



Examining the Passive Defense Criteria in the Construction of Metro Station Structures (Case study: Station A09 (Motahari Square) Qom Metro Line A Project)

E. Moini*, S. M. R. Hasani, M. R. Angoshtbaf, M. Mahmoudabadi

*Master Student, Head of the Supervision Department of the Urban Train Organization of Qom Municipality, Qom, Iran

(Received: 16/07/2022, Revised: 30/10/2022, Accepted: 05/02/2023, Published: 21/04/2023)

DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.1.7.7

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to develop a design guide for locating underground urban shelters based on the criteria that are used in the passive defense. Today, the passive defense alongside the defense is one of the security systems for residential settlements of interest to urban planners; underground shelters are one of the main examples of the passive defense among them. Underground shelters once more emphasize that sub-surface structures such as subway lines and spaces such as underground shops and shopping centers are defined as urban elements in the urban spatial structure. The multiple uses of metro stations, both in times of peace and in times of crisis, have increased their functional importance. Metro stations will be used as shelters in war, but in terrorist attacks, they will be considered as a place to kill people. In order to preserve human capital and reduce the vulnerability of people and places as much as possible, it is necessary to examine these cases and consider the effective role of passive defense in showing the subway station as a safe haven in crisis situations and creating a safe place. Therefore, by applying non-active defense in the metro station, the crisis can be better controlled to some extent and the metro station can be considered as a strategic and busy place to establish security.

Keywords: Passive Defense Requirements, Metro Station, Qom Metro Line A, Smart Risk, Station A09.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

© Authors



* Corresponding Author Email: emad_moini@yahoo.com



نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، (پیاپی ۵۳): صص ۹۳-۷۹

علمی - پژوهشی



شاپای چاپی: ۶۹۴۹-۲۰۰۸ | شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۰۳۰

بررسی معیارهای پدافند غیرعامل در اجرای سازه های ایستگاه مترو

(مطالعه موردی: ایستگاه A09 (میدان مطهری) پروژه خط A مترو قم)

عماد معینی^{۱*}، سید محمدرضا حسنی^۲، محمدرضا انگشت باف^۳، مسعود محمودآبادی^۴

DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.1.7.7

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۸

چکیده

امروزه پدافند غیرعامل در کنار پدافند عامل یکی از سامانه‌های تامین امنیت سکونتگاه‌ها می‌باشد که مورد توجه دست اندرکاران شهری قرار گرفته است. پناهگاه‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مصادیق عمده‌ی پدافند غیرعامل از جمله‌ی آن‌هاست. پناهگاه‌های زیرزمینی زمانی اهمیت خود را بیشتر نشان می‌دهند که ساختارهای زیرسطحی چون خطوط مترو و فضاهایی چون زیر زمین فروشگاه‌ها و مراکز خرید به عنوان عناصر موجود شهری در ساختار فضایی شهر تعریف شده باشند. هدف اصلی در تحقیق حاضر که با استفاده از مطالعات اسنادی و تحقیقات کتابخانه‌ای، بازدیدهای میدانی و تجربیات پروژه‌های مشابه صورت گرفته است، بررسی و شناسایی شاخص‌های تاثیرگذار در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو قم و سپس دسته‌بندی آن‌ها بوده است. همچنین الزامات پدافندی بطور کامل در اجرای قسمت‌های مختلف ایست گردیده و امتیازبندی شده است. با بررسی‌های انجام شده، تهدیدات تروریستی با نمره ۴۹ تهدید اول در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد. در خط A مترو قم و ایستگاه A09 محل و تعداد ورودی‌ها به درستی انتخاب شده و اقدامات لازم جهت پدافندی بودن ایستگاه با توجه به امتیازات داده شده مثبت می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مکان‌یابی ایستگاه تعیین شده بر اساس ملاحظات پدافند غیرعامل با مکان‌های تعیین شده از نظر فنی و معیارهای شهری منطبق بوده و معیارهای ورودی‌های ایستگاه، تونل و الزامات مربوط به خروجی اضطراری مطابق موارد پدافندی بطور کامل رعایت گردیده است.

کلید واژه‌ها: الزامات پدافند غیرعامل، ایستگاه مترو، خط A متروی قم، ریسک هوشمند، ایستگاه A09

^۱ کارشناس ارشد معاونت فنی سازمان قطار شهری قم، قم، ایران - (emad_moini@yahoo.com) - نویسنده مسئول

^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

^۳ دانشجوی دکتری و مدیرعامل سازمان قطار شهری قم، قم، ایران

^۴ استادیار دانشگاه قم، قم، ایران



۱- مقدمه

بین المللی در زمینه طراحی‌های معماری، سازه، تاسیسات زیر بنائی، تجهیزات و نرم افزارها، زمین شناسی با در نظر گرفتن الزامات پدافندی انجام پذیرد [۸].

متروی قم در آینده نه چندان دور احداث و به بهره برداری خواهد رسید. مترو در شهرهای بزرگ به عنوان یکی از اصلی ترین زیرساخت‌های حمل و نقل شهری، تلقی خواهد شد. انتقال بخشی از ترافیک شهری و تقاضا برای سفرهای درون شهری به زیرزمین، امکانات بسیاری را برای ساماندهی، مدیریت و ارتباطات اجتماعی و خدماتی-رفاهی فراهم می‌آورد. مترو به دنبال خود سلامت و کیفیت ارتباطات و تردهای شهری را ایجاد می‌کند. ضرایب ایمنی در مترو و مسافرت‌های شهری آن بسیار بالاست [۹]. عموماً عمق زمین به دلیل برخورداری از ایمنی و استحکام سازه‌ها و بدنه‌های صلب آن از ایمنی بیشتری برخوردار است و این یکی از خصوصیات تعریف شده و توسعه یافته مترو است، به نحوی که در ذهن مسئولین و مخاطبین (مردم) مترو در شرایط مختلف (حتی جوی) از ایمنی بیشتری برخوردار خواهد بود [۱۰]. همچنین متروها در شرایط خاص و بحران‌های مختلف ناشی از بلایای طبیعی و یا حتی غیرطبیعی می‌توانند ارتباطاتی امن تر نسبت به سفرهای روی زمین ایجاد کنند [۱۱]. از منظر پدافند غیرعامل آنچه که دارای اهمیت بالا باشد، هدفی مناسب برای دشمن محسوب می‌گردد و تلاش می‌کند در صورت لزوم ایجاد بحران در کشور، زیر ساخت‌های حیاتی را مورد هدف قرار دهد [۱۲]. از این رو ضروری است در برنامه ریزی، طراحی، اجرا و بهره برداری از خطوط و ایستگاه‌های مترو پدافند غیرعامل به عنوان روش، راهبرد و راهکارهای برای مقابله با تهدیدات مختلف و متنوع دشمن مورد توجه استفاده قرار گیرند. پژوهش‌های گوناگونی نیز پیرامون اولویت بندی ایستگاه‌های مترو شهری به عنوان پناهگاه‌های زیرزمینی براساس اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل مورد بررسی نیز قرار گرفته است [۱۳].

۲- اهداف تحقیق

پدافند غیرعامل به مجموعه‌ای از تدابیر و تمهیداتی اطلاق می‌گردد که بدون استفاده از جنگ افزارها و سلاح‌ها بتوان خسارت و تلفات ناشی از تهدیدات و حملات دشمن را کاهش داد [۱۴]. مترو قم شامل ایستگاه‌ها، مسیرهای زیرزمینی، تاسیسات مختلف و بالاخص مردمی که از آن استفاده می‌کنند از منظر پدافند غیرعامل می‌توانند مورد تهدید و حمله قرار گیرند. بنابراین ضروری است تا با شناخت ویژگی‌های مختلف این مجموعه و البته تهدیدات مترتب بر آن به ارائه و بکارگیری راهکارهای مقابله و ایجاد ایمنی و امنیت پرداخت. موضوع خسارت از نظر پدافند غیرعامل در دامنه‌ای از تهدید تا حمله و تخریب گسترده است به نحوی که صرفاً با تهدید مترو به احتمال

در جهان امروز، میحث پدافند غیرعامل به قدری دارای اهمیت است که کشورهای توسعه یافته از جمله روسیه، آمریکا، کره شمالی، آلمان و فنلاند بخش مهمی از برنامه‌ریزی‌های جامع و ملی خود را به آن اختصاص می‌دهند. در این میان سامانه‌های قطهار شهری از اولین سازه‌ها و تاسیسات شهری است که طراحی آنها براساس اصول پدافند غیرعامل و اهداف کاربری چند منظوره و چندگانه به عنوان پناهگاه مورد توجه کشورهای است که اهداف تامین امنیت از طریق پدافند غیرعامل را دنبال می‌کنند [۱]. در کشورهای در حال توسعه همچون ایران که زیرساخت‌های شهری در حال احداث و شکل‌گیری است، ضرورت توجه به پدافند غیرعامل شهری برای کاهش حجم خسارات بیشتر مورد توجه است؛ لذا آمادگی در برابر سوانح، بسیار مهم می‌باشد. از طرف دیگر همجواری استان‌های مرزی با کشورهای نا امن همسایه ایران مانند افغانستان، پاکستان و عراق و از طرفی وجود جنگ‌های فرقه‌ای در این کشورها می‌تواند یکی از عوامل نفوذ تروریست‌ها به کشور و تاثیرگذاری بر انواع سامانه‌های کشور شود [۲]. یکی از سامانه‌های قطهار شهری مترو می‌باشد. استفاده از قطار شهری به عنوان یکی از مهمترین زیرساخت‌های صنایع حمل و نقل حائز اهمیت بوده و کشورهای مختلف بسته به نوع راهبرد و ساختار سیاسی، اجتماعی و اقتصادی خود اهداف گوناگونی را از ساخت وساز و گسترش سامانه مربوطه دنبال می‌نمایند [۳]. ساخت خطوط جدید مترو روشی مؤثر برای کاهش ترافیک در مناطق پر ازدحام است. در دو دهه گذشته، بسیاری از خطوط مترو در مناطق پر ازدحام شهری نزدیک به فونداسیون‌ها ساخته شده است [۴]. پدافند غیرعامل به عنوان یکی از موثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در مقابل تهدید شناخته شده است و بدون شک هر اندازه اقدامات عمرانی صورت گرفته در مراحل طراحی، ساخت و بهره با اهداف پدافند غیرعامل همسو باشد، از میزان آسیب پذیری‌ها در برابر تهدیدات کاسته و افزایش پایداری را به دنبال خواهد داشت [۵]. بررسی شناسایی نقش و ظرفیت سامانه مترو در تخلیه اضطراری شهری و ارائه راهکارهای مدیریت بحران در تخلیه اضطراری جمعیت یکی از موارد قابل بررسی بوده است [۶]. بررسی‌های پدافندی در ایستگاه مترو مبتنی بر روش تحقیق چهار مرحله‌ای شامل: الف: شناخت بستر و موضوع طرح، ب: تهدید شناسی، ج: تجزیه و تحلیل و بررسی آسیب پذیری ها، د: ارائه راهکارها و راه حل‌ها انجام می‌گردد [۷]. در این خصوص مطالعات پدافند غیرعامل اهداف خرد و کلان خود را برای پاسخ به تهدیدات احصاء شده در بخش تهدیدشناسی متمرکز کرده و می‌بایست موضوعات طراحی تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو براساس آخرین استانداردهای ملی و

حوزه‌ها و قسمت‌های مختلف انسانی، عملکردی، کالبدی، فعالیتی و تجهیزاتی است که تهدیدات دشمن همه آنها را به یکباره و یا به طور خاص تهدید می‌نماید.

جدول (۱): خلاصه ای از مشخصات پروژه خط A قطار شهری قم

طول خط	حدود ۱۴/۷۰۰ کیلومتر
روش اجرای مسیر	از بعد از ایستگاه A14 تا A3 به طول حدود ۱۰۸۰۰ متر، حفاری مکانیزه (با دستگاه TBM)
	از توقفگاه جمکران (قبل از ایستگاه A1) تا A3 به طول حدود ۳۹۰۰ متر، به روش سنتی (NATM)
	حدود ۳۰۰ متر U-WALL
ایستگاه‌ها	۱۴ ایستگاه با طول سکوی ۱۰۰ متر

اما موضوع زمان و هزینه و میزان مداخله در موضوع و همچنین موضوعات مترتب دیگری که می‌تواند بر مطالعات پدافند غیرعامل و پس از آن رفتار و عملکرد مترو در مقابله با تهدیدات تاثیر بگذارد از جمله مواردی هستند که باید به گونه‌ای هوشمندانه و موثر و قابل قبول و دفاع در این موضوع مورد توجه قرار گیرند. در پروژه مترو قم هر گونه مداخله در موضوع و بکارگیری تدابیر و تمهیدات پدافند غیرعامل متضمن صرف زمان و هزینه است. بارگذاری انفجاری در سازه مترو یکی از موضوعات است که پذیرش میزان احتمالی آن، می‌تواند بر هزینه‌های ساخت تاثیر بگذارد. در ارتباط با الزامات پدافندی، تونل و ایستگاه‌های مترو قم با مدنظر قرار گرفتن تهدیدات دشمن، می‌بایست به عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار گیرند.

۳- معرفی پروژه

خط A قطار شهری قم با طول حدود ۱۴۷۰۰ متر به شکل زیرزمینی از ایستگاه مسجد مقدس جمکران شروع شده و با طی ۱۴ ایستگاه در مسیر به محدوده قلعه کامکار ختم می‌شود. کل مسیر خط مترو بصورت تونلی و زیرزمینی بوده و ایستگاه‌ها نیز پس از اجرای تونل، احداث گردیده‌اند که مشخصات آن در جدول (۱) ارائه شده است.

این خط شامل ۱۴ ایستگاه در محدوده شهری و پایین تر از سطح زمین بوده و طول سکوی ایستگاه‌ها ۱۰۰ متر می‌باشد. مطابق شکل (۱) تمام ایستگاه‌ها به صورت دو طبقه و تنها ایستگاه A09 و A10 در سه طبقه اجرا می‌گردد. قابل ذکر است که کل مسیر از زیر خیابان‌ها می‌گذرد و از زیر مناطق مسکونی و انبیه‌ها عبور نمی‌کند. موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های مترو و

ایجاد خسارت و تلفات و یا از طریق بمب گذاری عملاً فعالیت مترو متوقف خواهد شد. بنابراین پدافند غیرعامل باید موضوع تدابیر و تمهیدات خود را از حوزه مقابله با ایجاد خسارت، تلفات به حوزه مقابله با تهدید و امکان وقوع آن نیز گسترش دهد [۱۵]. هدف اصلی و نهایی در پدافند غیرعامل فارغ از موضوع و زمینه طرح افزایش ضرایب ایمنی و امنیت و دفاع در برابر تهدیدات است. تهدیدات از منظر پدافند غیرعامل از منشاء دشمن و به گونه ای عمدی ایجاد می‌شوند و بصورت هوشمند بوده و با استفاده از برنامه ریزی، طراحی و اقدام مبتنی بر سناریو و روشی هدفمند انجام می‌گیرند. بنابراین باید با شناخت و ارزیابی آنچه که دشمن قصد انجام آن را دارد یک گام جلوتر و هوشمندتر عمل نمود. پدافند غیرعامل در برابر تهدیدات دشمن و ایمنی در برابر حوادث خطاها و بلایای طبیعی می‌توانند در تلفیق و تطبیق با یکدیگر صرفه جویی‌های ناشی از تجمع و هم افزایی ایمنی را به دنبال داشته باشند [۱۶].

در این خصوص در خط A مترو قم اهداف مختلف و نهایی زیر قابل بررسی هستند:

- ۱- حفظ جان مردم در ایستگاه‌ها، قطارها و مسیرهای مترو
 - ۲- حفظ و تداوم فعالیت مترو به عنوان شریان حیاتی شهر در مواقع بحرانی و غیربحرانی
 - ۳- حفظ و نگه‌داشت زیر ساخت‌ها تاسیسات و تجهیزات
- برای رسیدن این اهداف، ورود منطقی و سلسله مراتبی به روش تحقیق و تشریح ویژگی‌ها، نیازمندی‌ها، فرصت‌ها و امکانات هر کدام، می‌توان به ایجاد ایمنی و امنیت برای آنها دست یافت. در ایستگاه‌ها و مسیر خط A مترو قم تقریباً تمامی تمهیدات و تدابیر امکانپذیر پدافند، بررسی شده و براساس مؤلفه‌های موثری مانند زمان، هزینه و پیچیدگی اجرا و حتی اختلال در فعالیت مجموعه، گزینه‌ها و پیشنهادات دسته بندی و معرفی گردیده‌اند. همچنین پیشنهادات میزان اثر بخشی آنها در ایجاد ایمنی و امنیت برای مجموعه و زیرمجموعه‌های آن با روش‌های و مدل‌های ریاضی مشخص گردید. بر این اساس میزان کاهش ریسک ناشی از تمهیدات، با تغییر مؤلفه‌های آن محاسبه گردید. بدیهی است به کارگیری تمهیدات پدافند غیرعامل که از بستر و زمینه ای علمی و مطالعاتی بدست آمده اند باید باعث کاهش عدد ریسک گردند. پس از آن محاسباتی برای بدست آمدن ضرایب و نسبت‌های هزینه و فایده صورت گرفته تا تدابیر و تمهیدات مناسب تر انتخاب گردند. در انتهای تحقیق پیشنهادات با ارائه بسته‌ای راهبردی و کاربردی در سطوح مختلف مداخله اصلی کار خود را پایان می‌دهد. بسته‌ای که راهبردها و راهکارهای آن در زمان های برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و بهره برداری قابل استفاده و استناد می‌باشند. مترو دارای بخش‌ها،

حرم مطهر حضرت معصومه (س) در جنوب میدان مطهری در فاصله ۴۰۰ متری ایستگاه واقع شده است. میدان مطهری محل تلاقی خیابان آیت الله طالقانی، خیابان آیت الله حائری، خیابان هدف و خیابان سپاه می باشد. ایستگاه سرپوشیده A09 از بخش‌های مختلف پله‌های ورودی، سالن بلیط فروشی، دروازه‌های عبور، پله‌های رفتن به سکوها و تاسیسات جانبی و اداری برخوردار است. دو تراز عمومی برای ایستگاه قابل تصور است. تراز اول که پس از پله‌های منشعب از خیابان قرار دارد و تراز دوم که سکوی سوارشدن به مترو است. مهمترین ویژگی در ایستگاه کفایت فضاها برای حضور و تردد مردم متناسب با سطح عملکردی آن است. عرض راهروها و پله‌ها نیز از جمله مهمترین بخش‌های ایستگاه می باشد. مطابق شکل ۲ عرض مناسب و کافی سکوها و استانداردهای لازم در ایستگاه A09 بطور کامل رعایت شده است.



شکل (۲): پلان ایستگاه میدان مطهری (A09)

سازه ایستگاهی متفاوت با ایستگاه یا سازه‌های روزمینی، بارهای ناشی از سرباره، فشار جانبی خاک و لرزه‌های ناشی از عبور قطار را تحمل خواهد کرد [۱۸]. تاسیسات ایستگاه متناسب با سطح و حجم ایستگاه و همچنین میزان تردد جمعیت و عبور قطارها طراحی شده است. تاسیسات مترو شامل گرمایش و سرمایش، روشنایی، دوربین مداربسته شبکه رایانه‌ای، شبکه فشار قوی و ضعیف برق می باشد. به دلیل قرارگیری در عمق زمین کانالهای هوای تازه از جمله بخشهای تاسیسات مکانیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ایستگاه A09 هم به لحاظ قرارگیری در کنار حرم و هم به دلیل قرارگیری در امتداد اصلی ترین خیابان‌های شهر، مهم و بااهمیت خواهد بود. همچنین با توجه به مراکز خرید و قرار گرفتن در مرکزیت شهر مطابق شکل (۳)، دارای جمعیت مسافر بالایی می باشد.

مسیر خطوط آن از نظر پدافند غیرعامل دارای اهمیت است. بررسی امکان پذیری تهدیدات برای این منطقه خاص و یا همجواری آن با سایر فعالیت‌ها و عملکردهای شهری و هم افزایی خطر در موقعیت مورد نظر، مد نظر خواهد بود. همچنین بررسی موقعیت ایستگاه‌های مترو می تواند در موضوعاتی از قبیل مدیریت بحران در ایستگاه پس از حمله احتمالی، موضوع امداد و نجات و یا بهره‌گیری از ایستگاه‌ها برای پناه‌گیری و عبور امن به نقاط دیگر شهر موثر باشد.



شکل (۱): موقعیت قرارگیری تونل و ایستگاه‌های خط A در نقشه‌های شهر [۱۷]

۴- بررسی موارد پدافندی ایستگاه A09 (میدان مطهری)

این ایستگاه در ضلع شمالی میدان مطهری بعد از پل علیخانی در یک کیلومتر ۸+۸۰۹ مسیر خط مترو قرار گرفته است.

- ۳- حملات الکترومغناطیسی
- ۴- حملات سایبری
- ۵- حملات میکروبی و شیمیایی و رادیواکتیو

۶- اجزاء مختلف مترو از منظر پدافند

غیرعامل

پدافند غیرعامل به موضوع و موقعیت کلانی مانند مترو به گونه‌ای خاص و تخصصی می‌پردازد. برای نیل به این هدف تفکیک و تقسیم مترو به اجزاء و بخش‌های مختلف زمینه شناسائی تهدید خاص هر بخش و ارائه راه حل و راهکارهای مشخص آن را فراهم می‌آورد. از طرف دیگر تمهیدات و تدابیر کلی و کلان که بتواند کل مجموعه مترو را دربرگیرد وجود ندارد و نمی‌توان راهکاری را ارائه نمود که به تمامی بخش‌ها، سلسله مراتب و تعدد تهدیدات پاسخ دهد. از این رو تفکیک اجزاء و بخش‌های مختلف روش راهبردی در جهت بهینه کردن پدافند غیرعامل است. از منظر پدافند غیرعامل، مترو قم را می‌توان به اجزاء زیر تقسیم نمود.

- ۱- مردم، مسافری و فعالیت مترو
- ۲- ورودی مترو
- ۳- سالن ورودی مترو از اول ایستگاه
- ۴- سکوی انتظار مترو از دوم ایستگاه
- ۵- نیروگاه و شبکه تولید و انتقال برق
- ۶- مرکز کنترل و شبکه انتقال دیتا
- ۷- تأسیسات و تجهیزات جنبی و خدماتی
- ۸- تونل های مترو

در ادامه تحقیق آنچه که در خصوص پدافند غیرعامل مترو قم در قالب جداول محاسبه ریسک تهدیدات و تدابیر ایجاد دفاع و امنیت ارائه می‌گردد، مبتنی بر این ۸ بخش و اجزاء اصلی صورت می‌گیرد. در ایستگاه A09 خط A مترو قم از منظر پدافند آیتم‌های مسافری، ورودی مترو، سکو و تونل‌های مترو در این تحقیق مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفته است. براساس مبانی محاسباتی ریسک هر خطر، تهدید و تهاجمی دارای این دو مولفه احتمال وقوع و میزان اثرگذاری است. احتمال وقوع را می‌توان براساس امکان پذیری و سابقه وقوع آن رده‌بندی و امتیازدهی نمود. میزان اثرگذاری را نیز می‌توان براساس میزان خسارت وارده و پیامد آن محاسبه کرد. در این خصوص مولفه‌های ریزتری مانند درجه اهمیت، نوع عملکرد و کارآمدی نیز مدنظر قرار می‌گیرند. امتیازدهی نیز بین اعداد ۱ تا ۱۰ در نظر گرفته می‌شود. محاسبه ریسک، براساس تبدیل کیفیت‌های مختلف موثر به اعداد کمی ناشی از دسته بندی معیارها و تفکیک شاخص‌ها و نمره دهی به آنها صورت می‌پذیرد. هر چقدر تعداد شاخص‌ها و ریز مولفه‌های



شکل (۳): موقعیت ایستگاه میدان مطهری (A09) در تصویر هوایی

در تحلیل جمعیت در ایستگاه‌های مترو، آنچه که حائز اهمیت است بررسی جمعیت اوج در زمان و ایستگاه‌های خاص است. ایستگاه A9 با ۱۰۶۵۸ نفر سوار شده و ۲۲۴۸ نفر پیاده شده در محدوده زمانی شب رکورد تردد جمعیت را در دست دارد. توجه به کلیه ملاحظات عملکردی، ارتباطی، ایمنی و امنیتی برای تردد و مدیریت جمعیت در این ایستگاه الزامی است.

۵- بررسی تهدیدات امکان پذیر

به منظور شناخت تهدیدات امکان پذیر برای مترو خط A قم، ضروری است تا این تهدیدات به صورت عمومی و پس از آن اختصاصی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. در یک طبقه بندی کلی تهدیدات را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

۱. تهدیدات نرم؛
۲. تهدیدات سخت؛
۳. تهدیدات نیمه سخت.

هرکدام از این تقسیمات کلی نیز شامل دو بخش امنیتی و غیرامنیتی خواهند بود. ضروری است با بهره گیری از ارزش اعداد و قضاوت‌های مهندسی به همراه تجربیات تهدیدشناسی، هرکدام از تهدیدات را برای ایستگاه‌های مترو ارزیابی نمود. در این ارزیابی صورت گرفته برای پروژه مترو قم، اعداد بزرگتر امکان پذیری بیشتر تهدید را نشان خواهند داد.

از میان مجموع تهدیدات امکان پذیر که برای مترو قم قابل تصور است، تهدیدات مشخص و خاصی که بیشترین اثر و احتمال را دارا هستند باید مورد شناسایی و بررسی قرار گیرند. با توجه به تعریف، کاربری و مفهوم زیرساختی مترو و همچنین ویژگی‌های مهندسی، ارزش فرا روانی و نقش آن در فضای اجتماعی و شهری، پنج سناریو و حوزه تهدید را می‌توان برای ایستگاه‌های مترو خط A متصور شد:

- ۱- تهدیدات و حملات موشکی و هوایی
- ۲- حملات تروریستی و خرابکاری

عملیات تبدیل شاخص‌های کیفی به شاخص‌های کمی از طریق تعیین شاخص‌ها، معیارها و زیرمعیارها امکان پذیر خواهد بود. معیارهای شاخص تهدید عبارتند از:

- ۱- هدف از حمله، شامل حذف و اختلال در عملکرد و حذف و تخریب دارایی است.
- ۲- احتمال وقوع، شامل زمینه، جذابیت و قابلیت (امکان پذیر) است.
- ۳- حمله و تهاجم شامل تناوت و تعدد حمله و شدت و قدرت آن است.

جدول ادامه به ترتیب محاسبه مولفه‌های موثر در ریسک هستند. مولفه‌هایی که خود براساس شاخص ریزتر بدست آمده و در نهایت ریسک بخش‌های مختلف را تعیین می‌نماید. جدول (۲) محاسبه تهدید، اولین مولفه اصلی ریسک در ایستگاه A09 خط A متروی قم را نشان می‌دهد.

جدول (۲): جدول محاسبه تهدیدات در ایستگاه A09

جمع	تهدید					هدف از حمله		فضاهای عملکردی
	حمله و تهاجم		احتمال			حذف دارایی	حذف کارکرد	
	شدت	تناوب	قابلیت	جذابیت	زمینه			
۴۴	۴	۴	۶	۸	۸	۶	۸	مردم- فعالیت
۴۶	۶	۷	۴	۸	۸	۵	۸	ورودی‌ها
۲۷	۳	۵	۳	۴	۴	۴	۴	سالن ورودی - تراز اول
۳۵	۵	۵	۴	۵	۵	۶	۵	سکوی انتظار - تراز دوم
۴۱	۴	۴	۷	۵	۶	۷	۸	نیروگاه و شبکه انتقال برق
۴۲	۳	۶	۷	۶	۷	۵	۸	مرکز کنترل و شبکه دیتا
۲۹	۳	۳	۴	۳	۶	۵	۵	تاسیسات جنبی و خدماتی
۴۲	۶	۴	۶	۵	۷	۷	۷	تونل‌ها
۳۰۶	۳۴	۳۸	۴۱	۴۴	۵۱	۴۵	۵۳	جمع

- ۲- ضعف بازدارندگی، شامل تبعات حمله برای دشمن، امکانات سیاسی و اجتماعی
 - ۳- ضعف حفاظتی، استحکام، دوری از مبدا، قابل دسترسی، مدفون در عمق
 - ۴- افا (اختفا- فریب و استتار) شامل شکل و فرم، گرما و صدا، تردد
 - ۵- عدم وجود جایگزین شامل امکان بازگشت، زمان بازگشت و هزینه بازگشت
- جدول (۳) محاسبه آسیب پذیری، دومین مولفه اصلی ریسک در ایستگاه A09 خط A مترو قم را نشان می‌دهد.

آن بیشتر باشند و نمره دهی نهایی منتج از معدل نمرات قضاوت چندین متخصص باشد، نتیجه به واقعیت و دقت نزدیکتر خواهد بود. هدف از این تحقیق، شناخت انواع تهدیدات و معرفی میزان تهدیدات برای هر کدام از بخش‌های مجموعه است. در این خصوص هر چقدر تعدد و تنوع معیارها بیشتر باشد و قضاوت مهندسی و عددی صورت گرفته منطقی تر به نظر برسد، نتایج عددی صحیح‌تر خواهد بود.

۷- مولفه‌های ریسک هوشمند

۷-۱- تهدید

تهدید یکی از شاخص‌های اصلی در محاسبه ریسک یک مجموعه و یا یک بخش می‌باشد. این تحقیق از چندین معیار و زیرمعیار برای بررسی دقت مناسب میزان و سطح کمی امتیازات لحاظ شده، برخوردار است. در محاسبات عددی و تحقیق در

۷-۲- آسیب پذیری

پس از بررسی میزان تهدید برای هر بخش از ایستگاه به بررسی میزان آسیب پذیری هر کدام از آنها پرداخته شد. به دلیل آنکه مجموعه از چند سناریوی متفاوت مورد تهدید قرار می‌گیرد آسیب پذیری هر بخش براساس تهدیدات اول و بعضاً دوم موثر مورد بررسی قرار می‌گیرند. تلاش می‌گردد تا با معرفی معیارها و شاخص‌های مناسب و پرهیز از تکرار جداول به نمونه‌ای جامع و فراگیر در میزان آسیب‌پذیری هر بخش در برابر انواع تهدید دشمن دست یافت. شاخص‌های معیار آسیب پذیری عبارتند از:

- ۱- شدت خسارت، شامل خسارت اولیه و پیامدها

جدول (۳): جدول محاسبه آسیب پذیری در ایستگاه A09

آسیب پذیری																	فضاهای عملکردی
ردیف	عدم وجود جایگزین			استتار/ اختفاء/ فریب				ضعف حفاظتی					ضعف باز دارندگی		شدت خسارت		
	هرینه بازگشت	زمان بازگشت	امکان بازگشت	تردها	امواج	گرما صدا	شکل فرم	مدفون در عمق	موانع	قابل دسترسی	دوری از میدا	استحکام	امکانات دفاع عامل	نیجات حمله برای دشمن	پیامد	خسارت	
۹۹	۹	۹	۹	۷	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۴	۵	۳	۷	۷	۸	مردم - فعالیت
۸۵	۵	۳	۳	۷	۳	۳	۷	۷	۸	۹	۵	۴	۳	۵	۷	۶	ورودی‌ها
۷۹	۷	۷	۶	۳	۴	۴	۴	۵	۶	۶	۴	۵	۳	۵	۴	۶	سالن ورودی - تراز اول
۷۹	۸	۸	۷	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۴	۷	۳	۴	۳	۵	سکوی انتظار - تراز دوم
۸۸	۷	۶	۶	۵	۸	۷	۳	۴	۵	۶	۴	۵	۳	۵	۷	۷	شبکه انتقال برق
۷۶	۴	۴	۷	۳	۸	۳	۳	۴	۵	۴	۴	۵	۳	۳	۸	۸	مرکز کنترل و شبکه دیتا
۷۲	۵	۵	۵	۴	۵	۶	۴	۴	۵	۶	۴	۴	۳	۳	۴	۵	تاسیسات جنبی
۷۰	۷	۶	۸	۲	۲	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۳	۶	۸	۸	تونل‌ها
	۵۲	۴۸	۵۱	۳۵	۳۹	۳۵	۳۳	۳۵	۴۲	۴۴	۳۱	۳۷	۲۴	۳۸	۴۸	۵۳	جمع

منحصر به فرد بودن و طیف و گستردگی و اهمیت بهره برداران، شاخص‌های آن محسوب می‌گردند. جدول (۴) محاسبه ارزش دارایی‌ها، سومین مولفه اصلی ریسک در ایستگاه A09 خط A متروی قم را نشان می‌دهد.

۷-۳- ارزش دارایی‌ها

پارامتر ارزش دارایی سومین مولفه ریسک محسوب می‌گردد. مولفه‌ای که بر اساس آن درجه اهمیت مجموعه برای کشور و البته دشمن مشخص می‌گردد. ارزش سرمایه، اهمیت عملکرد،

جدول (۴): جدول محاسبه ارزش دارایی در ایستگاه A09

ارزش دارایی					فضاهای عملکردی
جمع	بهره برداران	منحصر به فرد بودن	اهمیت عملکرد	ارزش سرمایه	
۳۵	۹	۸	۹	۹	مردم - فعالیت
۲۲	۷	۵	۷	۳	ورودی‌ها
۲۳	۵	۶	۶	۶	سالن ورودی - تراز اول
۲۶	۵	۷	۷	۷	سکوی انتظار - تراز دوم
۲۷	۷	۷	۷	۶	نیروگاه و شبکه انتقال برق
۲۸	۷	۷	۸	۶	مرکز کنترل و شبکه دیتا
۱۷	۴	۴	۵	۴	تاسیسات جنبی و خدماتی
۳۲	۸	۸	۸	۸	تونل‌ها
۲۱۰	۵۲	۵۲	۵۷	۴۹	جمع

- ۱- تهدیدات تروریستی با نمره ۴۹ تهدید اول در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد.
- ۲- تهدیدات الکترومغناطیسی با نمره ۳۳ تهدید دوم در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد.
- ۳- تهدیدات سایبری با نمره ۳۰ تهدید سوم در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد.
- ۴- تهدیدات موشکی و هوایی با نمره ۲۷ تهدید چهارم در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد.
- ۵- تهدیدات غیر متعارف با نمره ۱۷ تهدید پنجم در ایستگاه A09 محسوب می‌گردد.
- در حوزه‌های تخصصی، تهدیدات هر کدام از بخش‌های ۸ گانه باید مورد توجه قرار گیرند و تمهیدات و تدابیر خاصی باید برای آن‌ها در نظر گرفته شود.

در انتها محاسبه عددی ریسک بر اساس رابطه زیر انجام می‌پذیرد.

ریسک = تهدید * آسیب پذیری * ارزش دارایی

جدول (۵) عدد نهایی ریسک را مطابق رابطه فوق الذکر در ایستگاه A09 خط A متروی قم را نشان می‌دهد.

تهدیدات مبنا نیز در ادامه برآورد گردیده که تهدیدات مبنا منتج از محاسبه ریسک هر بخش در جدول شماره ۶ ارائه گردیده است. مطابق جداول بالا جمع جبری اعداد و نمرات در دو بخش ستونی و ردیفی ارائه شده‌اند. در بخش ستونی میزان اثرگذاری تهدیدات در کل مجموعه و مترو قابل درک و دریافت است. در بخش ردیفی نیز به گونه‌ای تخصصی، تهدید هر بخش از ایستگاه مترو مشخص می‌گردد. در نهایت تهدیدات مبنای ایستگاه A09 مترو قم به شرح ذیل خواهد بود.

جدول (۵): جدول نهایی ریسک در ایستگاه A09

فضاهای عملکردی	جمع داده های تهدید	جمع داده‌های آسیب‌پذیری	جمع داده‌های ارزش دارایی	ریسک
مردم - فعالیت	۴۴	۹۹	۳۵	۱۵۲۴۶۰
ورودی‌ها	۴۶	۸۵	۲۲	۸۶۰۲۰
سالن ورودی - تراز اول	۲۷	۷۹	۲۳	۴۹۰۵۹
سکوی انتظار - تراز دوم	۳۵	۷۹	۲۶	۷۱۸۹۰
نیروگاه و شبکه انتقال برق	۴۱	۸۸	۲۷	۹۷۴۱۶
مرکز کنترل و شبکه دیتا	۴۲	۷۶	۲۸	۸۹۳۷۶
تاسیسات جنبی و خدماتی	۲۹	۷۲	۱۷	۳۵۴۹۶
تونل‌ها	۴۲	۷۰	۳۲	۹۴۰۸۰
جمع	۳۰۶	۶۵۹	۲۱۰	

جدول (۶): جدول نهایی تهدیدات مبنا منتج از محاسبه ریسک هر بخش در ایستگاه A09

فضاهای عملکردی	الکترومغناطیس	سایبر	موشکی و هوایی	تروریستی	غیر متعارف	جمع
مردم - فعالیت	۱	۱	۵	۸	۷	۲۲
ورودی‌ها	۲	۲	۴	۸	۱	۱۷
سالن ورودی - تراز اول	۳	۳	۵	۷	۳	۲۱
سکوی انتظار - تراز دوم	۳	۳	۴	۸	۲	۲۰
نیروگاه و شبکه انتقال برق	۸	۵	۱	۴	۱	۱۹
مرکز کنترل و شبکه دیتا	۶	۹	۴	۳	۱	۲۳
تاسیسات جنبی و خدماتی	۶	۴	۱	۵	۱	۱۷
تونل‌ها	۴	۳	۳	۶	۱	۱۷
جمع	۳۳	۳۰	۲۷	۴۹	۱۷	

صورت گیرد مشروط بر آنکه در زمان ساخت و بهره برداری این موضوعات مورد توجه باشند. ایستگاه‌های مترو می‌توانند مرکزی برای مدیریت بحران‌های شهری باشند.

۸-۲- تدابیر و تمهیدات پدافند غیر عامل در

خطوط مترو و ایستگاه‌های مترو قم

در مسیر ۱۴/۷ کیلومتری مترو قم که از نقاط مختلف شهری عبور می‌کند بناها و ساختمان‌های مختلفی وجود دارند که کم و بیش از اهمیت نسبی در برابر تهدیدات امکان پذیر برخوردارند. ساختمان‌های فرهنگی و آموزشی، بیمارستان‌ها، بانک، مراکز انتظامی، حرم حضرت معصومه و یا حتی منبع آب از آن جمله‌اند. بنابراین به عنوان یک راهبرد کلی در صورت همجواری مترو با ساختمان‌های خاص باید تدابیر ویژه آن از جمله استحکام بخشی و یا رعایت فاصله مناسب برای ایجاد ورودی پیش بینی گردد. پمپ بنزین‌ها، جایگاه گاز و مخازن سوخت از دیگر مواردی هستند که همجواری آنها با مترو و ورودی آن خطرناک و خطرآفرین است. موارد رعایت شده در خط A مترو قم و علی‌الخصوص ایستگاه A09 که یک ایستگاه مرکزی و شلوغ می‌باشد مطابق شکل (۴) و در ذیل ارائه گردیده است:

۱- ایستگاه‌های مترو که در عمق زمین و با سربار بیش از ۲۰ متر قرار دارد از امنیت بیشتری در برابر حملات موشکی و هوایی برخوردارند. ایستگاه A09 در عمق ۲۸ متری بوده و در این خصوص شرایط آن مساعد می‌باشد.

۲- سازه ایستگاه‌های مترو شامل دیوارهای کناری و سقف‌ها باید علاوه بر پاسخ بر نیاز بارهای محاسبه شده بتوانند بارهای انفجاری ۲۰۰۰ پوند TNT در فاصله ۵۰ متری افقی و روی زمین را تحمل کنند که در این خصوص ایستگاه A09 جوابگوی این مورد می‌باشد.

۳- ورودی ایستگاه‌های مترو از آسیب پذیرترین بخش‌ها هستند. استحکام بخشی، بر سازه آنها در برابر انفجار بنا ضروری است که این مورد در طراحی و اجرای ایستگاه A09 مدنظر مطابق شکل ۴ قرار گرفت.

۴- دهانه ورودی متروها امکان ورود پرتاب‌های انفجار را فراهم می‌آورد طراحی معماری ورودی می‌تواند با تمهیدات این موضوع را حل نماید که در ورودی‌های ایستگاه A09 با طراحی قوس و انحنا این مورد رعایت گردید.

۵- حفاظت فیزیکی محسوس و غیرمحسوس در محدوده‌ی اطراف ورودی‌های مترو ضروری است.

۶- حفاظت فیزیکی در داخل ایستگاه‌ها و مسیر تونل‌ها الزامی است.

۸- بررسی و تجزیه و تحلیل طرح از نظر اثر

تهدیدات و میزان آسیب پذیری

مترو قم باید در برابر دامنه‌ای مشخص از تهدیدات و حملات که تهدید مبنا نام گرفته‌اند به گونه‌ای نسبی مورد حفاظت و سیانت قرار گیرد. سه حوزه‌ی اصلی در متروی قم انسان، فضا و فعالیت‌ها هستند. مردم به‌عنوان اصلی‌ترین موضوع باید مورد حمایت و حفاظت قرار گیرند. فضا و تجهیزات مترو شامل ایستگاه‌ها، قطارها و سایر تجهیزات و تأسیسات نیز در درجه دوم قرار گرفته تا موضوع سوم فعالیت و تردد و ارتباطات را برقرار سازند. علاوه بر اینکه پدافند غیرعامل ضرایب ایمنی و امنیت نسبی مترو را بالا می‌برد و در زمان صلح، آرامش و آسایش ذهنی، روحی و جسمی را به دنبال دارد در مواقع بحران از وقوع تهدیدات جلوگیری کرده و زمینه تداوم فعالیت را فراهم می‌آورد.

۸-۱- تجزیه و تحلیل و بررسی میزان اهمیت

مترو قم

- از نظر استفاده به عنوان پناهگاه: در مواقعی از تهدیدات دشمن، شرایطی بوجود می‌آید که مردم باید از پناهگاه استفاده نمایند. تعدد و نزدیکی ایستگاه به یکدیگر در قم شرایطی را بوجود می‌آورد که حداقل مردم استفاده کننده و یا مردمی که در تقاطع‌های خیابان‌های مجاور ایستگاه در تردد هستند از امکانات پناهگاه‌های مترو استفاده نمایند.

- از نظر دفاع شهری: در مواقعی که تردد از خیابان‌های شهر به هر دلیل نا امن تلقی می‌گردد می‌توان برخی از تردهای خاص را از طریق مترو انجام داد. کنترل تمامی تردهای قطارهای مترو برای ایجاد امنیت ضروری است. حفاظت فیزیکی و حراست و استحکام بخشی تأسیسات و سازه‌های مترو از تدابیر لازم برای دفاع از امنیت شهر است.

- از نظر استفاده از خطوط مترو جهت امداد و نجات در زمان بحران: ایستگاه‌های مترو محل‌هایی امن تلقی می‌گردند و می‌توان زمینه امداد رسانی را با ایجاد مراکز مدیریتی در ایستگاه‌ها تعریف نمود. ضمن اینکه همجواری ایستگاه‌ها با برخی از مراکز درمانی، موقعیت این طرح و راهبرد را بیشتر تضمین می‌نماید.

- از نظر استفاده از زیرساخت‌های مترو در مدیریت بحران شهری: مترو هم دارای ایستگاه و فضاها فعالیتی است هم دارای مسیرهای ارتباطی و تردد است و از امکانات و تجهیزات زیرساختی مانند برق و دیتا برخوردار است. شبکه اطلاع رسانی و ارتباط با سایر بخش‌ها و مراکز می‌تواند از طریق این زیرساخت‌ها

۱۵- پنجره‌ها، شیشه‌ها و درهای داخلی ایستگاه در برابر خردشدگی و ایجاد ترکش مقاوم باشند. در فضاهای داخلی مترو سالن‌های انتظار امکان خروج موج انفجار در نظر گرفته شود. سامانه‌های اطفاء حریق با حداکثر استاندارد در نظر گرفته شود.

۹- ارائه گزینه‌های ارزیابی کمی و کیفی و

انتخاب گزینه‌های برتر

در بررسی تمهیدات و مطالعات تهدید ریسک هر بخش و میزان کمی هر کدام از مولفه‌های سه گانه ریسک شامل تهدید، آسیب پذیری و ارزش دارایی‌ها برآورد و ارائه گردید. پس از آن و با بهره‌گیری و استفاده مستقیم از اعداد و امتیازات به دست آمده در حوزه ریسک به ارزیابی و تمهیدات و میزان کاهش ریسک ناشی از بکارگیری تمهیدات پرداخته شد. با توجه به اینکه اعداد بدست آمده از جدول تهدیدات و ریسک هر بخش یک عدد چند رقمی است در جدول پیشنهادی و میزان اثرگذاری تمهیدات، از اعداد یک رقمی همان اعداد استفاده گردید. هر کدام از اعداد جدول ریسک بر ۱۰ تقسیم شده تا حداقل سه صفر از اعداد نهایی کم شود این موضوع تأثیری بر نتیجه ایجاد نمی‌کند. در جدول هر کدام از بخشهای ۸ گانه مترو ابتدا ریسک عمومی آن قبل از بکارگیری تمهیدات ارائه شده است. پس از آن تمهیداتی در مقابل تهدیدات اصلی شامل حملات الکترومغناطیسی، سایبری، تروریستی و خرابکاری موشکی و هوایی که مورد استفاده واقع شده و موثر می‌باشند ارائه می‌گردد. آنچه از جداول قابل برداشت است در هر بخش از مترو تمهیدات، ریسک اولیه را کاهش می‌دهند. هر چقدر دامنه کاهش ریسک بیشتر باشد، اثرگذاری تمهیدات بیشتر بوده و به عبارتی، آنها موثرتر هستند. اما این کاهش به تنهایی نمی‌تواند ملاک انتخاب و بکارگیری تمهیدات باشد. بنابراین هر تمهید در ستون‌های بعدی جداول با استفاده از چهار معیار و مولفه مورد سنجش قرار می‌گیرد:

۱- تأثیر منفی بر عملکرد ۲- زمان بکارگیری و ایجاد تمهید ۳- هزینه ایجاد تمهید ۴- پیچیدگی اجرا و وابستگی به خارج اعداد مورد استفاده در این بخش نیز ۱ تا ۱۰ است و هر چقدر این تمهید در حوزه‌های ۴ گانه نامطلوب‌تر باشد عدد بزرگتری به آن اختصاص می‌یابد. در نهایت از جمع عدد ۴ مولفه ویژگی اقدام حاصل می‌گردد. هر چقدر عدد ویژگی اقدام بزرگتر باشد، آن تمهید مطلوب‌تر و استفاده از آن نامناسب‌تر خواهد بود. تحلیل اثر نتیجه‌گیری دیگری است که از حاصل ضرب ریسک ثانویه و ویژگی اقدام به دست می‌آید. اگر عدد ریسک ثانویه کم و ویژگی اقدام نیز کم باشد عدد تحلیل اثر کم است و آن تمهید مناسب خواهد بود. اگر عدد ریسک ثانویه زیاد باشد و ویژگی اقدام کم باشد هر چند تمهید از نظر اجرایی مطلق است اما



شکل (۴): موقعیت ایستگاه میدان مطهری (A09) و ورودی‌های آن

۷- نیروگاه و شبکه انتقال برق باید در برابر حملات الکترومغناطیسی با استفاده از لایه‌های شیلد، ایزوله گردند. شبکه دیتا ارتباطات ماکروویو ماهواره و کابل باید در برابر حملات الکترومغناطیسی و سایبر محافظت شوند.

۸- استفاده از لینک‌های جایگزین و محافظت شده برای انتقال دیتا (مانند فیبر نوری) ضروری است.

۹- شفت‌ها و کانال‌های تاسیسات در برابر پرتابه‌ها با طراحی شکل و فرم محافظت شوند که کیوسک‌ها و شفت‌های تهویه در ایستگاه A09 بطور کامل و با نمای گریلیوم پوشیده شده است.

۱۰- به منظور استفاده از ایستگاه‌های مترو به عنوان پناهگاه لازم است اندازه آنها مناسب با سطح نیاز افزوده شده و محل‌های امن تر در آن در نظر گرفته شوند که در ایستگاه A09 فضای تیکت هال و عرض سکو مسافری بدین منظور دیده شد.

۱۱- وجود دو ورودی برای هر ایستگاه که در طراحی عمومی آنها لحاظ شده ضروری است. لیکن امکان خروج اضطراری از ایستگاه باید در فواصل دور یا نزدیک مدنظر قرار گیرد که در این ایستگاه سه ورودی با توجه به حجم مسافر دیده شد و همچنین ۴ عدد خروجی اضطراری جهت تخلیه مسافر در شرایط اضطراری در ایستگاه اجرا گردید.

۱۲- کلیه شبکه‌های برق و کانال‌های تاسیسات باید در داکت‌ها و کانال‌های امن و مستحکم قرار گیرند که در ایستگاه A09 تمامی کابل‌ها در پشت سقف کاذب و در داخل سینی و لدرهای مربوطه قرار گرفته و اجرا گردیده است.

۱۳- فضاهای تاسیساتی باید در برابر تردد عمومی محافظت شوند که در ایستگاه A09 فضاهای تاسیساتی و تجهیزاتی بطور کامل از تردد مسافران دور می‌باشد.

۱۴- مبلمان ایستگاه و تجهیزات و لوازم موجود در آنها باید در برابر انفجارات بمب‌های دستی محافظت گردد.

پیشنهادی و اولویت آن‌ها بر اساس اثر بخشی هرکدام ارائه شده است.

در خط A متروی شهر قم و براساس تحقیقات صورت گرفته مشخص گردیده است که احتمال اینکه سامانه خط A متروی شهر قم به عنوان هدف مستقیم برای تهدیدات هوایی و موشکی قرار بگیرد خیلی پایین می‌باشد و بروز اینگونه تهدیدات تنها در خصوص همجواری‌ها و تأثیرپذیری ایستگاه‌های مترو مطرح می‌باشد.

اثرگذاری مناسبی نخواهد داشت. اگر عدد ریسک ثانویه کم باشد و ویژگی اقدام زیاد باشد تمهید از نظر اثرگذاری مناسب است اما از منظر اجرائی نامطلوب است و ممکن است هزینه زمان پیچیدگی اجرا و تأثیر منفی بر عملکرد آن اجازه اجرایی آن را ندهد. اگر عدد ریسک ثانویه زیاد باشد و ویژگی اقدام هم زیاد باشد این تمهید از نظر اثرگذاری و از نظر ویژگی‌های اقدام نامطلوب است و قابلیت بحث و بررسی را نخواهد داشت. در ادامه و در جداول شماره‌های (۷) و (۸) و (۹) تمهیدات

جدول (۷): جدول تمهیدات و اثر بخشی آن‌ها - ورودی‌ها در ایستگاه A09

اولویت اقدام	تحلیل اثر	ویژگی های تمهیدات					درصد ریسک ثانویه عملکرد	ریسک	ارزش دارایی	اسبب پذیری	تهدید	ریسک قبل از تمهیدات
		ویژگی اقدام	پیچیدگی اجرا	هزینه	زمان	تأثیر منفی بر عملکرد						
۲	۱۰۶۳	۲۱	۵	۸	۶	۲	۵۹	۵۰/۶	۲/۲	۵	۴/۶	استحکام بخشی - مقاوم سازی
۲	۱۰۵۶	۲۰	۴	۵	۵	۶	۶۱	۵۲/۸	۲/۲	۶	۴	ایجاد موانع
۱	۹۸۶	۱۶	۳	۳	۴	۶	۷۲	۶۱/۶	۲/۲	۷	۴	کنترل فیزیکی و نا محسوس
۳	۱۲۹۴	۲۱	۶	۶	۴	۵	۷۲	۶۱/۶	۲/۲	۷	۴	امکان بسته شدن و ایزوله

جدول (۸): جدول تمهیدات و اثر بخشی آن‌ها - سالن انتظار، تراز اول در ایستگاه A09

اولویت اقدام	تحلیل اثر	ویژگی های تمهیدات					درصد ریسک ثانویه عملکرد	ریسک	ارزش دارایی	اسبب پذیری	تهدید	ریسک قبل از تمهیدات
		ویژگی اقدام	پیچیدگی اجرا	هزینه	زمان	تأثیر منفی بر عملکرد						
۱	۴۳۰	۲۲	۶	۸	۶	۲	۴۰	۱۹/۶	۲/۳	۵	۱/۷	استحکام بخشی - مقاوم سازی
۱	۳۸۰	۱۱	۳	۳	۳	۲	۷۰	۳۴/۵	۲/۳	۶	۲/۵	کنترل تردد ها CCTV
۱	۴۳۸	۱۶	۴	۳	۳	۶	۵۶	۲۷/۴	۲/۳	۷	۱/۷	حفاظت فیزیکی
۳	۶۰۹	۱۴	۳	۴	۳	۴	۸۹	۴۳/۵	۲/۳	۷	۲/۷	استحکام میلان
۲	۵۲۲	۱۲	۲	۵	۳	۲	۸۹	۴۳/۵	۲/۳	۷	۲/۷	افزایش ضرایب ایمنی HSE

غیرمستقیم که از حملات نظامی و بمباران به همجواری‌ها صورت می‌گیرد، متأثر خواهد بود و نقش مترو در این زمان به عنوان کاربری پناهگاهی محسوب می‌گردد. براساس این تحقیقات، ایستگاه‌های A1 و A9 به عنوان ایستگاه‌های چندمنظوره در طول خط A متروی شهر قم مشخص و تعیین گردیده است.

براساس نتایج ارزیابی میزان ریسک صورت گرفته در طول این تحقیق پدافند غیرعامل، مشخص گردید که ایستگاه‌ها، تونل‌ها، مسیر خط و کلاً سامانه خط A متروی قم به عنوان هدف مستقیم در تهدیدات نظامی سخت و حملات هوایی و موشکی محسوب نمی‌گردد و بیشتر به عنوان هدف ثانویه و هدف

جدول (۹): جدول تمهیدات و اثر بخشی آن‌ها - تونل

اولویت اقدام	تخلیل اثر	ویژگی های تمهیدات					درصد ریسک ثانویه	ریسک	ارزش ریسک	آسیب‌پذیری	تهدیدپذیری	ریسک قبل از تمهیدات
		ویژگی اقدام	پیچیدگی اجرا	هزینه	زمان	تأثیر منفی بر عملکرد						
								۹۴/۰۸	۳/۲	۷	۴/۲	ریسک پس از تمهیدات
												تمهیدات
۱	۱۱۸۳	۲۲	۶	۸	۶	۲	۵۷	۵۴	۳/۲	۴	۴/۲	استحکام بخشی و استفاده از عمق زمین
۳	۱۴۱۱	۱۸	۶	۳	۳	۶	۸۳	۷۸	۳/۲	۷	۳/۵	کنترل تردد ها
۲	۱۲۵۴	۱۶	۶	۳	۳	۴	۸۳	۷۸	۳/۲	۷	۳/۵	حفاظت فیزیکی و CCTV
۲	۱۳۴۴	۲۰	۵	۶	۴	۵	۷۱	۶۷	۳/۲	۶	۳/۵	کنترل و طراحی مناسب شفت ها

و مسدود شدن دسترسی‌ها و خروجی‌های اضطراری گردند و از آنجایی که سیستم مترو به دلیل آسیب پذیری کمتر نسبت به تهدیدات طبیعی و غیرطبیعی به دلیل قرار گرفتن در عمق زمین و نقش اساسی در امدادسانی در زمان‌های بروز بحران نباید دسترسی‌ها و خروجی‌های اضطراری به هیچ عنوان مسدود شوند.

۲- ممنوعیت ایجاد کاربری‌های پرتراکم در محوطه‌ی بیرونی دسترسی‌های ایستگاه‌ها: در الزامات پدافند غیرعامل در خصوص جانمایی دسترسی‌های اصلی و خروجی‌های تخلیه اضطراری ایستگاه‌ها الزام شده است که تا حد امکان باید از جانمایی دسترسی‌های اصلی و خروجی‌های اضطراری در همجواری ایستگاه‌های اتوبوس و دکه‌های روزنامه‌فروشی و کاربری‌های پرتراکم که باعث اختلال در روند تردد برای ایستگاه‌ها می‌شوند و یا امر تخلیه اضطراری ایستگاه‌ها را مختل می‌سازند جلوگیری شوند، این امر علاوه بر کاهش ازدحام مسافران در هنگام تخلیه مسافری در محوطه بیرونی دسترسی‌های ایستگاه، باعث تسهیل مدیریت بحران در مواقع تخلیه اضطراری می‌شود.

۳- ممنوعیت ایجاد مستحذات در پیش فضای باز در محوطه دسترسی به ایستگاه‌ها در آینده: در الزامات پدافند غیرعامل در خصوص ایستگاه‌های خط A متروی قم، لازم الاجرا

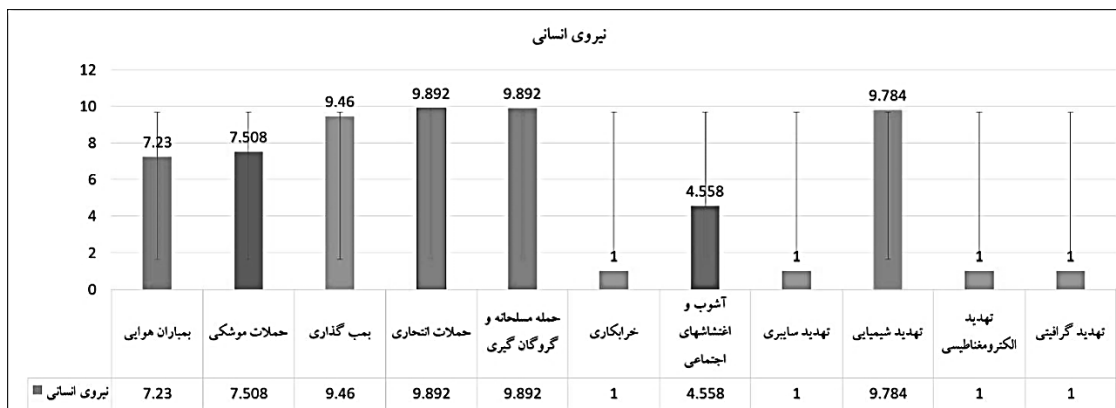
متوسط عمق قرارگیری مسیر خط از سطح تراز ریل حدود ۲۰ متر می باشد و با توجه به نتایج آنالیز ریسک در مطالعات مرحله مفهومی و استخراج تهدید مبنا، ریسک تونل بر اساس موقعیت قرارگیری نسبت به همجواری‌ها پایین ارزیابی شده است و لذا نیازی به اتخاذ طرح‌های مستقل پوششی برای تونل مسیر موردنیاز نمی‌باشد و تنها باید اقدامات حفاظتی در خصوص شفت‌های تهویه و خروجی‌های اضطراری تونل‌ها مدنظر قرار گیرد و اقدامات پدافند غیرعامل در خصوص این شفت‌ها و خروجی‌های اضطراری رعایت گردد.

پس از ارزیابی‌های فنی و همجواری‌های موجود در خصوص ایستگاه‌های خط A مترو قم و با توجه به نتایج مطالعات ارزیابی ریسک انجام شده در مرحله‌ی تحقیقات مفهومی، در این بخش از منظر پدافند غیرعامل انجام طرح‌های الحاقی پوششی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

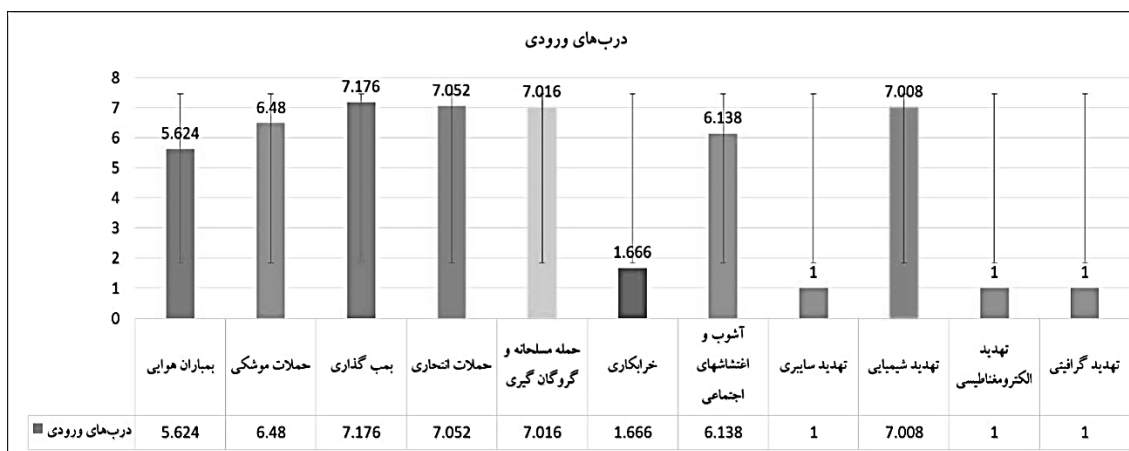
۱- ممنوعیت احداث ساختمان‌های بلندمرتبه در همجواری دسترسی‌ها و ورودی‌های ایستگاه: تخریب ساختمان‌های بلندمرتبه و مسدود شدن دسترسی‌ها و خروجی‌های اضطراری می‌تواند ناشی از تهدیدات طبیعی مانند زلزله و یا تهدیدات غیرطبیعی مانند مورد اصابت قرار گرفتن ساختمان و ریزش آوار

باید فضای کافی جهت استقرار موقت تجهیزات، ادوات و خودروهای امداد و نجات در زمان بروز بحران در نظر گرفته شود. تهدیدات محتمل در خصوص هر کدام از عناصر و بخش های سامانه مترو خط A قم مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج آن را می توان به صورت نمودارهای شکل ۵ تا ۸ به صورت اولویت بندی، مشاهده نمود:

دانسته شده است که در احداث ورودی ها و خروجی ها باید سعی شود که از فضاهای باز و سبز همجوار ایستگاه ها حداکثر استفاده گردد و دسترسی های ایستگاه ها در این فضاها جانمایی گردند تا یک فضای باز مناسب در محوطه بیرون دسترسی ها به ایستگاه ها وجود داشته باشد وجود این پیش فضای باز در محل ورودی ها و خروجی ها، جهت جلوگیری از ازدحام و مدیریت بحران و دسترسی سریع به ورودی ایستگاه ها می باشد در این پیش ورودی



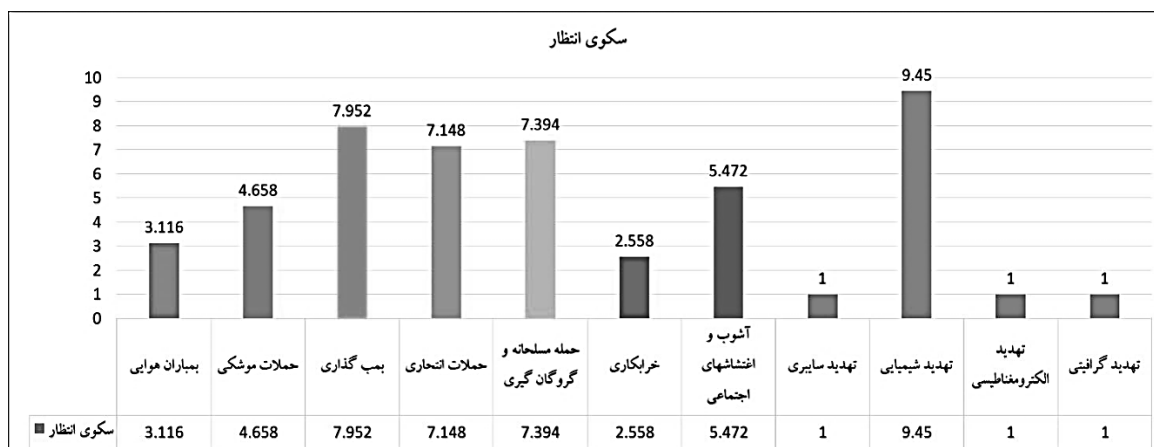
شکل (۵): نمودار اولویت بندی تهدیدات محتمل نیروی انسانی ایستگاه میدان مطهری (A09)



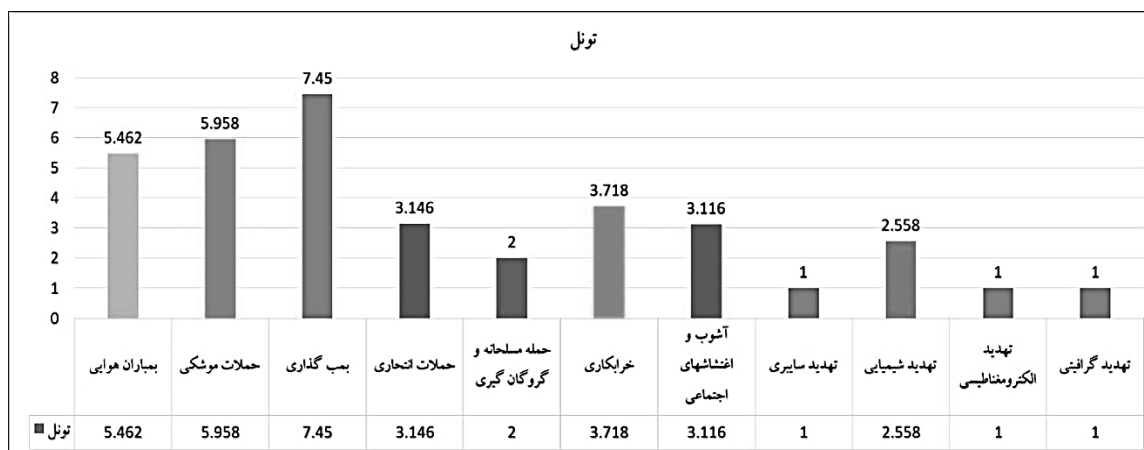
شکل (۶): نمودار اولویت بندی تهدیدات محتمل دسترسی ها و ورودی ایستگاه میدان مطهری (A09)

بیشترین حجم مواد منفجره قابل حمل توسط نفر به داخل ایستگاه ها و واگن ها می باشد لذا تهدید بمب گذاری معادل ۴۵ کیلوگرم TNT به عنوان سلاح معیار تعیین شده است.

با توجه به جدول ارزیابی ریسک معلوم می گردد که تهدید تروریستی بمب گذاری با داشتن بیشترین میزان ریسک در بازه با ریسک بسیار بالا به عنوان تهدید مینا برای ارزیابی نهایی انتخاب می شود، در این نوع تهدید بدترین سناریوی تهدید عبارت از



شکل (۷): نمودار اولویت بندی تهدیدات محتمل سکوی انتظار ایستگاه میدان مطهری (A09)



شکل (۸): نمودار اولویت بندی تهدیدات محتمل مسیر تونل

۱۰- نتیجه گیری

اول در ایستگاه A09 محسوب می گردد که در آن بیشترین حجم مواد منفجره قابل حمل توسط نفر به داخل ایستگاهها و واگن‌ها می‌باشد. مکان یابی ایستگاه A09 خط A مترو قم به درستی صورت گرفته و براساس امتیازات داده شده طراحی ایستگاه مطابق الزامات پدافند غیرعامل اجرا گردیده است. ایستگاهها، تونل‌ها، مسیر خط A متروی قم به عنوان هدف مستقیم در تهدیدات نظامی سخت و حملات هوایی و موشکی محسوب و نقش مترو در این زمان به عنوان کاربری پناهگاهی محسوب می‌گردد. آیتام اصلی در الزامات پدافندی مترو قم تهدید به عملیات تروریستی و بمب گذاری بوده که موقعیت اصلی ورودی و دسترسی های ایستگاه در طراحی به‌عنوان نقش اساسی را دارد. ایستگاه A09 نیز به‌عنوان ایستگاه پدافندی در زمان بحران مدنظر بوده و الزامات آن در اجرای ایستگاه مدنظر قرار گرفته است. همچنین با توجه به استخراج تهدید مینا، ریسک تونل بر اساس موقعیت قرارگیری نسبت به همجواری‌ها پایین ارزیابی شده است و لذا نیازی به اتخاذ طرح‌های مستقل پوششی برای تونل مسیر موردنیاز نمی‌باشد.

در سیستم حمل و نقل شهری مترو، ایستگاه‌های متروی زیرزمینی، به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم و پیوند دهنده فضای زیرزمینی و روی زمین و ناوگان حمل و نقل عمومی به شمار می‌آید. بدون شک هر اندازه اقدامات عمرانی صورت گرفته در مراحل طراحی، ساخت و بهره برداری با اهداف پدافند غیرعامل همسو باشد، از میزان آسیب پذیری‌ها در برابر تهدیدات کاسته و افزایش پایداری را به دنبال خواهد داشت. یکی از اقدامات اساسی و عمده پدافند غیرعامل، انتخاب محل مناسب می‌باشد. براساس شواهد موجود و برابر بررسی های به عمل آمده در هر مکانی که ایستگاه‌های مترو بصورت مطلوب مکان یابی گردیده و بهره‌برداری مناسب گردند، موجب حفظ جان افراد و تجهیزات شده و این مهم نقش بسزایی در موفقیت در بحران‌های انسان ساخت (چه از لحاظ سرمایه انسانی و امدادی، چه از لحاظ عملیات جنگ روانی) ایفاء نموده است. درصورت عدم مکان یابی صحیح در زمان بحران، موجب گسترش بحران و افزایش هزینه و خسارت‌های وارده می‌شود. همان‌گونه که در تحقیق مشاهده گردید، در ایستگاه A09 تهدیدات تروریستی با نمره ۴۹ تهدید

۱۱- مراجع

- [11] F. Shamshahi Zafarqandi, "Underground spaces and multipurpose city functions and shelter with passive defense," The first scientific conference on Urbanism and Architecture approach of passive defense, Malek Ashtar University, 2011.
- [۱۲] موسوی مبارکه، پدram، خزائی، صفا، "مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو براساس اصول پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: منطقه ۱۳ شهر اصفهان)"، مجله علمی پدافند غیرعامل، شماره ۳۴(۲)، صفحات ۴۹-۶۰، ۱۳۹۶.
- [۱۳] حاجی کاظمی، فرشته، عبدالله‌زاده طرف، اکبر، "اولویت بندی ایستگاه‌های مترو شهری به عنوان پناهگاه‌های زیرزمینی براساس اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: ۶ ایستگاه مرکزی خط ۱ و ۲ متروی تبریز)"، مجله علمی پدافند غیرعامل، شماره ۳ (۳۵)، صفحات ۳۵-۴۶، ۱۳۹۷.
- [۱۴] روستایی، سعید، بهبود فرایند مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اما حسین (ع)، ۱۳۹۲.
- [۱۵] رئوفت، محمدرضا، علی آبادی، محمد، مغاره، محمدرضا. "بررسی تمهیدات پدافند غیرعامل در طراحی معماری ایستگاه‌های مترو،" سومین همایش ملی پدافند غیرعامل در عمران"، معماری و توسعه شهری پایدار، تهران، ۱۳۸۲.
- [۱۶] کاملی، محسن، حسینی امینی، حسن، سلمی، اسداله، حسینی، سیدباقر، "الزامات پدافند غیرعامل در طراحی ایستگاه‌های مترو با استفاده از تکنیک دلفی"، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، تهران، شماره ۲۸، صفحات ۴۵-۶۰، ۱۳۹۶.
- [17] <https://www.ncc.gov.ir/fa>
- [۱۸] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۴.
- [۱] توکلی، مهدی، رزمی، عباس، اصول و میانی پدافند غیرعامل، تهران، ۶۹۳۰، انتشارات آتی نگر، چاپ اول، صفحه ۹۸، ۱۳۹۲.
- [۲] هاشمی فشارکی، سید سواد، شکیبا منش، امیر، طراحی شهری از منظر دفاع غیرعامل، تهران، انتشارات بوستان حمید، چاپ اول، صفحه ۸۷، ۱۳۹۰.
- [3] E. Dehghani, "Subway Station, Public Shelter", Passive Defense Organization Base, 2012. (In Persian)
- [4] Nematollahi and Dias, "Three-dimensional numerical simulation of pile-twin tunnels interaction-Case of the Shiraz subway line," Tunnelling and Underground Space Technology, pp. 75-88, 2019.
- [۵] غضنفری، مصطفی، آسیب شناسی ایستگاه‌های مترو در برابر تهدیدات انسان ساخت و ارایه راهکارهای کاهش آسیب پذیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۲.
- [۶] احمد یوسفی، حامد، شمسایی زفرقندی، فتح‌الله، هاشمی فشارکی، سیدجواد، "شناسایی نقش و ظرفیت سامانه مترو در تخلیه اضطراری شهر تهران و ارائه راه کارهای مدیریت بحران"، مجله علمی پدافند غیرعامل، شماره ۴۲، صفحات ۱-۱۴، ۱۳۹۹.
- [7] Gh. Jalali Farahani, F. Shamsayi Zafarghandi, M. Ghazanfari, and A. Ghanbari Nasab, "Man-made threats determination and ranking for the main parts of the subway stations," Journal of Emergency Management 2, 65-75, 2014.
- [8] M. M. Mahmoudi, "The necessity of urban space design around subway entrances in Tehran," Honar-Ha-Ye-Ziba 19, 2004.
- [9] M. Kameli et al, "Requirements of Passive Defense in Metro Stations," Marvdasht Urban Planning Quarterly, no. 28, 2017
- [10] M. Kamlei, "Designing of Metro Station Approach of Passive Defense in the Time of Crisis," Master's Thesis for Architecture, Bandar Abbas University, 2013.