

Research Paper

Analyzing the Physical and Infrastructural Resilience to Fire Accidents in District 20 of Tehran, Iran, Based on the Geographic Information System



Eslam Ali Khodabandehlou¹ , *Amir Hooman Hemmasi² , Akramolmoluk Lahijanian¹ , Amir Hesam Hassani¹ , Ali Mohammadi¹ 

1. Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Industry and Energy Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



Citation Khodabandehlou, EA., Hemmasi, AH., Lahijanian, A., Hassani AH., & Mohammadi, A. (2025). [Analyzing the Physical and Infrastructural Resilience to Fire Accidents in District 20 of Tehran, Iran, Based on the Geographic Information System (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 15(2):242-265. <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.2.915.1>

 <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.2.915.1>

ABSTRACT

Background and objective The present study aims to analyze the status of physical and infrastructural resilience to fire accidents in District 20 of Tehran, Iran based on the geographic information system.

Method First, the criteria to evaluate the physical and infrastructural resilience were collected. Then, researcher-made questionnaires were completed by 15 experts from fire departments in Tehran, to rate the importance of these criteria. The weight of these factors was calculated using the Expert Choice 11 software. By layering the criteria using the weights obtained from the analytical hierarchical process (AHP) in ArcGIS software, version 10.6 and overlaying the layers, the final resilience map of District 20 was prepared.

Results There were three main criteria, seven sub-criteria, and 21 indicators to evaluate the resilience. Based on the software output, the main criteria were prioritized as infrastructure resilience with a weight of 0.731, physical resilience with a weight of 0.188, and environmental resilience with a weight of 0.081. Based on the zoning map of resilience in the context of health, safety, and environment, it was found that 3.3% of the area (729,718 m²) had low resilience, 35.38% (7,802,578 m²) moderate resilience, 29.54% (6,513,646 m²) high resilience, 30.1% (6,639,824 m²) very high resilience, and 1.65% (364,196 m²) extremely high resilience.

Conclusion According to the results, the District 20 of Tehran has appropriate physical and infrastructural resilience to fire and accidents.

Keywords Physical resilience, Infrastructural resilience, GIS, Fire department, Tehran

Article Info:

Received: 29 Dec 2024

Accepted: 15 Mar 2025

Available Online: 01 Jul 2025

* Corresponding Author:

Amir Hooman Hemmasi, Professor.

Address: Department of Industry and Energy Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 44865164

E-mail: h-hemmasi@yahoo.com



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

The communication network plays an important role in the cities' resilience against natural disasters such as earthquakes and fire accidents. If this network has appropriate resilience and does not fail, it can play an important role in reducing casualties from accidents. Access routes as a communication network of the city are very important for rescue forces to reach the accident scene in the shortest possible time and continue operational measures. Various accidents and events have occurred in the Tehran metropolis, Iran. The present study aims to investigate the current and ideal state of physical and infrastructural resilience of District 20 of Tehran based on the geographic information system (GIS) in order to help the Tehran Fire Department during crises and natural disasters.

Materials and Methods

First, three criteria, seven sub-criteria, and 21 indicators were collected to evaluate the physical and infrastructural resilience of the fire stations. Considering that some criteria and sub-criteria are preferable to other criteria and play a significant role in the infrastructural and physical resilience, 15 researcher-made questionnaires were completed by experts from fire departments in Tehran. They were asked to rate the importance of the criteria from 1 to 9. The weight of these criteria was calculated using the Expert Choice 11 software. The inconsistency ratio for judgment consistency was less than 0.1. By layering the criteria using the weights obtained from the analytical hierarchical process (AHP) method in the ArcGIS software, version 10.6 and overlaying the layers, the final resilience map of District 20 was prepared.

Results

The first examined criterion was the infrastructure resilience, which had three sub-criteria, including: Fire stations (number and area of fire stations, number of vehicles and equipment, population density, number of personnel, number of hydrants), vital arteries (roads, power transmission, and gas lines), and relief and military centers (health centers, military centers). The second criterion was physical resilience, which had two sub-criteria of occupations (low-risk places, high-risk places, moderate-risk places) and urban fabric (worn fabric, historical buildings, bridges). The third criterion was environmental resilience with the sub-criteria of geographical features (slope, faults, and

canals) and environmental sustainability (green space of public and private roads).

Based on the AHP results and the output of Expert Choice 11 software, the infrastructure resilience was the first priority (weight=0.731), followed by the physical resilience (weight=0.188) and environmental resilience (weight=0.081). Based on the zoning map of resilience in the context of health, safety, and environment, it was found that 3.3% of the area (729,718 m²) had low resilience, 35.38% (7,802,578 m²) moderate resilience, 29.54% (6,513,646 m²) high resilience, 30.1% (6,639,824 m²) very high resilience, and 1.65% (364,196 m²) extremely high resilience. The results of analyzing the functional radius of seven fire stations showed that fire stations (fire, rescue, and support) in old neighborhoods with narrow passages (region 1 and the southern part of region 4) face accessibility challenges which should be considered in order to make the area resilient to fires and accidents.

Conclusion

According to the results, the District 20 of Tehran has appropriate physical and infrastructural resilience to fire and accidents.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research was conducted in compliance with the ethical principles. Since there was no experiment on human or animal samples, the need for an ethical code was waived.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.



Acknowledgments

The authors would like to thank the Technology and Information Unit of the Tehran Fire Department for providing information and all firefighters and experts who participated in responding to the questionnaire.



مقاله پژوهشی

ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی محدوده عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۲۰ شهر تهران با استفاده از سامانه GIS

اسلام‌علی خدابنده‌لو^۱، امیرهومن حمصی^۲، اکرم‌الملوک لاهیجانیان^۱، امیرحسام حسنی^۱، علی محمدی^۱

۱. گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه مهندسی صنعت و انرژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.



Citation Khodabandehlou, EA., Hemmasi, AH., Lahijanian, A., Hassani AH., & Mohammadi, A. (2025). [Analyzing the Physical and Infrastructural Resilience to Fire Accidents in District 20 of Tehran, Iran, Based on the Geographic Information System (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 15(2):242-265. <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.2.915.1>

doi <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.2.915.1>

چکیده

زمینه و هدف: هدف از پژوهش حاضر، تحلیل وضعیت تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی در برابر حوادث و آتش‌سوزی در منطقه ۲۰ شهر تهران بر اساس سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است.

روش: ابتدا معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی گردآوری شد. سپس، پرسش‌نامه‌های محقق‌ساخته توسط ۱۵ نفر از کارشناسان سازمان آتش‌نشانی تهران تکمیل شد تا اهمیت این معیارها مشخص شود. وزن این عوامل با استفاده از نرم‌افزار Expert نسخه ۱۱ محاسبه شد. با لایه‌بندی معیارها با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در محیط نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۶ و روی هم قرار دادن لایه‌ها، نقشه نهایی تاب‌آوری منطقه ۲۰ تهیه شد.

یافته‌ها: برای ارزیابی تاب‌آوری سه معیار اصلی، هفت زیرمعیار و ۲۱ شاخص مورد تحلیل قرار گرفت. براساس خروجی نرم‌افزار، معیارهای اصلی به‌ترتیب تاب‌آوری زیرساختی با وزن ۰/۷۳۱، تاب‌آوری کالبدی با وزن ۰/۱۸۸ و تاب‌آوری زیست‌محیطی با وزن ۰/۰۸۱ اولویت‌بندی شدند. بررسی ۳ معیار ۷ زیرمعیار و ۲۱ شاخص مکانی برای ارزیابی تاب‌آوری مکانی در منطقه ۲۰، حاکی از آن است که براساس ضریب اهمیت، اولویت‌بندی معیارهای تاب‌آوری به‌ترتیب تاب‌آوری زیرساختی با وزن ۰/۷۳۱، تاب‌آوری کالبدی با وزن ۰/۵۸ و تاب‌آوری زیست‌محیطی ۰/۰۸۱ تعیین گردید. براساس نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری در زمینه ایمنی، بهداشت و محیط زیست مشخص شد ۳/۳ درصد از مساحت (۷۲۹۷۱۸ مترمربع) تاب‌آوری کم، ۳۵/۳۸ درصد (۷۸۰۲۵۷۸ مترمربع) تاب‌آوری متوسط، ۲۹/۵۴ درصد (۶۵۱۳۶۴۶) مترمربع) تاب‌آوری زیاد، ۳۰/۱ درصد (۶۶۳۹۸۲۴) مترمربع) تاب‌آوری خیلی زیاد و ۱/۶۵ درصد (۳۶۴۱۹۶) مترمربع) تاب‌آوری بسیار بالا دارد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج، منطقه ۲۰ تهران از نظر تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی در برابر آتش‌سوزی و حوادث از وضعیت مناسبی برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری کالبدی، تاب‌آوری زیرساختی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، آتش‌نشانی تهران، منطقه ۲۰ شهر تهران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۰۹ دی ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۱۰ تیر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر امیر هومن حمصی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه مهندسی صنعت و انرژی.

تلفن: تلفن: ۴۴۸۶۵۱۶۴ (۲۱) ۹۸ +

پست الکترونیکی: h-hemmasi@yahoo.com

Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode/en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



مقدمه

حریق و حوادث رخ داده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که سازمان‌ها به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیر شده و ریسک‌های ناشی از حریق و حوادث نیز افزایش یافته‌اند. نگاه مدیریت شهری در سوانح، رویکرد کاهش مخاطرات و آسیب‌پذیری بوده است. کلان‌شهر تهران همواره با حوادث و رویدادهای مختلفی همراه است (خدابنده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳).

هدف اصلی و کاربردی پژوهش حاضر، بررسی وضعیت موجود و ایدئال تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی محدوده مورد مطالعه جهت افزایش تاب‌آوری و در نتیجه کاهش آسیب‌پذیری در سازمان آتش‌نشانی تهران به عنوان اولین سازمان امدادی پاسخگو در زمان وقوع بحران و سوانح طبیعی (سیل، زلزله و غیره)، سوانح انسان‌ساخت (حریق، حوادث و خدمات ایمنی) و همچنین حوادث تروریستی است که در نهایت منجر به کاهش خسارات جانی و مالی (آتش‌نشانی و شهروندان) و کاهش آسیب به محیط زیست شهری خواهد شد. شبکه ارتباطی شهر، نقش مهمی در تاب‌آوری شهر در برابر حریق و حوادث دارد. در صورتی که شبکه ارتباطی و مسیرهای دسترسی از تاب‌آوری مناسبی برخوردار باشد و عملکرد خود را از دست ندهد، می‌تواند نقش مهمی در کاهش تلفات ناشی از حوادث داشته باشد. مسیرهای دسترسی بعد از وقوع حوادث به عنوان شبکه ارتباطی (شریان‌های حیاتی) شهر برای نیروهای امدادی جهت رسیدن به محل حادثه در کمترین زمان ممکن و در ادامه اقدامات عملیاتی، از قبیل تخلیه، نجات و فاصله گرفتن از شرایط پرخطر و دسترسی به فضاهای امن بسیار حائز اهمیت است. بنابراین در صورت مسدود شدن هر کدام از مسیرهای ارتباطی، خسارات و تلفات ناشی از حوادث و بحران چندین برابر افزایش می‌یابد. در این میان، زلزله اغلب تلفات جبران‌ناپذیری را بر این سکونتگاه‌ها و ساکنان آن تحمیل کرده که لازم است تا با مقاوم‌سازی شهرها بتوان صدمات ناشی از آن را کاهش داد (ژاله و همکاران، ۱۴۰۰).

تاب‌آوری^۱، مفهوم نوظهوری است که بیشتر در مواجهه با عدم قطعیت‌ها به کار می‌رود. تاب‌آوری سازمانی به منظور رویارویی و مقابله با چالش‌ها و رخداد‌های نابهنگام، اقداماتی را که نقش اساسی در افزایش تاب‌آوری در سازمان‌ها بازی می‌کنند در پیش می‌گیرد (سیاح‌پور، ۱۳۹۷). تاب‌آوری را می‌توان جزو مباحث چالش‌برانگیز سازمان امداد و نجات دانست (آقایانی و همکاران، ۱۴۰۳). تاب‌آوری توانایی ذاتی یک سیستم برای تنظیم عملکرد آن است تا بتواند عملیات مورد نیاز را در هر دو مورد پیش‌بینی کرده و شرایط غیرمترقبه را حفظ کند (هولنازل، ۱۴۰۱). تاب‌آوری در مشاغل پرخطر که در آن‌ها یک حادثه می‌تواند منجر به آسیب یا حتی مرگ شود بسیار حائز اهمیت است (زردان، ۱۳۹۶).

آتش‌نشانیان معمولاً در محیط‌های مخاطره‌آمیز و از جمله انفجارها به امدادرسانی و عملیات می‌پردازند، بنابراین آسیب‌پذیری آنان در حد بالایی است. باتوجه به اهمیت تاب‌آوری سازمانی در سازمان‌های امدادی و به ویژه سازمان‌های آتش‌نشانی به عنوان اولین پاسخ‌گو در مواجهه با حریق و حوادث، کیفیت خدمات و تاب‌آوری سازمانی در ارزیابی خدمات ایمنی شهروندان یک موضوع مهم و مؤثر در این سازمان‌ها است (خدابنده‌لو، ۱۴۰۳). شهر تاب‌آور، شهری است که برای آماده شدن و پاسخ‌گویی به همه‌گونه مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت، ناگهانی و کند (براساس سرعت وقوع)، موردانتظار و غیرمنتظره ارزیابی، برنامه‌ریزی و اقدام می‌کند (انجرائی و همکاران، ۱۴۰۲).

پیشینه تحقیق

روند توسعه شهری در طی دهه‌های اخیر بسیار شدت یافته و انطباق محیط ساخته‌شده و زیرساخت‌های حیاتی برای افزایش تاب‌آوری آن‌ها نیاز است. یکی از مهم‌ترین عناصر، زیرساخت‌های حمل‌ونقل هستند. پرداختن به تاب‌آوری این زیرساخت‌ها به عنوان رویکردی راهبردی از اهمیت خاصی برخوردار است (زبردست و همکاران، ۱۴۰۲). امروزه نظریه‌های مدیریت سوانح به دنبال ایجاد جوامع تاب‌آور در برابر مخاطرات طبیعی هستند و ضرورت توجه به رویکرد آینده‌پژوهی و نقش و جایگاه آن در ارتقای تاب‌آوری از اهمیت بسیاری برخوردار است (آراسته و همکاران، ۱۳۹۹).

در پژوهشی با عنوان «تاب‌آوری شهر در برابر زلزله با رویکرد آینده‌پژوهی در راستای افزایش تاب‌آوری منطقه ۱ شهرداری تهران» علاوه بر مدل بهینه تاب‌آوری، دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مراکز درمانی که نقش بسیار حیاتی در افزایش تاب‌آوری منطقه در برابر زلزله با رویکرد آینده‌پژوهی دارد، محدوده تحت پوشش و عملکرد مطلوب مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. کاهش سازگاری تاب‌آوری شهری در آینده، ممکن است ابزاری جهانی برای ردیابی پیشرفت شهرها به سمت توسعه تاب‌آور آب و هوا و افزایش جاه‌طلبی و تقویت اقدامات ارائه دهد (پلینگ و همکاران، ۲۰۲۴).

براساس بررسی پژوهش‌ها و استانداردهای جهانی، حداکثر زمان پاسخ به کنترل حریق و حوادث ۵ دقیقه است. بنابراین هر کدام اعزام از ایستگاه‌های آتش‌نشانی از زمان اعلام حریق و حوادث تا رسیدن آتش‌نشانیان به محل حادثه (در محدوده تحت پوشش)، نباید بیش از ۵ دقیقه طول بکشد. بنابراین پراکندگی و جانمایی مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر از مهم‌ترین موارد ضروری و کلیدی در کلان‌شهرها جهت کاهش زمان سفر است (آیشم و همکاران، ۱۴۰۲).

1. Resilience



تجزیه و تحلیل تاب آوری زیرساخت‌های حمل و نقل برای حمایت از برنامه‌ریزی و طراحی و همچنین مدیریت کارآمد متمرکز هستند. به عنوان یک بررسی جامع، این پژوهش معیارهای مختلفی را برای ارزیابی تاب آوری با بحث در مورد چالش‌های اساسی ناشی از عدم قطعیت‌ها و وابستگی‌های متقابل، پوشش می‌دهد (سان و همکاران، ۲۰۲۰).

پژوهش لویی و همکاران (۲۰۱۹) براساس تحلیل عمیق خطر تاب آوری در بلایا، ضریب سازگاری ساختار صنعتی و اشتغال و نرخ رشد سرانه تولید ناخالص داخلی را از دیدگاه اجتماعی اقتصادی برای سنجش تاب آوری در برابر بلایا بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد تأثیر «اثر پس از زلزله» بر تاب آوری در برابر بلایا به طور قابل توجهی در طول زمان کاهش می‌یابد و شدت لرزه‌ای و پیچیدگی توپوگرافی، عوامل داخلی مهمی هستند که بهبود تاب آوری در بلایا را محدود می‌کنند. این پژوهش یک سناریوی کاربردی گسترده‌تر برای مفهوم تاب آوری، به ویژه در مدیریت ریسک یکپارچه و فرایند بازسازی پس از زلزله ارائه می‌کند.

پژوهش سرشته‌داری و همکاران (۲۰۲۲) زمان پاسخ آتش‌نشانی به مکان‌های دچار آتش‌سوزی شده پس از زلزله را بررسی می‌کند و چارچوبی را برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در یک جامعه با در نظر گرفتن احتمال حریق و تأخیرهای بالقوه در پاسخ آتش‌نشانی پیشنهاد می‌کند. تأخیرها به عنوان تابعی از آسیب پل و راه‌های مسدود شده به دلیل آوار ساختمان محاسبه می‌شود. عدم قطعیت در عملکرد پل و تجمع زباله در تجزیه و تحلیل گنجانده شده است. این چارچوب برای یک مطالعه موردی اعمال می‌شود تا نشان دهد چگونه کار پیشنهادی می‌تواند برای برنامه‌ریزی منابع آتش‌نشانی و به حداقل رساندن تلفات ناشی از آتش‌سوزی‌های پس از زلزله استفاده شود. سنجش تاب آوری مناطق زلزله‌زده در اولویت برای علم پیشگیری و کاهش بلایا است. این پژوهش براساس تحلیل عمیق، خطر تاب آوری در بلایا، ضریب سازگاری ساختار صنعتی و اشتغال و نرخ رشد سرانه تولید ناخالص داخلی را از دیدگاه اجتماعی اقتصادی برای اندازه‌گیری تاب آوری در برابر بلایا می‌سنجد (لیو و همکاران، ۲۰۱۹).

تاب آوری نوظهورترین مفهوم برای کاهش خسارات مربوط به فاجعه است. ارزیابی تاب آوری زیرساخت ویژگی‌های کلیدی را در تمام مراحل، یعنی قبل، حین و بعد از فاجعه ارائه می‌کند. اگر این ویژگی‌ها به درستی مورد توجه قرار گیرند، تقویت تاب آوری زیرساختی آسان می‌شود. میراث فرهنگی جوامع را به گذشته متصل می‌کند و سهمی برابر در توسعه اقتصادی دارد. در این پژوهش، روش‌های گذشته به تمرکز بر تاب آوری سیستم زیرساخت به طور انتقادی بررسی شده‌اند و یک رویکرد تحلیلی برای مقابله با مفهوم تاب آوری از طریق بعد اقتصادی و حفاظت از میراث فرهنگی پیشنهاد شده‌اند (کامران، ۲۰۲۲).

نتایج حاصل از پژوهش مکان‌یابی بهینه گسترش کالبدی شهر سردشت نشان می‌دهد بر مبنای نقشه همپوشانی به دست آمده که حاصل مدل‌های فازی و فرایند تحلیل شبکه‌ای^۲ (ANP) است، بهترین اراضی جهت توسعه آتی شهر سردشت باتوجه به موقعیت مکانی شهر به صورت پراکنده در قسمت‌های جنوب، جنوب غربی، شمال شرقی و غرب قرار گرفته است (یزدانی و همکاران، ۲۰۲۴). مطالعه تاب آوری شهرها در مقابل زلزله از الزامات برنامه‌ریزی کاهش خسارات جانی و مالی زلزله در شهرهاست. تاب آوری تعاریف گوناگونی دارد و مدلی جامع به منظور محاسبه کمی آن وجود ندارد. تنها یک راهکار فنی یا اجتماعی نمی‌تواند ضامن موفقیت طرح‌های بهبود تاب آوری شهری باشد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۹).

با آنکه پژوهش‌های بسیاری در حوزه بحث تاب آوری اجتماعی انجام پذیرفته است، اما هنوز زوایای دقیق نحوه کنشگری یک جامعه محلی در مواجهه با شرایط بحران و نیز نحوه تأثیر آنچه از ادبیات علمی به عنوان شاخص‌های تاب آوری اجتماعی شناخته می‌شود، روشن نیست. به نظر می‌رسد انجام پژوهش‌های عمیق با رویکرد کیفی و پدیدارشناسانه در مقیاس محلی بتواند درک عمیق‌تری از ابعاد و لایه‌های تاب آوری یک اجتماع محلی به دست دهد (روستا و همکاران، ۱۴۰۳). فرونشست زمین پتانسیل ایجاد یک فاجعه عظیم انسانی را دارد و در صورت وقوع آن، زمین‌های کشاورزی، بافت شهرها، شریان‌های حیاتی و بسیاری از جنبه‌های زیست‌محیطی را در معرض آسیب‌پذیری شدید قرار خواهد داد (رضایی و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی با عنوان «ارائه راهبردهای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی شهر کرمانشاه از زلزله» به ارائه راهبردهای کاهش آسیب‌پذیری کالبدی شهر کرمانشاه از زلزله، ارائه مدل‌های کاهش آسیب‌پذیری از زلزله با استفاده از اصول برنامه‌ریزی شهری و به کارگیری مدیریت بحران شهری، جهت ارائه راهبردها و برنامه‌های عملیاتی به منظور ارتقای تاب آوری و کاهش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه از زلزله پرداخته شد (حمیدی، ۱۴۰۲).

نصیری هنده‌خاله و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی به مکان‌یابی پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی شهر کرج با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. براساس یافته‌های این پژوهش و پس از ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی^۳ (GIS) نقشه مکان‌یابی پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی شهر کرج در ۵ سطح طبقه‌بندی شد. زیرساخت‌های حمل و نقل، نقش مهمی در حمایت از اقتصاد ملی و رفاه اجتماعی ایفا می‌کند. رویدادهای شدید، آسیب‌های فیزیکی وحشتناکی را به زیرساخت‌های حمل و نقل همراه با اثرات اجتماعی و اقتصادی درازمدت وارد کرده است. تعداد فزاینده‌ای از مطالعات بر

2. Analytical Network Process

3. Geographic Information System (GIS)



شدت حادثه در زمان وقوع سیل می‌شوند (ابراهیمی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). عدم آمادگی در راستای مواجهه و رویارویی با بحران منجر به افزایش تلفات انسانی و مادی و زمان‌بر شدن فرایند بازگشت جوامع انسانی به شرایط پیش از وقوع بحران خواهد شد. باتوجه‌به اینکه از اصلی‌ترین نیازهای فرد آسیب‌دیده ناشی از بحران، دستیابی به یک سرپناه و دریافت خدمات اولیه در ساعات ابتدایی وقوع بحران است، پایگاه‌های پشتیبان مدیریت بحران، می‌توانند در راستای امدادرسانی به بازماندگان مؤثر واقع شوند (صادقی‌پور و همکاران، ۱۴۰۲).

توجه به مقیاس و ابعاد بافت فرسوده از بُعد تاب‌آوری در برابر آتش‌سوزی رویکردی لازم و ضروری است، بنابراین رعایت حریم مناسب تصرف‌ها از امکان پرخطر، مانند پمپ بنزین و گاز، تعریض و اصلاح معابر در برخی نواحی، به‌خصوص نواحی با تراکم جمعیتی بالا و دارای بافت فرسوده و احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید می‌تواند باعث افزایش تاب‌آوری در منطقه شود (خیردست و همکاران، ۱۴۰۳ الف). عوامل متعددی، ازجمله عدم توجه مدیران به مسائل ایمنی و تصمیمات اتخاذشده در این زمینه و همچنین بی‌توجهی به ریسک‌ها و مخاطرات موجود، باعث کاهش تاب‌آوری می‌شود (خیردست و همکاران، ۱۴۰۳ ب).

روش

هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی محدوده عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۲۰ شهر تهران با استفاده از سامانه (GIS) است. ماهیت این تحقیق از نوع علمی‌پژوهشی و روش این مطالعه، کاربردی مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی، نظیر تهیه پرسش‌نامه محقق‌ساخته است. در پژوهش حاضر جهت ارزیابی وضعیت تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی محدوده عملیاتی ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۲۰ شهرداری تهران از ۳ معیار، ۷ زیرمعیار و ۲۱ شاخص طبق جدول شماره ۱ استفاده شده است. با عنایت اینکه بعضی از معیارها و زیرمعیارها نسبت به سایر معیارها ارجحیت دارند و نقش بسزایی در تاب‌آوری زیرساختی و کالبدی منطقه مورد مطالعه داشتند، پرسش‌نامه‌ای برای وزن‌دهی و تعیین اهمیت نسبی هر کدام از معیارها گردآوری شد و در میان کارشناسان و خبرگان سازمان آتش‌نشانی تهران توزیع و تکمیل شد. در پژوهش حاضر و در فرایند تحلیل تاب‌آوری ایستگاه‌های آتش‌نشانی، اولین گام گردآوری داده‌های موردنیاز از منطقه مورد مطالعه بود.

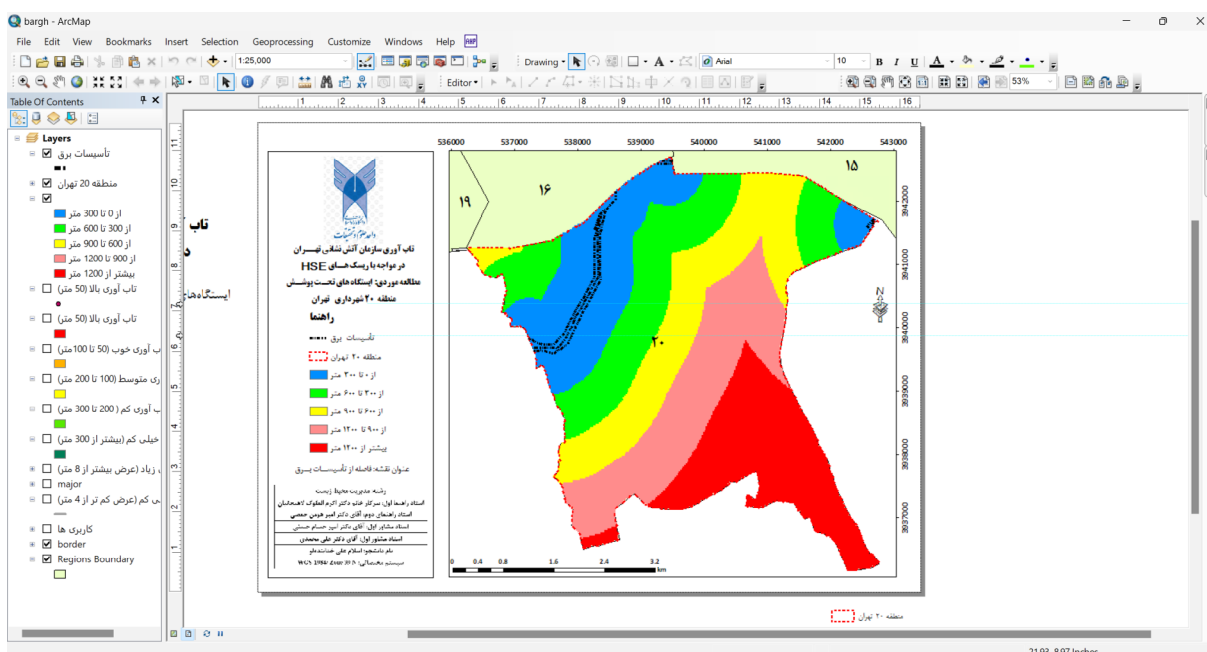
این داده‌ها می‌تواند شامل اطلاعات جغرافیایی، مانند موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و شبکه راه‌ها و داده‌های مرتبط با ویژگی‌های محیطی و جمعیتی باشد. جمع‌آوری شیپ‌فایل داده‌های موردنیاز پس از اخذ مجوزهای لازم توسط واحد فناوری و اطلاعات شهرداری منطقه ۲۰ و واحد GIS سازمان آتش‌نشانی تهران جهت

پژوهش ساتی و همکاران (۲۰۲۱)، یک روش جدید ارزیابی ریسک لرزه‌ای را در سطح ناحیه محلی پیشنهاد می‌کند. به‌طور خلاصه، یافته‌های پژوهش به‌عنوان پایه‌ای برای کاهش آسیب‌پذیری کشور در برابر بلایا عمل می‌کند. روابط بین وضعیت فعلی و آینده توسعه و تاب‌آوری هم‌تراز (همسو یا احتمالی) و هم در تضاد (مقابل یا محدود) شکل‌دهنده استراتژی برای تنظیم سیاست است. کاهش و سازگاری در آینده، تاب‌آوری شهری ممکن است ابزاری جهانی برای ردیابی پیشرفت شهرها به سمت توسعه تاب‌آور آب‌وهوا و با انجام این کار، افزایش جاه‌طلبی و تقویت اقدامات ارائه دهد (پلینگ و همکاران، ۲۰۲۴).

پژوهش رحیمی و همکاران (۲۰۲۴)، برای اولین بار به دنبال تعیین تاب‌آوری کالبدی عملکردی در مرکز شهر اصفهان از نظر تحمل زلزله فرضی بود. براین اساس این پژوهش می‌تواند به پژوهشگران علوم شهری، سرمایه‌گذاران، مدیران شهری و سازمان‌های محلی و ملی کمک کند تا مناطق تاب‌آور را شناسایی کرده و بر رفع نقاط ضعف عمده آن‌ها تمرکز کرده و از تلفات جانی، مالی و منابع مختلف شهری در اثر زلزله جلوگیری کنند. یکی از اهداف مهم برنامه‌ریزی شهری، کاهش میزان آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌ها در برابر بحران است. شبکه ارتباطی و مسیرهای دسترسی شهری یکی از فاکتورهای مهم در کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر در مواجهه با حوادث است (معصومی و همکاران، ۱۴۰۰).

سیستم‌های واکنش اضطراری سنتی بیشتر براساس مکانیسم‌های سنتی و فاقد فناوری مدرن، مانند اینترنت اشیا و یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی عمل می‌کنند. به همین دلیل، این سیستم‌ها ممکن است با مشکلاتی همچون تأخیر در اعزام کارکنان اورژانس به محل حادثه و کمبود اطلاعات دقیق و سریع از بیمار مواجه شوند. فناوری‌های مدرن، مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امکان پاسخ سریع‌تر و کارآمدتر به بحران‌ها را فراهم می‌کنند و به سازمان‌های ذی‌ربط، ازجمله سازمان مدیریت بحران کمک می‌کنند تا تصمیمات بهتری برای تخصیص منابع در شرایط اضطراری بگیرند و عملکرد کلی خود را بهبود بخشند (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۳). در کشورهای در حال توسعه همچون ایران که زیرساخت‌های شهری هنوز در حال احداث است، ضرورت توجه به پدافند غیرعامل شهری برای کاهش حجم خسارات بیشتر مورد توجه است. به کارگیری اصول و راهبردهای عملیاتی دفاعی غیرعامل با تأکید بر اصل هم‌جواری برای مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری ضروری است (حجاریان، ۱۴۰۳).

براساس بررسی تاریخیچه سیلاب‌ها، آسیب‌پذیری ناشی از وقوع سیلاب به دلایل مختلفی از جمله نبود شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی، ساخت‌وساز غیرمجاز در حریم رودخانه و محدودیت‌های معابر و شبکه ارتباطی است که باعث افزایش



تصویر ۱. محیط نرم افزار Arc GIS

کوکران استفاده شد. وزن عوامل با استفاده از نرم افزار Expert Choice نسخه ۱۱ محاسبه شد و همچنین میزان نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها محاسبه شد و ضریب ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به دست آمد.

فرمول کوکران جهت تعیین حجم نمونه (فرمول شماره ۱):

$$1. n = \frac{NZ^2Pq}{Nd^2 + Z^2Pq} = (25 \times 3.84 \times 0.5 / 25 \times 0.05 + 1/92) \Rightarrow n = 15$$

جهت تعیین روایی پرسش‌نامه نسبت روایی محتوایی^۴ (CVR) براساس نظر ۲۵ نفر از خبرگان محاسبه شد. هریک از سؤالات در قالب طیف لیکرت (سؤال ضروری است، سؤال مفید است ولی ضروری نیست و سؤال ضرورتی ندارد) ارزیابی شد و سؤالاتی را که مقدار شاخص CVR آن‌ها کمتر از حد مجاز بود حذف شد. مقدار روایی پرسش‌نامه ۰/۴۹ محاسبه شد.

تعیین روایی پرسش‌نامه با استفاده از فرمول شماره ۲ انجام شده است.

$$2. CVR = \frac{ne - N/2}{N/2} = 0.49$$

برای سنجش پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ و نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. همچنین جهت تعیین اهمیت و برتری هر کدام از پارامترها از دامنه امتیازی ۱ تا ۹ و از شاخص‌های جدول شماره ۲ استفاده شد.

تحلیل تاب‌آوری صورت گرفت و پس از جمع‌آوری، این داده‌ها به فرمت مناسب برای پردازش در GIS تبدیل و به سیستم وارد شد. برای استفاده بهینه، تمامی اطلاعات ورودی استانداردسازی شدند تا هماهنگی لازم برای تحلیل برقرار شود. ابتدا با لایه‌سازی برای هریک از معیارهای اصلی و زیرمعیارها در ۴ بعد ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شریان‌های حیاتی، مراکز امدادی و نظامی، تصرفات و کالبد شهری، با استفاده از اوزان حاصل از فرایند سلسله‌مراتبی در محیط Arc GIS نسخه ۱۰/۶ (تصویر شماره ۱) و روی هم‌گذاری لایه‌ها، نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ۲۰ تهیه شد. پس از تکمیل نقشه نهایی تاب‌آوری منطقه ۲۰ شهرداری تهران، با استفاده از وزن‌دهی به هریک از معیارهای تأثیرگذار در تاب‌آوری منطقه و همچنین با به‌کارگیری روش طوفان فکری در بین خبرگان، معیارها و شاخص‌های مؤثر در تقویت و افزایش تاب‌آوری ایستگاه‌های آتش‌نشانی محدوده تحت پوشش منطقه ۲۰ تهران استخراج شد. برای تعیین مؤثرترین شاخص‌ها با رویکرد ارزیابی تاب‌آوری مکانی، از نرم افزار Arc Map استفاده شده است.

داده‌های به‌کاررفته براساس معیارهای مؤثر در ارزیابی تاب‌آوری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد ارزیابی قرار گرفته است. با ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی و اعمال ضرایب مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، درجه‌بندی شاخص‌ها مشخص شد و ۱۵ پرسش‌نامه در اختیار خبرگان آتش‌نشانی و حوزه مدیریت بحران قرار گرفت. روش انجام پژوهش کاربردی بوده و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل ارزیابی سلسله‌مراتبی و نرم افزار Arc GIS استانداردسازی شده است. روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی ساده بود و برای تعیین حجم نمونه از فرمول

4. Content Validity Ratio (CVR)



جدول ۱. معیارهای بررسی تاب‌آوری مکانی محدوده تحت پوشش منطقه ۰۲ شهر تهران (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

هدف	معیار	زیر معیار	شاخص‌ها	میزان یا فاصله	منبع
بررسی وضعیت تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی ایستگاه‌های آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه ۰۲ شهر تهران با استفاده از سامانه GIS	تاب‌آوری زیرساختی (Z)	ایستگاه‌های آتش‌نشانی	تعداد و محدوده ایستگاه‌های آتش‌نشانی	هر ۵ کیلومتر یک ایستگاه	
			تعداد پرسنل	۳۶ نفر برای ایستگاه تک‌منظوره	NFPA 1221
			تعداد خودروها و تجهیزات	۵ دستگاه سبک و سنگین	NFPA 6430
			تعداد هیدرانت	۱۵۰ متر	
	شریان‌های حیاتی (Z2)		جمعیت	به ازای هر ۵۰ هزار نفر ۱ ایستگاه	
			معايير (بزرگراه، خیابان و کوچه)	۵۰-۱۰۰ متر	مقیمی و همکاران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱۳۹۸
			انتقال نیرو	۵۰ الی ۹۰۰ متر	
			گاز	۰ الی بیش از ۱۲۰۰ متر	
	مراکز امدادی و نظامی (Z3)	مراکز امدادی و نظامی	مراکز بهداشتی و درمانی	هرچه بیشتر بهتر	NFPA 1037
			مراکز نظامی و انتظامی	هرچه بیشتر بهتر	LSP2017
	تاب‌آوری کالبدی (K)	تصرفات	اماکن کم‌خطر	۳۰۰ متر	
			اماکن میان‌خطر		کازمی‌نیا، ۱۳۹۸
			اماکن پرخطر	۱۰۰۰-۴۰۰ متر	
			بافت فرسوده		LSP2017
	کالبد شهری (K2)	کالبد شهری	ابنیه تاریخی و فرهنگی		NFPA1720
			پل‌ها	هرچه بیشتر بهتر	NFPA 1402
			شیب	۲-۶ درصد	(قدیری و طهرانچی، ۱۳۹۹)
			قنوات	۱۰۰۰ متر	SOP6
	تاب‌آوری زیست‌محیطی (M)	پایداری محیط زیستی	گسل	۳ الی ۹ کیلومتر	NFPA 1901
			فضای سبز معابر اختصاصی		قوچانی و همکاران، ۱۳۹۵
			فضای سبز معابر عمومی	صفر الی بیش از ۱۵۰۰ متر	NFPA 1852

سنجش پایایی پرسش‌نامه با استفاده فرمول شماره ۳ انجام شد.

$$3. \alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right) = 0.82$$

شناسایی و ارزیابی عوامل تاب‌آوری کالبدی منطقه مورد مطالعه

شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی

در سال‌های اخیر در سطح جهانی تغییرات زیادی در نگرش به مخاطرات رخ داده است؛ به‌طور کلی دیدگاه از کاهش آسیب‌پذیری، به افزایش تاب‌آوری شهرها در مواجهه با حوادث تغییر پیدا کرده است. باتوجه‌به غیرمنتظره بودن حوادث طبیعی و انسان‌ساخت و غیرقابل‌پیش‌بینی بودن آن، تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی می‌تواند به‌عنوان توانایی تطابق و سازش سیستم‌ها در برابر شوک‌ها، بدون از دست رفتن سیستم در زمان وقوع حوادث مطرح شود. از دیدگاه تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی، قبل از وقوع حوادث، برنامه‌های پیشگیرانه و کاهش اثر حوادث جهت



جدول ۲. درجه‌بندی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

درجه‌بندی عوامل تاب‌آوری مکانی	۱	۳	۵	۷	۹
توضیحات	تاب‌آوری خیلی کم	تاب‌آوری کم	تاب‌آوری متوسط	تاب‌آوری زیاد	تاب‌آوری خیلی زیاد

تقویت ویژگی‌های سیستم تاب‌آور باید پیاده‌سازی شود. باتوجه‌به این دیدگاه، تقویت تاب‌آوری زیرساختی و کالبدی شهری در مواجهه با حوادث برای نیل به اهداف توسعه پایدار شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش ۲ زیرمعیار تصرفات (شامل اماکن کم، میان و پر خطر) و کالبد شهری (شامل بافت فرسوده، ابنیه تاریخی و فرهنگی، پل‌ها) طبق **جدول شماره ۱** مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زیرساختی

جهت بررسی عوامل موجود در زیرساخت‌های تأسیسات شهری منطقه ۲۰، باید سازمان‌های موازی درگیر در مدیریت بحران مورد بررسی قرار بگیرند. بنابراین با بررسی مدارک و مستندات موجود و رعایت الزامات و استانداردهای شهرسازی می‌توان به این مهم دست یافت. از دیدگاه تاب‌آوری، تأسیسات شهری یکی از عوامل کلیدی زیرساخت است. در پژوهش حاضر هریک از طبقات عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زیرساختی مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شریان‌های حیاتی و مراکز امدادی و نظامی بین ۱ تا ۹ طبق **جدول شماره ۲** درجه‌بندی شدند. عدد ۱ نشان‌دهنده تاب‌آوری خیلی کم و عدد ۹ نشان‌دهنده تاب‌آوری خیلی زیاد است. پس از طبقه‌بندی لایه‌های مکانی، هرکدام از عوامل مکانی و وزن‌های هرکدام از آن‌ها با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی در سامانه GIS روی‌هم‌گذاری شدند. شاخص‌های موردبررسی در این گام از پژوهش، شامل تعداد و محدوده ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تعداد پرسنل، تعداد خودروها و تجهیزات، ایستگاه‌های گاز، مراکز بهداشتی و درمانی، مراکز نظامی و انتظامی، تعداد هیدرانت (شیرهای آتش‌نشانی)، جمعیت، معابر (بزرگراه، خیابان و کوچه) و خطوط انتقال نیرو بودند. میزان و تعداد هرکدام از شاخص‌ها طبق **جدول شماره ۱** و استانداردهای موجود مشخص شده است.

شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زیست‌محیطی

وقوع بیش از صدها نوع آتش‌سوزی (کوچک و بزرگ) در بین ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه مورد مطالعه، بیانگر این موضوع است که منطقه ۲۰ از نظر وقوع آتش‌سوزی‌ها از آمار بالایی برخوردار است که در نتیجه باعث ایجاد خسارت‌های جانی، مالی و آلودگی‌های زیست‌محیطی زیادی برای ساکنین منطقه می‌شود. جهت بررسی تهدیدهای زیست‌محیطی، این عامل مورد وزن‌دهی قرار گرفت. با به‌کارگیری روش‌های صحیح

و درست مدیریت آتش‌سوزی‌های فضای سبز (معايير اختصاصی و عمومی) و پرداختن به مقوله ایمنی و پیشگیری می‌توان در راستای حفاظت از محیط زیست شهری و کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از حریق و حوادث گام مؤثری در منطقه برداشت. از مهم‌ترین برنامه‌های مدیریت زیست‌محیطی بررسی چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از حریق و حوادث است که باعث آلودگی هوا، خاک و آب بر اثر آتش‌سوزی‌های عمدی و غیرعمدی می‌شود.

در پژوهش حاضر هریک از طبقات عوامل مؤثر بر تاب‌آوری مکانی، طبق **جدول شماره ۲**، براساس اعداد ۱ تا ۹ درجه‌بندی شدند. عدد ۱ نشان‌دهنده تاب‌آوری خیلی کم و عدد ۹ نشان‌دهنده تاب‌آوری خیلی زیاد است. پس از طبقه‌بندی لایه‌های مکانی هرکدام از عوامل مکانی و وزن‌های هرکدام از آن‌ها با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی در سامانه Arc GIS روی‌هم‌گذاری شدند.

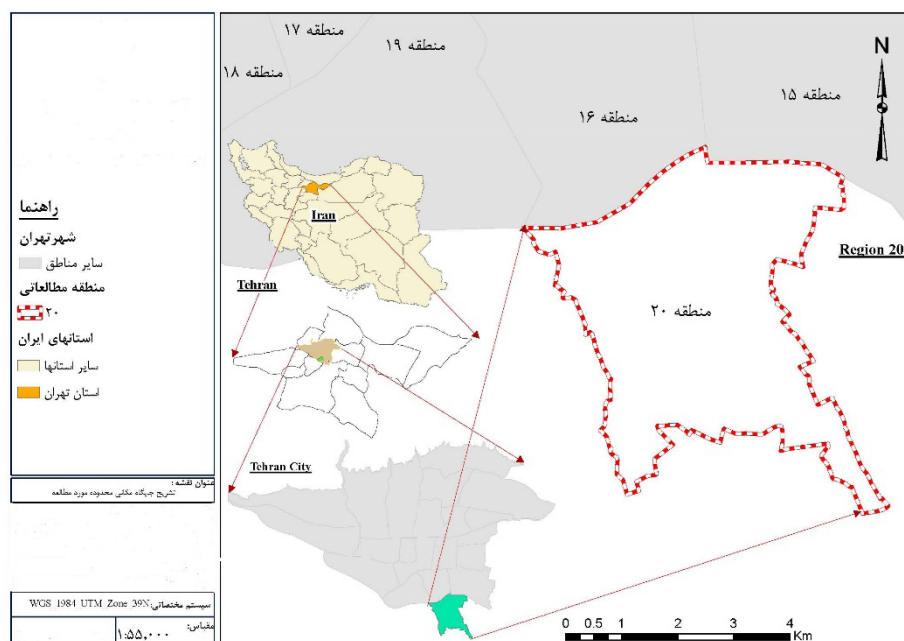
یافته‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه ۲۰ (شهری) جنوبی‌ترین منطقه شهری شهرداری تهران است و دارای ۵ ناحیه داخل محدوده و ۲ ناحیه خارج از محدوده و ۲۲ محله است. منطقه ۲۰ تهران از لحاظ موقعیت شهری در جنوب شهر تهران قرار داشته و با مناطق ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۱۶ هم‌جوار است. این منطقه با احتساب حریم ۱۸۶ کیلومتر مربع مساحت دارد و ۵ ناحیه در داخل حریم و ۲ ناحیه در خارج از حریم تشکیل شده است و تقریباً ۴۵۳ هزار نفر جمعیت دارد. **تصویر شماره ۲** محدوده منطقه ۲۰ شهرداری تهران را نشان می‌دهد.

یافته‌های حاصل از معیار تاب‌آوری زیرساختی

مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر بررسی تاب‌آوری زیرساختی و کالبدی در منطقه ۲۰ تهران از نظر ایمنی و آتش‌نشانی است که با استفاده از معیارها و استانداردها تعیین می‌شود. تعیین تاب‌آوری زیرساختی به عوامل مختلفی بستگی دارد. بنابراین با در نظر گرفتن مختصات جغرافیایی منطقه ۲۰ می‌توان عوامل مؤثر در آن را تعیین کرد. در پژوهش حاضر برای تعیین تاب‌آوری، یکی از معیارهای بررسی‌شده از نوع زیرساختی است که خود دارای ۳ زیر معیار شامل ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شریان‌های حیاتی و مراکز



تصویر ۲. محدوده منطقه ۰۲ شهرداری تهران، محدوده مطالعاتی (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

امدادی و نظامی است. در ادامه به ترتیب به تفسیر یافته‌ها پرداخته شده است.

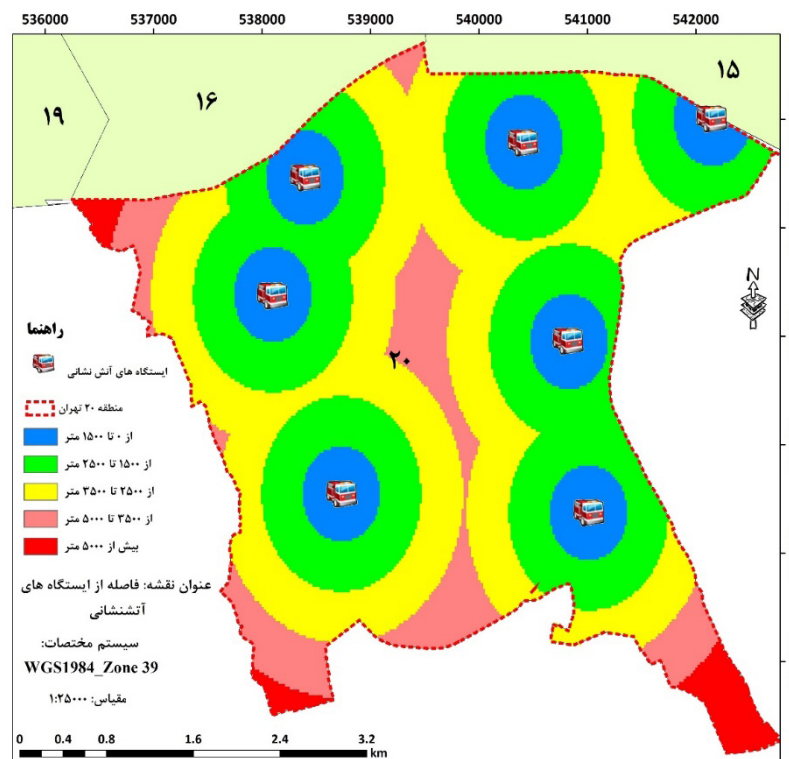
دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی

ساختمان‌ها و ایستگاه‌های آتش‌نشانی به اندازه هر ساختمان عمومی و امدادی دیگری دارای اهمیت فراوان است. ایستگاه‌های آتش‌نشانی محل استقرار و جانمایی خودروهای سبک و سنگین عملیاتی آتش‌نشانی (حریق، نجات و پشتیبانی)، از جمله مراکز بسیار مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند که نقش بسیار مهمی در امر تأمین ایمنی شهروندان برعهده دارند. جانمایی و مکان‌یابی مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت روزافزون امر ایمنی در شهرها و همچنین دسترسی آتش‌نشانان به محل حریق و حادثه در کمترین زمان ممکن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. دسترسی مناسب و سریع نیروهای امدادی مستقر در ایستگاه‌های آتش‌نشانی به محل حادثه نیز به عنوان یک فاکتور بسیار مهم در امداد رسانی به شهروندان تلقی می‌شود و افزایش فاصله تصرفات (نوع کاربری) و محل وقوع حریق و حوادث با ایستگاه‌های آتش‌نشانی، زمان رسیدن به محل حادثه را افزایش و سرعت امداد و نجات را کاهش می‌دهد. در منطقه ۲۰ شهرداری تهران، ۷ ایستگاه آتش‌نشانی در نقاط مختلف جانمایی شده است. وجود این تعداد از ایستگاه‌ها برای تعیین تاب‌آوری لازم است، ولی کافی نیست. تعیین نقاط تاب‌آور در منطقه مطالعاتی باید در محل یا منطقه‌ای باشد که به ایستگاه‌های آتش‌نشانی نزدیک باشد تا امداد رسانی در صورت بروز حریق و حوادث در کمترین زمان ممکن صورت گیرد. بنابراین در این تحقیق برای تاب‌آور کردن

منطقه در برابر حریق و حوادث، مراکز آتش‌نشانی موجود منطقه به لحاظ قرارگیری مکانی و شعاع عملکرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از این رو براساس موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه، فاصله اقلیدسی نسبت به ایستگاه‌ها محاسبه شده است. یافته‌های پژوهش در این گام حاکی از آن است که فاصله تا ۱۵۰۰ متر از ایستگاه‌ها تاب‌آوری بالا، از ۱۵۰۰ الی ۲۵۰۰ متر تاب‌آوری خوب، از ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر تاب‌آوری مطلوب، از ۳۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر تاب‌آوری متوسط و از ۵۰۰۰ متر بیشتر، تاب‌آوری نامطلوب را نشان می‌دهد. براساس رابطه مسافت، یک خودروی آتش‌نشانی در ۵ دقیقه^۵، حداکثر ۲/۹ کیلومتر مسافت را در معابر شهری با وجود موانع در طول مسیر دسترسی و در شرایطی که تردد در وضعیت عادی و نرمال باشد، می‌تواند طی کند.

در شرایط تشدید اوضاع، به‌ویژه در شرایط اضطرار و وقوع حوادثی که منجر به آسیب به شبکه ارتباطی شده‌اند و یا در شرایطی که وقوع حادثه باعث نتیجه مسدود شدن مسیرهای دسترسی و ترافیک سنگین شده است خودروی آتش‌نشانی چنین مسافتی را نمی‌تواند طی کند. بنابراین در پژوهش حاضر، به لحاظ اینکه بررسی تاب‌آوری منطقه مورد مطالعه، در شرایط اضطرار مدنظر است، حداکثر مسافت طی شده توسط خودروهای سنگین عملیاتی آتش‌نشانی حدود ۱۵۰۰ متر پیش‌بینی شده است. در واقع محدوده تحت پوشش هر ایستگاه (محدوده عملیاتی)، ۱۵۰۰ متر، یعنی نیمی از شعاع تحت پوشش در وضعیت عادی و معمولی (بدون

۵. ایستگاه‌های آتش‌نشانی با پوشش مناسب در فاصله زمانی کمتر از ۵ دقیقه می‌توانند از شدت حوادث و خسارات مالی و جانی به شدت بکاهند، چراکه آتش‌سوزی در این فاصله زمانی قابلیت کنترل بیشتری دارد (مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸:۱۴۰).



تصویر ۳. شعاع عملکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی تحت پوشش منطقه ۲۰ (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

وقوع حادثه) در نظر گرفته شده است (تصویر شماره ۳).

هیدرانت (شیرهای آتش‌نشانی)

شیر هیدرانت آتش‌نشانی، به‌عنوان یکی از عناصر حیاتی سیستم اطفای حریق شهری، نقشی اساسی در حفظ ایمنی شهر ایفا می‌کند. این شیرهای آتش‌نشانی که به شبکه اصلی آب شهری متصل هستند، در مواقع بحرانی، مانند آتش‌سوزی، به‌عنوان منبعی مطمئن و سریع برای تأمین آب موردنیاز آتش‌نشانان عمل می‌کنند. با طراحی خاص و جنس مقاوم، شیرهای هیدرانت در برابر شرایط سخت محیطی (نشست‌ها و یا شکست) مقاومت کرده و در هر زمان آماده تأمین آب هستند. نصب این شیرها در مکان‌های استراتژیک و عمومی، به آتش‌نشانان این امکان را می‌دهد تا در کمترین زمان ممکن به منبع آب دسترسی پیدا کرده و عملیات اطفای حریق را آغاز کنند. بررسی وضعیت پراکندگی شیرهای هیدرانت منطقه ۲۰ باتوجه به تراکم، نوع تصرفات و عرض معابر و مسیرهای دسترسی خودروهای آتش‌نشانی انجام شد. فواصل تعیین‌شده در ۵ گروه (۵۰ متر، تاب‌آوری بالا به رنگ قرمز و بیش از ۳۰۰ متر، تاب‌آوری کم با رنگ سبز تیره) در محیط Arc GIS لایه‌گذاری و مطلوبیت منطقه از نظر تاب‌آوری شیرهای آتش‌نشانی استخراج شد.

با توجه به تصویر شماره ۳ و تعیین فاصله اقلیدسی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مشاهده می‌شود که ایستگاه ۸۲ خارج از محدوده مورد مطالعه است و همچنین موقعیت ایستگاه ۷۹ به دلیل عدم دسترسی مناسب به معابر اصلی و اتوبان امام علی (ع) باعث کاهش تاب‌آوری عملیاتی منطقه شده است.

تراکم جمعیت

مفهوم تاب‌آوری به‌عنوان امری ضروری در بحث تراکم جمعیتی باید در نظر گرفته شود. اخیراً تأکید بر این است که چرا تاب‌آوری شهری متفاوت با پایداری شهری است. افزایش تراکم جمعیتی، پتانسیل آسیب‌پذیری شهرها را در برابر تهدیدات ناشی از بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت افزایش می‌دهد. بنابراین به‌منظور کاهش پیامدهای متصور این تهدیدات، می‌بایست برنامه‌ریزی و اقدامات مقابله‌ای متناسب پیش‌بینی شود. در پژوهش حاضر تراکم جمعیتی به‌ازای هر ۵۰ نفر در هر کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است. فواصل تعیین‌شده در ۹ گروه در محیط Arc GIS لایه‌گذاری و مطلوبیت منطقه از نظر تاب‌آوری تراکم جمعیتی استخراج شد. باتوجه به طیف رنگ‌های آبی تا سبز می‌توان عنوان کرد منطقه ۲۰ از نظر تراکم جمعیتی در نواحی یادشده از درجه مطلوبیت برخوردار است.



جدول ۳. تلفیق زیرمعیارهای تابآوری زیرساختی با اعمال ضرایب ماتریس PHA (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

نرخ ناسازگاری	لانداها	لاندهای ماتریس AHP	خروجی ضرب ماتریس W در ماتریس اولیه	ماتریس AHP	ایستگاه‌های آتش‌نشانی	شریان‌های حیاتی	مراکز امدادی و نظامی
	۳/۳۷	لاندهای ۱ ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۲/۳۴	ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۱	۵	۷
	۳/۰۶	لاندهای ۲ شریان‌های حیاتی	۰/۷۵	شریان‌های حیاتی	۰/۱۴	۱	۷
	۲/۸۷	لاندهای ۳ مراکز امدادی و نظامی	۰/۱۷	مراکز امدادی و نظامی	۰/۱۱	۰/۱۴	۱
۰/۰۹	لاندهای حداکثری	پارامترهایی که به آن‌ها ضریب اعمال می‌شود	ضرایب (w) AHP	مجموع	۱/۲۵	۶/۱۴	۱۵
	۳/۱۰۷	ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۰/۶۹	۲/۰۸	۰/۸	۰/۸۱	۰/۴۶
	شاخص ناسازگاری	شریان‌های حیاتی	۰/۳۴	۰/۷۴	۰/۱۱	۰/۱۶	-۰/۴۶
	۰/۰۵	مراکز امدادی و نظامی	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶
	شاخص ناسازگاری تصادفی	تست درستی محاسبات	۱	۳			
۰/۵۸							

نرخ ناسازگاری قابل قبول کمتر از ۰/۱ است

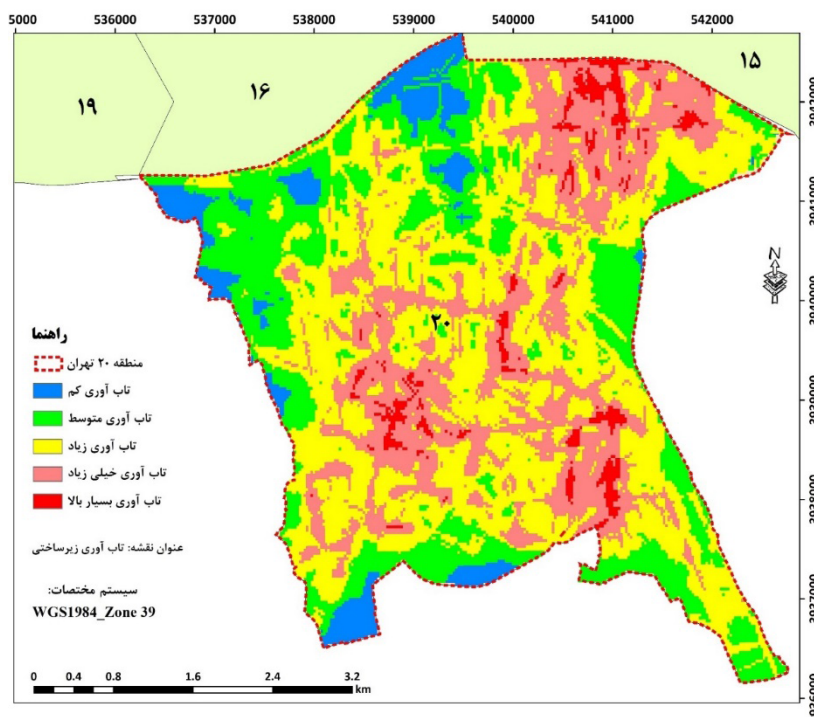
شریان‌های حیاتی

تعیین مناسب‌ترین و کوتاه‌ترین مسیر جهت رسیدن به افراد آسیب‌دیده در منطقه مورد مطالعه یک امر ضروری در تابآوری است. مسیرهای شبکه معابر منطقه براساس خیابان اصلی طراحی شدند. منطقه از نظر تابآوری باید در موقعیتی باشد که به مسیرهای مواصلاتی و تردد شهری و همچنین شریان‌های اصلی نزدیک باشد تا امداد رسانی به سرعت انجام گیرد. معابری که عمده‌تاً کمتر از ۶ متر عرض داشته باشد به عنوان بافت‌های فرسوده آسیب‌پذیر در برابر حریق و حوادث در نظر گرفته شدند و تردد خودروهای سنگین عملیاتی آتش‌نشانی در این معابر با کندی حرکت مواجه است و یا به دلیل پارک خودروها عملاً تردد امکان‌پذیر نیست و دسترسی نیروهای آتش‌نشانی به محل حریق و حادثه مختل است. همچنین وجود نقاط پرتراфик و یا مسدود شدن مسیرها به علت تنگ بودن معبر منجر به افزایش زمان سفر خودروهای عملیاتی آتش‌نشانی به محل حادثه و ناکارآمدی مسیرهای دسترسی بیشتر و کاهش میزان تابآوری منطقه می‌شود. از این رو براساس نقشه، فاصله اقلیدسی نسبت به نقاط مسیرهای اصلی در منطقه ۲۰ تهیه شد. از آنجایی که میزان نزدیکی به مسیرها و راه‌های ارتباطی و شریان‌های اصلی جهت تعیین تابآوری مهم است، باید یک بار دیگر نقشه را بازتولید و با امتیازدهی ۱ تا ۹ و وارونه‌سازی داده‌ها نتیجه مطلوب حاصل شود. امتیازدهی ۹ به معنای اهمیت مطلق برای تعیین نزدیک‌ترین

مسیر جهت رسیدن به محل حادثه است. جهت بررسی دقیق‌تر و استفاده از الگوریتم‌های مختلف برای تصمیم‌گیری بهتر از منطق فازی نیز استفاده شده است.

شبکه معابر (بزرگراه، خیابان و کوچه)

مسیرهای دسترسی و شبکه ارتباطی شهر، نقش مهمی در کاهش زمان رسیدن نیروهای امدادی به محل حادثه و در نتیجه افزایش تابآوری شهر در برابر حریق و حوادث را دارد. در صورتی که شبکه معابر از تابآوری مناسبی برخوردار باشد و کارایی خود را حفظ کند، می‌تواند تا حد زیادی از خسارات ناشی از حوادث را بکاهد. شبکه معابر و راه‌های ارتباطی پس از وقوع حوادث به عنوان مهم‌ترین فاکتور در دسترسی تیم‌های آتش‌نشانی به محل حادثه جهت انجام عملیات تخلیه، نجات و اطفای حریق و انتقال محبوسین احتمالی به فضاهای امن مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین در صورت مسدود شدن یکی از معابر اصلی یا حتی معابر فرعی، بر اثر تراфик یا تصادفات، آسیب‌های ناشی از حوادث چندین برابر می‌شود. بین عرض معابر و تراکم جمعیت، با افزایش آسیب‌پذیری ناشی از حوادث رابطه مستقیمی وجود دارد. به طوری که هرچه عرض معابر کمتر و تراکم جمعیت زیاد باشد، تردد و استقرار خودروهای سنگین عملیاتی، مانند نردبان هیدرولیکی و بالابر با مشکل مواجه می‌شود و آسیب‌پذیری ناشی از حوادث افزایش خواهد یافت.



تصویر ۴. تلفیق نقشه‌های تولیدشده در معیار تاب‌آوری زیرساختی (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

خطوط انتقال نیرو

وجود خطوط انتقال نیرو هم به‌عنوان یک عامل ناسازگار و خطرناک و هم به‌عنوان یک عامل سازگار در محاسبه تاب‌آوری به حساب می‌آید. با امتیازدهی این عامل از ۱ تا ۹ و عدم وارون‌سازی داده‌ها نتیجه مطلوب حاصل شد. این معیار در ۵ طبقه و از فواصل صفر تا بیش از ۱۲۰۰ متر طبقه‌بندی و تاب‌آوری آن‌ها محاسبه شد. نقاط آبی‌رنگ و سبزرنگ از درجه بسیار مطلوب و مطلوب از نظر فاصله خطوط انتقال نیرو در تاب‌آوری شناخته شدند.

خطوط انتقال گاز

خطوط انتقال گاز می‌تواند خطر بزرگی در منطقه، به‌ویژه در شرایط بحرانی همچون زلزله باشد. در صورت دور بودن منطقه از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز و خطوط مربوط به آن، تاب‌آوری افزایش می‌یابد، بنابراین فاصله اقلیدسی نسبت به فاصله از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز نیز محاسبه شد.

دسترسی به مراکز درمانی و نظامی

دسترسی به مراکز درمانی، بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها و پایگاه‌های اورژانس باعث افزایش تاب‌آوری در منطقه می‌شوند. وجود فاصله کم بین مراکز درمانی تا محل وقوع حادثه منجر به دسترسی سریع به مصدومین و سرعت بخشیدن به عملیات نجات می‌شود. بالعکس هرچه فاصله محل وقوع حریق و حادثه

تا مراکز درمانی بیشتر باشد، رهاسازی و نجات و همچنین انتقال مصدومین به مراکز درمانی زمان‌بر شده و اقدامات درمانی و مراقبتی به مخاطره می‌افتد. از طرف دیگر وجود مراکز نظامی به خاطر دارا بودن خطرات خاص باعث کاهش تاب‌آوری مکانی در منطقه می‌شوند. از این‌رو فاصله اقلیدسی نسبت به دسترسی به بیمارستان‌ها، مراکز درمانی و نظامی نیز مورد محاسبه قرار گرفته است. باتوجه به بررسی‌های صورت گرفته کاملاً مشخص است که جهت امداد رسانی و انتقال سریع مصدومین حوادث به مراکز درمانی و حضور سریع عوامل انتظامی جهت برقراری نظم و امنیت در محل حادثه و افزایش تاب‌آوری امنیتی، هرچه فاصله این اماکن کمتر باشد، تاب‌آوری بیشتر است. همان‌طور که در تصویر شماره ۳ مشاهده می‌شود، نقشه با امتیازدهی ۱ تا ۹ و وارون‌سازی داده‌ها تولید شد که این روش دارای بیش تخمینی بود و نمی‌توان به محاسبات آن جهت تصمیم‌گیری استناد کرد. به همین دلیل در زیرمعیار دسترسی به بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، به خروجی امتیازدهی فواصل اقلیدسی بسنده شده است.

در این معیار میزان مطلوبیت تاب‌آوری زیرساختی مورد بررسی قرار گرفت. در این ماتریس باتوجه به شرایط مکانی، مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شریان‌های حیاتی و مراکز نظامی و امدادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از تولید تک‌تک نقشه‌ها برای هر سه زیرمعیار به روش فواصل اقلیدسی، هر نقشه امتیازدهی شده به صورت رستری با اعمال ضرایب فرآیند تحلیل



اماکن پرخطر مانند پمپ بنزین، پمپ گاز و غیره به عنوان کاربری ناسازگار تلقی می شود و با داشتن خطرات خاص باعث کاهش تاب آوری مکانی می شوند. باتوجه به اینکه میزان فاصله از اماکن پرخطر (پمپ بنزین و غیره) جهت افزایش تاب آوری مهم است، با امتیازدهی ۱ تا ۹ به نتیجه مطلوب رسیده و نقشه تولید شد.

کالبد شهری

پل ها و معابر

شبکه (مسیرهای) دسترسی و ارتباطی، مهم ترین عامل در افزایش تاب آوری سازمان آتش نشانی در مواجهه با حریق و حوادث است. چنانچه مسیرهای دسترسی و معابر از تاب آوری مناسب برخوردار باشند و عملکرد خود را در زمان وقوع حوادث حفظ کنند باعث دسترسی سریع نیروهای امدادی به محل حادثه و کاهش خسارات و تلفات ناشی از حوادث می شوند. معابر بعد از وقوع حوادث، به عنوان شریان های حیاتی شهر در جهت دسترسی سریع خودروهای عملیاتی و تجهیزات امداد و نجات سازمان آتش نشانی به محل حادثه در کمترین زمان ممکن برای پاسخ به عملیات نجات، تخلیه، اطفاء و انتقال محبوسین و مصدومین احتمالی به محل امن هستند. بنابراین در صورت مسدود شدن یکی از جاده های اصلی یا حتی معابر فرعی، بر اثر تصادفات، آوار و یا زلزله، صدمات ناشی از حوادث چندین برابر می شود. تاب آوری رابطه معکوس با آسیب پذیری دارد و عوامل متعددی بر آن تأثیرگذار هستند. همچنین بین معابر و مسیرهای دسترسی و تراکم جمعیت، رابطه مستقیمی وجود دارد و بر تاب آوری منطقه مؤثر است؛ بنابراین هرچه عرض معابر کمتر (تنگ بودن معبر) و تراکم جمعیت در آن محدوده زیاد باشد، کاهش تاب آوری و در نهایت افزایش آسیب پذیری ناشی از حریق و حوادث را در پی خواهد داشت. **جدول شماره ۴ و تصویر شماره ۵** زیرمعیارهای تاب آوری کالبدی با اعمال ضرایب ماتریس AHP را نشان می دهد.

سلسله مراتبی^۶ (AHP) (جدول شماره ۳) با هم جمع شدند که نتیجه آن در تصویر شماره ۴ قابل مشاهده است. به این روش، تلفیق همپوشانی شاخص می گویند که نتیجه بسیار دقیقی برای معیار تاب آوری زیرساختی ارائه داده است.

معیار تاب آوری کالبدی

تصرفات

براساس بند ۴-۲-۱ در الزامات عمومی ساختمان در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان ایران، تصرف به معنی در اختیار گرفتن ساختمان یا بخشی از آن به منظور کار یا استفاده ای معین است. تصرفات ۹ گانه شامل مسکونی، حرفه ای / اداری، آموزشی / فرهنگی، درمانی / مراقبتی، تجمعی، کسبی / تجاری، صنعتی، انباری و مخاطره آمیز (اماکن پرخطر (تراکم مواد مشتعل بیش از ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع)، میان خطر (تراکم مواد مشتعل بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع) و کم خطر (تراکم مواد مشتعل ۵۰ تا ۱۰ کیلوگرم بر مترمربع)) و کالبد شهر به عنوان عوامل اساسی در تاب آوری کالبدی محسوب می شود. این معیار بیان کننده این است که تاب آوری کالبدی دارای مقیاس است. از اماکن کم خطر، پرخطر و میان خطر و بناهای تاریخی و پل ها به عنوان شاخص های مهم این معیار استفاده شده است. برای بررسی دقیق تر و استفاده از الگوریتم های مختلف برای تصمیم گیری بهتر از منطق فازی نیز استفاده شد. هرچه تراکم جمعیت در نواحی کمتر باشد، تراکم متعادل تر خواهد بود و اماکن، جزء کم خطر به شمار می رود. تراکم های جمعیتی زیاد در مناطق شهری کاهش تاب آوری را در آن مناطق به دنبال خواهد داشت. بنابراین ضروری است توزیع متعادل اماکن در سطح منطقه انجام شود.

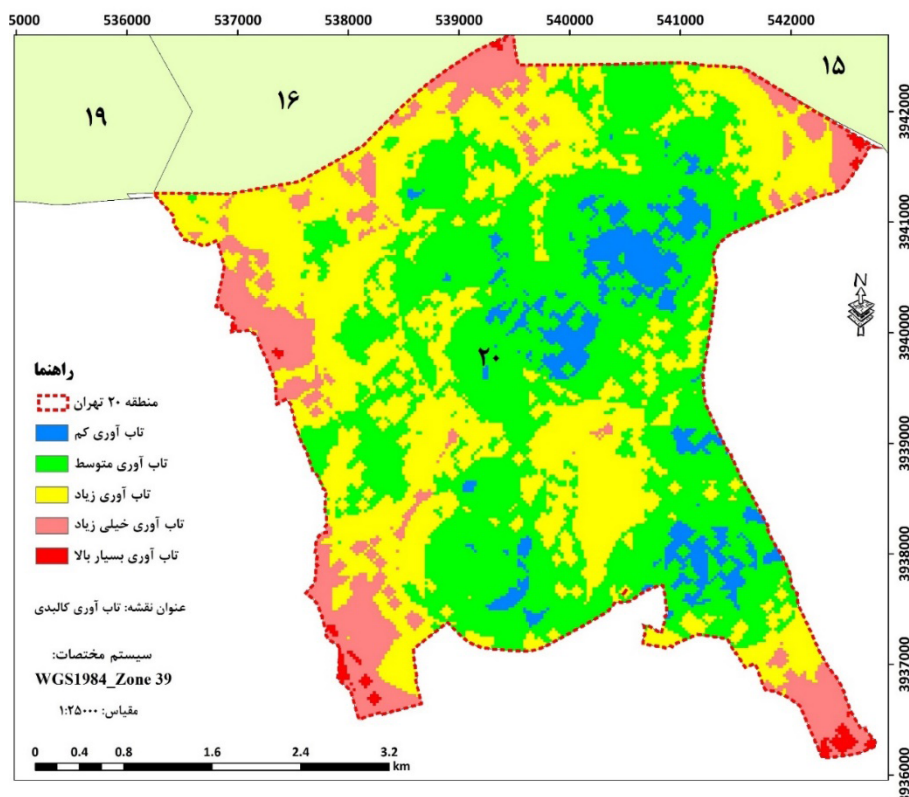
اماکن پرخطر (پمپ بنزین و غیره)

6. Analytical Hierarchical Process (AHP)

جدول ۴. زیرمعیارهای تاب آوری کالبدی با اعمال ضرایب ماتریس AHP (یافته های پژوهش؛ خداپنده لو و همکاران، ۱۴۰۳)

لاندهای ماتریس سلسله مراتبی	خروجی ضرب ماتریس W در ماتریس اولیه	ماتریس AHP	تصرفات	کالبد شهری
		تصرفات	۱	۵
		کالبد شهری	۷	۱
	ضرایب (w) AHP	مجموع	۸	۶
	۰/۸۱	۱/۶۲	۱	۰/۶۲
	۳/۵۶	۷/۱۲	۷	۰/۱۲
تست درستی محاسبات	۴/۳۷	۸/۷۵		

در ماتریس ۲*۲ به دلیل صفر بودن مقدار RI در مخرج باعث می شود نرخ ناسازگاری تعریف نشده باشد.



تصویر ۵. تلفیق نقشه‌ها در معیار تاب‌آوری کالبدی (یافته‌های پژوهش؛ خدابخنده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

بافت فرسوده

اجزای کالبدی شهر، بخش مهمی از محیط زیست انسان را فراهم می‌کند. یکی از مشکلات اصلی منطقه ۲۰ وجود بافت فرسوده شهری، به‌ویژه در ناحیه ۱ است که علاوه بر مشکلات مربوط به فاضلاب، دارای معابر کم‌عرض، تراکم جمعیت و وجود فضایی نامرغوب و ناامن است. توانمندسازی کالبد شهر در بافت‌های فرسوده و قدیمی (تاریخی)، مؤلفه بسیار مهمی در رضایتمندی ساکنین و افزایش تاب‌آوری منطقه است. بنابراین به‌منظور ایجاد پایداری در شهر و محلات باید در وجه کالبدی به پایداری دست یافت. میزان تاب‌آوری در مناطق دارای بافت فرسوده در برابر حریق و حوادث، مناسب نیست و در نهایت آسیب‌پذیری ساکنین منطقه را به‌دنبال خواهد داشت. یکی دیگر از دلایل آسیب‌پذیری ساکنان بافت فرسوده، نداشتن توان مالی ساکنین جهت بهسازی و نوسازی ساختمان خود است که به مرور زمان، روند تخریب ساختمان‌های موجود در این محدوده را در سالیان اخیر شدت بخشیده است. باتوجه به وجود نقاط و ابنیه حادثه‌خیز در این منطقه، می‌بایست در راستای ارتقای شرایط کیفی محل سکونت ساکنین در این محدوده اقدامات لازم از سوی مراجع ذی‌ربط صورت گیرد. براساس طرح‌های جامع و تفصیلی شهر تهران، به دلیل چالش دسترسی تیم‌های آتش‌نشانی معابر با عرض کمتر از ۶ متر به‌عنوان بافت فرسوده آسیب‌پذیر در برابر حریق و حوادث در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هرچه عرض مسیرهای دسترسی بیشتر باشد،

علاوه بر کاهش گره ترافیکی مسیر و حفظ عملکرد شبکه ارتباطی، تردد خودروهای سنگین عملیاتی آتش‌نشانی تسهیل می‌شود و این منجر به کاهش زمان رسیدن به محل حادثه و در نهایت افزایش میزان تاب‌آوری منطقه خواهد شد.

ابنیه تاریخی

وجود آثار باستانی و ابنیه‌های تاریخی، قدمت و تاریخچه هر سرزمینی را مشخص می‌کند. شهرری یکی از قدیمی‌ترین شهرهای ایران است. وجود اماکن تاریخی بسیاری از جمله باروی ری، قلعه گبری، برج طغرل، آتشکده ری، دژ رشکان و حرم عبدالعظیم حسنی و بازار سنتی نیازمند حفاظت و توجه و افزایش تاب‌آوری این اماکن در مواجهه با حریق و حوادث است. یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش آسیب‌پذیری وجود مسیر دسترسی مناسب نیروهای امدادی به‌ویژه، آتش‌نشانان در پاسخ به حریق و حوادث در این اماکن است.

ارزیابی معیار تاب‌آوری زیست محیطی

زیرمعیار خصوصیات جغرافیایی

شیب زمین

یکی از آسیب‌های رایج در بحران‌های طبیعی و غیرطبیعی سستی زمین و خطر گسیختگی در تمامی سطوح شیب‌دار است که باعث



پایداری محیط زیستی

فضای سبز

در سال‌های اخیر، آتش‌سوزی فضای سبز در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است. مدیریت مؤثر و کارآمد حریق نیاز به اخذ اطلاعات دقیق در مورد وقوع آتش‌سوزی، گسترش سریع حریق فضای سبز به اطراف به دلیل نوع گونه‌های گیاهی موجود و تأثیر آن بر محیط زیست دارد. در این پژوهش باتوجه به تعدد وقوع حریق فضای سبز معابر عمومی (شامل بزرگراه‌ها، اتوبان، خیابان و کوچه) و فضای سبز معابر اختصاصی (شامل ادارات، سازمان‌ها و غیره) و بوستان‌ها به عنوان کاربری‌های سازگار جهت افزایش تاب‌آوری مکانی در آتش‌سوزی مورد بررسی قرار گرفت. باتوجه به اهمیت وقوع حریق‌های فضای سبز شهری به صورت فصلی، این شاخص به عنوان یک شاخص سازگار است. جهت بررسی تاب‌آوری فضای سبز فواصل ۳۰۰ متری در ۶ طبقه بصورت فاصله اقلیدسی در نظر گرفته شده است.

تلفیق نقشه‌های تولید شده در معیار تاب‌آوری زیست محیطی

باتوجه به روش تحلیل سلسله‌مراتبی مطابق وزن‌های ارائه شده در **جدول شماره ۵**، نقشه معیار تاب‌آوری زیست محیطی تهیه شد (**تصویر شماره ۶**). به عبارتی طبق این نقشه مناطقی دارای تاب‌آوری بالا هستند که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند. پس از تولید نقشه‌ها هر دو زیرمعیار زیست محیطی به روش فواصل اقلیدسی، امتیازدهی شده و به صورت رستری با اعمال ضرایب ماتریس AHP (**جدول شماره ۵**) با هم جمع شدند که نتیجه آن در **تصویر شماره ۶** دیده می‌شود.

آسیب و خسارت می‌شود. شیب زمین ارتباط مستقیم با حرکات دامنه‌ها دارد. هرچه شیب زمین کمتر باشد، خطر حرکت‌های دامنه‌ای زمین و آسیب ناشی از آن کمتر خواهد بود. بنابراین در این پژوهش برای تهیه نقشه شیب منطقه ابتدا مدل رقومی ارتفاعی تهیه و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقشه شیب تهیه شد. شیب مورد نظر در این پژوهش در ۵ گروه و بین صفر تا ۲، ۲ تا ۵، ۵ تا ۸، ۸ تا ۱۱ و بیشتر از ۱۱ درجه به دست آمد. براساس نقشه شیب زمین، فاصله اقلیدسی نسبت به مناطق پرشیب محاسبه شد.

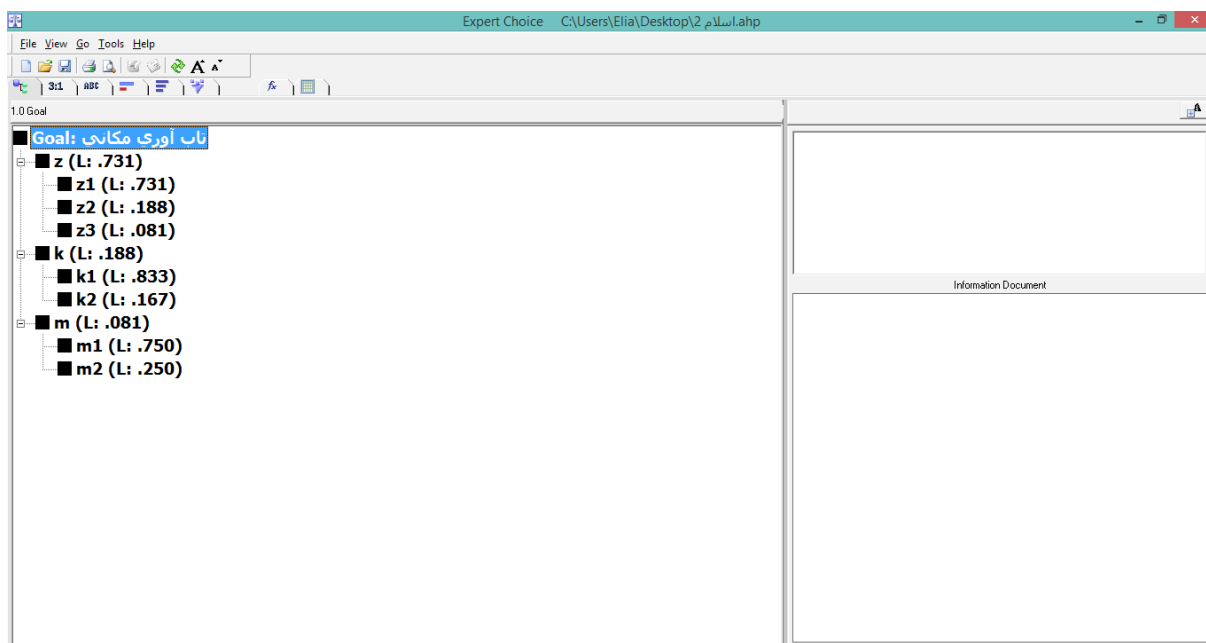
فاصله از گسل

گسل‌های فعال در تهران و اطراف آن باعث کاهش تاب‌آوری شهری و کالبدی شده است. فاصله از گسل رابطه مستقیمی با میزان تاب‌آوری ابنیه، شریان‌های حیاتی و زیرساخت‌های شهری در برابر حریق و حوادث و بحران‌ها دارد. هرچه فاصله سازه‌ها و زیرساخت‌های شهری با گسل کم باشد منجر به کاهش تاب‌آوری و از طرفی افزایش آسیب‌پذیری در مواجهه با سوانح طبیعی و انسان‌ساخت خواهد شد. مهم‌ترین گسل‌های جنوب تهران شامل گسل‌های جنوب و شمال شهری هستند که خود گسل شمال ری نیز دارای دو گسل است که در قسمت میانی هم‌پوشانی دارند. گسل شمال ری در راستای شرقی غربی و به طول ۱۶/۵ کیلومتر در شمال و شمال غربی به صورت دیواره به ارتفاع ۲ متر در نزدیکی محله عظیم‌آباد وجود دارد. گسل جنوب شهری نیز به صورت دیواره کوتاه و فرسوده‌ای به ارتفاع ۱ تا ۲ متر در ضلع جنوبی تپه باستانی محله قلعه‌نو دیده می‌شود. هرچه فاصله از گسل بیشتر باشد تاب‌آوری در آن منطقه یا ناحیه بیشتر خواهد شد. در این پژوهش میزان فاصله از گسل بین ۳ تا ۹ کیلومتر محاسبه شد. مقدار مطلوبیت این معیار با امتیازدهی به این معیار از ۱ تا ۹ در نظر گرفته شده است.

جدول ۵. ماتریس PHA معیار تاب‌آوری زیست محیطی (یافته‌های پژوهش؛ خداپنده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

لاندهای ماتریس سلسله مراتبی	خروجی ضرب ماتریس W در ماتریس اولیه	ماتریس AHP	خصوصیات جغرافیایی	پایداری محیط زیستی
			خصوصیات جغرافیایی	۷
			پایداری محیط زیستی	۱
			مجموع	۸
	۰/۹۳	۱/۸۷	۱	۰/۸۷
	۰/۰۶	۰/۱۲	۰	۰/۱۲
تست درستی محاسبات	۱	۲		

در ماتریس ۲*۲ به دلیل صفر بودن مقدار RI در مخرج باعث می‌شود نرخ ناسازگاری تعریف نشده باشد.



تصویر ۷. خروجی نرم افزار Expert Choice (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

جدول ۶. ماتریس PHA مقایسه اهمیت معیارها (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

نرخ ناسازگاری	لانداها	لانداهای ماتریس AHP	خروجی ضرب ماتریس W در ماتریس اولیه	ماتریس AHP	تاب‌آوری زیرساختی	تاب‌آوری کالبدی	تاب‌آوری زیست‌محیطی
	۳/۳۳	لاندا ۱ تاب‌آوری زیرساختی	۲/۴۶	تاب‌آوری زیرساختی	۱	۵	۹
	۳/۱۱	لاندا ۲ تاب‌آوری کالبدی	۰/۶۸	تاب‌آوری کالبدی	۰/۲	۱	۵
	۲/۹۶	لاندا ۳ تاب‌آوری زیست‌محیطی	۰/۱۸	تاب‌آوری زیست‌محیطی	۰/۱۱	۰/۲	۱
۰/۰۹۸	لاندا ۴ حداکثری	پارامترهایی که به آن‌ها ضریب اعمال می‌شود	ضرایب AHP(w)	مجموع	۱/۳۱	۶/۲	۱۵
	۳/۱۳	تاب‌آوری زیرساختی	۰/۷۳	۲/۲۱	۰/۸	۰/۸۱	۰/۶
	شاخص ناسازگاری	تاب‌آوری کالبدی	۰/۲۱	۰/۶۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۳۳
	۰/۰۶۹۰۷۵۴۱۶	تاب‌آوری زیست‌محیطی	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۸۸	۰/۰۳۲	۰/۰۶
	شاخص ناسازگاری تصادفی	تست درستی محاسبات	۱/۰۱	۳/۰۵			
۰/۵۸							
نرخ ناسازگاری قابل قبول کمتر از ۰/۱ است							

جدول ۷. مساحت و درصد تاب‌آوری مکانی در مواجهه با ریسک‌های HSE در منطقه مورد مطالعه

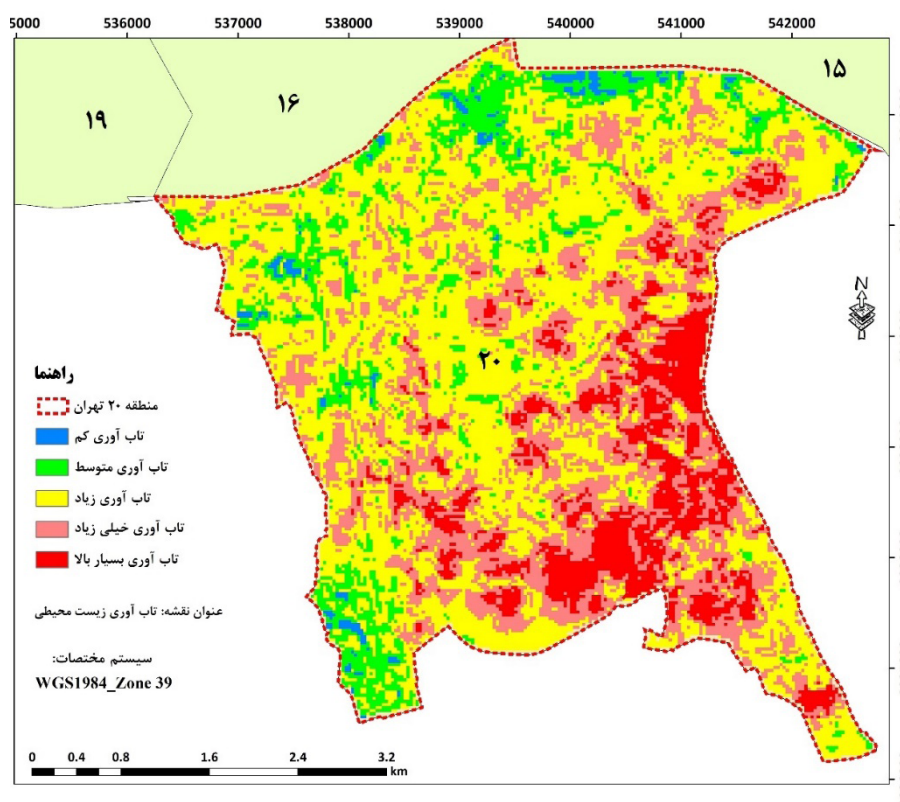
کلاس	تاب‌آوری کم	تاب‌آوری متوسط	تاب‌آوری زیاد	تاب‌آوری خیلی زیاد	تاب‌آوری بسیار بالا
مساحت (متر مربع)	۷۲۹۷۱۸	۷۸۰۲۵۷۸	۶۵۱۳۶۴۶	۶۶۳۹۸۲۴	۳۶۴۱۹۶
درصد	۳/۳	۳۵/۳۸	۲۹/۵۴	۳۰/۱	۱/۶۵

تلفیق نقشه‌های تولیدشده در هر سه معیار

پس از تولید نقشه‌ها برای هر سه معیار تاب‌آوری زیست محیطی، تاب‌آوری کالبدی و تاب‌آوری زیرساختی به روش فواصل اقلیدسی، هر سه نقشه نهایی معیارها به صورت جداگانه به صورت رستری با اعمال ضرایب ماتریس سلسله مراتبی (جدول شماره ۶) و با استفاده از نرم افزار Expert Choice (تصویر شماره ۷) با هم تجمیع شدند که نتیجه آن در تصویر شماره ۸ قابل مشاهده است. تصویر شماره ۷ اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارها را در محیط نرم افزار Expert Choice نشان می‌دهد.

از آنجایی که تمامی معیارها ارتباط بسیار نزدیکی با موضوع دارند، به عنوان یکی از شاخص‌های تأثیرگذار در تاب‌آوری محسوب می‌شوند. تجزیه و تحلیل تاب‌آوری مکانی منطقه ۲۰ شهرداری تهران در راستای توسعه پایدار است. منطقه ۲۰ شهر تهران با توجه به ویژگی‌های عنوان شده در شاخص‌ها در معرض

خطر ناشی از رخداد طبیعی و غیرطبیعی است. بررسی مجموعه معیارها و زیرمعیارهای پژوهش نشان داد میزان تاب‌آوری در منطقه ۲۰ به شکل همگن و یکنواخت نیست. با روی هم گذاری هریک از لایه‌های تولیدشده ناشی از شاخص‌های موجود که به آن اشاره شد، نقشه کلی تاب‌آوری مکانی در مواجهه با آتش سوزی در منطقه مورد مطالعه، حاصل شد (تصویر شماره ۹). براساس نتایج به دست آمده از نقشه پهنه بندی تاب‌آوری مکانی در مواجهه با ریسک‌های HSE منطقه مورد مطالعه، ۳/۳ درصد از سطح منطقه (۷۲۹۷۱۸ متر مربع) دارای تاب‌آوری کم، ۳۵/۳۸ درصد (۷۸۰۲۵۷۸ متر مربع) دارای تاب‌آوری متوسط، ۲۹/۵۴ درصد (۶۵۱۳۶۴۶ متر مربع) دارای تاب‌آوری زیاد، ۳۰/۱ درصد (۶۶۳۹۸۲۴ متر مربع) دارای تاب‌آوری خیلی زیاد و ۱/۶۵ درصد (۳۶۴۱۹۶ متر مربع) دارای تاب‌آوری بسیار بالا است (جدول شماره ۷).



تصویر ۶. تلفیق نقشه‌های تاب‌آوری زیست محیطی (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)



درصد تاب‌آوری نهایی محدوده مورد مطالعه (ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه ۲۰ شهر تهران) در **تصویر شماره ۸** نشان داده شده است.

بحث

با مطالعه فاکتورهای مؤثر آسیب‌پذیری کالبدی و زیرساختی، قبل از وقوع حریق و حوادث و برنامه‌ریزی مناسب می‌توان تاب‌آوری شهرها را در برابر حوادث افزایش داد. در پژوهش حاضر جهت ارزیابی وضعیت تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی محدوده عملیاتی ایستگاه‌های تحت پوشش منطقه ۲۰ شهرداری تهران از ۳ معیار، ۷ زیرمعیار و ۲۱ شاخص طبق **جدول شماره ۱** استفاده شد. ابتدا با لایه‌سازی برای هر یک از معیارهای اصلی و زیرمعیارها در چهار بعد ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شریان‌های حیاتی، مراکز امدادی و نظامی، تصرفات و کالبد شهری با استفاده از اوزان حاصل از فرایند سلسله مراتبی (AHP) نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ۲۰ (**تصویر شماره ۹**) تهیه شد. اوزان حاصله با روش طوفان فکری و توسط خبرگان آتش‌نشانی و براساس فاصله اقلیدسی و افزایش یا کاهش مؤثر در تاب‌آوری و با دستور Reclassify و پس از دسته‌بندی در محیط Arc GIS (**تصویر شماره ۱**) انجام شد. با روی هم‌گذاری لایه‌ها (نقاط دارای تاب‌آوری مشترک)، نقشه تاب‌آوری در سنجش و پهنه‌بندی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه مورد مطالعه می‌توان عنوان کرد که میزان تاب‌آوری در محدوده عملیاتی ۷ ایستگاه آتش‌نشانی یکسان نیست.

در سنجش و پهنه‌بندی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه مورد مطالعه می‌توان عنوان کرد میزان تاب‌آوری در محدوده عملیاتی ۷ ایستگاه آتش‌نشانی یکسان نیست و برخی نواحی در

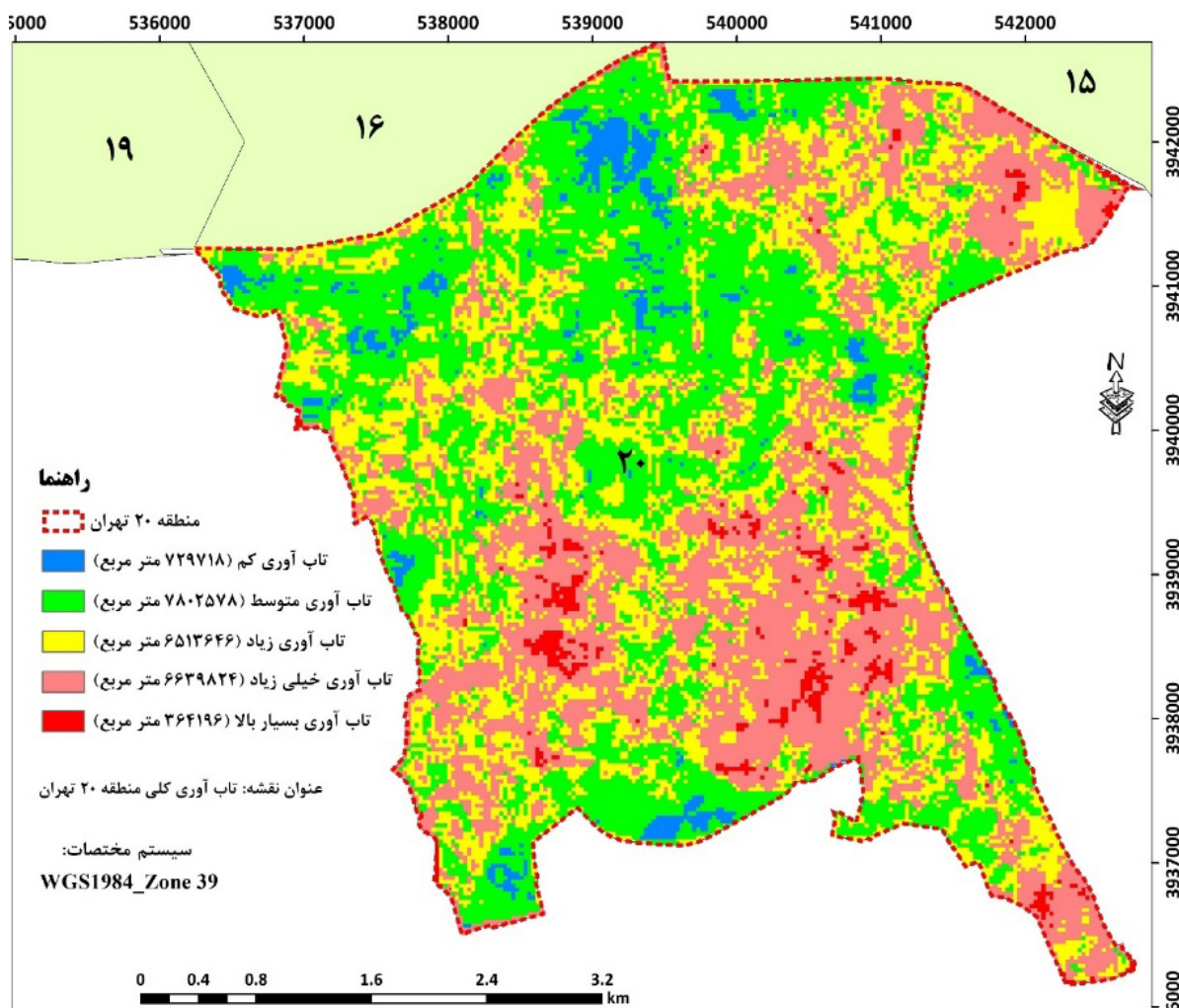
وضعیت بسیار نامطلوب قرار دارند. برخی از بافت‌ها و فضاهای شهری، به‌ویژه ناحیه ۱ (محدوده عملیاتی ایستگاه‌های ۱۴ و ۱۳۷) به دلیل تنگ بودن معابر و مسیرهای دسترسی و فرسودگی، همچنین وجود چالش‌های دسترسی و بالا بودن تراکم جمعیت، آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر مناطق دارند. در راستای ارتقای تاب‌آوری می‌توان با فرهنگ‌سازی و آموزش در سرای محلات و مشارکت اجتماعی در محلات دارای بافت فرسوده، در مواجهه با حریق و حوادث، گام مؤثری برداشت. آسیب‌پذیری‌های زیست‌محیطی به دلیل وجود نواحی ۶ و ۷ منطقه در بافت حاشیه‌ای و وجود مزارع و آتش زدن مزارع پس از برداشت محصولات که به آلودگی هوای منطقه منجر می‌شود، همچنین آسیب‌پذیری فیزیکی، سلامت، رفاه و اقتصاد موضوعاتی هستند که در تاب‌آوری منطقه تأثیرگذار هستند. وجود گسل و بروز حریق و حوادث زیاد که به خسارات مالی و جانی منجر می‌شود باعث انجام پژوهش‌هایی در حوزه تاب‌آوری شهری شده که هدف آن‌ها افزایش سرعت تاب‌آوری و درنهایت کاهش آسیب‌پذیری در شهر است. طبق فرضیه تحقیق، ارزیابی تاب‌آوری برون‌سازمانی با استفاده از سامانه GIS در افزایش تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی و در نتیجه کاهش آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه نقش مؤثری دارد. در پاسخ به مسئله پژوهش مبنی بر ظرفیت‌های تاب‌آوری کالبدی و زیرساختی در برابر حریق و حوادث می‌توان گفت منطقه دارای تاب‌آوری مناسب است.

باتوجه به نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی و خروجی نتایج نرم‌افزار Expert Choice (**تصویر شماره ۶**)، معیار زیرساختی در اولویت اول ($Z=0/731$)، معیار کالبدی در اولویت دوم ($K=0/188$) و معیار زیست‌محیطی در اولویت سوم ($M=0/081$) قرار گرفت.

درصد تاب‌آوری کل منطقه مورد مطالعه



تصویر ۸. درصد تاب‌آوری کلی منطقه مورد مطالعه (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)



تصویر ۹. تاب آوری کلی منطقه ۲۰ (یافته‌های پژوهش؛ خداینده‌لو و همکاران، ۱۴۰۳)

وجود بافت فرسوده و تراکم جمعیت و حادثه‌خیز بودن این نواحی و همچنین تنگ بودن مسیرهای دسترسی در سطح محدوده با مطالعه انجام نشده است. عدم دسترسی مناسب به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، به‌ویژه در محله صفائیه نیازمند بازنگری و پیشنهاد احداث یک ایستگاه جدید (جانمایی در میدان صفائیه مرز بین ناحیه ۱ و ۴) در راستای پوشش عملیاتی مناسب، کاهش زمان رسیدن خودروهای آتش‌نشانی و بهبود دسترسی ساکنان، در سطح محدوده است. همچنین یافته‌های پژوهش در رابطه با بررسی محدوده تحت پوشش مراکز درمانی نشان می‌دهد به‌جز نواحی ۲ و ۶ منطقه، سایر نواحی در دسترسی به مراکز درمانی وضعیت مناسبی داشته و دارای تاب آوری مناسبی هستند. در راستای تاب‌آور کردن منطقه در برابر حریق و حوادث به‌ویژه در بافت‌های فرسوده با معابر تنگ و باریک (ناحیه ۱ و بخش جنوبی ناحیه ۴)، می‌بایست نقش برنامه‌ریزی شهری و به‌طور کلی مدیریت کاربری اراضی برای افزایش تاب آوری مناطق شهری در

یافته‌های تحقیق نشان داد باتوجه به نقشه پهنه‌بندی تاب آوری مکانی در مواجهه با ریسک‌های HSE منطقه مورد مطالعه، ۳/۳ درصد از سطح منطقه دارای تاب آوری کم، ۳۵/۳۸ درصد دارای تاب آوری متوسط، ۲۹/۵۴ درصد دارای تاب آوری زیاد، ۳۰/۱ درصد دارای تاب آوری خیلی زیاد و ۱/۶۵ درصد دارای تاب آوری بسیار بالا است (تصویر شماره ۸).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل شعاع عملکردی ۷ ایستگاه آتش‌نشانی موجود در محدوده منطقه ۲۰ شهرداری تهران حاکی از آن است که دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی (حریق، نجات و پشتیبانی) که نقش بسیار حیاتی در کاهش خسارات و تلفات ناشی از حریق و حوادث و همچنین افزایش تاب آوری دارد، در بعضی از محلات نواحی (مثل ناحیه ۱ و ۴) منطقه با چالش دسترسی مواجه است و توزیع و جانمایی این ایستگاه‌ها باتوجه به



نظر گرفته شود.

- توجه سازمان‌های ذی‌ربط در خصوص بهسازی و نوسازی بافت فرسوده ناحیه ۱.

- پیشنهاد می‌شود در بافت فرسوده و معابر تنگ که امکان تردد خودروهای امدادی سنگین با محدودیت مواجه است از خودروهای سبک به‌عنوان جایگزین استفاده شود.

- آموزش شهروندان در خصوص عدم ازدحام در محل حریق و حادثه به دلیل وجود خطرات ثانویه.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله با رعایت اصول اخلاقی انجام شد. از آنجایی که هیچ آزمایشی روی نمونه‌های انسانی یا حیوانی انجام نشد، نیازی به رعایت اصول اخلاقی نبود.

حامی مالی

این تحقیق هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اعلام نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از واحد فناوری و اطلاعات سازمان آتش‌نشانی تهران برای ارائه اطلاعات و همچنین از کلیه آتش‌نشانان و کارشناسانی که در پاسخ به پرسش‌نامه مشارکت داشتند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

نتایج پژوهش در خصوص بررسی شبکه معابر (عرض معابر و رابطه مستقیم آن با تسهیل تردد و استقرار خودروهای عملیاتی سنگین در محل حادثه) با مطالعه **عشقی چهاربرج (۱۳۹۷)**، با عنوان «تاب‌آوری شهر در برابر زلزله با رویکرد آینده‌پژوهی» در یک راستا است. همچنین نتایج پژوهش براساس تصویر شماره ۳ (شعاع عملکردی و محدوده تحت پوشش) با تحقیق **آیشم و همکاران (۱۴۰۲)** نیز هم‌راستا است. نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با زمان پاسخ تیم‌های آتش‌نشانی به مکان‌های دچار آتش‌سوزی شده با پژوهش **سرشته‌داری و همکاران (۲۰۲۰)** در یک راستا است. در صورت تاب‌آوری معابر و مسیرهای دسترسی و نیز تعامل با عوامل راهور جهت مدیریت مسیرهای پرتراфик و چراغ راهنمایی و رانندگی در حین اعزام، زمان رسیدن تا حد زیادی کاهش پیدا خواهد کرد. در حال حاضر زمان رسیدن تیم‌های آتش‌نشانی در محدوده تحت پوشش به محل حادثه حداکثر ۵ دقیقه بدون در نظر گرفتن ترافیک مسیر و مسدود بودن مسیر است. براساس رابطه مسافت، حداکثر مسافتی که یک خودروی سنگین آتش‌نشانی در وضعیت عادی و باز بودن مسیر می‌تواند در ۵ دقیقه، طی کند، حداکثر ۲/۹ کیلومتر است. همچنین یافته‌های پژوهش با نتایج معصومی و همکاران (۱۴۰۰)، در خصوص بررسی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر محدوده در برابر حریق و حوادث، همسو است و براساس پژوهش حاضر مهم‌ترین چالش تیم‌های آتش‌نشانی در پاسخ به حریق و حوادث، در زمان اعزام و چالش دسترسی به محل حادثه است که این چالش در صورت آسیب به معابر و مسیرهای دسترسی و یا مسدود شدن مسیر به دلیل تصادف و ترافیک سنگین دو چندان شده و زمان رسیدن به محل حادثه و درنهایت امداد رسانی را به تأخیر خواهد انداخت.

محدودیت‌های پژوهش

مهم‌ترین محدودیت این پژوهش، عدم دسترسی به اطلاعات و مستندات پرونده پزشکی مصدومین عملیات قبل از سال ۱۳۹۷ است. همچنین جهت انجام این پژوهش نیاز به همکاری آتش‌نشانان بود که در برخی موارد عدم همکاری آنان از محدودیت‌های اجرای طرح بوده است.

پیشنهادهای

- پیشنهاد احداث یک ایستگاه جدید آتش‌نشانی در محله صفاییه (مرز بین ناحیه ۱ و ۴).

- آموزش و فرهنگ‌سازی محلات در خصوص تماس با سامانه ۱۲۵، اطفای حریق، امداد و نجات و باز کردن مسیر در زمان بروز حادثه.



References

- Aghayani, P., & Nikbakhsh, E. (2024). [A review of resilience and fairness concepts and modeling in humanitarian logistics using a meta-analysis approach (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 14 (1), 2-23. [DOI:10.32598/DMKP.14.1.801.1]
- Anjerani, N., Bigdeli Rad, V., & Pakzad, S. (2023). [A comparative study on the realization of urban resilience in three old, moderate, and new fabrics of Qazvin City, Iran based on perceptions of residents (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 13 (3), 374-391. [DOI:10.32598/DMKP.13.3.594.3]
- Arasteh, M., Baghban, A., & Baghban, S. (2020). [Identification of Key Factors Affecting Urban Resilience with a Foresight Approach (Case Study: Mashhad Metropolis) (Persian)]. *Physical Social Planning*, 7(2), 63-78. [DOI:10.30473/psp.2020.7007]
- Aysham, M., Molaei A., & Ezzati Mehr, M. (2023). [Analysis of the spatial distribution of fire stations in Tabriz city with a passive defense approach (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 13 (1), 19-34. [Link]
- Ebrahimipour, M., Ziari, K., & Ardalan, D. (2021). [Explaining the pattern of physical resilience measurement in river-centered city against the impact of floods (case study: Tonekabon City) (Persian)]. *Geographical Planning of Space*, 11(41), 43-68. [DOI:10.30488/gps.2020.214382.3159]
- Eric, H. (2023). *Resilience engineering in operations and resilience training for firefighters* [A. Khairdast& Afrasiab. E. Khodabandehloo, Persian trans.]. Tehran: Danesh Binoyad Publications. [Link]
- Eshghi Chaharborj, A. (2018). [City resilience to earthquakes with a futures research approach, case study: District 1 of Tehran Municipality(Persian) [PhD dissertation]. Ardabili: University of Mohaghegh Ardabili.
- Ghasemi, R. , Omidvar, B. and Behzadfar, M. (2020). [Study of the Effectiveness of "Technical-Physical" and "Socio-Economic" Strategies in Improving Urban Resilience against Earthquakes (Persian)]. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 8(1), 99-114. [DOI:10.22059/jurbangeo.2019.278571.1080]
- Ghochani, S. K., Attari Rahimi, H., & Akbaregli, F. (2016). [Locating suitable emergency accommodation spaces in cities during times of crisis (Case study: District 11 of Mashhad Municipality)(Persian)] [MA thesis]. Mashhad: Payam Noor University.
- Hajarian, A. (2024). [Locating the optimal areas for multipurpose urban shelters based on the principles of passive defense in Isfahan, Iran (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 14 (1), 44-59. [DOI:10.32598/DMKP.14.1.803.1]
- Hamidi, A. (2023). [Presenting strategies for reducing the physical vulnerability of Kermanshah city due to earthquakes (Persian)] [PhD dissertation]. Tabriz: University of Tabriz.
- Kamran, M. (2022). Role of cultural heritage in promoting the resilience of linear/critical infrastructure system with the enhancement of economic dimension of resilience: A critical review. *International Journal of Construction Management*, 22(7), 1345-1354. [Link]
- Kazemini, A. (2018). [Locating the construction of emergency shelters in Kerman city using GIS (Persian)]. *Bi-Quarterly Scientific and Research Journal of Crisis Management*, 16, 47-59.
- Kheirdastat, A. Jozi, S. A., Rezaian, S., & Mirza Ebrahim Tehrani, M. (2024). [Locating emergency accommodation in District 19 of Tehran using multi-criteria decision-making method (Persian)]. *Journal of Human and Environment*, 1(22), 54-35. [Link]
- Kheirdast, A., Demirchi, E. S., Padash, A., Khodabandehloo, E. A., & Mohammadi Jahdi, Z. (2024). [Relationship of work safety climate with organizational cynicism and career Resilience of firefighters (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly)*, 14(2), 178-191. [DOI:10.32598/DMKP.14.2.826.1]
- Khodabandehloo, E. A., Hemmasi, A. H., Lahijanian, A., Hassani, A. H., & Mohammadi, A. (2024). [Identification and prioritization of criteria affecting the resilience of Tehran Fire Department using the analytic network process method (Persian)]. *Quarterly Journal of Environmental Science and Technology*, 26(4). [Link]
- Kim, Y. (2021). Building organizational resilience through strategic internal communication and organization-employee relationships. *Journal of Applied Communication Research*, 49(5), 589-608. [Link]
- Liu, B., Chen, X., Zhou, Z., Tang, M., & Li, S. (2019). Research on disaster resilience of earthquake-stricken areas in Longmenshan fault zone based on GIS. In D. J. Parker, E. C. Penning-Rowsell (Eds.), *Environmental Hazards and Resilience: Theory and Evidence* (pp.50-69). London: Routledge. [Link]
- Masoomi, M. T., & Rajabzadeh, M. (2021). [Investigating the vulnerability of Ardabil city road network against natural disasters (earthquake) (Case study: Imam Khomeini Street, Shahr) (Persian)]. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 141-161. [DOI:10.22067/geoh.2021.67019.0]
- Moghim, S., & Monsefi, D. (2019). [Locating suitable space for temporary accommodation of earthquake victims using hierarchical analysis and weighted linear combination based on GIS, case study: Shahroud city (Persian)]. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 6(1). [Link]
- Nasiri Hendeh Khaleh, E., Rostami, S. & Shirini, M. (2023). [Location analysis of Karaj central disaster management (Persian)]. *Human Geography Research*, 55(3), 83-96. [Link]
- Pelling, M., Comelli, T., Cordova, M., Kalaycioglu, S., Menoscal, J., & Upadhyaya, R., et al. (2024). Normative future visioning for city resilience and development. *Climate and Development*, 16(4), 335-348. [Link]
- Rahimi Juneghani, A., & Nooraie, H. (2024). Evaluation of the physical-functional resilience of Isfahan City center using spatial statistics methods and ELECTRE*. *Geo-Spatial Information Science*, 1-18. [Link]
- Rezaie shahabi, R. , Arab, A., Ahmadi, H., Pishva, A., & Shahbakhsh Mosazehi, M. E. (2023). [Evaluating the Vulnerability of the Urban Fabric of District 18 of Tehran under the Influence of Land Subsidence using ANP and GIS (Persian)]. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(4), 193-219. [DOI: 10.22067/geoh.2022.76899.1235]
- Roosta, M. , Karimkoshteh, N., & Azarm, Z. (2024). [Rereading local community resilience indicators in dealing with crisis an analysis of the narratives and experiences of saadi neighborhood residents in Shiraz During the 2019 Flood Disaster (Persian)]. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 12(1), 85-101. [Link]
- Sadeghi Pour, T. , Hajipour, K., & Sadeghi, A. (2023). [The Role of Urban Planning in Post Disaster Recovery through Site Selection of Crisis Management Support Shelters (Case Study: Third District of Shiraz Municipality) (Persian)]. *Emergency Management*, 12(1), 120-138. [Link]

- Saeedi, R. , Aghamohammadi, H. , Alesheikh, A. A., & Vafaeinejad, A. (2024). [Smart emergency services using geographical information system and Internet of Things (Persian)]. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 16(2), 159-178. [DOI:10.48308/gisj.2024.229150.1128]
- Sarreshtehdari, A., & Elhami Khorasani, N. (2022). Post-earthquake emergency response time to locations of fire ignition. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(7), 3389-3416. [Link]
- Sauti, N. S & Daud, M. E & Kaamin, M., & Sahat, S. (2021). GIS spatial modelling for seismic risk assessment based on exposure, resilience, and capacity indicators to seismic hazard: A case study of Pahang, Malaysia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 1948-1972. [Link]
- Sayahpoor, A. , Hematiyan, F., & Shoul, A. (2019). Organizational Resilience Process Analysis Using Interpretative Structural Modeling (Case study: Sapco). *Journal of Iranian Public Administration Studies*, 2(1), 123-147. [DOI:10.22034/jipas.2019.90667]
- Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Resilience metrics and measurement methods for transportation infrastructure: The state of the art. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(3), 168-199. [Link]
- Ghadiri , M., & Tehranchi , A. (2019). [Fire prevention and protection strategies in cultural-historical buildings and textures (Persian)]. Qazvin: Qazvin Academic Jihad Publications. [Link]
- Yazdani, M., & Farzaneh Sadat Zaranji, Z. (2024). [Optimum Location of Physical Expansion of Sardasht City Using Combined Methods and Transfer Process Fuzzy Network of Spatial Information System (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 13 (4), 474-489. [DOI:10.32598/DMKP.13.4.779.1]
- Zardan, M. (2017). [Investigating the effect of transformational leadership on organizational resilience with the mediation of emotional intelligence in fire stations in Rasht City (Persian)] [MA thesis]. Industrial Management (Production), North Strategy Higher Education Institute.
- Zebardast, E. and Gheshlaghpour, S. (2024). [Evaluating the resilience of transportation infrastructures in Tehran Metropolis. Case Study: Localities of Two (Region 9), Four (Region 6) and Five (Region 1) Districts (Persian)]. *Emergency Management*, 12(2), 191-205. [Link]
- Zhaleh, M., & Charehjoo, F. (2021). [Measurement and zoning of physical resilience of urban neighborhoods against earthquake (Persian)]. *Emergency Management*, 10(1), 83-99. [Link]