



Guidelines on Earthquake Emergency Response Planning for Evacuation of Tehran Unsafe Subway Stations

Mahmood Hosseini¹ , Yasamin Ostovar Izadkhah^{2*} 

1. Department of Civil Engineering, School of Eng., Eastern Mediterranean University (EMU), Famagusta, North Cyprus.

2- Risk Management Research Center, International Inst. of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.

Received: 2023/12/31

Accepted: 2024/02/06

Abstract

Background and Aim: In most countries in the world, subway stations are considered as shelters due to their deep ground settlement. However, in our country, Iran, many of these stations have been situated in the proximity of ground level, and are vulnerable and consequently, their extensive seismic damage is very likely, making them unsafe environments for the passengers. In this regard, this research aims to present an emergency response plan for evacuation of unsafe subway stations in probable future earthquakes.

Methods: This applied research was undertaken in four steps. In the first step, an analysis of the existing situation of the subway stations in Tehran was done. In the second step, a checklist was designed to assess the subway stations including 8 parameters which were completed by the authors. In the third step, few of the Tehran subway stations such as Golhak, Imam Khomeini, Darvazeh Dowlat and Khayam were chosen for field visits. The main parameters were based on the location of the stations to the earthquake intensity zone and their approximation to the ground level. In the fourth step, the gained information was gathered and an emergency planning guideline was conducted on that basis.

Results: The Tehran subway (Metro stations), with an average of two and half million people commuting daily, plays an important role in inner city trips. Many of Tehran subway stations can be used as shelters, but this study showed that a significant number of these stations are considered unsafe. Developing an emergency plan and issuing an emergency response guide for emergency evacuation can be considered the first step in improving the subway safety.

Conclusion: Due to the importance of the subway stations during and after earthquakes, the following issues can help to improve the existing situation: using warning signs for quick alarming, training the train drivers to stop in the nearest station and asking people to securely leave the train, training the subway officials to guide people properly for a quick and safe exit from the stations, and training passengers to evacuate and shelter in the stations, which can be made possible through designing the emergency response planning and evacuation of the stations in order to reduce the casualties in the future probable earthquakes.

Keywords: *Emergency response, Evacuation, Subway stations, Early Warning, Earthquakes*

Please cite this article as:

Hosseini M, Ostovar Izadkhah Y. Guidelines on Earthquake Emergency Response Planning for Evacuation of Tehran Unsafe Subway Stations. 2023;11(3):153-163. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i3.44363>

* **Corresponding Author:** izad@iiees.ac.ir

راهنمای برنامه واکنش اضطراری برای تخلیه ایستگاه‌های نایمن متروی تهران در زلزله

محمود حسینی^۱، یاسمین استوار ایزدخواه^{۲*}

۱. گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه مدیترانه شرقی، فاماگوستا، قبرس شمالی.

۲. پژوهشکده مدیریت خطریذیری و بحران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: در اکثر کشورهای دنیا، ایستگاه‌های مترو به علت قرارگیری در اعماق زیاد، به عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. ولی در کشور ما، بسیاری از این ایستگاه‌ها در نزدیکی سطح زمین اجرا شده‌اند و به همین علت شدت حرکت ناشی از زلزله در آنها بالا بوده و آسیب‌دیدگی لرزه‌ای تجهیزات آنها نیز بسیار محتمل است که می‌تواند منجر به نایمن شدن فضا برای مسافران گردد. بر این اساس، این پژوهش با هدف ارائه الگویی جهت برنامه‌ریزی واکنش اضطراری برای تخلیه ایستگاه‌های نایمن مترو در زلزله احتمالی آینده انجام شده است.

روش کار: این پژوهش کاربردی در ۴ مرحله انجام شد. در مرحله اول تحلیل وضعیت موجود ایستگاه‌های مترو شهر تهران انجام شد. در مرحله دوم یک چک لیست ارزیابی ایستگاه‌های مترو طراحی شد. چک لیست شامل ۸ گویه بود که توسط نویسندگان تکمیل شد. در مرحله سوم، برخی ایستگاه‌های متروی تهران مانند قلهک، امام خمینی، دروازه دولت و خیام برای مشاهده میدانی انتخاب شدند. معیارهای اصلی انتخاب ایستگاه‌ها وقوع در پهنه شدت بسیار زیاد زلزله و نزدیکی ایستگاه به سطح زمین بود. در مرحله چهارم، اطلاعات بدست‌آمده جمع‌بندی و بر مبنای آن یک راهنمای برنامه‌ریزی اضطراری تدوین گردید.

یافته‌ها: متروی کلانشهر تهران، با جابه‌جایی بیش از دو و نیم میلیون مسافر در روز، نقش عمده‌ای در سفرهای درون شهری ایفا می‌کند. بسیاری از ایستگاه‌های متروی تهران، می‌توانند پس از وقوع زلزله به عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار گیرند، ولی مطالعه ما نشان داد که شمار قابل توجهی از آنها نایمن محسوب می‌شوند. تدوین برنامه فوریت‌ها و ابلاغ راهنمای واکنش اضطراری برای تخلیه اضطراری می‌تواند نخستین گام در بهبود وضعیت ایمنی مترو محسوب شود.

نتیجه‌گیری: به دلیل اهمیت ایستگاه‌های مترو در هنگام وقوع زلزله و پس از آن، به کار بستن موارد زیر می‌تواند به بهبود وضع موجود کمک کند: بکارگیری دستگاه‌ها و تابلوهای هشدار سریع، آموزش رانندگان قطارها برای توقف در نزدیکترین ایستگاه و خروج ایمن مسافران، آموزش مسؤولین ایستگاه‌ها برای راهنمایی صحیح مسافران جهت خروج سریع و ایمن از ایستگاه، آموزش مسافران برای تخلیه قطار و چگونگی پناهگیری در ایستگاه که این همه با طراحی برنامه واکنش اضطراری و تخلیه این ایستگاه‌ها در راستای کاهش تعداد تلفات در زلزله‌های احتمالی آینده امکان‌پذیر می‌گردد.

واژگان کلیدی: واکنش اضطراری، تخلیه، ایستگاه‌های مترو، هشدار سریع، زلزله

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Hosseini M, Ostovar Izadkhah Y. Guidelines on Earthquake Emergency Response Planning for Evacuation of Tehran Unsafe Subway Stations. 2023;11(3):153-163. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i13.44363>

*نویسنده مسئول مکاتبات: izad@iees.ac.ir

مقدمه

تلفات بسیاری به همراه داشته باشد و تاکنون برای پیشگیری از آن نیز اقدام خاصی صورت نگرفته است. با توجه به این موارد به نظر می‌رسد تخلیه امن تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو پس از رخداد زلزله اقدامی منطقی باشد.



شکل ۱. نشست خیابان در اثر ریزش سقف مترو در زلزله کوبه ژاپن (برگرفته از سایت مترو ژاپن)



شکل ۲. آسیب وارده به ستون‌های مترو در زلزله کوبه ژاپن (برگرفته از سایت مترو ژاپن)

متأسفانه امکان حوادث آتش‌سوزی نیز در ایستگاه‌های مترو و تونل وجود دارد (۴) که مطالعات نشان داده با توجه به مشاهده رفتارهای تخلیه افراد در گذشته باعث تلفات انسانی فراوانی شده است (۵، ۶) که این امر پس از وقوع زلزله بسیار بدیهی است و در نتیجه سرعت عملیات تخلیه از موارد مهمی است که باید بدان توجه فراوان مبذول شود (۷). تجربه نشان داده است واکنش عجولانه و عدم آشنایی به شرایط محلی و نبود تلاش‌های ملی موجب تشدید آشفستگی و هرج و مرج می‌شود. یکی از مواردی که رفتار نادرست مردم در آن بیشتر جلب توجه می‌کند، تخلیه اصولی فضاهای خطرناک پس از رخداد زلزله است. در مورد تخلیه مکان‌های نایم‌نایم پس از رخداد زلزله

زلزله خیزی کشور و واقع بودن اکثر شهرهای بزرگ در منطقه خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد از یک سو و اهمیت فوق‌العاده شهر تهران در پایداری اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور از سوی دیگر اهمیت آمادگی در برابر این خطر را روشن می‌سازد. این در حالی است که هنوز هم جامعه در سطح پایینی از آمادگی و آگاهی قرار دارد و لازم است در برنامه‌ریزی‌های شهری بیش از پیش به این مقوله پرداخته شود. همچنین، واکنش اضطراری مناسب پس از وقوع زلزله، نیازمند شناخت تیم‌های مربوطه از شرایط به وجود آمده می‌باشد که این موضوع خود تحت تأثیر عملکرد ساختمان‌های گوناگون و شناخت نقاط ضعف و قوت محله است. با توجه به نقش ساختمانهای عمومی با عملکرد تأثیرگذار در آسیب‌دیدگی شهری و همین‌طور مدیریت واکنش اضطراری پس از زلزله، ضروری است آنها را شناسایی کرده و مورد ارزیابی قرار داد تا بتوان اطلاعات مربوطه را در مدیریت واکنش اضطراری برای کاهش وخامت اوضاع استفاده نمود (۱). با توجه به اینکه ایستگاه‌های مترو در طبقه ساختمانهای عمومی و محل تجمع قرار گرفته، این موضوع برای این گونه مکان‌های پر ازدحام مانند تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۲، ۳). البته در اکثر کشورهای دنیا، تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو به علت قرارگیری در اعماق زیاد، به عنوان پناهگاه، به ویژه برای حملات هوایی، محسوب شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. متأسفانه در کشور ما، بسیاری از این ایستگاه‌ها در نزدیکی سطح زمین و اکثراً در اعماق کمتر از ۴۰ متر اجرا شده‌اند و به همین علت نه تنها نمی‌توانند برای این گونه حملات به صورت اطمینان‌بخش به عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار گیرند، بلکه شدت حرکت ناشی از زلزله در آنها نیز نسبتاً بالا بوده و آسیب‌دیدگی لرزه‌ای فضای داخل و بخصوص تجهیزات آنها نیز بسیار محتمل است که منجر به نایم‌نایم شدن محیط برای مسافران می‌گردد. همان‌گونه که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، در صورت آسیب‌دیدن ایستگاه‌ها در اثر زلزله نه تنها منجر به آسیب‌های مالی و تلفات جانی می‌شوند، بلکه نقش امدادسانی خود را نیز از دست می‌دهند و از این طریق بر تلفات ناشی از زلزله می‌افزایند.

حادثه ناگوار دیگری که می‌تواند در اثر زلزله رخ دهد، خارج شدن قطارهای مترو از ریل و واژگونی واگن‌های آنها است که می‌تواند

برنامه‌ای پیشنهاد گردد تا بر اساس آن بتوان اولاً دستگاه هشدار سریع مناسبی برای بکارگیری در ایستگاه‌ها انتخاب نمود، و ثانیاً به روش مناسب برای تخلیه امن ایستگاه‌ها و اقدامات لازم برای اجرای مؤثر آن دست یافت.

تجربه حاصل از سوانح گذشته نشان داده که مردم در این گونه شرایط معمولاً رفتار خوبی نشان نمی‌دهند، به طوری که باعث آسیب دیدن خود و دیگران می‌شوند. از آنجا که ایستگاه‌های مترو از مکان‌های پرزدحام و پررفت و آمد در در اغلب ساعات شبانه‌روز می‌باشند و هر نوع حادثه مخربی می‌تواند علاوه بر ایجاد خسارات مالی و توقف چرخه حرکت بخش بزرگی از شبکه حمل و نقل پایتخت، صدمات و تلفات جانی جبران‌ناپذیری به بار آورد، باید تمهیدات جدی در این زمینه اندیشید. در این راستا در این مطالعه، با تمرکز بر هشدار سریع و تخلیه امن ایستگاه‌های مترو در کلانشهر تهران، سعی بر این بوده که روی موارد زیر، که توجه به آنها برای تخلیه سریع و همراه با ایمنی هرچه بیشتر تونل‌ها و ایستگاه‌ها ضروری است، بررسی صورت گیرد:

- (۱) نحوه انتخاب، نصب و بکارگیری دستگاه هشداردهنده زلزله در تونل‌ها، قطارها و ایستگاه‌های مترو؛
- (۲) علامت‌گذاری تونل‌ها و فضای ایستگاه‌ها برای راهنمایی مسافران در شرایط اضطراری پس از رخداد زلزله؛
- (۳) موضوعات مربوط به آموزش مطالب لازم به رانندگان قطارها و همچنین مسؤلان و دست‌انکاران ایستگاه‌ها برای انجام اقدامات درست در هنگام وقوع زلزله و بلافاصله پس از آن؛
- (۴) آموزش مردم برای خارج شدن از قطار به صورت ایمن و نیز تخلیه درست تونل و سالن‌های و راهروهای مترو در شرایط وقوع زلزله مخرب.

روش کار

این پژوهش کاربردی در ۴ مرحله انجام شد. در مرحله اول تحلیل وضعیت موجود ایستگاه‌های مترو شهر تهران انجام شد. در مرحله دوم یک چک لیست ارزیابی ایستگاه‌های مترو طراحی شد. چک لیست شامل ۸ گویه بود که توسط نویسندگان تکمیل شد. زمان تکمیل هر چک لیست حدود ده دقیقه بود. در مرحله سوم، برخی ایستگاه‌های متروی تهران مانند قلهک، امام خمینی، دروازه دولت و

پژوهش‌های فراوانی صورت گرفته است. بر اساس منابع در دسترس این پژوهش‌ها از اواسط دهه ۷۰ میلادی آغاز شده است. یکی از اولین پژوهش‌ها در این مورد توسط فوجیتا در سال ۱۹۷۵ صورت گرفته که در آن به بهینه‌سازی برنامه‌ریزی برای تخلیه در شرایط آتش‌سوزی ناشی از زلزله‌های شدید پرداخته شده است (۸). پژوهش در این زمینه همچنان ادامه دارد و مطالعه‌ای توسط سیملارو و همکارانش در سال ۲۰۱۷ در مورد شبیه‌سازی تخلیه پس از زلزله با استفاده از مدل‌های رفتاری انسان‌ها به انجام رسیده است (۹).

علی‌رغم پژوهش‌های فراوان در خصوص تخلیه پس از زلزله، بر اساس منابع در دسترس، موردی که در آن به تخلیه ایستگاه‌های مترو پس از زلزله پرداخته شده باشد، وجود ندارد که علت آن هم عدم نیاز به تخلیه ایستگاه؛ بلکه بر عکس، استفاده از آن به عنوان پناهگاه می‌باشد. خوشبختانه در مورد تخلیه ایستگاه‌های مترو در شرایط آتش‌سوزی پژوهش‌های متعددی صورت گرفته که می‌توان از برخی از آنها برای شرایط زلزله نیز بهره برد. این پژوهش‌ها از اوایل هزاره سوم آغاز شده‌اند و تا سال‌های اخیر نیز ادامه یافته‌اند. یکی از اولین پژوهش‌ها در این مورد توسط چن و چین در سال ۲۰۰۱ صورت گرفته که در آن به توسعه مدل فرار برای مسافران و تحلیل کوتاه‌ترین زمان مجاز برای تخلیه پرداخته شده است (۱۰). از مطالعات دیگری که در ۲۰۱۶ انجام یافته می‌توان به مطالعه لی و همکارانش اشاره کرد که آن به شبیه‌سازی عددی تخلیه ایستگاه مترو پرداخته‌اند (۱۱). تحقیق دیگری از چنگ و یانگ به ارائه مدل تخلیه اضطراری جمعیت در ایستگاه‌ها پرداخته و نتایج موردی یک ایستگاه را ارزیابی نموده است (۲). وو و همکاران برای تخمین ظرفیت تخلیه در ایستگاه‌های مترو در شرایط اضطرار، برنامه‌ای با در نظر گرفتن کاهش زمان تخلیه برای رسیدن افراد به مکان‌های امن طراحی کرده‌اند (۱۲).

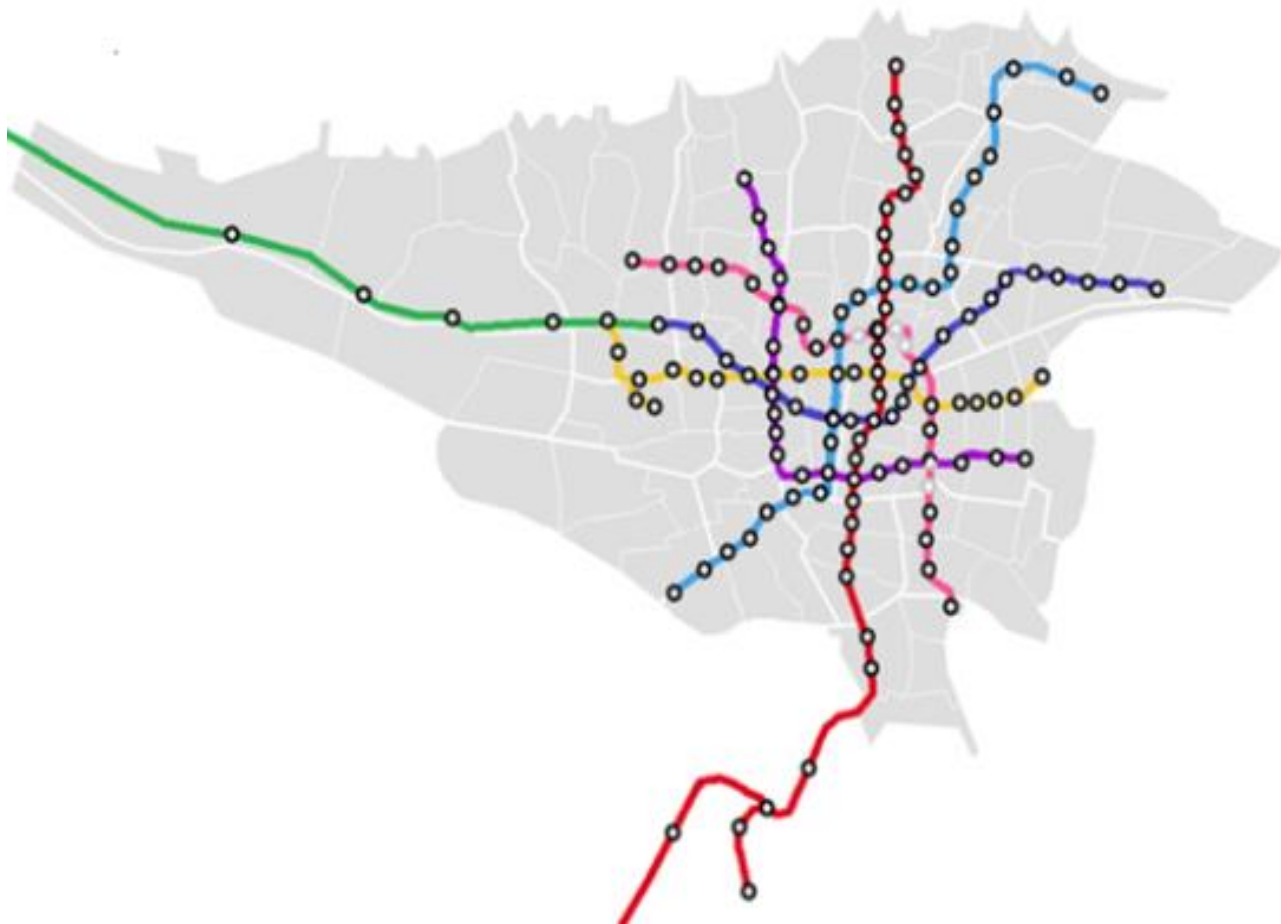
با توجه به نبود پیشینه در خصوص تخلیه تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو پس از وقوع زلزله، در مطالعه حاضر تلاش شده با توجه به شرایط خاص ایستگاه‌های مترو در تهران، بر اساس منابع موجود در خصوص تخلیه فضاهای ناایمن در زلزله از یک سو و تخلیه ایستگاه‌ها در آتش‌سوزی از سوی دیگر، و همچنین منابع مربوط به دستگاه‌های هشدار سریع و نحوه بکارگیری آنها در فضاهای گوناگون در راستای کمک به تصمیم‌گیری برای تخلیه اضطراری ایستگاه‌های مترو تهران

مترو در خاورمیانه است. مترو تهران در هفت خط اصلی در حال فعالیت است که پنج خط آن (۲، ۳، ۴، ۶، ۷) کاملاً درون شهری، یک خط آن (۵) نسبتاً برون شهری (میان تهران و کرج و شهر جدید مهستان) و یک خط آن (۱، انشعاب خط ۱) به صورت دو بخشی است. بخش نخست درون شهری و بخش دوم برون شهری (به سمت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی و سپس شهر جدید پرد) است. طبق برنامه‌های توسعه قرار است خطوط مترو تهران به ۱۱ خط افزایش یابد. تا آذر ماه ۱۴۰۲، طول خطوط مترو بهره‌برداری شده، برابر ۲۹۶ کیلومتر با ۱۵۶ ایستگاه است و شمار واگن‌های فعال در مترو تهران ۱۵۱۴ واگن، برابر ۲۱۷ قطار است که روزانه به‌طور میانگین بیش از ۲۰۵ میلیون مسافر را جابه‌جا می‌کنند. نقشه کلی خطوط و ایستگاه‌های متروی تهران در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است (۱۳).

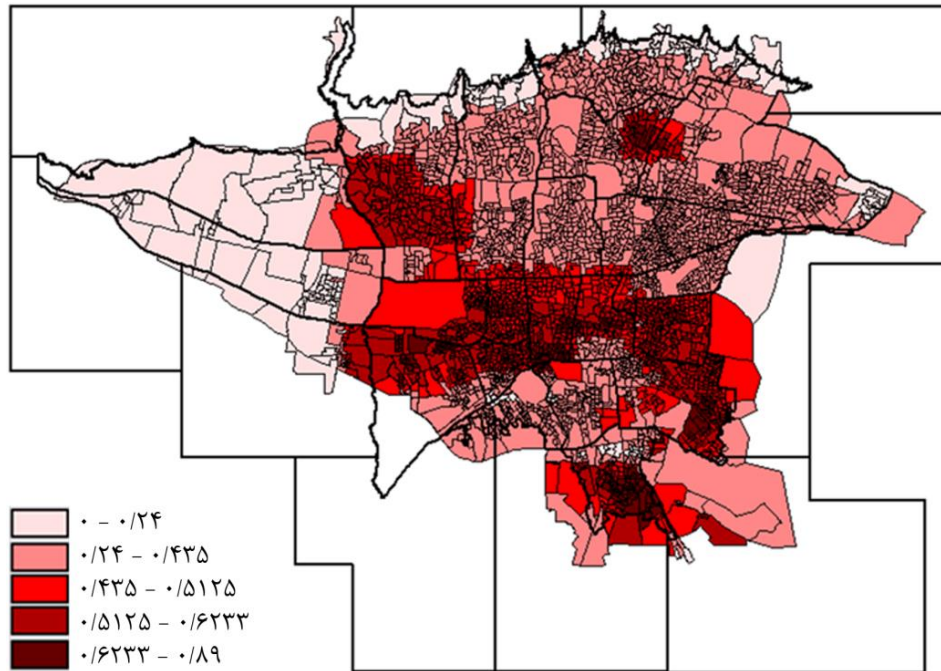
خیام برای مشاهده میدانی انتخاب شدند. معیارهای اصلی بررسی و انتخاب ایستگاه‌ها وقوع در پهنه شدت بسیار زیاد زلزله و نزدیکی ایستگاه به سطح زمین بود. همچنین به مواردی مانند عمق ایستگاه نسبت به سطح زمین، پیچیدگی فرم معماری فضای ایستگاه، تعداد ورودی و خروجی، ایستگاه‌های تبدیل خط دارای مسیرهای دیگر در طبقات، وجود مغازه‌ها در ایستگاه‌ها، آسیب‌پذیری تأسیسات ایستگاه‌ها و الحاقات آنها مانند سقف، دیواره و تزئینات موجود و نیز پهنای سکوه‌های موجود برای ایستادن مسافران در چک لیست لحاظ گردید. در مرحله چهارم، اطلاعات بدست‌آمده جمع‌بندی و بر مبنای آن یک راهنمای برنامه‌ریزی اضطراری تدوین شد.

یافته‌ها

مترو تهران به مجموعه قطار شهری تهران و همچنین «شرکت راه‌آهن شهری تهران و حومه» گفته می‌شود. این بزرگ‌ترین سیستم



شکل ۳. نقشه کلی خطوط و ایستگاه‌های متروی تهران تا سال ۱۴۰۱ (۱۳)



شکل ۴. نقشه ریز پهنبندی بیشینه شتاب زلزله در تهران برحسب شتاب ثقل (۱۴)

می‌توان با تخلیه درست و سریع کمک بزرگی به کاهش تلفات کرد. همچنین تهیه نقشه تخلیه اضطراری، ایجاد نقاط امن در فواصل معین، ایجاد خروجی‌های اضطراری در ایستگاه‌های مترو و تدوین دستورالعمل‌های مربوطه از قبل برای دسترسی عمومی کلیه مسافری از موارد بسیار ضروری است.

راهنمای برنامه پیشنهادی واکنش اضطراری در چند حوزه که در مقدمه به آن اشاره شد، قابل بحث و بررسی می‌باشد که در دنباله مختصراً و به تفکیک به آنها پرداخته می‌گردد:

– بکارگیری دستگاه‌ها و تابلوهای هشدار سریع

در ابتدا، لازم است مطالعه‌ای جامع در مورد دستگاه‌های هشدار سریع زلزله صورت گیرد تا بتوان مناسب‌ترین دستگاه را انتخاب نمود. مواردی که در این خصوص باید به آنها توجه کرد یکی این است که آیا دستگاه از برق شهر استفاده کند یا از باتری و دیگر اینکه چه محل‌هایی برای نصب این دستگاه‌ها در تونل‌ها و سالن‌ها مناسب‌ترند و همچنین اینکه چه تعداد دستگاه هشدار برای هر ایستگاه بسته به اندازه آن لازم است. در این مورد می‌توان از مطالعاتی از قبیل آنچه گسپارینی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به انجام رسانده‌اند، استفاده نمود (۱۶).

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، ملاحظه می‌شود که اکثر ایستگاه‌های بخش مرکز شبکه متروی تهران در پهنبه‌های شدت زیاد و بسیار زیاد زلزله واقع هستند که به معنای احتمال بالای آسیب‌پذیری آنها می‌باشد. شایان ذکر است که در ۲۷ فرودین سال ۱۳۹۱ به علت شدت بارش باران در تهران، دیوار مسیل موجود در کنار اتوبان تهران-کرج در محل احداث ایستگاه خط ۴ مترو ارم سبز (اکباتان)، فرو ریخت و باعث ورود حجم زیادی از آب به داخل خط ۴ مترو شد. این حادثه تلفات جانی در برداشت ولی باعث تعطیلی چند روزه خط ۴ تا بین ایستگاه‌های میدان انقلاب اسلامی تا میدان آزادی شد. براساس گزارش تحقیق و تفحص شورای شهر تهران خسارت وارده به مترو برابر ۲۲ میلیارد تومان بوده است. بر اساس این گزارش علت حادثه، شکسته شدن دیوار شمالی کانال بوده‌است که از سال ۱۳۴۸ تعمیر نشده بود (۱۵). تکرار چنین حوادثی و به ویژه تشدید آنها در اثر بروز زلزله بسیار محتمل است و آسیب‌پذیری بالای برخی ایستگاه‌های متروی تهران را تأیید می‌کند.

بر اساس مشاهدات میدانی، اطلاع یافتن رانندگان قطارها و مسؤولان ایستگاه‌ها از وقوع زلزله در همان چند ثانیه اول کمک شایان توجهی در تسریع و بهبود مدیریت بحران خواهد داشت. از طرفی با آموزش درست مردم، رانندگان و نیروهای مسؤول در ایستگاه‌های مترو

کافی برای به حرکت درآوردن پله‌های برقی را ندارند. نکته دیگر در این مورد تفاوت سرعت حرکت افراد کم‌توان و پرتوان است. در این خصوص شایسته است دو مسیر خروج اضطراری به کمک علائم راهنما مشخص گردد، یکی مسیر تندرو برای افراد پرتوان و دیگری مسیر کندرو برای افراد کم‌توان. در غیر این صورت ممکن است افراد پرتوان که می‌خواهند سریع‌تر حرکت کنند، در اثر عجله ناشی از اضطراب به افراد کم‌توان برخورد نموده و باعث افتادن آنها شوند. البته برای پیروی درست مردم، رانندگان قطارها و مسؤولان ایستگاه‌ها از علائم راهنما آموزش‌های ویژه لازم است که در بخش‌های بعدی به آنها پرداخته شده است.

نکته مهم دیگر تعیین محل ویژه استقرار برای راننده، پس از خروج از قطار، و نیز هریک از مسؤولان و دست‌اندرکاران ایستگاه برای راهنمایی و کمک به مسافران برای تخلیه امن می‌باشد. در این خصوص لازم است که متخصصان سازه و زلزله از ایستگاه‌ها بازدید به عمل آورده، با همفکری مسؤولان مربوطه نسبت به این امر اقدام نمایند. همچنین حصول اطمینان از اینکه پیاده‌روهای تونل‌ها کاملاً باز هستند و مانعی برای عبور مسافران مضطرب در آنها وجود ندارد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

- آموزش رانندگان قطارها و مسؤولان ایستگاه‌ها

تدوین دستورالعمل در راستای آموزش کارکنان مترو در خصوص نحوه کمک به گروه‌های آسیب‌پذیر مانند کودکان، سالمندان و افراد کم‌توان جسمی به ویژه در زمان بحران و تخلیه اضطرار از موارد بسیار مهم می‌باشد. همچنین موضوعاتی که باید به رانندگان قطارها آموزش داده شوند، شامل موارد زیر هستند:

الف) توجه به تابلوهای هشدار زلزله در طول تونل‌ها و همچنین در فضای ایستگاه‌ها که در محل‌های مناسب نصب شده‌اند؛

ب) اقدام بلافاصله پس از دیدن هشدار زلزله نسبت به کم کردن سرعت قطار و متوقف نمودن آن در اولین ایستگاه (چنانچه قطار به هر دلیل در داخل تونل متوقف شود)، لازم است راننده قطار ضمن اطلاع‌رسانی درست به مسافران و تأکید بر حفظ آرامش، خروج ایمن آنان از تونل را از طریق پیاده‌روها مدیریت نماید، و خود آخرین فردی باشد که از تونل خارج می‌شود؛

ج) حصول اطمینان از خروج همه مسافران از قطار از طریق بررسی سریع تمام واگن‌ها، و کمک به خروج ایمن کسانی که به هر دلیل

واضح است تابلوهای هشدار مخصوص زلزله باید در تونل‌ها در فواصل مناسب به گونه‌ای نصب گردند که به خوبی جلب توجه راننده را بنمایند. در سالن‌های ایستگاه‌ها و راهروها نیز تابلوهای هشدار باید کاملاً در معرض دید مسافران قرار داشته باشند و در آنها از نور و صدا بطور توأم استفاده شود تا حداکثر جلب توجه صورت گیرد. تابلوهای هشدار باید در ورودی ایستگاه‌ها نیز نصب شوند تا مسافرانی که قصد ورود به ایستگاه را دارند در صورت فعال بودن یا فعال شدن دستگاه هشدار از ورود به ایستگاه خودداری نمایند.

- علامت‌گذاری تونل و ایستگاه‌ها

برای هدایت مسافران جهت خروج ایمن و سریع از ایستگاه بلافاصله پس از وقوع زلزله لازم است که از علائم راهنمای ویژه استفاده نمود. این علائم باید مجهز به چراغ‌های مخصوص با نور ترجیحاً زرد یا نارنجی باشند که همراه با فعال شدن تابلوهای هشدار مخصوص زلزله روشن شوند و نزدیکترین راه خروج را در هر بخش از ایستگاه به مسافران نشان دهند. جهت فلش‌ها در تونل‌ها باید به گونه‌ای باشد که در صورت توقف اجباری قطار در تونل مسافران را به ایستگاه نزدیکتر و یا نزدیکترین راه خروج اضطراری از تونل در صورت وجود راهنمایی کند. همچنین برای شب نیز می‌توان از علائم شبرنگ و شب‌تاب در کف سالن‌ها برای نورپردازی اضطراری استفاده نمود.

لازم است توجه شود که مسافران از اقشار گوناگون جامعه، اعم از کودک، جوان، سالمند و نیز افراد دارای ناتوانی‌های حرکتی هستند و به همین دلیل امکانات متفاوتی برای جابه‌جایی در ایستگاه‌ها در اختیار افراد قرار دارد. نکته قابل توجه در این خصوص این است که پله‌های برقی که در حالت عادی برای افراد کم‌توان مناسب هستند در حالت قطع برق ناشی از زلزله، که این پله‌ها از حرکت باز می‌مانند، برای این گونه افراد مناسب نیستند، چرا که ارتفاع یک پله برقی از ارتفاع یک پله معمولی خیلی بیشتر است. بر اساس این نکته بهتر است علائم راهنمای حالت اضطراری زلزله در ایستگاه‌ها به گونه‌ای تنظیم و نصب گردند که افراد توانمندتر را به سوی پله‌های برقی و افراد کم‌توان‌تر را به سوی پله‌های معمولی هدایت نمایند. در این مورد شاید این سؤال در ذهن خواننده بوجود آید که "مگر ایستگاه‌ها برق اضطراری ندارند؟"، که در جواب باید توجه نمود برق اضطراری ایستگاه‌ها معمولاً فقط کفاف روشنایی را می‌دهند و توان

و کف پیاده‌روهای تونل‌ها و نیز محوطه ایستگاه‌ها از قبل به صورت مناسب درج شده‌اند؛

د) پیروی دقیق از توصیه‌های راننده قطار و مسؤلان و دست‌اندرکاران ایستگاه‌ها که با لباس با پوشش ویژه از بقیه افراد متمایز شده‌اند؛

ه) کمک به راننده و مسؤلان و کارکنان مترو در صورت اعلام نیاز از طرف آنان، جهت امداد به کسانی که برای حرکت و خروج دچار مشکل شده‌اند.

واضح است که برای انجام آموزش‌های پیش‌گفته باید اقدامات مدون توسط مسؤلان صاحب‌نظر در مترو با همکاری سازمان‌های تخصصی از جمله پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و نیز نهادهای اجرایی از قبیل شهرداری، صورت گیرد. به علاوه، برای کسب و حفظ آمادگی مانورهای دوره‌ای مرتب باید در تمام سطوح بهره‌برداران از مترو به انجام رسد. شایان ذکر است که در انجام مانورها برخی مسائل به صورت واقع‌بینانه در نظر گرفته نمی‌شوند و یا برخی آموزش‌های نادرست نیز صورت می‌گیرد.

برای مثال، به طوری که در شکل ۵ دیده می‌شود؛ برای انتقال مصدوم به خارج از تونل بجای پیاده‌رو از مسیر بین ریل‌ها استفاده می‌شود، در حالی که اگر قطار مجبور به توقف در داخل تونل شده باشد حداقل بخشی از مسیر توسط قطار اشغال شده و مسافران مجبورند در آن بخش از پیاده‌رو باریک تونل استفاده نمایند، که معمولاً در عرض محدود آن دو نفر هم به سختی می‌توانند در کنار هم حرکت کنند.



شکل ۵. استفاده اشتباه از مسیر بین ریل‌ها به جای پیاده‌رو برای

خارج کردن مصدوم از تونل

برای خروج دچار مشکل شده‌اند. ممکن است در برخی موارد راننده نتواند به تنهایی کمک لازم را به افراد نیازمند کمک برساند و در این صورت لازم شود از مسافران بتوان در این خصوص کمک گرفته شود که این مورد نیز مستلزم آموزش دیدن مسافران برای کمک در چنین شرایطی است که در بخش بعدی به آن پرداخته شده است.

موضوعاتی که باید به مسؤلان، کارکنان و دست‌اندرکاران ایستگاه‌های مترو آموزش داده شوند، به طور خلاصه عبارتند از:

الف) توجه به تابلوهای هشدار زلزله در فضای ایستگاه، که در محل‌های مناسب نصب شده‌اند، و اقدام فوری نسبت استقرار در مکان ویژه‌ای که از قبل برای هر یک از آنان بر اساس مسؤولیت و حوزه اختیاراتشان مشخص گردیده است. داشتن لباس یا پوشش ویژه در این مورد از اهمیت بالایی برخوردار است که مسافران دچار سردرگمی نشوند و بدانند از توصیه‌های چه کس یا کسانی باید پیروی نمایند، چرا که در غیراین صورت ممکن است برخی از مسافران با بی‌توجهی به آموزه‌ها و یا به علت هراس و نگرانی ناشی از زلزله بی‌اختیار دیگران را به مسیرهای نادرست هدایت کنند و یا باعث شوند که آنان نیز آموزه‌ها را درست به کار نیندند؛

ب) راهنمایی مردم ضمن تأکید بر حفظ آرامش به مسیرهای امن که از قبل در فضای ایستگاه علامت‌گذاری شده‌اند؛

ج) کمک‌رسانی به افراد کم‌توان، به ویژه کسانی که دچار وحشت شده‌اند و در صورت لزوم کمک گرفتن از افراد پرتوان برای خروج ایمن افراد نیازمند کمک که البته این مورد نیز مستلزم آموزش دیدن مناسب مسافران برای کمک در چنین شرایطی است که در ادامه به آن اشاره شده است.

– آموزش مسافران برای تخلیه قطار و ایستگاه به صورت و روش‌های امن

موضوعاتی که باید در صورت توقف اجباری قطار در داخل تونل و فضای ایستگاه به مردم و مسافران برای تخلیه سریع و توأم با ایمنی تونل آموزش داده شوند، عبارتند از:

الف) توجه به تابلوهای هشدار زلزله در تونل‌ها و همچنین در فضای ایستگاه‌ها که در محل‌های مناسب نصب شده‌اند؛

ب) اقدام بلافاصله پس از دیدن هشدار زلزله نسبت تخلیه تونل و ایستگاه ضمن حفظ آرامش؛

ج) توجه کامل به علائم راهنمای مسیرهای اضطراری که در دیوارها

- بازرسی ایستگاه‌ها توسط متخصصان سازه و زلزله برای تعیین مواضع خطرناک و استقرار سامانه هشدار سریع و نیز تعیین محل‌های مناسب برای استقرار مسؤلان، دست‌انداران و کارکنان ایستگاه‌ها در شرایط اضطراری بلافاصله پس از رخداد زلزله؛

- اقدام برای رفع نقص و بهسازی و ارتقاء ایمنی مؤلفه‌های ناایمن و خطرناک توسط متخصصان مهندسی زلزله؛

- ایجاد سامانه‌های ارتباطی مخابراتی زمان بحران بین سازمان‌های مرتبط در حوادث مترو و به‌روزرسانی سامانه‌های مخابراتی در کلیه ایستگاه‌های مترو؛

- تناسب تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها با حجم مسافران و جمعیت در تردد؛

- ایجاد فضاهای لازم برای استقرار نیروهای امدادی و اختصاص فضاهای امن برای دسترسی‌های سریع در راستای تسهیل عملیات امداد رسانی و خروج اضطراری؛

- فرهنگ‌سازی برای عموم ترددکنندگان ایستگاه‌ها با نصب پوستر و نمایشگرهای آگاهی‌رسانی در داخل کابین‌ها و نیز سکوها مترو؛

- همکاری رسانه‌های گروهی به ویژه صدا و سیما با نهادهای تخصصی و اجرایی برای توسعه آموزش‌های لازم به مردم و مسؤلان مربوطه؛

- برنامه‌ریزی برای انجام مانورهای آمادگی در برابر زلزله در تمام ایستگاه‌های مترو به صورت دوره‌ای و مرتب (حداقل دو بار در سال).

در پایان لازم است اشاره شود که در این مقاله بررسی دقیق فنی در مورد آسیب‌پذیری ایستگاه‌ها صورت نگرفته و بر این اساس پیشنهاد می‌گردد که ضمن اقدام برای تنظیم برنامه توصیه شده، مطالعات فنی کامل نیز صورت پذیرد، و در صورت لزوم نسبت به مقاوم‌سازی ایستگاه‌های آسیب‌پذیر بر اساس اولویت‌بندی اقدام شود. امید است با در نظر گرفتن راهکارهای پیشنهادی ارائه شده در این مقاله گامی مهم در راستای ارتقاء ایمنی ایستگاه‌های مترو و برنامه‌ریزی برای حفظ جان مسافران برداشته شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله اقتباس بخشی از طرح پژوهشی نویسندگان مقاله با عنوان "ظرفیت‌سازی در سطوح محلی در راستای ارتقای واکنش اضطراری با در نظر گرفتن ساختمان‌های عمومی تأثیرگذار موجود" می‌باشد که با کد شماره پ- ۸۱۱۹ در پژوهشگاه بین‌المللی

همچنین همان‌گونه که به عنوان مثال در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد، مسافران در حالی پناهگیری کرده‌اند که اغلب سرهایشان پایین و نگاه‌هایشان به زمین است و طبیعتاً اگر جسمی از بالا به روی آنان بیفتد، متوجه آن نشده و ممکن است آسیب ببینند. در واقع بهتر است در این حالت از پناهگیری افراد در حالی که سرشان بالا است با دستان خود بخش‌های فوقانی و عقب سر خود را بپوشانند و با نگاهشان مراقب فضای اطراف باشند تا اگر جسمی در حال سقوط یا پرتاب باشد بتوانند خود را حتی‌الامکان از برخورد با آن جسم حفظ نمایند.



شکل ۶. آموزش نادرست مردم در حالت پناهگیری که به علت قرار گرفتن سر به سمت پایین اجازه نمی‌دهد خود را از برخورد احتمالی اجسام در حال سقوط یا پرتاب شده، حفظ نماید.

شایسته است نکاتی از این دست در آموزش‌های پناهگیری و ایمنی در برابر زلزله هرچه زودتر اصلاح شوند و تصاویر و راهکارهای نادرست در بروشورها و دیگر وسایل کمک‌آموزشی نیز با تصاویر و دستورالعمل‌های درست جایگزین گردند.

نتیجه‌گیری

با توجه به موضوعات مطروحه در بخش‌های پیشین مقاله از یک سو، و مقایسه وضع موجود با وضع مطلوب از سوی دیگر، می‌توان گفت لازم است نسبت به موارد زیر توجه بیشتری مبذول گردد:

- انتخاب و نصب دستگاه‌های مناسب هشدار زلزله در تمام ایستگاه‌های مترو در محل‌های مناسب؛

زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ثبت شده است. بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در انجام این طرح مشارکت داشته‌اند، تشکر می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

شایان ذکر است که اصول اخلاق و رعایت محرمانگی اطلاعات در این پژوهش رعایت گردیده است.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان در این مطالعه هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع مالی

این پژوهش در قالب بخشی از طرح پژوهشی در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله انجام شده است.

نقش نویسندگان

هر دو مؤلفین در بخش‌های مختلف تهیه و نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

References

1. Izadkhan, Y.O., Hosseini, M. and Shoghi Kalkhoran, M.H. Capacity building at neighborhood level for improving emergency response considering public buildings with effective performance, Research Project 2017: 8119-4, IIEES.
2. Cheng H, Yang X. Emergency evacuation capacity of subway stations. *Procedia-social and behavioral sciences*. 2012 Jan 1; 43:339-48.
3. Li H, Wang Y, Jiang J, Zhou R. Metro station evacuation safety assessment considering emergency response simulation. 2022; 98(10):919-31.
4. Fridolf K, Nilsson D, Frantzich H. Fire evacuation in underground transportation systems: a review of accidents and empirical research. *Fire technology*. 2013; 49(2):451-75.
5. Alighadr S, Fallahi A. Emergency evacuation of subway stations during a disaster, study case:" STATION 5 OF TURO. SEE7, Paper. 2015 May 18(00282-IM).
6. Kiyono J, Toki K, Miura F. Simulation of evacuation behavior from an underground passageway during an earthquake. In 12th world conference on earthquake engineering, Paper 2000 (No. 1800).
7. Ghazanfari M. Solutions to increase the speed of emergency evacuation of population in underground public spaces (Case study: Metro stations). *Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly)*. 2021; 11(1):96-109.
8. Fujita T. Optimization of the strategy for the evacuation from fires caused by a strong earthquake simulation of the fire spreading in urban areas. *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*. 1975; 11(5):501-7.
9. Cimellaro GP, Ozzello F, Vallero A, Mahin S, Shao B. Simulating earthquake evacuation using human behavior models. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 2017; 46(6):985-1002.
10. Chen F, Chien SW. Development of escape model for passengers and analysis of shortest allowable evacuation time in subway stations of TRTS. Project Report, SinoTech Engineering Consulting Company, Taipei. 2001.
11. Li ZY, Tang M, Liang D, Zhao Z. Numerical simulation of evacuation in a subway station. *Procedia Engineering*. 2016; 135:616-21.
12. Wu Y, Xu J, Jia L, Qin Y. Estimation of emergency evacuation capacity for subway stations. *Journal of Transportation Safety & Security*. 2018; 10(6):586-601.
13. Tehran Metro website [Internet]. [cited 2024 Feb. 1]. Available from: <https://fa.wikipedia.org/wiki/Tehranmetro>.
14. Japan International Cooperation Agency (2000), "The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran", Final Report to the Government of the Islamic Republic of Iran, Tokyo, Japan.
15. Research on Flooded Metro Stations, The Damage Assessment Approved by Tehran Municipality [Internet]. [cited 2012 June 11]. Available from: <http://www.asriran.com/fa/news/218536/>.
16. Gasparini P, Manfredi G, Zschau J. Earthquake early warning systems. Berlin: Springer; 2007 Aug 10.