

آسیب پذیری شبکه حمل و نقل (جاده ای) در برابر حادثه زلزله

مقصود پوریاری

عضو هیات علمی و رئیس بخش لجستیک، مدیریت سیستمها و بحران مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی

چکیده: در این مقاله آسیب پذیری سیستم حمل و نقل به عنوان یک شبکه شریان حیاتی مورد بررسی قرار گرفت و به دلیل اهمیت لجستیک و کارکرد در شرایط اضطراری این سیستم، اجزای آسیب پذیر آن در هنگام زلزله مشخص گردیده است. همچنین خرابیهای محتمل سیستم حمل و نقل با تاکید بر حمل و نقل جاده ای در اثر حادثه زلزله با اشاره مورد به زلزله سال 1396 ازگله کرمانشاه معرفی شد. سپس رفتارهای مختلف انسانی پس از زلزله که معمولا یکی از دلایل مختلف نابسامانی پس از زلزله بوده دسته بندی گردیده است و در نهایت راهکارهای مبتنی بر مدیریت ترافیک در شرایط بحران پیشنهاد شده است.

کلید واژه: حمل و نقل، آسیب پذیری، خطرپذیری، زلزله

مقدمه

زلزله به عنوان یکی از اصلی ترین حوادث تهدید کننده زیر ساختهای کشور بوده که هر سال خسارات زیادی به بار می آورد. باتوجه به ابعاد، شدت و حوادث بعدی، هر اندازه توجه بیشتری به پیامدهای زلزله صورت پذیرد، تاثیراتی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در اثر تخریب ساختمانها و مبلمان اطراف راه می گذارد، کمتر می شود. باید توجه نمود حمل و نقل به عنوان یک شریان حیاتی تاثیر زیادی در پویایی اقتصاد ملی دارد و زلزله و حوادث متعاقب آن به شدت می تواند کارکرد آن را مختل نموده و بدین ترتیب بخش قابل توجهی از سرمایه ملی را هدر دهد. در صورت خسارت اجزای سیستم های حمل و نقل علاوه بر از کارافتادن شبکه، امکان پشتیبانی لجستیک و ترمیم سایر شریانهای حیاتی نظیر مخابرات، لوله های گازرسانی و تاسیسات آب و غیره نیز میسر نخواهد بود. به عنوان مثال زلزله ای به شدت 7.3 با بزرگای گشتاوری، حوالی شهر ازگله واقع در غرب استان کرمانشاه را لرزاند. این حادثه در تاریخ 21 آبان ماه سال 1396 و در ساعت 21:48 رخ داد. پس از وقوع زلزله بخشهایی از بدنه راه، ابنیه واقع در آن دچار آسیب گردید. اما مهمترین اثر زلزله ریزش سنگ خصوصا در معابر کوهستانی بود که منجر به مسدودی کل و یا بخشهای قابل توجه مسیر گردید [13].

تعریف خطرپذیری و آسیب پذیری

درفرهنگ لغات کلمه خطرپذیری¹ به معنی احتمال وقوع حادثه ای بد، ناخوشایند و یا خطرناک می باشد. به عبارت دیگر در معنی لغوی این واژه دو عامل مهم احتمال و واقعه بد مستتر می باشد. اما در مفهوم گسترده تر خطرپذیری بصورت احتمال بوجود آمدن تبعات ناخواسته فیزیکی و اقتصادی و جانی ناشی از یک حادثه تعریف می شود. ملاحظه می شود خود خطر و بزرگی آن به تنهایی مهم نیست، بلکه عاملی که در خطرپذیری مهم می باشد، تبعات ناشی از خطر است. بنابراین میزان خطرپذیری علاوه برخطر، به طبقات ناشی آن نیز بستگی دارد. این تبعات براساس آسیب پذیری و ارزش سازه ها و یا جان انسانها تقسیم بندی می شود.

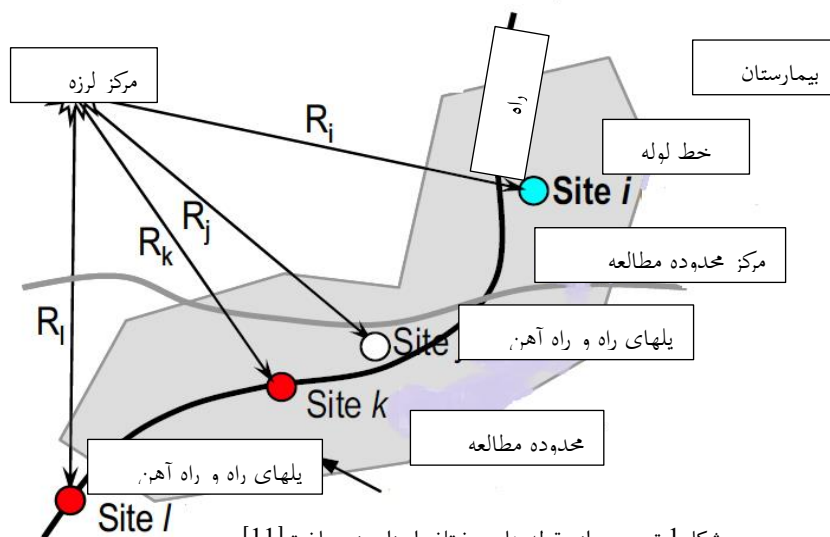
درجه ناتوانی یک سیستم در مقابله با تاثیر یا برخورد یک تهدید یا حادثه داخلی یا خارجی را آسیب پذیری² آن سیستم نامند [3]. این تعریف به روشنی بیان می کند که آسیب پذیری مربوط می شود به اینکه یک سیستم تا چه اندازه قادر به مقابله با تنشهایی است که توسط تهدیدها یا حوادث به آن وارد می شود. ارزیابی آسیب پذیری³ یک سیستم عبارتست از رویه ای سیستماتیک به منظور تعیین و محاسبه ویژگیهای آسیب پذیر اجزای آن سیستم. گرچه تحلیل آسیب پذیری یک شبکه حمل و نقل بسیار مهم است، اما مهمتر آنست که این شبکه تا چه اندازه قابلیت انعطاف پذیری⁴ و برگشت پذیری⁵ را دارد. یعنی با چه سرعتی و در چه زمانی قادر است تا خود را با شرایط تغییر یافته جدید سازگار کند و به سطح نرمال عملکرد خود بازگردد. به طور کلی تحلیل آسیب پذیری یک شبکه حمل و نقل باید به سه سوال اصلی زیر پاسخ دهد:

کجا آسیب پذیر است؟ (ارزیابی محل و اجزای آسیب پذیر در شبکه)

به چه چیز آسیب پذیر است؟ (ارزیابی شرایط ویژه یا تهدیدهای خارجی که احتمال وقوع آنها می باشد.)

چگونه آسیب پذیر است؟ (ارائه نشانی و مشخصات سناریوهای خاص و بررسی نحوه پاسخگویی شبکه به آن)

در بررسی میزان آسیب پذیری یک سیستم باید به اجزای آن توجه نمود. اجزای نقطه مانند و اجزای خط مانند آسیب پذیری متفاوت خواهند داشت در شکل یک این اجزا در یک محدوده چشمه لرزه زان نشان داده شده است.



شکل 1 تصویری از مقوله های مختلف اجزای زیرساخت [11].

¹-Risk

²-Vulnerability

³-Vulnerability Assessment

⁴-Flexibility

⁵-Resilient

مدیریت خطرپذیری در واقع مجموعه فعالیت‌هایی است که باعث می‌شود که احتمال افزایش میزان خطرپذیری یک سازمان و یا مجموعه خاصی از میزان معین شده‌ای کمتر شود [6]. مهمترین هدف مدیریت خطرپذیری اطمینان از شناخت کامل خطرپذیری است بطوریکه رویداد غیر منتظره و یا پیش‌بینی نشده‌ای روی ندهد و برای تمام رویدادهای محتمل، از قبل پیش‌بینی‌های لازم و کافی صورت گرفته باشد. بطور مثال در یک حادثه مانند زلزله، یک سازمان باید تمام مواردی که ممکن است در ارتباط با چنین حادثه‌ای به وقوع بپیوندد را از قبل پیش‌بینی کرده و برای هر حادثه‌ای برنامه مشخصی داشته باشد.

زلزله و حوادث متعاقب آن

حوادث بعدی ناشی از زلزله عبارتند از :

رانش زمین: این حادثه در اثر زلزله می‌تواند با توجه به نوع خرابی (لغزش از رو و یا لغزش از زیر) و یا با هجوم جریان گل و لای به سطوح راه و یا ایجاد خرابی عمومی، اختلال در عملکرد یک خیابان و یا بزرگراه را فراهم آورد.

تخریب خاکریز: با توجه به نوع شبکه حمل و نقل، برخی از اجزای شبکه بزرگراهی بر اثر پخش شدگی جانبی خاک در اثر زلزله، خرابی‌های وسیعی در بدنه راه ایجاد می‌کنند.

گسیختگی گسل: با توجه به تنوع گسل‌های عمده و فرعی و قطع شبکه راهها توسط این گسلها، در بسیاری از نقاط، خرابی زیادی در سطح راه می‌تواند در اثر این حادثه بوجود آید.

لغزش شیبها: ناپایداری شیبهای مشرف به برخی از بزرگراههای می‌تواند منجر به مسدود شدن جزئی یا کامل مسیرها گردد. زلزله‌های شدید غالباً موجب زمین لغزه می‌شوند. گرچه عمده این زمین لغزه‌ها کوچک می‌باشند، لیکن زلزله‌ها بعضاً لغزشهای بسیار بزرگی در شیروانیها ایجاد کرده‌اند. در برخی از این حالات، متأسفانه زمین لغزه ایجاد شده در اثر زلزله، تمامی شهر و روستاها را مدفون ساخته است. زمین لغزه‌های ناشی از زلزله گاهی با ویرانی ساختمانها، پلها و سایر تأسیسات، موجب بروز خسارات زیادی شده‌اند. تعداد زیادی زمین لغزه‌های ناشی از زلزله به علت پدیده روانگرایی ایجاد می‌شوند و تعداد قابل ملاحظه دیگری از آنها بعلت گسیختگی شیروانی بوده که در شرایط استاتیکی هم پایداری ضعیفی داشته‌اند (شکل 3 و 2).



شکل 2 بسته شدن مسیر دسترسی به زیارتگاه بابا یادگار و تخریب یک دستگاه خودرو (زلزله 1396 ازگله)



شکل 3 فروریزش سنگ در محور دالاهو اسلام آباد بعد از گردنه پاتاق به طول تقریبی 300 متر (زلزله 1396 ازگله)

خروج قطارها از ریل: هر چند سازه های زیر زمینی از جمله مترو در برابر زلزله های گذشته در نقاط مختلف دنیا عملکرد بهتری داشتند لیکن امواج زلزله می تواند منجر به خروج قطارها از ریل شود.

آتش سوزیهای گسترده: به دنبال زلزله، آتش سوزی گسترده ای می تواند در محل پمپ بنزینها و یا در محل ترکیدگی خطوط گاز و یا در اثر اتصال جریان الکتریسته رخ دهد. با توجه به حجم این نوع حوادث هجوم مردم و هجوم نیروهای امداد رسانی، می تواند اختلال در شبکه را بوجود آورد.

سیل: در اثر وقوع زلزله با توجه به تغییرات صفحات تکتونیکی و همچنین تغییر سفره های زیر زمینی در مواقعی به علت سرباز شدن محل آب جمع شدگیها، می تواند سیل موضعی رخ دهد.

هجوم مردم به خیابانها: علاوه بر تاثیر منفی زلزله بر سیستم عرضه حمل و نقل، با توجه به هجوم افراد برای خروج از شهرها، تقاضای زیادی بر سستم حمل و نقل پدید می آید که با توجه به ظرفیت محدود شبکه حمل و نقل، مشکلات ترافیکی زیادی بوجود خواهد آمد. از طرفی شبکه حمل و نقل باید تقاضای ناشی از عملیات امداد رسانی، کمک رسانی و کمکهای مردمی جهت ارسال محموله ها باشد.

انواع خرابی های زلزله

همانطور که پیشتر ذکر گردید، زلزله خرابیهای زیادی را در پی دارد. این خرابیها مشتمل بر خرابی انواع سازه ها و ابنیه فنی موجود (پل، تونل، دیوار حائل، انواع پایه روشنایی و تاسیساتی، انواع پایه تابلو و علائم، انواع پل عابر پیاده و غیره) در شبکه حمل و نقل و همچنین جسم راه نیز می باشد. در ادامه به تشریح بیشتری از انواع خرابیهای عمده می پردازیم [8]:

پل: یکی از اجزای اصلی آسیب پذیر در هنگام زلزله است. اهمیت یک پل بدان سبب است که وقتی این عضو در زلزله از کار بیفتد کل مسیر غیرقابل استفاده خواهد بود. از آنجا که ترمیم پل زمان بر است، مدیریت امداد و نجات را با مشکل جدی مواجه می سازد. طی زلزله های گذشته ایران، آسیبهای کمی به پل های بتنی و فولادی وارد شده است که یک علت آن کوتاه بودن دهانه های پل های موجود در مناطق زلزله زده بوده است [5]. اما شاید یک علت مهم دیگر کم بودن میزان راه ها و به تبع آن تعداد پل ها نسبت به مساحت کشور باشد که موجب گردیده تا پل های زیادی در کشورمان در معرض آزمون زمین لرزه قرار نگیرند. اما در صورت وقوع زمین لرزه در مناطق شهری و به خصوص شهرهای بزرگ، به علت تراکم بیشتر پل ها در این مناطق، امکان وقوع خرابی های قابل توجه در پل ها دور از انتظار نخواهد بود که لازم است برای پیشگیری از آن تدابیر لازم اندیشیده شود. برخی از خرابیهای پل در هنگام زلزله مشکل بهره برداری بعدی را به دنبال دارند که این خرابیها غیرقابل قبول می باشند. در دستورالعمل آشتو موارد ذیل را جزو خرابی های غیر قابل قبول تلقی می شود:

الف- از دست رفتن تکیه گاه شاهتیرها: واضح است که این حالت غیرقابل قبول ترین شکل خرابی است. جهت به حداقل رساندن این مود بالقوه از خرابی، طول های حداقل نشیمن گاهی برای شاهتیرها مشخص می گردد. علاوه بر این، ضوابط طراحی برای نشیمن گاه ها و قیده های میان قطعات ناپیوسته سازه ای ۶ نیز لازم است، زیرا شکست نشیمن گاه می تواند منجر به شکست شاهتیرها شود (شکل 4 و 5).



شکل 4 تخریب کوله به علت روانگرایی - زلزله Northridge(1994)[9].



شکل 5 خرابی دال پل با دهانه 4 متر در محور کوهستانی سرپل ذهاب به ثلاث(زلزله 1396 از گله) [13]

ب- شکست ستون‌ها: دو نوع شکست ستون که می‌تواند منجر به فروریختگی فاجعه‌آمیز شود عبارت است از شکست برشی و بیرون آمدن آرماتورهای طولی در پایه‌های بتنی مسلح، که بیرون آمدن آرماتورهای طولی از عدم رعایت ضوابط جزئیات طراحی اتصالات برای نیروهای مورد انتظار ناشی از تسلیم‌شدگی خمشی در ستون‌ها ناشی می‌شود(شکل 6).



شکل 6 خرابی پل فوکه بزرگراه هانشین در زلزله کوبه به علت تشدید ناشی از نزدیکی به گسل و ایجاد تغییر شکل های بزرگ [10].

پ- شکست فونداسیون: لازم است که تمام شالوده‌ها برای حداکثر نیروهایی که می‌توانند به پایه‌ها منتقل کنند با فرض تسلیم‌شدگی خمشی پایه‌ها طرح گردند.

ت- شکست اتصالات: اتصالات مهم‌ترین اجزاء در حفظ یکپارچگی کلی^۷ پل هستند. در نتیجه در ضوابط آشتو توجه خاصی به تغییر مکان‌هایی که در تکیه‌گاه‌های قابل حرکت^۸ رخ می‌دهد شده است. در اتصالات ثابت، نیروهای طراحی به صورت محافظه‌کارانه تعیین می‌گردند. علاوه بر این رابط‌های افقی مثبت نیز بین قطعات مجاور روسازه تعبیه می‌شوند.

ث- شکست ناشی از روانگرایی خاک: بررسی‌ها نشان می‌دهد که روانگرایی خاک شالوده منجر به بسیاری از خرابی‌ها و از دست رفتن تکیه‌گاه شالوده و ایجاد تغییر مکان‌های بزرگ وارده به کوله‌ها و پایه‌ها می‌گردد. لذا تا آنجا که ممکن است باید از طرح پل در مناطق ماسه‌ای با عمق زیاد، شل یا با تراکم متوسط که خطر روانگرایی بالایی دارند اجتناب شود. یکی از راه‌های ایمن‌سازی پل در برابر این پدیده استفاده از شمع‌های فولادی قائم طویل شکل‌پذیر جهت نگهداشتن پایه‌ها می‌باشد [9]. اکثریت این عوامل نظیر عدم اندیشیدن تمهیدات ویژه جهت جلوگیری از فرو افتادن عرشه، عدم تأمین خاموت گذاری مناسب جهت افزایش شکل‌پذیری خصوصاً در پایه‌های پل، عدم لحاظ نمودن بارهای لرزه‌ای در طراحی‌های مفهومی در پلهای کشور ایران نیز دیده می‌شوند.

ج- بدنه راه: بدنه راه در اثر زلزله آسیب‌های متفاوتی از قبیل (رانش و تخریب خاکریز راه، آبشستگی، گسلش سطحی رویه، تغییر مسیر رودخانه‌ها و عبور آنها از مسیر جاده، تورم یا نشست زیاد سطح جاده‌ها و روانگرایی، انسداد‌های ناشی از ریزش کوه یا بهمن، بالا آمدن سطح آب در اثر بارندگی و به زیر آب رفتن بدنه راه، تخریب روسازی در اثر ریزش سنگ و غیره را نام برد) شکل 7 و 8).



⁷ Overall Integrity
⁸ Movable Supports

شکل 7 آسیب روسازی راه در زلزله 1991 کاستاریکا [9]



شکل 8 خرابی ترک طولی در لبه راه در محور سرپل ذهاب به ازگله [13]

شناسایی انواع سفرها در هنگام زلزله

در مسیرهای منتهی به شهر حادثه دیده به علت شکل گیری انواع سفرها تراکم و راهبندان شدیدی بوجود می آید انواع سفرها در هنگام زلزله به شرح ذیل است [4]:

سفرهای امنیتی: این سفرها توسط مقامات امنیتی، نظامی و انتظامی و سیاسی به منظور برقراری نظم و امنیت و ایمنی و جلوگیری از سرقت اموال و همچنین میسر نمودن سفرهای امدادی و غیره برقرار می گردد. این سفرها عمدتاً سفرهای ورودی را تشکیل می دهند. همچنین افرادی که به منظور انجام مدیریان بحران باید در صحنه باشند جزو این گروه می باشند.

سفرهای امداد و نجات و بازسازی: این سفرها به منظور تامین مایحتاج اولیه، آب و غذا و همچنین حمل مجروحین، انتقال به مراکز درمانی و آواربرداری و نجات مجروحین و اطفای حریق و همچنین احیای شریانهای حیاتی صورت می گردد. این سفرها هم ورودی و هم خروجی می باشند.

سفرهای تخلیه: که به منظور انتقال افراد بی خانمان به محلهای اسکان موقت انجام می پذیرد. این سفرها عمدتاً خروجی می باشد.

سایر سفرها: سفرهایی هستند که به منظور کسب اطلاع از وضعیت خویشاوندان و یا خانواده و داراییها و همچنین دوستان و آشنایان صورت می گیرد. همچنین کسانی که از زلزله آسیب ندیدند و قصد فرار از آتش سوزی را دارند و قصد انتقال افراد خانواده به نقطه امنی در خارج از شهر را دارند جزو این دسته به حساب می آیند. همچنین سفرهایی که به نیت خیرخواهی و از روی عواطف انسانی و احساسی توسط افراد عادی و آموزش ندیده صورت می گیرد در این دسته قرار می گیرد چه بسا این افراد روند کمک رسانی را مختل نموده و خود به دلیل عدم آموزش دردهای زیادی ایجاد می کند و به دلیل عدم آموزش امکانات و مایحتاج اولیه زندگی را با خود همراه ندارند و سربار افراد دیگر می شوند. تجارب مدیران در زلزله اخیر بهم این نکته را یاد آور می گردد.

عوامل موثر تقاضا در هنگام زلزله

عوامل متعددی بر میزان تقاضا می تواند تاثیر گذارد. این عوامل با توجه به تاثیر آن در کارآمدی مدیریت بحران باید مورد توجه قرار گیرد و در نظر گرفتن آن و اقدام در جهت رفع موانع و مشکلات مترتب بر آن بر چگونگی تقاضا تاثیر می گذارد. به شرح برخی از این عوامل می پردازیم [4]:

شدت زلزله: هرچه شدت زلزله بیشتر باشد، ابعاد حادثه شدیدتر بوده و حجم خسارات و خرابیهای بیشتری به بار می آورد و نیاز به فوریتهای امدادی و کمک فرامنطقه ای خواهد بود و کمکهای بیشتری را می طلبد و نتیجتاً به میزان تقاضا خواهد افزود.

زمان زلزله: آمار و تجربه نشان داده که زمان زلزله تاثیر زیادی در خسارات و تلفات دارد. میزان خسارت در روز حدود یک چهارم خسارت در شب در ایران بر آورد گردیده است. همچنین زمان ساعات اوج اگر زلزله ای اتفاق بیفتد می تواند حجم تقاضا را افزایش دهد و به راهبندان منجر شود.

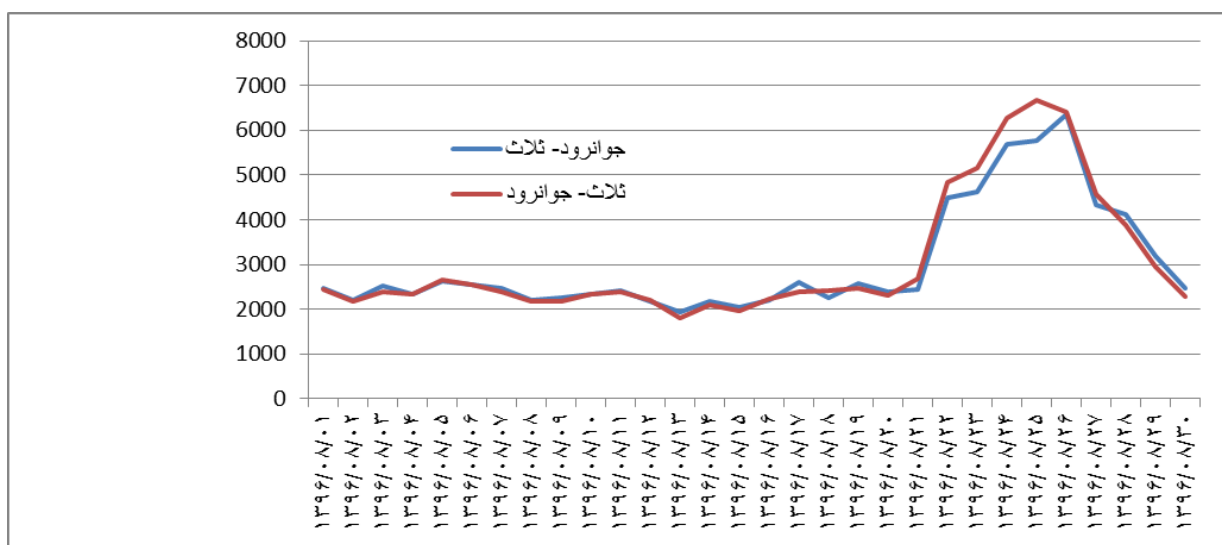
آسیب شبکه حمل و نقل: در اثر وقوع زلزله، شبکه حمل و نقل جاده ای آسیب جدی خواهد دید و برخی از لینکهای شبکه معابر از کار خواهد افتاد. کما اینکه تجربه زلزله اخیر نشان داد که جاده چالوس تا 15 روز غیر قابل بهره برداری شد. لذا طولی از مسیر که باز بوده و همچنین زمان سفر، بر میزان تقاضا تاثیر دارد.

اعمال مدیریت ترافیک: داشتن طرح مدیریت اضطراری از قبل و استقرار نیروهای انتظامی و نظامی در معابر ورودی و منتهی به شهر و استفاده از علائم و تجهیزات فیزیکی (نظیر موانع فیزیکی، برای کنترل ترافیک و جلوگیری از سفرهای زاید ضرورت دارد و این بر میزان تقاضا تاثیر گذاشته و می توان ان را مدیریت نمود. این وضع ضرورتی اجتناب ناپذیر در کارآمدی مدیریت ترافیک و کمک به تنظیم تقاضا در شرایط بحران است. اما داشتن برنامه و لزوم هماهنگی مناسب در این راستا شرط لازم در موفقیت این روش می باشد. در حوادث قبلی این تجربه حاصل شده که حتی مدیران ارشد و مرتبط که می باید در امداد رسانی و بازگشایی مسیر پیش قدم می شده در اثر اعمال محدودیت از سوی عوامل انتظامی، عملیات امدادی با تاخیر چندین ساعت انجام پذیرفته است. لذا آموزش و همچنین داشتن برنامه و تمرین از طریق مانورهای متنوع شرط موفقیت این روش است.

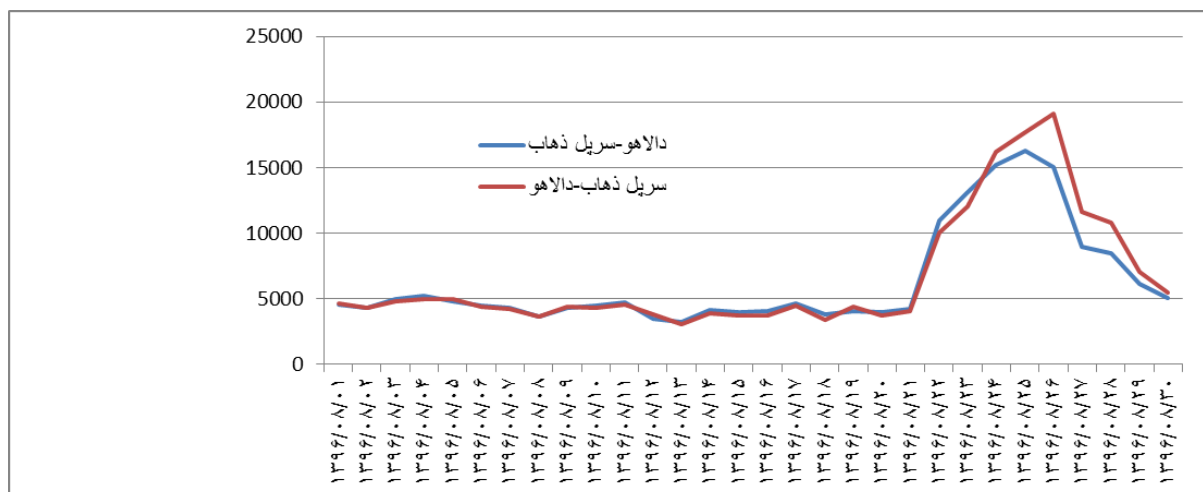
رفتار انسانی: داشتن رفتار منطقی از سوی مردم که به هر دلیلی از شبکه معابر با توجه به نیازهای مطرح استفاده می کنند، بر میزان تقاضا تاثیر دارد. از جمله رفتار غیرمنطقی، رها کردن خودرو در سطح شبکه است که موجب اختلال در ترافیک می گردد یا استفاده از شانه و یا مسیرهای کنده که در شرایط بحران برای عبور وسایل امدادی نقش موثری دارند و یا استفاده از مسیر روبرو که مشکلات فراوانی ایجاد میکند. همچنین برخی به دلیل کنجکاو و هیجان طلبی ممکن است به سطح شبکه

راهها آمده که کمترین کمک و تاثیری در امداد و نجات مردم ندارند. لذا آموزش و فرهنگ سازی در این زمینه می تواند در تنظیم مدیریت تقاضا در شرایط بحران کمک شایانی نماید.

به عنوان شاهد مثال در زلزله ازگله کرمانشاه، تقاضای سفر بعد از ساعات وقوع زلزله و روزهای منتهی به آخر هفته خصوصا روز پنج شنبه (96/8/25) و روز جمعه (96/8/26)، در محورهای منتهی به شهرها و روستاهای آسیب دیده با حجم تردد سنگین با رشد قابل توجه مواجه گردید. با توجه به بی نظمی موجود در این شرایط و اسکان نامناسب آسیب دیدگان در جوار معبر اصلی و حتی میانه معبر (به طور مشخص میانه بلوار اصلی شهر سرپل ذهاب)، تراکم ترافیک در محورهای منتهی به شهر سرپل ذهاب قابل توجه بود. در محورهای منتهی به ثلاث باباجانی (بیشتر به دلیل ظرفیت کم محورهای منتهی و کوهستانی بودن) ترافیک سنگین بود (شکل 9 و 10).



شکل 9 تردد در مسیر رفت و برگشت جوانرود ثلاث باباجانی [13]



شکل 10 تردد در مسیر رفت و برگشت جوانرود ثلاث باباجانی [13]

مدیریت ترافیک در شرایط زلزله

در هنگام بحران (با توجه به شدت زلزله که معمولاً ابعاد آن وسیع و حمایت‌های فرمانطقه ای را می‌طلبد)، توجه به مدیریت ترافیک ضرورت دارد. علی‌الخصوص در مبادی ورودی جریان ترافیک تاثیرگذار در شبکه، اعمال مدیریت ترافیک حیاتی است. گاه در کشور اتفاق افتاده که این وضع حالت افراطی به خود گرفته و عوامل انتظامی از حضور مسئولین ذریبست ممانعت به عمل می‌آورند که این نیز از نبود دستورالعمل از پیش تعیین شده حکایت دارد. لذا داشتن برنامه برای هدایت ترافیک، شناسایی مبادی اصلی ورودی و خروجی، اولویت بندی معابر از لحاظ امداد و نجات و به طور کلی فراهم نمودن شرایطی که امداد و نجات به درستی انجام پذیرفته و از طرفی مدیران و دست‌اندرکاران با کمترین تاخیر بتوانند ایفای نقش نمایند، ضرورت دارد. داشتن یک مدیریت ترافیک در شرایط بحران زلزله مستلزم هماهنگی و همکاری در سه مقوله: نیروی انسانی، تجهیزات و امکانات، قوانین و دستورالعمل می‌باشد.

نیروی انسانی: نیروی انسانی جهت مدیریت ترافیک در شرایط بحران شامل پلیس راه، نیروی انتظامی و نیروی نظامی، نیروی سپاه و بسیج خواهد بود. از طرفی نیروهای اطلاعات و مقامات امنیتی نیز ممکن است فراخور نیاز وارد عمل شوند. آموزش و برگزاری انواع مانور در مقیاس دور میری تا با مقیاس تمام جهت افزایش کارایی این عوامل ضرورت دارد.

قوانین و دستورالعمل: پیش‌بینی فرماندهی و سلسله مراتب، تشخیص افراد مسئول و امدادگر، مشخص بودن جزئیات وظایف محوله، برنامه حفاظت شخصی هر یک دستورالعملی را می‌طلبد در این راستا پیش‌بینی لازم باید انجام گیرد.

تجهیزات و امکانات: با توجه به وظایف محوله عوامل مدیریت ترافیک، تجهیزات و امکانات شامل: تابلو و علائم ترافیکی، انواع حفاظهای ترافیک، امکانات مخابراتی و اطلاع‌رسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات مرتبط، تجهیزات ایمنی شخصی، علائم مشخص کننده افراد مسئول می‌باشد.

تابلو و علائم ترافیکی: این تجهیزات برای اعمال مدیریت ترافیک در مبادی ورودی و در طول مسیر مواصلاتی در مقاطع زمانی چند روز پس از بحران جهت هدایت ترافیکی کاربرد دارد. همچنین جهت مشخص نمودن مسیرهای ویژه امداد رسانی می‌توانند کاربرد داشته باشند. استفاده از مسیرهای ویژه امداد در آزادراهها و بزرگراهها باید از طریق تجهیزات فیزیکی و علائم در دستور کار قرار گیرد.

همچنین تابلوهای متغیر خبری نیز به عنوان یکی از ابزارهای اطلاع‌رسانی و هدایت ترافیک جهت اطلاع‌رسانی به موقع به خودروهای در حال حرکت و راهنمایی رانندگان جهت تصمیم‌گیری درست و نمایش اطلاعات خروجی دوربین‌های کنترل ترافیک و سایر تجهیزات نظارتی در قالب پیام‌های خبری و مسیرنما در شرایط بحران می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند:

انواع حفاظهای ترافیک: با توجه به حاکم بودن شرایط اضطرار خصوصاً در ساعات اولیه بحران، حفاظهای صلب و موانع فیزیکی از جمله جان‌پناه‌های صلب باید در مبادی ورودی پیش‌بینی شود. خصوصاً اگر معابری جهت مأموریت خاص باید انسداد گردند و یا کاربرد آن محدود گردد به منظور جلوگیری از تردد زائد این اقدام ضرورت دارد. همچنین استفاده از ظرفیت خط عبوری روبروی آزادراه‌ها در شرایطی که تعادل حجم در دو طرف به هم می‌خورد و استفاده از حفاظهای ایمنی قابل حمل بدین منظور می‌تواند کارآمد باشد. در این راستا ضرورت دارد در فواصلی مشخص در آزادراهها در میانه این معابر تمهیدات لازم اندیشیده شود. بدین صورت که در مقاطعی حفاظهای قابل حمل با حفاظهای گاردریل میانه راه جایگزین گردد.

امکانات مخابراتی و اطلاع‌رسانی: برخورداری از سیستم مخابراتی پایدار، برقراری سیستم اطلاع‌رسانی برای هماهنگی نیروهای مدیریت ترافیک و همچنین اطلاع‌رسانی به مردم جهت همکاری و تعامل با عوامل مدیریت ترافیک در مبادی ورودی ضرورت دارد. همچنین برگزاری مانور مشترک جهت سنجش کارایی این سیستمها لازم است. در این راستا معمولاً بیشترین

اتکا به موبایل‌های ماهواره ای می شود که در برخی موارد بی‌سیم‌های باند VHF و UHF نیز مورد استفاده قرار می گیرد .
 ضرورت دارد این امکانات بر اساس معیارهایی چون پایداری، ظرفیت، انعطاف پذیری (قدرت مانور و پوشش) مورد ارزیابی قرار
 گرفته و آموزش لازم در خصوص کارکرد آن داده شود.

ماشین آلات و تجهیزات مرتبط: از آنجا که خطر رها کردن ماشین در سطح سواره رو یکی از مسائل و مشکلاتی است که
 در شرایط بحران زلزله اتفاق می افتد پیش بینی جرثقیل برای انتقال این ماشینها به حاشیه راه ضرورت دارد. لذا یکی از
 تمهیداتی که در این راستا باید اندیشیده شود حمل ماشینهای سرگردان در مسیر راه می باشد. در این راستا باید سازوکار
 قانونی نیز پیش بینی شود. همچنین دستگاههای برش فلزات و گاردریل کنار و یا میانه راه در رسته این تجهیزات بوده و پیش
 بینی آن ضرورت دارد.

در زلزله رخ داده سال 1396 استان کرمانشاه، تعداد 190 دستگاه انواع ماشین الات راهداری و راهسازی فعال بوده است. در
 این حادثه تعداد 40 دستگاه ماشین آلات از استانهای معین اصلی و سه دستگاه از بخش خصوصی در بازگشایی و پاکسازی
 معابر به کار گرفته شد. (جدول 1)

جدول 1 ماشین آلات درگیر عملیات بازگشایی معابر در استان کرمانشاه پس از زلزله [13]

ردیف	نوع ماشین	کرمانشاه	استان معین	بخش خصوصی
1	کامیون و کامیونت	58	26	-
2	تریلر	12	9	-
3	لودر	23	1	1
4	بیل	4	-	2 (با پیکور)
5	جرثقیل	5	-	-
6	سواری	43	-	-
7	گریدر	23	-	-
8	بولدوزر	22	-	-



تجهیزات ایمنی شخصی: تردیدی نیست ایمنی عوامل درگیر در اعمال مدیریت و کنترل ترافیک در شرایط بحران با تهدیدات زیادی ممکن است مواجه باشند. علاوه بر دارابودن تجهیزات ایمنی از قبیل لباس ایمنی، کلاه و کفش ایمنی، مشعلهای مخصوص و غیره که در شرایط طبیعی استفاده می گردد با توجه به انواع تهدیدات و برخوردهای فیزیکی باید تمهیدات برای حفاظت شخصی با هماهنگی عوامل انتظامی پیش بینی شود.

علائم مشخص کننده افراد مسئول: گاه در حوادث بحرانهای گذشته پیش آمده که عوامل مدیریت ترافیک به لحاظ عدم هماهنگی اجازه ورود عوامل کلیدی مسئول را به صحنه نمی دهند. لذا باید با ارائه علائم و مشخصه ویژه ای افراد مسئول و همچنین نیروهای امدادگر و کسانی که حضور آنان در محل حادثه ضرورت دارد خصوصا در لحظات اولیه بحران، پیش بینی شود و آموزشهای لازم در این زمینه داده شود.

در مجموع استفاده همزمان از روشهای انتظامی و فرهنگ سازی مدیریت ترافیک گامی موثر است. هرچند فرهنگ سازی در شرایط بحران بیشتر صورت گیرد و اطلاع رسانی مناسب باشد در هنگام مدیریت ترافیک استفاده از روشهای انتظامی کمتر خواهد بود و هزینه های کمتری در این راستا صورت خواهد گرفت و حتی سیستمهای هوشمند نیز در این شرایط کارآتر خواهند بود.

مسیرهای جایگزین: طبق تعریف صورت گرفته مسیری که موازی و با افزایش زمان سفر کمتر از 25٪ مسیر اصلی باشد به عنوان مسیر جایگزین و یا موازی در نظر گرفته می شود. در مواردی که راه جایگزینی برای راه اصلی موجود باشد، در صورت بروز حادثه و عدم عملکرد راه اصلی، جریان ترافیک به راه جایگزین منتقل می شود و اهمیت بازیابی مسیر اولیه کمتر می شود. در زلزله استان کرمانشاه، شهر سرپل ذهاب به عنوان کانون خسارات و صدمات وارده، به سمت کرمانشاه مرکز استان دارای محورهای متعدد بود و از سه محور مختلف امکان تردد به سمت مرکز استان وجود دارد. مع الوصف بخش قابل توجه معابر در شرایط توپوگرافی تپه ماهور و کمتر در ناحیه کوهستانی واقع بوده که مقاومت بالای مسیرها و همچنین افزونگی خوبی دارند.

همچنین شهر قصر شیرین به سرپل ذهاب دارای دو مسیر مواصلاتی است. اما محور جوانرود به ثلاث به دلیل تفاوت قابل توجه زمان سفر فاقد مسیر جایگزین بوده و از طرفی با توجه به توپوگرافی کوهستانی مسیر، بستر دارای استعداد رانش، فروریزش در مجموع محور آسیب پذیری است.



شکل 25 طولانی شدن مسیر جایگزین ثلاث-جوانرود [13]

پلهای سریع النصب: پل‌ها به عنوان آسیب‌پذیرترین و حیاتی‌ترین بخش راه‌های ارتباطی بوده و در حوادث نظیر زلزله و سیل آسیب پذیرند. منظور از پلهای سریع النصب مجموعه‌ای از المانهای عرشه، پایه یا کوله پل می‌باشد که به صورت مجزا و یا در ارتباط با هم بتوانند جایگزین المانهای آسیب دیده پل موجود شوند و بتوانند در زمانی کوتاه ضعف موجود را رفع کنند. این پلها باید جهت استفاده در مواقع بحرانی در نزدیکترین محل دپو شود و برای کفسازی و نگهداری باید جایی باشد که حمل و بارگیری تخلیه اش خیلی راحت صورت گیرد. این پلها از قبل تعدادی برای استفاده موقت در اختیار راهداری قرار گرفت لیکن به مرور از آنها به عنوان پل دائم استفاده گردید. در زلزله سال 1396 کرمانشاه، تعداد 5 دستگاه پل سریع النصب که 3 مورد مونتاژ شده و 2 دستگاه قابلیت مونتاژ دارد در استان موجود بود. به گفته مسئولین با برگزاری مانور برای نصب این پلهای طی سالهای قبل، 2 روز زمان صرف شد تا در شرایط عادی یک دستگاه پل در محل کار گذاشته شود.

جمع بندی و نتیجه گیری

شبکه راه‌ها به‌عنوان یکی از شریان‌های حیاتی یک شهر، نقش مهمی را در مدیریت بحران، ایفا می‌کنند. لذا باید قبل از وقوع حادثه، برای مراحل مختلف مدیریت بحران برنامه‌ریزی نمود. در این راستا بیش از مدیریت بحران مدیریت خطرپذیری اهمیت دارد. برآورد خطر پذیرگی شامل دو بخش می‌باشد: اول، مشخص کردن و اندازه گیری خسارات محتمل و دوم اندازه گیری پتانسیل تکرر و بزرگی آسیب‌های ناشی از خطرات پیش رو.

در بخش اول، پتانسیل خسارات اولیه و ثانویه ناشی از سوانح باید شناسایی شود. این خسارات شامل خسارات مستقیم ناشی از سوانح که به سازه‌ها و تاسیسات وارد می‌شود و خسارات ثانویه ناشی از سوانح که در اثر خسارات وارده به عایدی سازمان از طریق وارد آمدن آسیب به سرمایه‌ها، منافع عایدی و یا کاهش خروجی‌های سازمان مربوطه در اثر کاهش تقاضای بیرونی در اثر آسیب رسیدن به بخش‌های متقاضی خروجی سازمان مربوطه می‌باشد. بخش دوم برآورد میزان خسارات به محل‌های مستعد آسیب‌هایی که در مرحله اول شناسایی شد می‌باشد. در یک سیستم حمل و نقلی با مدیریت خطرپذیری برآورد میزان خطرپذیری اجزای مختلف علی‌الخصوص پل به عنوان مهمترین جز آسیب پذیر با توجه به پهنه خطر حائز اهمیت است. در مرحله بعدی مدیریت بحران در صورت وقوع حوادث مدیریت ترافیک با ساز و کار ذکر شده در بخشهای قبلی اهمیت می‌یابد.

هرچند عملکرد شبکه حمل و نقل در حادثه زلزله 7/3 ریشتری مورخ 21 آبان ماه سال 96 سرپل ذهاب از منظر بسیاری از دست اندرکاران مدیریت بحران قابل قبول تشخیص داده شد، لیکن به دلیل ارتباط پیوسته و مداوم با مراحل مختلف مدیریت بحران باید به عنوان یک شریان حیاتی به پایداری تمامی مولفه های توجه نمود و نقاط ضعف آن را شناسایی و مرتفع نمود. یکی از مهمترین نقاط ضعف شناسایی شده عدم توجه به جزییات انجام عملیات انجام شده و ثبت فرآیند و به طور کلی مستند سازی آن است. این موضوع پس از سپری شدن حادثه اثرات تنها در حافظه افراد برای مدتی بر جای مانده و به درستی منتقل نمی شود. بیان جزییات و وضعیت دقیق و شفاف عملکرد به درستی انجام نمی شود و شاید به دلیل نگرانی از زیر سوال رفتن عملکرد مجموعه دخیل و یا فقدان آموزش لازم در خصوص فرهنگ مستندسازی در بین مدیران باشد. لذا توجه به این موضوع به نحویکه مستندسازی حوادث و فرایندها و تجارب به نحو مطلوب در دستور رسیدگی قرار گیرد یک ضرورت انکارناپذیر است.

آماده باش نیروهای نظامی و انتظامی به دلیل ساختار و مانورهای متداول و آموزش لازم یک تجربه مناسب برای افزایش قابلیت مدیریت بحران حمل و نقل دست اندرکاران دخیل است. به دلیل شرح وظایف مختلف و دخیل بودن افراد و سازمانهای متعدد در حادثه ای نظیر زلزله باید انجام آموزش نظری و عملی (مانور) مشترک در افزایش آمادگی با تعیین سناریوهای محتمل صورت پذیرد. به عنوان یک تجربه مناسب آماده باش عوامل راهداری و پلیس در ایام اربعین در مدیریت ترافیک در استان کرمانشاه، بکارگیری این تجربه برای حادثه زلزله نیز موثر بود. لذا بازگشایی معابر قبل از شروع تقاضای بالا در این حادثه از نقطه قوت بود.

بررسی وضعیت ساختارهای موجود در زمینه مدیریت بحران در شبکه حمل و نقل جاده ای نشان می دهد که ساختار مدیریت بحران در وزارت راه و شهرسازی و به تبعیت در استانها دارای ایراد اساسی است و هنوز برای رفع این مشکل اقدام اساسی انجام نشده است. مهمترین مشکل این است که در حال حاضر نحوه مدیریت بحران فاقد طرح عملیاتی در مراحل مختلف است. ستاد و استانها فاقد مدیران با تجربه و دارای علم مدیریت بحران هستند. از طرفی با تفکیک ادارات راهداری و حمل و نقل جاده ای و ادارات کل راه و شهرسازی، در شرایط بحران حیطة وظایف و عملکرد آنها به روشنی از هم جدا نشده است. همچنین با توجه به تفاوت حوزه های عملکردی مدهای مختلف حمل و نقل مانند بخش ریلی، هوایی و جاده ای در سطح یک استان مشکلات بیشتری مطرح می گردد. بنابراین مشخص است که ضرورت داشتن طرح جامع مدیریت بحران در بخش حمل و نقل با ارائه یک ساختار مناسب چه میزان ضرورت دارد.

وجود راههای فرعی و جایگزین مناسب از جمله عوامل موثر در کاهش مخاطرات ناشی از بروز بحران می باشند ولی در بسیاری موارد راه فرعی موجود بوده ولیکن به دلیل عدم شناسایی مناسب توسط مسئولین ممکن است در هنگام بحران نادیده گرفته شود. در حالیکه ممکن است با انجام اقداماتی اولیه امکان استفاده سریع و مناسب از آنها را در هنگام بحران از قبل آماده نمود. از طرفی راههایی وجود دارند که در مسیر آنها تعداد زیادی پل و تونل قرار گرفته به طوری که تخریب یکی از آنها باعث انسداد کل مسیر می شود ولیکن مسیر کنار گذر یا راه فرعی برای این مسیرها وجود ندارد و یا اینکه دسترسی به منطقه ای، محدود به یک مسیر است (به عنوان نمونه محور ثلاث-جوانرود) لذا برنامه ریزی جهت احداث یا شناسایی راههای فرعی و جایگزین مناسب با هزینه های قابل قبول از سیاستهای عمده در مرحله کاهش مخاطره می باشند.

منابع و مراجع

[1] پروژه تحقیقاتی " شناسایی و تحلیل عملکرد شبکه راههای دسترسی به شهر تهران در هنگام بروز زلزله " کارفرما: پژوهشکده حمل و نقل، مجری: مقصود پوریاری، 1389

[2] پروژه تحقیقاتی "امکان سنجی مدیریت بحران در شبکه حمل و نقل کشور" کارفرما: پژوهشکده حمل و نقل، مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران، 1385

[3] مقصود پوریاری، محمدرضا یداللهی، محمد پوررضا "بررسی نقش و کارکرد سیستم مدیریت حمل و نقل اضطراری" سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه تهران، 1386

[4] افشین شریعت، علیرضا شورشی، "بررسی رفتارهای انسانی و تاثیر آن در عملکرد شبکه حمل و نقل بعد از زلزله" از مجموعه مقالات دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، خرداد 1385

[5] پروژه تحقیقاتی "جمع آوری و طبقه بندی آسیب های وارده به پل ها در زلزله های گذشته" کارفرما: پژوهشکده حمل و نقل، مجری: مهندسین مشاور ارکان پویا

[6] پروژه تحقیقاتی "تعیین معیارهای خطرپذیری قابل قبول در شبکه حمل و نقل جاده ای در مقابل سوانح طبیعی" کارفرما: پژوهشکده حمل و نقل، مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه زنجان، 1391

[7] Dai NAKAGAWA & etc, "Characteristics of Traffic Conditions Immediately after the Hanshin-Awaji Earthquake" Journal of Natural Disaster Science, Volume 20, Number 1, 1998, pp 11-20

[8] . Zand, K. (1999) "Seismic Vulnerability of Highway Bridges in Iran" *Proceedings of 3rd International Conference on Seismology and Earthquake Engineering (SEE3)*, Vol. 2, pp. 1015-1020, Tehran, Iran.

[9] . EQIIS. *Structures Images After Earthquakes In the World*, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, URL: <http://www.eqjis.com>

[10] . EERI (1995) "Hyogoken-Nanbu Earthquake Reconnaissance Report", *Earthquake Spectra*, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA.

[11] . European Commission, Methodology for Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Infrastructures, networks and socio-economic impacts, SYNER-G Reference Report 1

[12] وب سایت پایگاه داده علوم زمین <http://www.ngdir.ir/pdefault.asp>

[13] گزارش زلزله مورخ 1396/8/21 کرمانشاه - سرپل ذهاب، مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، 1396