Journal of Urban Management & Environmental Engineering

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.1, No.3; 2023.pp: 14-31

Research paper

(Received Sep. 12, 2023 Accepted Oct. 16, 2023)

Investigation of the Capacity of Fire Stations in 19 Area Tehran Municipality in Post-earthquake Fires

Amin Padash [*1] ,Afrasyab Kheirdast[2]

1- Center for Climate Change and Health Research (CCCHR), Dezful University of Medical Sciences, Dezful, Iran

2- Department of Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran, Commander of the Tehran Fire Department, Tehran, Iran

Abstract

Due to the increasing importance of providing security services and measures to prevent and deal with fire incidents and crisis management in cities, fire stations are very important. Undoubtedly, the timely service of fire stations, more than anything else, along with the need to establish them in suitable places in urban environments, requires having the necessary capabilities and equipment to respond to the needs of citizens. Greater Tehran, with a population of more than eight million people, is the largest city in the country, due to the parallel expansion, and also the increase in population, has increased the grounds of fire in the city. The current research is important because its audience is all managers, and fire chiefs and it can be used to investigate management systems and accident command. The research method in this research is the hierarchical analysis process, where the indicators are compared and scored one by one, and the priority between them is determined. Based on the analysis conducted in this research, the operational forces stationed in the fire stations and operational vehicles are not proportional to the capacity of the region, and the firefighting equipment of these stations will not be sufficient for the region during the fires after the earthquake, and this is one of the negative points of the study area that during the earthquake Fire control is almost impossible and we will face a serious crisis.

Keywords: Fire Station, Earthquake, Fire, Performance Analysis, Tehran Municipality.

*Corresponding Author: Amin Padash

Email: aminpadash@gmail.com
Phone: 09123000586

Doi: 10.48306/jumee.2023.416088.1019

نشریه علمی مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال اول/شماره سوم/پاییز ۱۴۰۲/صفحه ۱۴-۳۱

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۲ /۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۷/۲۴

تجزیه و تحلیل عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی از دیدگاه شاخص های ایمنی و آتش نشانی در آتش سوزی های پس از زلزله در شهرداری تهران

امین پاداش[۱*]، افراسیاب خیردست[۲]

۱- مرکز تحقیقات تغییر اقلیم و سلامت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی دزفول

۲-گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، فرمانده سازمان آتش‌نشانی تهران، تهران،ایران

چکیده

ایستگاه‌های آتش نشانی با توجه به اهمیت روز افزون در ارائه خدمات ایمنی و تمهیدات پیشگیری و مقابله با حوادث آتش‌سوزی و مدیریت بحران در شهرها از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. بدون شک خدمات‌رسانی به موقع ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز ضمن لزوم استقرار آنها در مکان‌های مناسب محیط‌های شهری، نیازمند داشتن توانمندی‌ها و تجهیزات لازم برای پاسخ‌گویی به نیازمندی شهروندان می‌باشد. تهران بزرگ با جمعیت بیش از هشت میلیون نفر به عنوان بزرگ ترین شهر کشور، به علت گسترش موازی و نیز افزایش جمعیت، زمینه های ایجاد حریق را در سطح شهر افزایش داده است. پژوهش حاضر از این جهت حائز اهمیت است که مخاطب آن کلیه مدیران، فرماندهان آتش‌نشانی می‌باشد و میتواند جهت بررسی سیستمهای مدیریتی و فرماندهی سوانح بکار گرفته شود. روش تحقیق در این پژوهش، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب شده است، که شاخص‌ها دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه و امتیازدهی شده و ارجحیت بین آنها تعیین می‌شود. بر اساس تحلیلهای صورت گرفته در این پژوهش نیروهای عملیاتی مستقر در ایستگاه‌های آتش‌نشانی و خودروهای عملیاتی متناسب با ظرفیت منطقه نمی‌باشد و تجهیزات اطفایی این ایستگاه‌ها، تکافوی منطقه در هنگام آتش‌سوزیهای پس از زلزله نخواهد بود و این یکی از نکات منفی منطقه مطالعاتی است که در هنگام زلزله، مهار آتش‌سوزی تقریبا امری ناممکن بوده و با بحران جدی مواجه خواهیم بود.

کلمات کلیدی: ایستگاه آتش‌نشانی، زلزله، آتش‌سوزی، تحلیل عملکرد، شهرداری تهران.

* نویسنده مسئول: امین پاداش

ایمیل: aminpadash@gmail.com

تلفن: ۰۹۱۲۳۰۰۰۵۸۶

Doi: 10.48306/jumee.2023.416088.1019

۱-مقدمه

آتش‌سوزی‌هایی که به دنبال زلزله یا حوادث دیگر ایجاد می‌شود، اغلب بیش از رخداد اولیه صدمات جانی و ویرانی به دنبال دارد. به طور متوسط هرساله حداقل ۲۰ فاجعه بزرگ ناشی از عوارض و بلایای طبیعی در جهان رخ می‌دهد. مناطق شهری بسیاری به وسیله‌ی مخاطرات مرکب مورد تهدید قرار می‌گیرند که منجر به ایجاد آسیب‌های جدی انسانی می‌گردد. این مسئله متأثر از تحولات مرتبط مانند شهرنشینی و ساخت و سازها در مناطق با آسیب‌پذیری بالا است.[۱]. متاسفانه بخش اعظم سوانح طبیعی که همراه با خسارت و تلفات اقتصادی بوده است در قاره بزرگ آسیا واقع شده و در دو دهه گذشته سهم این قاره بیش از یک سوم سوانح عمده جهان بوده است. کشور ما به عنوان یکی از کشورهای بزرگ قاره آسیا، بعد از چین، هند، بنگلادش و پاکستان بیشترین تلفات و خسارات را در اثر سوانح و بلایای طبیعی متحمل شده است [۲]. زلزله با ایجاد دامنه وسیعی از خطرات سبب خسارت به ارزشهای آسیب‌پذیر می‌گردد. از میان خطرات زلزله، آتش‌سوزی به دلیل خسارت‌های اولیه ناشی از زلزله ایجاد و تشدید می‌گردد. در این میان استان تهران با توجه به پیش‌بینی‌های قریب‌الوقوع بودن زلزله شدید و همچنین بافت متراکم شهری، مستعد برای آتش‌سوزی پس از زلزله محسوب می‌شوند که این امر اهمیت پرداختن به موضوع را افزایش میدهد [۳].

زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی بسیاری از شهرهای ایران به شمار می‌آید. در این رابطه، ارزیابی مکانی و ریزپهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهرها از الزامات اساسی در برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله محسوب می‌شود. شواهد نشان دهنده این است که تهدید زلزله در مناطق شهری در مقیاس جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند صعودی، مشکلی از مشکلات کشورهای درحال توسعه محسوب می شود[۴].

بحران‌های طبیعی همچون زلزله قادر به تحمیل خسارات جبران‌ناپذیری به انسان و محیط‌زیست هستند. زمین‌لرزه ازجمله بلایای طبیعی به شمار می‌رود که هرساله خسارت جانی و مالی بسیاری را به همراه دارد. امروزه با پیشرفت علم و فنّاوری، زمینه‌های مناسبی برای شناخت و کاهش این خطرات طبیعی فراهم شده است. ازاین‌رو ارزیابی ریسک به‌منظور مدیریت مناسب و کاهش خسارات، حیاتی است.[۵]. با توجه به عبور گسل ری از منطقه ۱۹ شهرداری تهران و خطر وقوع زلزله در ساختگاه‌های این منطقه، وجود حریق‌های متعدد در نقاط مختلف منطقه دور از دسترس نخواهد بود، بنابراین این قبیل آتش‌سوزی‌ها با نمونه‌های عادی متفاوت خواهد بود، چرا که اگر حریق در هریک از این نقاط گسترش پیدا کند و از این نقاط، آتش به نقاط دیگر سرایت می کند.

همانطور که میتوان انتظار داشت، آمادگی و کارآمدی ایستگاه های آتش نشانی اهمیت ویژه ای در مدیریت بحران های پس از زلزله خصوصا مهار آتش سوزی های ناشی از آن دارند. اهمیت عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در آتش‌سوزی‌های پس از زلزله از دیدگاه شاخص‌های ایمنی و آتش‌نشانی مهم می‌باشد. در زیر، به برخی از این شاخص‌ها و اهمیت آنها در مواجهه با آتش‌سوزی‌های پس از زلزله اشاره شده است [۶-۹]:

۱. زمان واکنش سریع: آتش‌سوزی‌های پس از زلزله به دلیل آتش سوزیهای ناگهانی و غیرمنتظره رخ می‌دهند. ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید توانایی واکنش سریع و تعامل بهینه با شرایط بحرانی را داشته باشند تا از گسترش آتش‌سوزی جلوگیری کنند.

۲. تجهیزات و منابع مناسب: ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید تجهیزات ایمنی و اطفاء حریق کافی داشته باشند و بتوانند منابع مالی و انسانی مورد نیاز را در اختیار داشته باشند.

۳. هماهنگی و ارتباطات: هماهنگی میان تیم‌های آتش‌نشانی و دیگر ارگان‌های امدادی، از جمله پلیس و اورژانس، برای مدیریت بهینه بحران‌ها بسیار حیاتی است. سیستم‌های ارتباطی به روز و قابل اعتماد نیز ضروری هستند.

۴. آموزش و آگاهی عمومی: آموزش به جامعه در مورد رفتارهای صحیح در زمان زلزله و آتش‌سوزی می‌تواند آسیب‌های احتمالی را کاهش دهد و خسارتهای جانی و مالی را به حداقل ممکن برساند.

۵. مانیتورینگ و نظارت مستمر: ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید بتوانند وضعیت آتش‌سوزی‌ها و خطرات احتمالی را مداوم نظارت کرده و دستیابی به اطلاعات به روز رسانی شده را فراهم کنند.

۶. تمرینات و سناریوهای آمادگی: تیم‌های آتش‌نشانی باید در دوره‌های آموزشی و تمرینات منظم در مقابله با آتش‌سوزی‌های پس از زلزله شرکت کنند تا عملکرد بهتری در شرایط واقعی داشته باشند.

به طور کلی، عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در آتش‌سوزی‌های پس از زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این ایستگاه‌ها نقش کلیدی در حفاظت از جان و اموال شهروندان و کاهش خسارات ناشی از بحران‌های زلزله دارند. به همین دلیل، باید برای اطمینان از آمادگی و توانمندی آنها، به شکل منظم ارزیابی و اقدامات بهبودی انجام شود.

انرژی ورودی که زلزله به سازه ها می دهد از طریق تغییر شکل غیر ارتجاعی عناصر سازه ای تلف می شود .اگرچه اعضای سازه باربر در طراحی لرزه‌ای بررسی می‌شوند، اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای (NCS) تحت تأثیر دینامیکی یکسانی قرار می‌گیرند و به دلیل ظرفیت تحمل بار محدود، بیشتر در معرض آسیب‌های جبران‌ناپذیر ناشی از زلزله هستند .به عنوان مثال، در زلزله سال ۲۰۱۰ شیلی، حدود ۵۰ درصد از بیمارستان های مورد بازرسی به دلیل نشت لوله در سیستم اسپرینکلر آتش نشانی تحت تأثیر نامطلوب قرار گرفتند [۱۰].

آتش‌سوزی پس از زلزله رویدادی است که در مناطق مستعد لرزه‌خیز ممکن است به طور قابل‌توجهی عملکرد جامعه را مختل کند و انعطاف‌پذیری سیستم‌های زیرساخت را به چالش بکشد. زلزله احتمال اشتعال آتش را به دلیل پاره شدن خطوط برق و سرنگونی وسایل برقی افزایش می دهد .علاوه بر خطر آتش سوزی بیشتر، واکنش اضطراری توسط ایستگاه های آتش نشانی نیز می تواند به دلیل فشار و جریان نامناسب آب با توجه به شکستگی احتمالی در خطوط لوله آب، آسیب فیزیکی به تاسیسات آب، عدم کارکرد ایستگاه های پمپاژ به دلیل قطع برق با مشکل مواجه شود. اگر آتش سوزی به موقع کنترل نشود، می تواند منجر به فاجعه در محیط های شهری متراکم و مناطق پرجمعیت شود.[۱۱].

در ادامه برخی از مطالعات مرتبط با موضوع مقاله به صورت خلاصه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- خلاصه مقالات علمی استفاده شده درباره آتش‌سوزیهای پس از زلزله

ردیف	عنوان مقاله	منبع	سال	خلاصه مقاله
۱	Post-earthquake fire performance of fire door sets	[10]	۲۰۲۲	انرژی ورودی که زلزله به سازه ها می دهد از طریق تغییر شکل غیر ارتجاعی عناصر سازه ای تلف می شود .اگرچه اعضای سازه باربر در طراحی لرزه‌ای بررسی می‌شوند، اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای (NCS) تحت تأثیر دینامیکی یکسانی قرار می‌گیرند و به دلیل ظرفیت تحمل بار محدود، بیشتر در معرض آسیب‌های جبران‌ناپذیر ناشی از زلزله هستند.
۲	Integrating the fire department response within a fire following earthquake framework for application in urban areas	[11]	۲۰۲۱	آتش‌سوزی پس از زلزله رویدادی است که در مناطق مستعد لرزه‌خیز ممکن است به طور قابل‌توجهی عملکرد جامعه را مختل کند و انعطاف‌پذیری سیستم‌های زیرساخت را به چالش بکشد. زلزله احتمال اشتعال آتش را به دلیل پاره شدن خطوط برق و سرنگونی وسایل برقی افزایش می دهد. اگر آتش سوزی به موقع کنترل نشود، می تواند منجر به فاجعه در محیط های شهری متراکم و مناطق پرجمعیت شود
۳	Data-driven probabilistic post-earthquake fire ignition model for a community	[12]	۲۰۱۷	روش ارزیابی تاب‌آوری جامعه برای آتش‌سوزی‌های پس از زلزله شامل چهار مرحله اصلی است: (الف) شناسایی مناطقی از جامعه که ممکن است با اشتعال مواجه شوند، (ب) مدل‌سازی گسترش آتش، از منطقه در حال سوختن به ساختمان‌های مجاور، (ج) مدل‌سازی تلاش‌های سرکوب فعال توسط آتش‌نشانان، که بر سرعت گسترش آتش نیز تأثیر می‌گذارد، و (د) تعیین کمیت آسیب و عملکرد ساختمان‌هایی که در مناطق تحت تأثیر اشتعال و گسترش آتش‌سوزی را تجربه کرده‌اند.

ردیف	عنوان مقاله	منبع	سال	خلاصه مقاله
۴	کاهش خطر آتش سوزی پس از زلزله در ساختمان های شهری	[13]	۲۰۱۴	آتش‌سوزیهای پس از زلزله (PEF) به عنوان یکی از پیچده‌ترین و خطرناک‌ترین مشکلات موجود در ساختمانهای شهری بوده و حتی می‌تواند بیش از خود زلزله به شهر آسیب برساندآنچه برای عوامل PEF مورد نیاز است که به طور معمول مورد بررسی و مدون قرار گیرد، فرایند طراحی ساختمان‌هاست.
۵	Progressive collapse analysis of composite steel frames subject to fire following earthquake	[14]	۲۰۱۹	آتش سوزی پس از زلزله معمولاً به عنوان یک رویداد چند خطر کم احتمال در نظر گرفته می شود .با این حال، آسیب های ناشی از آتش سوزی پس از زلزله می تواند بسیار شدید باشد
۶	درک تصمیمات پس از زلزله در مورد ساختمان های بتنی چند طبقه در کرایست چرچ، نیوزیلند	[15]	۲۰۱۷	در این مقاله به عوامل موثر بر تصمیمات درست پس از زلزله برروی ساختمان‌های تجاری و بلند مرتبه اشاره شده است و همچنین به متغییرهایی به جز متغییر تصمیم‌گیری مانند بیمه آتش‌سوزی، مقررات ایمنی، وضع قوانین پرداخته شده است.
۷	Improving the performance of composite floors subjected to post-earthquake fire	[16]	۲۰۱۸	آتش سوزی به دنبال زلزله یکی از سناریوهای بالقوه چند خطری است که باید در طراحی سازه های جدید و مدیریت سازه های موجود در نظر گرفته شود .ویژگی‌های ساختمان و وجود خدماتی مانند گاز، برق و غیره می‌تواند خطر آتش‌سوزی را به دنبال لرزه‌ای افزایش دهد.
۸	Probabilistic analysis of the vulnerability of fire departments to ignitions following megathrust earthquakes in the Nankai Trough subduction zone, Japan	[17]	۲۰۲۱	آتش سوزی های متعدد معمولاً به طور همزمان در مناطق شهری پس از یک زمین لرزه عظیم رخ می دهد و اغلب توانایی اطفای حریق را تحت تأثیر قرار می دهد
۹	تأثیر خسارت زلزله بر رفتار قاب های فولادی مرکب در آتش سوزی	[18]	۲۰۱۸	در این مقاله مجموعا دو نوع آسیب زلزله در این سازه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است: ۱ـ انحنای نسبی آتش ۲ـ تغییر شکل قاب خمشی سازه‌ها. سواندو پس از پژوهش به این نتیجه رسیده است که زلزله می‌تواند به طور قابل توجهی مقاومت ساختمان‌های کامپوزیت را کاهش دهد و میزان خطر آتش‌سوزی را افزایش داده و سازه‌ها را با آسیب جدی مواجه کند.
۱۰	مقاومت در برابر آتش سوزی ساختمان های فولادی پس از زلزله	[19]	۲۰۱۷	در این تحقیق هر کدام از عناصر ساختاری در سناریوی آتش‌سوزی جداگانه و در معرض یک آتش استاندارد قرار می‌گیرند و حالت و زمان فروپاشی با استفاده از تجزیه و تحلیل و تغییر شکل بدست می‌آید. مقایسه حالت و زمان فروپاشی فریم‌ها برای تمام سناریوهای مورد بررسی، نشان دهنده تأثیر جزئی اثر دو زمین‌لرزه در نظر گرفته شده بر مقاومت نسبی قاب می باشد

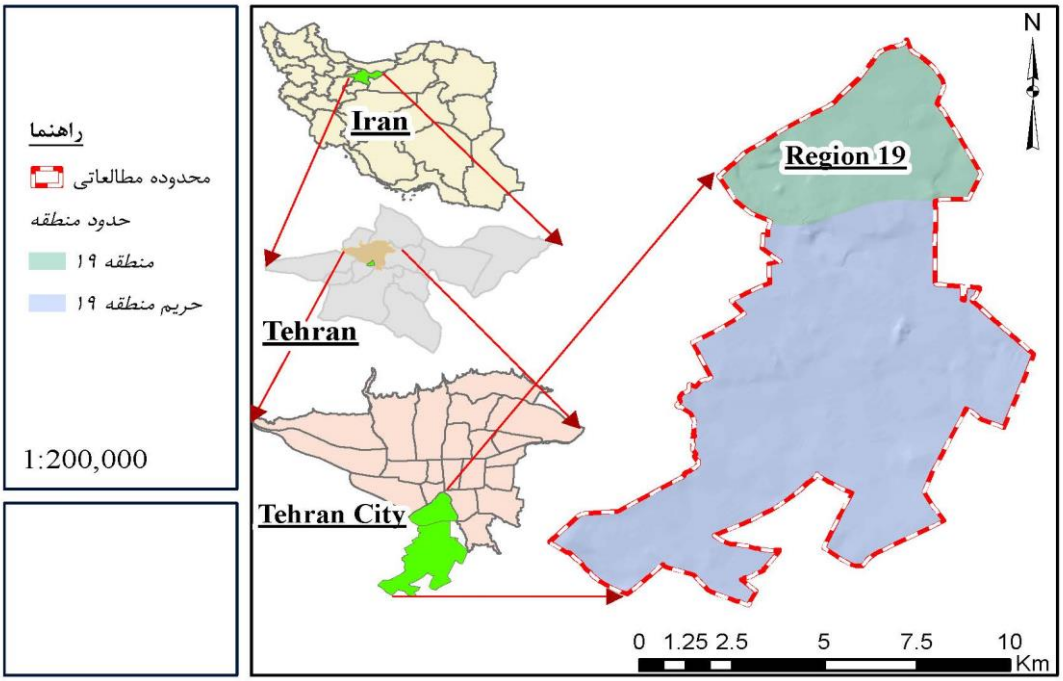
ردیف	عنوان مقاله	منبع	سال	خلاصه مقاله
۱۱	ادغام پاسخ آتش نشانی در چارچوب آتش سوزی پس از زلزله برای کاربرد در مناطق شهری	[20]	۲۰۲۱	این مقاله چارچوب های موجود در شبیه سازی آتش پس از زلزله (FFE) را با مدل سازی صریح فرآیند سرکوب و واکنش آتش نشانی بهبود می بخشد. این مقاله بر روی اثرات FFE بر مناطق شهری تمرکز دارد و خسارات اقتصادی ناشی از آن را بر اساس منابع و کارایی بخش آتش نشانی در طول آتش‌سوزی‌های پس از زلزله تعیین می‌کند. لایه‌های سیستم‌های زیرساختی شامل شبکه‌های حمل‌ونقل، آب و برق و موجودی ساختمان مدل‌سازی شده و خسارت زلزله به جامعه مشخص می‌شود. رفتار گسترش آتش در داخل و بین ساختمان ها بر اساس مکانیسم های اصلی گسترش آتش شبیه سازی شده است.
۱۲	روش‌شناسی احتمالی ارزیابی ریسک چند خطری آبشاری شهری برای لرزش زمین و آتش‌سوزی‌های پس از زلزله	[21]	۲۰۲۳	در این مقاله، یک روش احتمالی برای ارزیابی خطر چند خطر آبشاری برای لرزش زمین و آتش‌سوزی‌های پس از زلزله در مقیاس منطقه‌ای ارائه شده است. روش پیشنهادی بر خسارات اقتصادی مستقیم ساختمان‌ها ناشی از اثر ترکیبی لرزش زمین و آتش‌سوزی‌های پس از زلزله تمرکز می‌کند و احتمال بیش از حد تلفات لرزش-آتش سوزی منطقه‌ای را در یک دوره زمانی از پیش تعریف‌شده آینده با در نظر گرفتن جامع اثرات عوامل مختلف نامشخص ارزیابی می‌کند.

درنهایت میتوان طبق مطالب بیان شده هدف کلی پژوهش حاضر را بررسی توانمندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در آتش‌سوزیهای پس از زلزله، در ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری تهران بیان کرد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- مشخصات و اطلاعات کلی منطقه

منطقه ۱۹ در قسمت جنوبی شهر تهران واقع شده است و در مجاورت مناطق ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ می‌باشد. مساحت کل منطقه ۹۲۱۴۰۰۰۰ مترمربع و تعداد نواحی: ۵ ناحیه، تعداد محلات: ۱۳ محله، جمعیت کل منطقه ۲۹۵۶۲۷ نفر، تعداد خانوار:۷۷۷۶۴ خانوار، مساحت بافت فرسوده: ۱۶۰۰۰۰مترمربع ، درصد بافت فرسوده: ۰/۸ درصد، بافت ناپایدار:۱۰/۷ درصد **و** تراکم جمعیتی: ۱۲۶ نفر در هر ۱۰۰۰۰ مترمربع (پورتال شهرداری منطقه ۱۹ شهر تهران، ۱۴۰۱). شکل (۱) محدودهٔ منطقهٔ ۱۹ را نشان می‌دهد. در منطقه ۱۹ شهر تهران ۸ ایستگاه آتش‌نشانی وجود دارد که وظیفهٔ استقرار ایمنی پایدار در مدیریت شهری و اطفاء حریق را بر عهده دارند شکل (۲). در حال حاضر مدیریت حریق در منطقه ی ۱۹ شهر تهران بر عهده این ۸ ایستگاه آتش نشانی بوده که در صورت نیاز و بروز حریق های گسترده از سایر مناطق عملیاتی کمک گرفته می شود. شکل ۲ موقعیت جانمایی ایستگاه های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهر تهران را نشان می دهد.

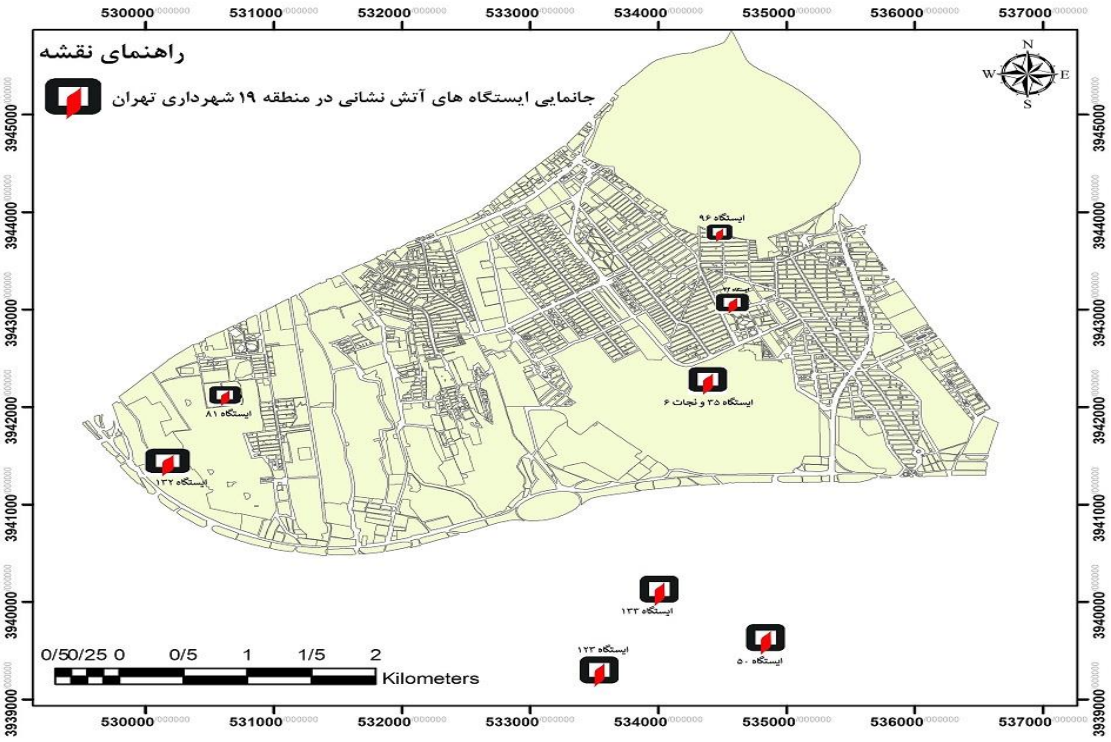


شکل ۱- محدودهٔ منطقهٔ ۱۹ شهرداری تهران (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

ایستگاه‌های آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری تهران که در این تحقیق آورده شده به شرح جدول (۲) تحت پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است، این ایستگاه‌ها از نظر موقعیت جغرافیایی، منابع انسانی، تجهیزات خودرویی، محدوده‌های تحت پوشش، اماکن پرخطر، میان‌خطر و کم‌خطر، تعداد شیرهای هیدرانت و منابع قابل دسترس توضیح داده می‌شوند:

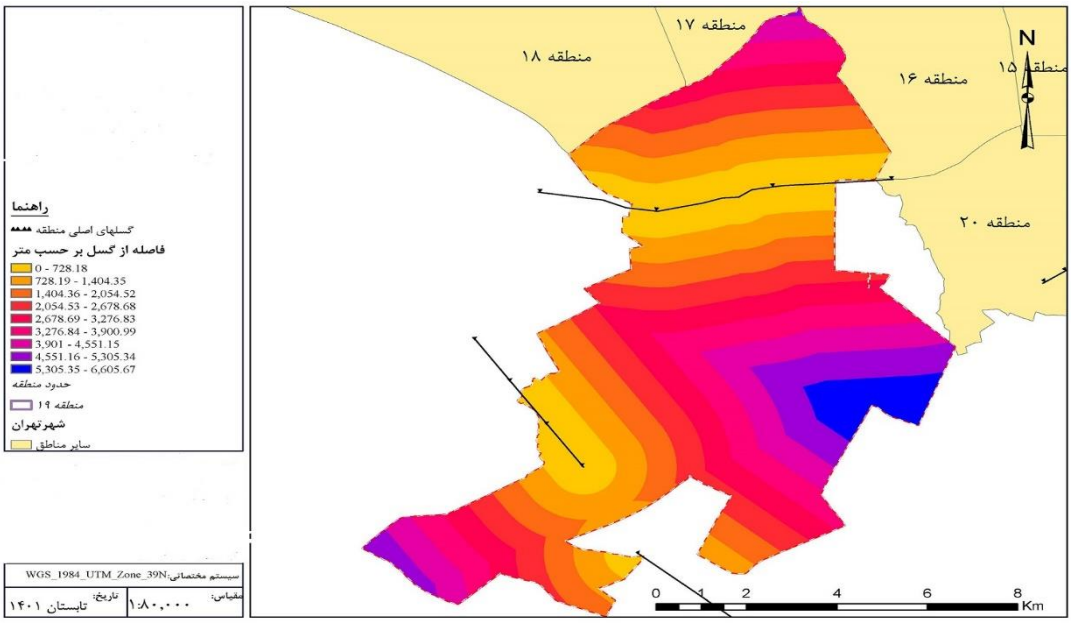
جدول ۲- ایستگاه‌های آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه ۱۹ شهر تهران

ردیف	شماره ایستگاه	تعداد خودرو (دستگاه)	تعداد نیرو (نفر)	تعداد اماکن	تعداد شیرآتش‌نشانی
۱	۳۵	۵	۳۱	۲۰۰	۲۹
۲	۲۲	۹	۳۶	۱۱۷	۳۲
۳	۸۱	۶	۳۰	۱۰۰	۲۷
۴	۹۶	۵	۲۸	۵۰	۲۷
۵	۵۰	۱۶	۴۳	۵۰	۲۳
۶	۱۲۳	۳	۱۵	۵۰	۲۹
۷	۱۳۲	۷	۳۳	۳۲۰	۳۵
۸	۱۳۳	۹	۵۵	۵۰۰	۱۵



شکل (۲) موقعیت مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۱۹ شهرتهران (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

گسل جنوب تهران که قسمتی از آن در حریم منطقه ۱۹ کلان‌شهر تهران واقع شده است (شکل ۳)، شامل یک پهنه از گسل‌هایی است که به صورت نردبانی قرار دارند. از میان بسیاری از گسل‌های فعال در منطقه، محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک عبارت‌اند از: گسل مشاء (طول: حدود ۲۰۰ کیلومتر)، گسل شمال تهران (طول: حدود۹۰ کیلومتر)، گسل جنوب ری (طول: حدود ۲۰ کیلومتر). براساس نقشهٔ پهنه‌بندی کل منطقه ۱۹ از نظر پهنه‌بندی زلزله در پهنه با خطر زیاد قرار دارد. گسل‌های جنوب و شمال ری شاخص‌ترین گسل‌ها در جنوب تهران هستند، که نزدیک محل اسکان مورد نظر قرار دارند

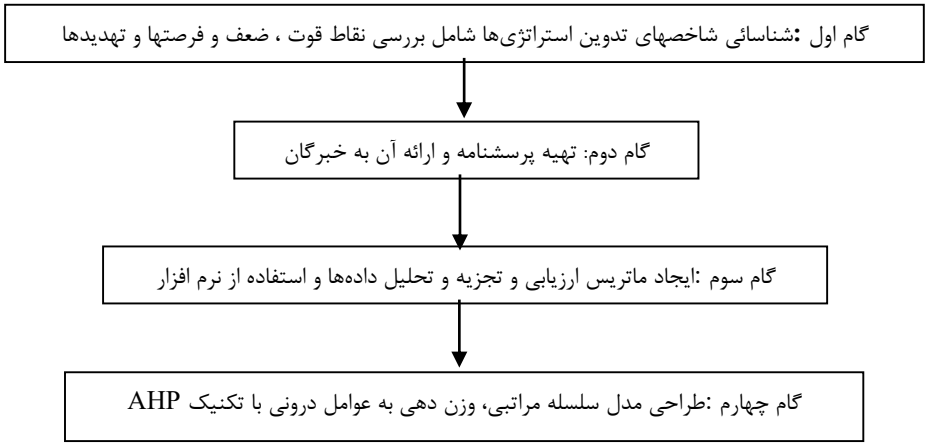


شکل (۳) موقعیت گسل در منطقه ی ۱۹ شهر تهران (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

۲-۲-مراحل اجرای پژوهش

مراحل اجرای پژوهش در ۴ گام طبق شکل (۴) انجام می‌پذیرد.

شکل۴- الگوریتم اجرایی پژوهش



- گام اول: شاخص‌ها از بین منابع موجود برای ارزیابی و بررسی ساختمانها از نقطه نظر احتمال وقوع مخاطرات، ایمنی و کیفیت ساختمانها، ضوابط معماری شهری، ایمنی و کیفیت تاسیسات ساختمان و ایمنی در برابر آتش‌سوزی استخراج شده که دارای اهمیت بیشتری بودند. این شاخص‌ها در ۴ بخش کلی، ۷ موضوع و ۲۲ بخش دسته‌بندی شده است.

- گام دوم: پس از بررسی فرصتها و تهدیدها به تعداد ۵۵ برگ پرسشنامه تهیه و در اختیار خبرگان این امر گذاشته شد. خبرگان از مدیران میانی و مدیران عملیاتی از رده سنی ۲۶ سال الی ۵۵ سال با مدرک تحصیلی دیپلم تا فوق لیسانس انتخاب گردیده است، همچنین از تعدادی متخصص در زمینه های ایمنی و سلامت و محیط زیست و تعداد ۲ استاد دانشگاه که در مرکز آموزش های بین المللی آتش نشانی همکاری دارند بهره گرفته شده است.

- گام سوم: در گام سوم این پژوهش تمامی پاسخهای داده شده در یک جدول گردآوری شده و به عنوان اطلاعات ورودی به نرم‌افزارهای SPSS و Expert choice داده می‌شود تا مورد تجزیه و تحلیل اولیه قرار گیرد. و نتایج حاصل در بحث و نتیجه‌گیری عنوان شده است.

- گام چهارم: دراین مرحله پس از پردازش داده‌ها، مدل سلسله مراتبی AHP طراحی شده و لایه‌های تولیدی در هر معیار با توجه به وزن مشخص شده هر یک، با یکدیگر تلفیق شده که خروجی آن برای تصمیم‌گیری و نتیجه مطلوب عنوان شده است [۲۲]. روایی و صوری محتوایی پرسشنامه توسط ۱۵ نفر از متخصصین و خبرگان آتش نشانی منطقه ۷ عملیات و ایستگاه‌های مورد مطالعه تایید گردید. پایایی پرسشنامه نیز در یک آزمون مقدماتی با ۳۰ نفرآزمودنی و ضریب آلفای کرونباخ ۰,۸۲ محاسبه شد.

با توجه به ماهیت و روش این پژوهش که کاربردی و از نوع توصیفی ـ تحلیلی مبتنی بر مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر توزیع پرسشنامه بوده است، جهت جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در زمینه‌های مبانی نظری و پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی از منابع کتابخانه‌ای و مقالات داخلی و خارجی استفاده شده است. جهت پاسخ‌گویی به پرسشنامه بصورت میدانی به مصاحبه با خبرگان و متخصصان در ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری پرداخته شد و با حضور در تعدادی از نواحی شهرداری جهت گردآوری اطلاعات و پاسخ به سوالات پرسشنامه، اقدام به نتیجه‌گیری نهایی شد. پرسشنامه با هدف تعیین وزن شاخص‌های ایمنی و آتش‌سوزیهای پس از زلزله در ایستگاههای آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری تهران تدوین گشته است. شاخص‌ها از بین منابع موجود برای

ارزیابی و بررسی ساختمانها از نقطه نظر احتمال وقوع مخاطرات، ایمنی و کیفیت ساختمانها، ضوابط معماری شهری، ایمنی و کیفیت تاسیسات ساختمان و ایمنی در برابر آتش‌سوزی استخراج شده که دارای اهمیت بیشتری بودند. این شاخص‌ها در ۴ بخش کلی، ۷ موضوع و ۲۲ بخش دسته‌بندی شده و در جدول (۳) آورده شده است:

جدول ۳- شاخص‌های ایمنی و آتش‌سوزیهای پس از زلزله در ایستگاههای آتش‌نشانی منطقه ۱۹ شهرداری

بخش	موضوع	شاخص	نماد	منبع
احتمال وقوع مخاطرات	سوانح غیرطبیعی (انسان‌ساز)	تکنولوژیک	I_{V1}	NFPA1600
		آتش‌سوزی یا انفجار	I_{V2}	
	سوانح طبیعی	زلزله	I_{V3}	
		سیل	I_{V4}	
		طوفان	I_{V5}	
ایمنی تاسیسات	وضعیت سیستمهای برقی و آبی و گازی	وضعیت برق (تابلوها، تجهیزات و برق اضطراری) و عملکرد آن در هنگام زلزله	I_{S1}	آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله
		ایمنی و کیفیت تاسیات گازی و لوله‌کشی گاز در هنگام زلزله	I_{S2}	
		ایمنی و کیفیت تاسیات آب و فاضلاب و لوله‌کشی در هنگام زلزله	I_{S3}	
ایمنی در برابر آتش‌سوزی	وضعیت سیستمهای اعلام و اطفاء حریق	وضعیت و ایمنی سیستمهای ضد حریق (فعال – غیرفعال)	I_{M1}	NFPA25
		وضعیت منابع آبی برای اطفاء حریق (در آتش‌نشانی) و مهار آنها	I_{M2}	
		بررسی تاییدیه ساختمان از سازمان آتش‌نشانی	I_{M3}	
زیرساختها	زیرساخت‌ها مرتبط با آتش‌سوزی	بررسی تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی	I_{F1}	NFPA1710
		وضعیت دسترسی نیروهای امدادی	I_{F2}	
		تعداد نیروهای مستقر در ایستگاههای آتش‌نشانی	I_{F3}	
		وضعیت تناسب خودروهای عملیاتی در هنگام سانحه	I_{F4}	
		بررسی وضعیت تجهیزات ایستگاههای آتش‌نشانی	I_{F5}	
	بررسی اماکن	وضعیت اماکن پرخطر محدوده	I_{N1}	SOPسازمان آتش نشانی
		وضعیت اماکن میان‌خطر محدوده	I_{N2}	
		وضعیت اماکن کم‌خطر محدوده	I_{N3}	
	بافت‌های فرسوده	وضعیت ایمنی بافت‌های فرسوده	I_{K1}	اطلس جغرافیایی
		تراکم جمعیت	I_{K2}	
		جمعیت آسیب‌پذیر در برابر سوانح	I_{K3}	

بررسی از میان احتمال وقوع مخاطرات جهت ارزیابی سوانح طبیعی و غیرطبیعی برای تعین ارزش‌های موجود انتخاب و نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزارهای موجود آنالیز شده و در دستاوردهای پژوهش آورده شده است. همچنین در این بررسی زیرساخت‌ها و آتش‌سوزی‌های پس از آن، مورد ارزیابی و نتایج کلی آن در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار گرفته است.

همچنین، پیش از بررسی رویکرد آسیب‌پذیری در برابر آتش‌سوزی پس از زلزله فرضیه‌های زیر را می‌توان مطرح کرد:

۱.فرضیه اول: تعیین و اولویت‌بندی متغیرهای اساسی به نام نیروهای انسانی (تعداد آتش‌نشانان درگیر در عملیات) و تعداد ایستگاههای موجود در منطقه باعث بهبود کارکرد مدیریت اطفاء حریق و همچنین عملیات نجات و امداد می گردد.

۲. فرضیه دوم: داشتن زیرساخت اطلاعاتی و بانک اطلاعات پردازش و بروزشده مرتبط با متغیرهای تاثیرگذار در عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در قبال آتش‌سوزیهای پس از زلزله می تواند در افزایش توانمندی ها و تکنیک های مدیریت سوانح و عملیات نجات و امداد تاثیر چشم گیری داشته باشد.

۲-۳-جامعه آماری، روش نمونه‌گیری و حجم نمونه

جامعه آماری پژوهش، حجم و روش نمونه‌گیری از بین منابع انسانی ۶ ایستگاه آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه مطالعاتی و از بین ۵۵ نفر خبره شامل آتش نشانان، معاونین و روسای ایستگاه ها، متخصصین HSE و استادان دانشگاه انتخاب شده است. جدول (۴) عناوین شغلی، رشته های تحصیلی، محدوده سنی و سابقه کاری خبرگان را نمایش می دهد.

جدول ۴- عنوان شغلی، رشته تحصیلی نمونه‌ها، سن، سابقه و تحصیلات نمونه‌ها

ردیف	سن	تعداد	سابقه (به سال)	تعداد	تحصیلات	تعداد	عنوان شغلی	تعداد	رشته تحصیلی	تعداد
۱	۳۰-۲۶	۸	۶-۱	۷	دیپلم	۹	آتش نشان	۱۷	پیشگیری از حریق و حوادث	۱۵
۲	۳۴-۳۰	۷	۱۲-۶	۱۴	فوق دیپلم	۱۲	کاردان	۱۰	HSE	۸
۳	۳۸-۳۴	۱۷	۱۸-۱۲	۱۷	لیسانس	۲۱	معاون فرمانده	۹	مدیریت	۳
۴	۴۲-۳۸	۱۰	۲۴-۱۸	۷	فوق لیسانس	۱۱	فرمانده	۸	مدیریت اماکن ورزشی	۲
۵	۴۶-۴۲	۷	۳۰-۲۴	۱۰	دکترا	۲	رئیس ایستگاه	۶	فرماندهی حریق	۵
۶	۵۰-۴۶	۶					معاون منطقه	۱	امداد و نجات	۵
۷							مدیر منطقه	۲	حفاظت و ایمنی ساختمان‌های بلند	۶
۸							استاد دانشگاه	۲	برق	۱
۹									مهندسی سوانح طبیعی	۴
۱۰									مهندسی هوا و فضا	۱
۱۱									مدیریت بحران	۴
۱۲									فن آوری	۱

۲-بحث و نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش در خروجی نهایی بخش اول نشان می‌دهد که حوادث غیرطبیعی با ارزش $I_{Va} = 0.875$ منطقه را بیشتر از حوادث طبیعی تهدید می‌کند (جدول ۵).

جدول ۵- خروجی نهایی بخش اول حاصل از احتمال وقوع مخاطرات

بخش اول	
سوانح غیرطبیعی (انسان ساز) $I_{Va} = ۰,۸۷۵$	سوانح طبیعی $I_{Vn} = ۰,۱۲۵$
زلزله $I_{Va3} = ۰,۹$	طوفان $I_{V5} = ۰,۱$
سیل $I_{V4} = ۰,۱۲۵$	زلزله $I_{V3} = ۰,۸۷۵$
آتش سوزی پس از زلزله $I_{V۲} = ۰,۸۷۵$	تکنولوژیک $I_{V۱} = ۰,۱۲۵$

در بخش خروجی نهایی پس از رسیدن به جواب نهایی حاصل از نرم‌افزارهای موجود می‌توان دریافت که به ترتیب حوادث غیرطبیعی (انسان‌ساز) و سپس از زیربخش‌های آن زلزله و آتش‌سوزی‌های پس از زلزله به ترتیب و بطور یکسان عمده‌ترین تهدید برای منطقه ۱۹ شهرداری تهران محسوب می‌شوند.

$$I_{Va} = I_{V3} = I_{V2} = 0.875$$

حوادث تکنولوژیک و سوانح طبیعی مانند سیل و طوفان در مراحل بعدی با اهمیت یکسان ارزیابی شده توسط کارشناسان منطقه، قرار گرفتند.

$$I_{Vn} = I_{V4} = I_{V1} = 0.125$$

جدول ۶- خروجی نهایی بخش دوم حاصل از ایمنی در تاسیسات شهری

بخش دوم	
وضعیت برق اضطراری و عملکرد آن	ایمنی تابلوهای برق و تجهیزات حفاظتی در هنگام زلزله
$I_{S2} = 0.143$	$I_{S1} = 0.875$
ایمنی و کیفیت تاسیسات آب و فاضلاب	وضعیت ایمنی لوله کشی آب در هنگام زلزله
$I_{S4} = 0.875$	$I_{S3} = 0.125$
ایمنی و کیفیت تاسیسات و لوله‌کشی و گاز	وضعیت ایمنی تاسیسات و لوله های گاز در هنگام زلزله
$I_{S7} = 0.5$	$I_{S6} = 0.5$

همانطور که مشاهده می‌شود پارامترهایی مانند ایمنی تابلوهای برق و تجهیزات حفاظتی در هنگام زلزله، ایمنی و کیفیت تاسیسات آب و فاضلاب دارای بالاترین اهمیت ($I_{S4} = I_{S1} = 0.875$) و وضعیت ایمنی تاسیسات گازی در هنگام زلزله و کیفیت تاسیسات لوله‌کشی گاز با شاخص $I_{S6} = I_{S7} = 0.5$ در اهمیت بعدی قرار دارند (جدول ۷).

جدول ۷- خروجی نهایی بخش سوم حاصل از ایمنی در برابر آتش‌سوزی ساختمان‌ها

بخش سوم	
وضعیت و ایمنی سیستمهای ضد حریق (فعال-غیرفعال)	بررسی تاییدیه ساختمان از آتش نشانی
$I_{M2} = 0.875$	$I_{M1} = 0.125$
وضعیت منابع آبی برای اطفا حریق(در آتش نشانی) و مهار آنها	بررسی تاییدیه ساختمان از سازمان آتش نشانی
$I_{M4} = 0.875$	$I_{M3} = 0.125$

در خروجی نهایی جدول فوق، سیستم‌های اعلام و اطفا حریق و منابع آبی جهت اطفا و مهار آتش‌سوزیهای پس از زلزله دارای اهمیت و ارزش مهم و بالایی با درجه شاخص ($I_{M2} = I_{M4} = 0.875$) هستند (جدول ۸).

جدول۸- خروجی نهایی بخش چهارم حاصل از زیرساخت‌های مرتبط با آتش‌سوزی

بخش چهارم	
بررسی تعداد ایستگاه های آتش نشانی $I_{F1}=0.5$	تعداد نیروهای مستقر در ایستگاه های آتش نشانی $I_{F3}=0.5$
بررسی وضعیت تجهیزات ایستگاه های آتش نشانی $I_{F5}=0.5$	وضعیت تناسب خودروهای عملیاتی در هنگام سانحه $I_{F4}=0.5$
وضعیت دسترسی نیروهای امدادی $I_{F2}=0.5$	بررسی تعداد ایستگاه های آتش نشانی $I_{F1}=0.5$
وضعیت اماکن پرخطر محدوده $I_{N1}=0.9$	وضعیت اماکن میان خطر محدوده $I_{N2}=0.1$
وضعیت اماکن میان خطر محدوده $I_{N2}=0.875$	وضعیت اماکن کم خطر محدوده $I_{N3}=0.125$
وضعیت ایمنی بافت‌های فرسوده $I_{K1}=0.125$	تراکم جمعیت $I_{K2}=0.875$
جمعیت آسیب‌پذیر در برابر سوانح $I_{K3}=0.875$	تراکم جمعیت $I_{K2}=0.125$
زیرساخت‌های مرتبط با آتش سوزی $I_{K5}=0.875$	بررسی اماکن $I_{K4}=0.125$
بافت های فرسوده $I_{K7}=0.875$	بررسی اماکن $I_{K6}=0.125$

در ادامه تحلیل و اولویت بندی شاخصهای مؤثر در آسیب‌پذیری منطقه ۱۹ پس از وقوع زلزله مورد بحث قرار گرفته است.

❖ آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت (I_{K2})

تراکم انسانی یکی از شاخص‌های مهم زندگی شهری است. هر چه تراکم جمعیت در شهر کمتر باشد و این تراکم به طور متعادل در سطح منطقه توزیع شده باشد، آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله کمتر خواهد بود.(I_{K2} = ۰/۱۲۵+۰/۸۷۵) برعکس تراکم جمعیتی بالا که در نواحی ۱و ۲ و ۳ وجود دارد در نواحی ۴ و ۵ تراکم کمتری داریم و این به بدان معنی است که تلفات و خسارت‌های بیشتر به هنگام وقوع زلزله در نواحی ۱، ۲ و ۳ بیشتر خواهد بود، این درحالی است که به علت ساخت‌وساز غیر اصولی در نواحی ۴ و بخصوص ۵ این احتمال می‌رود که عمده‌ترین خسارت‌ها چه جانی و چه مالی در نواحی ذکر شده بیشتر باشد.

❖ آسیب‌پذیری ناشی از بافت‌های فرسوده (I_{K7})

پهنه‌های آسیب‌پذیر و بویژه بافتهای فرسوده در نواحی ۳ و ۵ از این امر مستثنی نبوده و همواره سرنوشت و فرجام آنها در پس هر زلزله، در معرض فاجعه‌هایی بس جبران ناپذیر می‌باشند، که عمده‌ترین آنها آتش‌سوزیهای پس از زلزله می‌باشد که طبق نظریه کارشناسان و خبرگان این امر بدست آمده است ($I_{V2}=0.875$).

❖ آسیب‌پذیری ناشی از مصالح ساختمان

نوع مصالح به کار رفته در ساختمان‌ها در میزان مقاومت آ نها بسیار مؤثر است. مطابق تقسیم‌بندی مرکز آمار مصالح به کار رفته در بناها عبارتنداز: بتون‌آرمه، آجر و آهن، سنگ و چوب، تمام‌چوب، خشت، گل و خشت و چوب که هر کدام دارای مقاومت‌های متفاوتی می‌باشند. این تفاوت مقاومت، تأثیر مهمی در آسیب‌پذیری ساختمان‌ها دارد. عمده‌ترین مصالح بکار رفته در محدوده شهرداری منطقه ۱۹ تهران بتن آرمه و آجر و آهن می‌باشد، البته لازم به ذکر است که در نواحی ۳ و ۵ این منطقه از شهرداری بناهای خشتی و گلی نیز به چشم می‌خورد که در زمان مناسب باید مورد بررسی قرار گیرد.

❖ آسیب پذیری ناشی از وضعیت دسترسی به شبکه معابر (I_{W2})

معابر به عنوان یکی از عناصر بسیار مهم شهری، بلافاصله بعد از وقوع زلزله اهمیت ویژه‌ای می‌یابند، چرا که نیاز به جابه‌جایی و اسکان در اولین فرصت مطرح می‌گردد. بنابراین در صورت بسته شدن یکی از جاده‌های اصلی و یا حتی معابر فرعی، خسارات ناشی از زلزله چندین برابر می‌شود و بازگرداندن شرایط به وضعیت عادی به تأخیر می‌افتد.

❖ آسیب پذیری ناشی از کمبود نیروهای انسانی

پس از ارزیابی و مقایسه تعداد نیروهای موجود در ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۱۹ شهرداری تهران نتیجه نهایی طبق جدول (۹) ارائه شده است که در مجموع ۱۶۶ نفر کمبود نیرو مشاهده می‌شود.

جدول ۶- مقایسه تعداد نیروهای موجود در ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۱۹ شهرداری تهران

شماره ایستگاه	کل نفرات موجود در ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری تهران	حداقل نفرات مورد نیاز برای ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری برمبنای خودروهای موجود	اختلاف و کمبود نیرو در ایستگاه‌های تحت پوشش شهرداری منطقه ۱۹
۲۲	۳۶	۵۴	۱۸
۳۵ و نجات ۶	۵۵	۹۰	۳۵
۵۰	۴۳	۱۰۸	۶۵
۸۱	۳۳	۴۵	۱۲
۱۲۳	۱۵	۳۰	۱۵
۹۶	۲۴	۴۵	۲۱
مجموع	۲۰۶	۳۷۲	۱۶۶

شهر تهران با داشتن سه گسل اصلی شمالی، شرقی گسل ری در جنوب، کمتر قسمتی را می‌توان یافت که در فاصله‌ای مناسب از سه گسل فوق واقع شده باشد. گسل ری یا گسل جنوب تهران نیز که در صورت فعالیت پرتلفات‌ترین گسل کشور و شاید جهان باشد، آتش‌سوزی و زلزله بطور همزمان دو خطر جدی و مخرب بشمار می‌آیند، در این پژوهش نیز این نتیجه حاصل شد که زلزله با ضریب $I_{Va3}=0.9$ و آتش‌سوزی پس از زلزله با ضریب $I_{V2}=0.875$ به ترتیب و با فاصله کمی جزو مخاطرات اصلی می‌باشند. نتایج این پژوهش نشان داد آتش‌سوزیهای پس از زلزله، زیرساخت‌های مرتبط با آتش‌سوزی، جمعیت آسیب‌پذیر در برابر سوانح و بافت‌های فرسوده از بزرگترین دغدغه‌های آتش‌نشانان جهت اطفا و امداد رسانی می‌باشد. حوادث طبیعی و غیرطبیعی می‌تواند امنیت ملی را به خطر بیاندازد، در این پژوهش طبق نتایج بدست آمده از مقایسه سوانح طبیعی و غیرطبیعی که خروجی بخش اول این پژوهش می‌باشد، سوانح غیرطبیعی (انسان‌ساخت) با ضریب $I_{Va}=0.875$ نقش بیشتری در به هم زدن امنیت نسبت به حوادث طبیعی $I_{Vn}=0.875$ دارد (جدول ۱۰). ایمنی و کیفیت تاسیسات آب و فاضلاب با ضریب $I_{s4}=0.875$ نسبت به وضعیت و ایمنی تاسیسات و لوله‌های گاز در هنگام زلزله مهم‌تر بوده است. ایمنی و کیفیت تاسیسات لوله‌کشی و گاز دارای اهمیت است و ضریب $I_{s7}=0.5$ پیدا کرد. گاهی اوقات آسیبهای ناشی از آتش پس از زلزله می‌تواند بسیار شدیدتر از آسیب‌های ناشی از حرکت زمین به خودی خود باشد و این برای ساختمان و منطقه مورد مطالعه صدق می‌کند. چرا که این منطقه به دلیل همجواری با پالایشگاه تهران و لوله‌گذاری آن به سمت غرب تهران و داشتن اماکن پرخطر با بار اشتعال بالا، می‌تواند حریق‌های متعددی در نقاط مختلف ایجاد و جان انسان‌های آسیب‌دیده در زلزله را به راحتی تهدید کرده و باعث مرگ‌ومیر آنها بشود. منطقه ۱۹ به دلیل همجواری با گسل‌های متعدد و نیز بافت متراکم شهری، مقاومت پایین ساختمان‌ها به علت فرسوده بودن، وضعیت معابر و کمبود امکانات و تجهیزات امدادرسانی از خطرپذیرترین قسمت‌ها در برابر زلزله است، در این پژوهش جمعیت آسیب‌پذیر در برابر سوانح، زیرساخت‌های مرتبط با آتش‌سوزی و بافت های فرسوده دارای اهمیت یکسان می‌باشند.

$$I_{K7}= I_{K3} = I_{K5} = 0.875.$$

همچنین برخی از عواملی که پیش از این ذکر شد، از جمله کمبود امکانات امدادرسانی، بر شدت خطر ناشی از وقوع حریق می‌افزاید، سیستم کنترل و مدیریت بحران در شهر بزرگی مانند تهران نمی‌تواند به صورت متمرکز به وسیله سازمان‌های محدودی پیاده‌سازی و اجرا شود. در طول پژوهش با توجه به حضور آتش‌نشانی در مراحل اولیه، میزان آب موجود جهت اطفا، آسیب وارده به ساختار ساختمانها و انسداد جاده‌ها اشاره شده بود، با توجه به نظر متخصصین و خبرگان این امر و نتایج بدست آمده وضعیت منابع آبی برای اطفا حریق در آتش‌نشانی($I_{M4} = 0.875$) مهم تلقی شده است، (جدول ۱۰) در صورت وجود آب کافی در محل یا وجود سیستم‌های اطفا اتوماتیک در ساختمان‌ها و اماکن کمک بسیار زیادی به آتش‌نشان‌ها خواهد کرد هر چند که مقوله آب جهت اطفا با وضعیت و ایمنی سیستمهای ضد حریق در یک درجه اهمیت قرار دارد. ($I_{M2}= 0.875$). البته لازم به ذکر است که تعداد ایستگاه های آتش نشانی، نیروهای مستقر در ایستگاه، وضعیت تجهیزات، خودروهای عملیاتی و وضعیت دسترسی نیروهای امدادی به شریان‌های اصلی در هنگام سوانح طبیعی مورد بررسی قرار گرفت که از نظر اهمیت بعد از شاخص‌هایی چون منابع آب اطفایی و ضرورت وجود سیستم‌های اعلام و اطفا قرار گرفتند.

$$I_{F1} = I_{F3} = I_{F5} = I_{F4} = I_{F2} = I_{F1} = 0.5$$

جدول ۷- ارزش شاخص‌های مورد مطالعه در منطقه ۱۹ شهرداری تهران

ردیف	ناحیه موضوعی	ارزش	درجه اهمیت
۱	آتش‌سوزیهای پس از زلزله	S_1= ۴۵,۵	خیلی مهم‌تر
۲	سوانح طبیعی	S_2= ۳۲,۷	کاملا مهم‌تر
۳	زلزله	$S_۳$= ۲۹,۱	خیلی مهم‌تر
۴	موضوع ایمنی تابلوهای برق = وضعیت برق اضطراری	$S_۵$=۲۳,۶	اهمیت یکسان
۵	ایمنی وکیفیت تاسیسات آب و فاضلاب	S_6= ۲۹,۱	خیلی مهم‌تر
۶	موضوع ایمنی و کیفیت تاسیسات لوله‌کشی گاز = وضعیت ایمنی تاسیسات لوله‌های گاز	S_7=۲۳/۶	اهمیت یکسان
۷	ایمنی سیستم‌های اعلام و اطفا	S_{10}= ۱۲/۷	خیلی مهم‌تر
۸	تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی = تعداد نیروهای مستقر در ایستگاه‌ها	S_{11}= ۵۸/۲	اهمیت یکسان
۹	تجهیزات ایستگاه‌های آتش‌نشانی = تناسب خودروهای مستقر در ایستگاه‌ها	S_{12}= ۴۵,۵	اهمیت یکسان
۱۰	بررسی وضعیت دسترسی نیروهای امداد به شریان‌های اصلی = بررسی تعداد ایستگاه‌ها	S_1=۳۲/۷	اهمیت یکسان
۱۱	اماکن پرخطر	S_{13}=۳۲/۷	کاملا مهم‌تر
۱۲	اماکن میان‌خطر	S_{14}= ۴۷/۳	خیلی مهم‌تر
۱۳	بافت‌های فرسوده	S_{15}= ۴۷/۳	خیلی مهم‌تر
۱۴	جمعیت آسیب‌پذیر	S_{16}= ۲۷/۳	خیلی مهم‌تر
۱۵	زیرساخت‌های مرتبط با آتش‌سوزیهای پس از زلزله	S_{17}=۲۹/۱	خیلی مهم‌تر
۱۶	بافت‌های فرسوده	S_{18}= ۲۹/۱	خیلی مهم‌تر
۱۷	وضعیت منابع آبی برای اطفاء حریق	S_9= ۳۶/۴	خیلی مهم‌تر

۳- نتیجه گیری

در سطح منطقه منطقه ۱۹ در برخی معابر باریک و تراکم جمعیت بالا (بازار عبدل‌آباد) می‌باشد لذا توانمندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی جهت عملیات امداد و نجات به سختی صورت می‌پذیرد و باعث افزایش تلفات می‌شود($I_{F5} = 0.5$)؛ محل ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای سهولت ورود به جریان ترافیکی، ضروری است در کنار یا موازی با شبکه معابر شریانی اصلی (درجه ۱ و ۲) تعیین گردد، که این امر در مورد تمام ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۱۹ شهرداری تهران رعایت شده است. لازم به ذکر است بعضی معضلات در دسترسی نیروهای آتش‌نشانی در اعزام به آتش‌سوزی وجود دارد که باعث کاهش توانمندی ایستگاه‌ها خواهد شد و این معضلات در هنگام زلزله چند برابر خواهد شد: اولا ناپیوستگی خیابانهای محلی و دسترسی محدود خیابان‌های یکطرفه، امکان استقرار و حوزه خدماتی ایستگاه‌ها را در

هنگام زلزله تقلیل خواهد داد ولیکن اطفا حریق و حتی امدادرسانی بسیار کند خواهد بود. دوما برای سهولت ورود به جریان ترافیکی، دسترسی ایستگاه‌ها به هنگام زلزله اطراف ساختمان ایستگاه‌ها باید طوری باشد که مانعی از حیث خروج ماشین‌آلات آتش‌نشانی از ایستگاه وجود نداشته باشد، رعایت حداقل فاصله ۶۰ متر ضروری است، این درحالی است که در بعضی از ایستگاه‌های تحت پوشش شهرداری منطقه ۱۹ مانند ایستگاه ۹۶ و ۸۱ در صورت بروز زلزله، ساختمانهای مجاور و مقابل ایستگاه امکان دسترسی این ایستگاه‌ها را به نقاط آسیب‌دیده با مشکل جدی مواجه می‌سازد. نکته سوم که باید مد نظر قرار گیرد وجود موانعی مانند پلهای هوایی روگذر و ماشین‌گذر است که در بعضی از شریانهای اصلی منطقه ۱۹ شهرداری تهران به تعداد زیادی نصب شده است. در محدوده شهرداری منطقه ۱۹ بیش از ۶۰ عدد پل عابر پیاده وجود دارد که از نظر چک لیست ایمنی باید مورد بررسی قرار گیرد.

مطابق روش تحقیق ارایه شده، جهت بالا بردن توانمندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در قسمتی از نواحی انتخابی منطقه ۱۹ شهرداری (نواحی۳، ۴ و ۵)، باید ارزیابی هر ایستگاه بر اساس فرآیندی ساختار یافته در قالب مدل جامع مورد بررسی قرار بگیرد. از میان کاربری‌ها و خدمات موجود در منطقه، توزیع و مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روزافزون به امر ایمنی در نواحی مورد نظر بخصوص نواحی ۴ و ۵ و ارایه تمهیداتی در زمینه پیشگیری و مقابله با آتش‌سوزی و حادثه از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. همچنین جهت افزایش توانمندی ایستگاه‌های تحت پوشش از حیث منابع انسانی در آتش‌سوزیهای پس از زلزله لازم است کمبود نیروهای انسانی طبق جدول (۹) تامین گردد. پس با توضیحاتی که درباره کمبود نیرو و تجهیزات و خودروها داده شد می‌توان نتیجه گرفت که تعداد ایستگاه‌ها و نیروهای عملیاتی و خودروها و تجهیزات، تکافوی منطقه نخواهد بود. در بحث آتش‌سوزی در حالت عادی هیچگونه تمهیداتی صورت نگرفته است و این یکی از نکات منفی و ناایمن این مجموعه بوده که در صورت بروز حوادثی چون زلزله با توجه به وجود مواد قابل اشتعال و سریع‌الاشتعال مهار آتش‌سوزی تقریبا امری ناممکن بوده و با یک بحران جدی مواجه خواهیم بود. تمام موارد ذکر شده در صورت داشتن نیروی انسانی کافی در ایستگاه و واحد عملیات صورت می‌پذیرد، این در حالی است که طبق استاندارد این منطقه با کمبود نیروهای آتش‌نشان مواجه است.(حداقل ۱۶۶ کمبود نیرو در محدوده مورد مطالعاتی وجود دارد).

با توجه به وجود ۶ ایستگاه در محدوده عملیاتی منطقه ۱۹ شهرداری تهران و نتایج حاصل از پژوهش جهت پاسخگویی به سوالات و فرضیه‌های مطرح شده، باید به این نکته توجه داشت که نیروهای عملیاتی مستقر در ایستگاه‌های آتش‌نشانی (I_{F3}= 0.5) و خودروهای عملیاتی (I_{F4} = 0.5) متناسب با ظرفیت منطقه نمی‌باشد و تجهیزات اطفایی و امدادی(I_{F5} = 0.5) این ایستگاه‌ها تکافوی منطقه در هنگام آتش‌سوزیهای پس از زلزله نخواهد بود.

با توجه به بیان فرضیه دوم، تراکم نسبتا بالای منطقه، بافت‌های فرسوده، وجود اماکن پرخطر در منطقه، نقش غیرقابل تردیدی در رابطه با شاخص‌های ایمنی ایجاد کرده است که از آنها به عنوان داده های پردازش نشده عنوان شد که در قسمت نتیجه گیری به این مهم دست یافتیم که شاخصه‌های فوق مندرج در جدول شماره (۱۰) درجه "کاملا مهم‌تر" پیدا کردند؛ ولیکن رابطه تراکم جمعیت (I_{K2}) با آثار زلزله قدری پیچیده‌تر است. در اینجاست که اهمیت اعمال یک برنامه‌ریزی دقیق و سنجیده شده با در نظر گرفتن زیرساخت‌ها مانند احداث و ایجاد ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی (I_{F1}) و تامین نیروی انسانی و تجهیزات اطفایی و امدادی مناسب (I_{F5}) و کافی جهت کاهش عواقب و اثرات ناشی از چنین رخدادی در این پهنه‌های خطرپذیر آشکار می‌گردد. این موضوع بویژه در سایر نواحی این منطقه که از بافت‌های فرسوده و کم دوام قابل توجه‌ای برخوردارند، اهمیتی دوچندان می‌یابد. پس می‌توان با شناسایی و گونه‌بندی بافت‌های فرسوده و اعمال سیاست‌های مناسب در آنها، زمینه را جهت کاهش اثرات منفی زلزله، قبل از وقوع آنها فراهم نمود. این مهم در ناحیه ۳ شهرداری منطقه ۱۹ به وضوح نمایان است. مساحت و وسعت محدوده و شعاع عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در برنامه‌ریزی استقرار یا ضرورت احداث ایستگاه‌های منطقه از عوامل عمده به حساب می‌آید.

جهت دسترسی به ناحیه ۴ و ۵ و قسمتی از ناحیه ۳، برای دستیابی به استاندارد ۳ـ۵ دقیقه باید محدوده حوزه استحفاظی ایستگاه‌ها را کاهش داد. فاصله میان ایستگاه‌های آتش‌نشانی بسته به تراکم جمعیت و کاربری زمین به‌طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت می‌کند و شعاع خدماتی و عملکرد مفید ایستگاه‌ها نیز با یکدیگر فرق دارد؛ مثلا محدوده نجات ۶ ایستگاه ۳۵ واقع در میدان تره‌بار مرکزی شعاعی بالغ بر ۲۰ کیلومتر دارد، پس در مکان‌یابی ایستگاه‌ها اصل «حداکثر دسترسی» و «حداقل زمان» یعنی فاصله زمانی ۳ تا ۵ دقیقه (زمان بین شروع آتش‌سوزی تا شروع عملیات آتش‌نشانی) عامل تعیین کننده می‌باشد. در مناطق ویژه با آمار آتش‌سوزی بالا و مکانهای ویژه با مشکلات خاص نظیر بازارها، مجتمع‌های تجاری، بازارچه عبدل‌آباد و خیابان سهیل (ناحیه ۳) در محدوده ایستگاه۸۱، انبارها و انواع کارگاه‌های صنعتی

در شهرک رسالت و مرتضی‌گرد (ناحیه ۴) واقع در محدوده ایستگاه ۳۵، ضروری‌است برای مکان‌یابی استقرار ایستگاه‌هاج، اقدام مناسبی صورت پذیرد. با توجه به تجزیه و تحلیل موجود و آنالیز منطقه، نیاز به احداث ایستگاه‌های جدید در نواحی ۳، ۴ و ۵ احساس می‌شود. با توجه به ضرورت دسترسی به محل آتش‌سوزی، در کمترین زمان ممکن، منطقه‌عملکردی و استحفاظی هر ایستگاه حداکثر می‌بایست در شعاع ۲ کیلومتری درنظر گرفته شود، این در حالی است که دسترسی به دورترین نقطه در ناحیه ۴ (مرتضی‌گرد و پلایین) بیش از ۲ کیلومتر و بالای ۵ دقیقه می‌باشد. لازم به ذکر است که زمان دسترسی به نواحی فوق از طریق شریانهای اصلی منطقه ۱۹ شهرداری (اتوبان آزادگان و اتوبان خلیج‌فارس) صورت می‌پذیرد که درصورت وجود ترافیک و راه‌بندان زمان رسیدن به این نواحی، گاها به ۱۰ الی ۱۵ دقیقه افزایش می‌یابد.در آزمون و تعیین صحت فرضیه اول نیز همانظور که مشاهده می گردد، تعیین و اولویت‌بندی متغیرهای اساسی همچون تعداد آتش‌نشانان درگیر در عملیات و تعداد ایستگاههای موجود در منطقه باعث بهبود کارکرد مدیریت اطفاء حریق و همچنین عملیات نجات و امداد می گردد.

۴-منابع

1. Eshrati, L., Mahmode zadeh, A., & Taghvae, M. (2018). Assessment of human vulnerability scenarios (casualty) in urban area by fire following earthquake. *Emergency Management*, *6*(2), 95-104..
2. Shah, A.A., T. Qadri, and S. Khwaja, *Living with earthquake hazards in South and South East Asia.* ASEAN Journal of Community Engagement, 2018. **2**(1): p. 2.
3. Kamranzad, F., H. Memarian, and M. Zare, *Earthquake risk assessment for Tehran, Iran.* ISPRS International Journal of Geo-Information, 2020. **9**(7): p. 430.
4. Madadi, A., Asghari, S., Zaremand, Z., & Ghale, E. (2023). Modeling and Zoning the Earthquake Risk Using Fuzzy TOPSIS Model (Case Study: Kermanshah City). *Emergency Management*, *11*(2),
5. majidy nik, M., & biglari, S. (2023). Earthquake Risk Assessment of Bushehr Province. *Emergency Management*, *11*
6. Vaira, K.D., C.F. Rusnock, and G.D. Hammond. *Improving Fire Station Turnout Time*. in *IIE Annual Conference. Proceedings*. 2017. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
7. Park, C., *An Analysis of the importance in fire-stations' works and redesign by disaster management steps.* Journal of the Society of Disaster Information, 2014. **10**(4): p. 572-582.
8. Lolli, F., et al., *A bi-ojective heuristic for supporting fire stations to respond quickly and efficiently in case of micro calamities.* Int. J. Oper. Quant. Manag, 2015. **21**(1): p. 21-36.
9. Baek, S. and S. Han, *Factors influencing emergency medical competencies of health centers and fire stations in areas that are vulnerable to earthquakes.* Clinical and experimental emergency medicine, 2021. **8**(3): p. 192.
10. Muhammet Calayir, Serdar Selamet, Yong C. Wang, Post-earthquake fire performance of fire door sets, Fire Safety Journal, Volume 130, 2022, 103589, ISSN 0379-7112 , https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103589.
11. Amir Sarreshtehdari, Negar Elhami Khorasani, Integrating the fire department response within a fire following earthquake framework for application in urban areas, Fire Safety Journal, Volume 124, 2021, 103397, ISSN 0379-7112, https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103397.

12. Negar Elhami Khorasani, Thomas Gernay, Maria Garlock, Data-driven probabilistic post-earthquake fire ignition model for a community, Fire Safety Journal, Volume 94, 2017, Pages 33-44, ISSN 0379-7112, https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.09.005
13. Behnam, B., M. Skitmore, and H.R. Ronagh, *Risk mitigation of post-earthquake fire in urban buildings.* Journal of Risk Research, 2015. **18**(5): p. 602-621.
14. Riza Suwondo, Lee Cunningham, Martin Gillie, Colin Bailey, Progressive collapse analysis of composite steel frames subject to fire following earthquake, Fire Safety Journal, Volume 103, 2019, Pages 49-58, ISSN 0379-7112, https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.12.007.
15. Marquis, F., et al., *Understanding post-earthquake decisions on multi-storey concrete buildings in Christchurch, New Zealand.* Bulletin of Earthquake Engineering, 2017. **15**: p. 731-758.
16. Riza Suwondo, Lee Cunningham, Martin Gillie, Colin Bailey, Improving the performance of composite floors subjected to post-earthquake fire, Fire Safety Journal, Volume 102, 2018, Pages 18-26, ISSN 0379-7112, https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.10.004.
17. Tomoaki Nishino, Probabilistic analysis of the vulnerability of fire departments to ignitions following megathrust earthquakes in the Nankai Trough subduction zone, Japan, Fire Safety Journal, Volume 120, 2021, 103038, ISSN 0379-7112, https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103038.
18. Suwondo, R., et al., *Effect of earthquake damage on the behaviour of composite steel frames in fire.* Advances in Structural Engineering, 2018. **21**(16): p. 2589-2604.
19. Jelinek, T., V. Zania, and L. Giuliani, *Post-earthquake fire resistance of steel buildings.* Journal of Constructional Steel Research, 2017. **138**: p. 774-782.
20. Sarreshtehdari, A. and N.E. Khorasani, *Integrating the fire department response within a fire following earthquake framework for application in urban areas.* Fire safety journal, 2021. **124**: p. 103397.
21. Nishino, T., *Probabilistic urban cascading multi-hazard risk assessment methodology for ground shaking and post-earthquake fires.* Natural Hazards, 2023. **116**(3): p. 3165-3200.
22. Shahi Ashtiani, S., M. Hosseini, and B. Hosseini, *Locating of neighborhood self-help centers by combined FUZZY-AHP method (Case study: Sirous neighborhood of Tehran).* Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly), 2022. **12**(2): p. 164-184.
23. William W. Bryson, Pembroke Pines, Rep. Metropolitan, et al. (2020), NFPA 1710: Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire, ISBN: 978-145592353-3
24. William E. Koffel, et al. (2020), NFPA 25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems ISBN: 978-145592391-5
25. Dean R. Larson, et al. (2019), NFPA 1600: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management, ISBN: 978-145592211-6
۲۶. آیین نامه ۲۸۰۰ (آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله)، ویراست چهارم، کمیته های بازنگری آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ ایران).