه‌ای بوده و امکان احداث مسیر جایگزین برای آن‌ها نیز وجود ندارد. ازاین‌رو، مقاوم‌سازی پل‌هایی که در این نقاط دارای وضعیت سازه‌ای نامطلوب هستند، به‌عنوان یک اقدام اولویت‌دار ضروری است. همچنین، برای ۳۱ پل واقع در مسیرهای مورد مطالعه، امکان احداث مسیر جایگزین به‌صورت نقطه‌ای وجود دارد که می‌توان در کوتاه‌ترین زمان ممکن نسبت به اجرای این مسیرها اقدام کرد. علاوه بر این، تعمیر و نگهداری مستمر مسیرهای جایگزین موجود نیز باید به‌عنوان بخشی از برنامه‌های مدیریت بحران مورد توجه قرار گیرد. در نهایت، بر اساس نتایج این پژوهش و شواهد تجربی

به‌دست‌آمده، افزایش تاب‌آوری شبکه جاده‌ای استان تهران از طریق تقویت و مقاوم‌سازی پل‌ها، احداث مسیرهای جایگزین، پیش‌بینی راه‌های اضطراری و عریض‌سازی معابر در چارچوب طراحی نوین شهری، باید به‌عنوان یکی از ارکان اصلی در تدوین و اجرای استراتژی‌های مدیریت بحران شهر تهران مدنظر قرار گیرد.

٦-مراجع

-داعی‌نژاد، فرامرز (۱۳۹۲). به‌کارگیری فضاهای باز حاشیه بزرگراه‌ها در بهبود عملیات مدیریت بحران. کنفراس *ملی مدیریت بحران و HSE*.

-کلالی، ارسلان، بختیاری، سعید، جمالی آشتیانی، مسعود و مجید زمانی سهیل (۲۰۲۱). ارزیابی آزمایشگاهی عملکرد پوشش‌های پاششی محافظت کننده در مقابل حریق اجرا شده بر روی سازه‌های فولادی در هنگام آتش‌سوزی بعد از زلزله. *مجله‌ی مهندسی عمران شریف*، ۳۷(۱,۱)، ۱۶۳-۱۵۳.

-درودی، ناطقی الهی حسنی (۲۰۲۲). بررسی رفتار قاب خمشی فولادی با اتصال‌های صلب کوتاه مرتبه به هنگام زلزله در دو حالت آسیب دیده در آتش پیش از زلزله و آتش سوزی پس از زلزله. *مجله‌ی مهندسی عمران شریف*، ۳۸(۳,۲)، ۱۰-۳.

-گرامی، محسن، میرزائی پوریا (۲۰۱۹). ارزیابی عملکرد سازه‌های قاب خمشی فولادی متوسط و ویژه تحت آتش پس از زلزله، *نشریه علوم و مهندسی زلزله*، ۱۰۵-۸۷

-Alavi, M.S. and Shapouri, S. (2022). Assessing the Risk of Post-earthquake Fire and Presenting Risk Reduction Strategies in Qazvin and Markazi Provinces.

-Bektash N, Gezechi S. (2017). Assess and manage fire risk after an earthquake. *5th International Congress on Civil Engineering Architecture and Urban Development,* Tehran, Iran.

-Chen S, Lee GC, Shinozuka, M. (2004). Hazard mitigation for earthquake and subsequent fire. ANCER Annual Meeting: Networking of Young Earthquake Engineering Researchers and Professionals, *New York,* USA.

-Cutter, S.L., Burton, C.G. and Emrich, C.T, (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management,* 7(1).

-Mizuno H. (1978). On outbreak of fires in earthquakes. Kyoto, Japan, *Department of Architecture, Kyoto University.*

-Sarreshtehdari, A. (2021). The impact of fire following earthquake on urban environment considering the seismic performance of infrastructure networks (octoral dissertation, *State University of New York at Buffalo.*

-Scawthorn, C., (2010). Analysis of fire following earthquake potential for san francisco, california. SPA Risk LLC, for the Applied Technology Council on behalf of the Department of Building Inspection, *City and County of San Francisco,* 54-55.

-Scawthorn, C., Eidinger, J.M. and Schiff, A. eds. (2005). Fire following earthquake, Vol. 26. *American Society of Civil Engineers (ASCE) Publications.*

-Yildiz SS, Karaman H. (2012). Developing a physics-based model for post-earthquake ignition. *9th International ISCRAM Conference, Vancouver,* Canada.

The Importance of Roads and Road Infrastructure in Managing Post-Earthquake Fire Emergencies (Case Study: Tehran Province)

Mohsen Asgarzadeh, Ph.D., Student, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Marine Sciences and Technologies, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
***Alireza Estelaji,** Professor, Department of Geography and Urban Planning, YI.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Seyed Ali Jozi, Professor, Department of Environment, NT.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Ali Beitollahi, Assistant Professor, Housing & Urban Development Research Center, Tehran, Iran.

E-mail: alirezaestelaji@iau.ac.ir

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT
One of the anticipated crises for the Tehran metropolitan area, as a densely populated capital with compact urban development, aging building stock, and high seismic potential, is fire following earthquake. In the management of post-earthquake fire disasters, roads and road transportation infrastructure play a vital role as the primary routes for evacuation, emergency response, and the movement of rescue and firefighting forces. Therefore, effective management of the road transportation network can significantly contribute to reducing human casualties and economic losses. This study focuses on bridges located along the major corridors of Tehran–Pardis, Tehran–Firuzkuh, Tehran–Saveh, Tehran–Qom, Tehran–Garmsar, Tehran–Shahriar, and Firuzkuh–Semnan within Tehran Province, based on data provided by the Road Maintenance and Transportation Organization. Using field surveys, GIS-based spatial identification of bridge locations, and completion of inspection checklists, the study evaluates the availability of alternative routes and the feasibility of constructing alternative routes (either local/point-based or corridor-based) for selected bridges according to defined criteria. The analysis of 122 inspection records identifies the status of each bridge in terms of access to alternative routes and reveals which corridors contain bridges lacking suitable alternatives. The results indicate that 74 bridges exhibit higher vulnerability in emergency response and firefighting operations under a crisis scenario and therefore require careful planning for structural retrofitting and the provision of alternative corridors. Such measures are essential to prevent delays in emergency response and to reduce human and economic losses caused by the spread of post-earthquake fires.

Keywords: Post-Earthquake Fire, Tehran, Crisis Management, Road, Transportation Network