



Spatial Distribution Analysis and Optimal Location of Fire Stations with a Crisis Management Approach (Case Study: Shiraz City)

Mohsen Ghasemi¹, Mohammad Ali Khanizadeh²


Received: 2024-11-02, Accepted: 2024-12-27


DOI: 10.22034/rau.2024.2044845.1103

Abstract

In light of the growing trend of urbanization, the importance of safety measures has become increasingly evident. The inefficiency of fire services and the rising risks of fires have posed significant challenges for cities regarding emergency warning and response. Fire stations, as locations for the deployment and housing of fire and rescue vehicles, are among the critical service centers in urban areas. Given the complexity of urban spaces, scientifically selecting locations and planning the layout of fire stations has become essential. To enhance public safety and address risks from rapid urban development, optimizing multi-criteria decision-making for fire station site selection is essential for improving emergency response efficiency and minimizing economic losses and costs.

This research utilizes a descriptive-analytical methodology and is categorized as applied research. The data required for this study has been divided into two sections: first, the criteria for site selection of fire stations were extracted from library resources. Subsequently, documents and maps related to the city of Shiraz were collected and analyzed by local organizations. For data analysis and identifying optimal locations, the site selection criteria were weighted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the Expert Choice software. To determine the weights of the criteria, pairwise comparisons were made with the participation of specialists (including 7 individuals with undergraduate and graduate degrees from the Fire Department, 12 individuals from the Urban Planning and Architecture Department with degrees ranging from bachelor's to doctorate, and 1 person with a master's degree from the Crisis Management Organization, specializing in Urban Planning, Design, and Management, Architecture, Safety, and Crisis Management, who are serving in the municipality of Shiraz and were surveyed in the analytical hierarchy process). This was

1. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Apadna Non-Profit Institute, Shiraz, Iran. Email: urbanism1404@gmail.com  0009-0006-6837-9784

2. PhD student, Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Iran (Corresponding Author). Email: ma1985kha@gmail.com  0009-0004-5128-5373

achieved by developing 20 questionnaires and fuzzy logic to analyze overlaps and reduce inaccuracies in the data. Then, using Geographic Information Systems (GIS) and fuzzy logic, thematic maps were prepared, and the layers of the weighted criteria were overlaid to identify optimal locations for establishing fire stations. Finally, these locations were evaluated from a crisis management perspective. The population criterion ranked first, followed by compatible land use, coverage, accessibility, and incompatible land use.

Social justice in the spatial distribution of fire stations is crucial. In urban planning, the spatial distribution of fire stations should cover all areas of the city and facilitate rapid access for emergency responders to any point within the city. Studies on the spatial distribution of fire stations often utilize indicators such as the population served and the operational radius of the stations. From a geographical perspective, the number and distribution of fire stations indicate the accessibility of emergency services to incidents and victims. A fair dispersion of fire stations examines their locations within the city and identifies sensitive areas in need of protection based on the distribution of the population across the city. These stations require optimized distribution to ensure timely response to incidents and provide adequate safety services to citizens. Choosing the right location for fire stations is highly significant, as it can directly affect their efficiency and effectiveness.

The analysis of existing centers and optimal locations revealed that out of 23 stations, 9 are poorly positioned—6 are in fairly unsuitable conditions and 14 are in optimal locations. To improve efficiency and service delivery, it is recommended to establish 6 new stations based on regional needs. Relocating 3 existing stations and adding new ones will help us achieve an optimal state. Analyses show that the fire stations in Zones 3 and 8 of Shiraz are optimally located for improved crisis management. However, in Zone 6, due to the tall buildings, there is a need for optimal site selection in the southeastern area between Aryan Town and the Mahallati and Dinkani highways, although the high land values hinder this effort. In Zone 7, the current station should be relocated to Zone 11. Zone 9 requires the establishment of new stations, while the existing stations in this zone and Zone 4 are well-located. The less desirable stations in the north and south of Shiraz are maintained for strategic reasons. Given the geographical and social structure of Shiraz, as well as its municipal revenue sources, planning for fire services is essential. According to statistics from the Shiraz Fire Department for 2016, the average response time to incidents is 6 minutes and 16 seconds, which exceeds the standard. The ideal response time for emergency responders is set between 3 and 5 minutes, with the effective range of a fire station set between 1,500 and 2,500 meters. To enhance service coverage, a maximum accessibility time of 5 minutes and a range of 2,500 meters should be established as benchmarks to address deficiencies, ensuring that emergency responders can access incident sites within a maximum of 5 minutes, taking traffic conditions into account.

Keywords: Fire station location, spatial analysis, geographic information system (GIS), hierarchical analysis process, Shiraz city

تحلیل توزیع فضایی و مکان‌گزینی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رویکرد مدیریت بحران (مورد مطالعه: شهر شیراز)

محسن قاسمی^۱، محمدعلی‌خان زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳-۰۸-۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳-۱۰-۰۷

DOI: 10.22034/rau.2024.2044845.1103

چکیده

با توجه به گسترش شهرنشینی ضرورت اهتمام به مسئله ایمنی بیش‌ازپیش آشکار می‌شود. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان مکانی جهت استقرار و انتظار خودروهای آتش‌نشانی و امداد، از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند. با هدف افزایش سطح ایمنی، مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و مدل مکان‌یابی در محیط GIS صورت گرفته است. روش مورد استفاده توصیفی-تحلیلی بوده و داده‌های مورد نیاز به صورت کتابخانه‌ای-اسنادی و میدانی جمع‌آوری شده است. در این راستا برای تعیین ضریب اهمیت، معیارهای دسترسی، ناسازگاری، سازگاری، پوشش و جمعیت و زیر معیارهای مربوطه با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی دوبه‌دو با همدیگر مقایسه شده همچنین با استفاده از تعداد ۲۰ پرسشنامه نظریات نخبگان و متخصصین شهری جمع‌آوری شده است. معیار جمعیت رتبه اول و کاربری سازگار، پوشش، دسترسی و کاربری ناسازگار در رده‌های بعدی را به خود اختصاص دادند. از مجموع ۲۳ ایستگاه در حال حاضر ۹ ایستگاه در مکان نسبتاً نامناسب و نامناسب که از این تعداد ۶ ایستگاه در وضعیت نسبتاً نامناسب و ۱۴ ایستگاه در مکان بهینه و مناسب قرار گرفته‌اند و جهت رسیدن به حداکثر بازدهی و احراز شرایطی مطلوب تعداد ۶ ایستگاه به فراخور نیاز منطقه‌ای پیشنهاد می‌گردد بنابراین با جابه‌جایی ۳ ایستگاه و جانمایی ۶ ایستگاه جدید به وضعیت بهینه نزدیک خواهیم شد. محدوده شمالی شهر بین شهرک بزین و حافظ و بلوار آفرینش سایتی با حدود ۶۷ درصد تا ۷۰ و محدوده بین شهرک آرین و بزرگراه محلاتی و دینکان نیز با حدود ۶۵ تا ۶۶ درصد مکان بهینه برای مراکز آتش‌نشانی مشخص شده است.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی، تجزیه و تحلیل فضایی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتب، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری

۱. کارشناس ارشد مدیریت شهری، دانشکده هنر و معماری، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران.

Email: urbanism1404@gmail.com

0009-0006-6837-9784

۲. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، ایران (نویسنده مسئول).

Email: ma1985kha@gmail.com

0009-0004-5128-5373



۱. مقدمه

آتش‌سوزی یکی از مشکلات مهم است که با وجود پیشرفت‌های فناوری همچنان به زندگی و اموال افراد آسیب می‌زند. واکنش سریع به حوادث آتش‌سوزی برای مدیریت اضطراری حیاتی است، زیرا تأخیر در رسیدن به محل حادثه می‌تواند به خسارات جدی منجر شود (Vahidnia et al., 2022). افزایش تراکم ساختمانی شهرها، چالش‌های جدیدی را برای خدمات آتش‌نشانی به همراه داشته (Lai et al., 2011) و با افزایش وسعت شهرها، برنامه‌ریزی و ساخت ایستگاه‌های آتش‌نشانی همگام با رشد شهری نبوده و این مسئله توانایی شهرها در هشدار آتش و واکنش اضطراری را به چالش کشیده است (Bolouri et al., 2020). همچنین مشکلات دسترسی و ترافیک سنگین در شهرهای بزرگ می‌تواند زمان پاسخگویی آتش‌نشانی را طولانی و تلفات را افزایش دهد (Faheem et al., 2024). مکان‌یابی تسهیلات عمومی از سیاست‌های حیاتی برای افزایش کارایی و حس جمع‌گرایی، به‌ویژه در دولت‌های با رشد جمعیت سریع است (Zolnik et al., 2010). تحلیل خدمات به منظور کاهش نقاط کور و ارائه خدمات به صورت برابر ضروری است. بهینه‌سازی موقعیت ایستگاه‌ها و توزیع فضایی آنها نقش اساسی در کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی امدادسانی، به‌ویژه در زمان بحران‌های طبیعی، دارد (زیاری و یزدانپناه، ۱۳۹۰). انتخاب بهترین مکان برای امکانات شهری در شرایط اضطراری اهمیت زیادی دارد، چراکه نجات جان انسان‌ها در اولویت قرار می‌گیرد. (فروتن مقدم، ۱۳۸۸؛ علوی و همکاران، ۱۳۹۶). محل صحیح استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقش مهمی در قابلیت و توانایی آنها در مقابله با آتش‌سوزی و مدیریت بحران دارد. تصمیم‌گیری درباره محل و تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی از مهم‌ترین وظایف مدیران شهری است (عادل، ۱۳۸۶). علم مکان‌یابی، که تاریخچه طولانی دارد، به تعیین بهترین مکان‌ها برای امکانات و خدمات اضطراری شهری مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی کمک می‌کند. موفقیت خدمات آتش‌نشانی به‌سرعت رسیدن به محل حادثه بستگی دارد (Nyimbili & Erden, 2020). انتخاب بهینه مکان و چیدمان ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای ایمنی و واکنش اضطراری بسیار مهم است (Ming et al., 2021). تعداد و مکان ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌طور قابل توجهی بر کارایی واکنش اضطراری در حوادث آتش‌سوزی تأثیر دارد (Chaud-

hary et al., 2016). برای بهبود کارایی واکنش اضطراری و کاهش خسارات، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه در انتخاب مکان ایستگاه‌ها ضروری است. استانداردهای NFPA ایستگاه‌ها را به عنوان مکان‌هایی که باید در عرض چهار دقیقه یا هشت مایلی مکان‌یابی شوند، تعیین کرده است (Aleisa, 2019; Wang, 2019). برای بهینه‌سازی خدمات آتش‌نشانی، از فناوری‌های مبتنی بر GIS و بهینه‌سازی مکان استفاده می‌شود. ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید در مکان‌های بهینه قرار گیرند تا بتوانند به‌سرعت عمل کنند و خسارات را به حداقل برسانند (Rahman et al., 2012).

ایران از نظر بروز حوادث غیرمترقبه طبیعی جزء ۱۰ کشور اول جهان است (روزنامه دنیای اقتصاد، ۱۴۰۲) و این موضوع اهمیت آتش‌نشانی را جهت مقابله با آتش‌سوزی، امدادسانی به مصدومان، نجات افراد و اموال از خطرات و حوادث را دوچندان می‌کند. لذا هدف این مطالعه بررسی و ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز جهت ارائه هر چه بهتر خدمات است.

جمعیت شیراز در سال ۱۴۰۰ حدود ۱، ۹۵۵، ۵۰۰ نفر بوده و این شهر از پرجمعیت‌ترین شهرهای استان فارس و جنوب ایران است. سازمان آتش‌نشانی شیراز در سال ۱۳۲۹ تأسیس شد و تا سال ۱۴۰۱ دارای ۲۳ ایستگاه است (سالنامه آماری شهرداری شیراز، ۱۴۰۲). با این حال، برخی مناطق به‌ویژه منطقه هشت، که شامل بافت فرسوده و تاریخی است، نمی‌توانند در زمان مناسب خدمات‌رسانی شوند. این منطقه دارای مشکلاتی از جمله شبکه ارگانیک با نفوذپذیری پایین، کمبود فضاهای باز و فرسودگی بافت است که خدمات‌رسانی آتش‌نشانی را دشوار می‌کند. بنابراین، توزیع مناسب ایستگاه‌ها امری ضروری است. مشکلات مشابهی در سایر مناطق شیراز نیز وجود دارد، از جمله مناطق دو، چهار، نه و یازده که نیازمند مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌های بیشتر هستند. توسعه بی‌رویه اطراف شهر و احداث سکونتگاه‌های غیررسمی و باغ ویلاها نیز این نیاز را افزایش داده است.

طبق اطلاعات سازمان آتش‌نشانی، سرانه این ایستگاه‌ها به ازای هر ۵۰ نفر ۰.۷ و متوسط زمان رسیدن به محل حادثه ۵: ۳۷ دقیقه است که این زمان برای تهران ۴: ۱۳ و برای کل کشور زیر ۱۰ دقیقه است (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران، ۱۴۰۱). عملکرد سازمان آتش‌نشانی شیراز در

به کاهش این خطرات توجه کند. در این راستا، برنامه‌ریزی کاربری اراضی، کنترل توسعه و مکان‌یابی بهینه نقش اساسی ایفا می‌کند. (Borodinecs et al., 2019). مدیران شهری با برنامه‌ریزی بلندمدت، ارتباط با ذینفعان و درک شرایط زمین می‌توانند در کاهش خطر بلایا مؤثر باشند (Chang et al., 2012). حمایت دولت‌های ملی و شهری، افزایش آگاهی و توانمندسازی ذینفعان برای مشارکت در کاهش خطر بلایا ضروری است (Rahman et al., 2012). ارزیابی ریسک بلایا باید خطرات را از نظر مکانی شناسایی، طبقه‌بندی و متمایز کند تا برای مدیریت کاربری زمین مفید باشد (Lai et al., 2011).

۲.۲. مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی

مکان‌یابی در برنامه‌ریزی شهری به افزایش کارایی کاربری‌ها کمک می‌کند و به بررسی توانایی‌های یک محل از جنبه‌های کالبدی، اجتماعی و اقتصادی می‌پردازد. هدف این فرایند، انتخاب بهترین موقعیت برای انواع کاربری‌ها است. با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای GIS، این پروسه به شیوه‌ای علمی‌تر انجام می‌شود و امکان دسترسی شهروندان به خدمات را بهبود می‌بخشد. (Liu et al., 2006).

معیارهای مکان‌یابی کاربری‌های شهری برای جلوگیری از آشفتگی و اثرات منفی اهمیت زیادی دارند. این معیارها شامل حداقل هزینه، بهینه‌سازی دسترسی و کاهش مسافت سفر می‌شوند. مکان‌یابی تأسیسات نقش زیادی در تصمیمات استراتژیک دارد و نیاز به برنامه‌ریزی دقیق دارد، زیرا انتخاب نادرست می‌تواند منجر به مشکلات و هزینه‌های بالا شود (Murray, 2013). مکان‌یابی تأسیسات تأثیر زیادی بر درآمد، هزینه‌ها و سطح خدمات دارد. از این رو، معیارهای مکان‌یابی برای کاربری‌هایی نظیر کارخانه‌ها و مراکز خدماتی حیاتی هستند و برای هر نوع کاربری، جنبه‌های خاصی باید مدنظر قرار گیرد. مدیریت بحران آتش‌سوزی در شهرها بسیار اهمیت دارد، چراکه آتش‌سوزی‌های شهری می‌توانند خسارات زیادی به بار آورده و امنیت شهروندان را تهدید کنند. خدمات آتش‌نشانی یک خدمت عمومی حیاتی است که باید به‌طور استراتژیک برنامه‌ریزی شود تا زمان پاسخ‌دهی سریع‌تر فراهم گردد. مدیریت بلایا شامل مراحل پیش‌بینی، هشدار، امداد اضطراری، توان‌بخشی و بازسازی است. همچنین، باید خطرات و پیامدهای آتش‌سوزی شناسایی و مدیریت شوند تا اثرات آن به

سال ۳۹۹۱ در مجموع ۱۷، ۲۴۲ عملیات بوده که نسبت به سال ۱۳۹۸ کاهش ۰.۱ درصدی داشته است. (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز، ۱۴۰۰). زمان اعزام تیم عملیاتی این سازمان در محل حادثه از ۵ دقیقه و ۲۲ ثانیه به ۵ دقیقه و ۱۲ ثانیه رسیده است (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز، ۱۴۰۰). با توجه به رشد جمعیت و گسترش شهر، نیاز به مکان‌یابی جدید و احداث ایستگاه‌های بیشتر برای رسیدن به استاندارد جهانی ۴ دقیقه ضروری است. این پژوهش با تحلیل فضایی و عملکردی ایستگاه‌های موجود، به دنبال شناسایی مناطقی است که در زمان بحران نمی‌توانند خدمات‌رسانی مناسب دریافت کنند. همچنین پیشنهادهایی برای بهبود عملکرد ایستگاه‌ها و مکان‌یابی مناسب با توجه به شرایط بحرانی ارائه خواهد شد تا به سؤال توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در شیراز با توجه به رویکرد مدیریت بحران پاسخ دهد.

۲. مبانی نظری

با افزایش وسعت و تنوع شهرها، برنامه‌ریزی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نتوانسته با تغییرات همگام باشد. ناکارآمدی نیروهای آتش‌نشانی و افزایش خطرات آتش‌سوزی، شهرها را با چالش‌های عمده‌ای در هشدار و واکنش اضطراری مواجه کرده است. به دلیل پیچیدگی فضاهای شهری، انتخاب علمی مکان‌ها و برنامه‌ریزی چیدمان ایستگاه‌های آتش‌نشانی ضروری شده است. برای بهبود ایمنی عمومی و کاهش خطرات ناشی از توسعه سریع شهرها، بهینه‌سازی تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی لازم است تا کارایی واکنش اضطراری و کاهش خسارات اقتصادی و هزینه‌های اضطراری بهبود یابد.

۲.۱. نقش برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری در کاهش بلایا

شهرهای آسیایی به‌سرعت در حال گسترش هستند و این امر چالش‌هایی نظیر نیاز به زمین، زیرساخت‌ها، مسکن و خدمات اساسی را به همراه دارد. برنامه‌ریزی نادرست و بی‌توجهی به مخاطرات، آسیب‌پذیری در برابر بلایا را افزایش می‌دهد. برای کاهش خطر بلایای طبیعی یا انسانی (مانند سیل، زلزله، آتش‌سوزی)، چارچوب توسعه شهری باید به‌طور گسترده



ساکنین شیراز به خدمات آتش‌نشانی، سازمان برنامه بودجه، ۱۳۹۷).

۴.۲. نوع ایستگاه

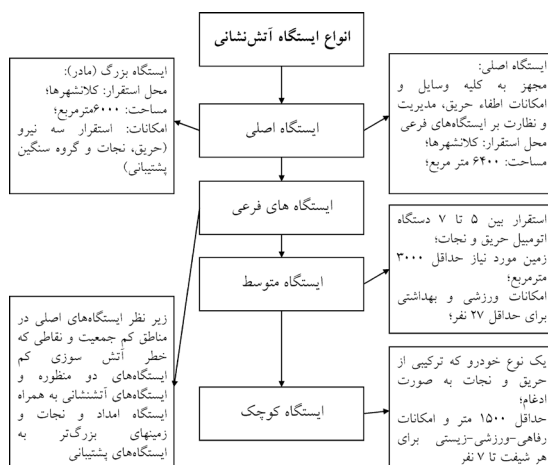
به‌طور کلی نوع و کیفیت ایستگاه‌ها در سطح مناطق مختلف شهری با توجه به تنوع مناطق یکسان نبوده و آنها را از نظر کیفی می‌توان به دو دسته ایستگاه‌های اصلی و فرعی تقسیم کرد که در «تصویر ۱» نمایش داده شده است.

۵.۲. عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

بیشتر ضوابط مرتبط با ایستگاه‌های آتش‌نشانی بر این هدف تمرکز دارند که بتوانند در کوتاه‌ترین زمان ممکن، بیشترین تعداد جمعیت را پوشش دهند. با در نظر گرفتن ویژگی‌های شهرهای ایران و همچنین بررسی تجربیات سایر کشورها، می‌توان عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را شناسایی کرد (فنی و روشن، ۱۳۹۶) و متناسب با خصوصیات موجود هر شهر تدوین کرد و این مهم در قالب «جدول ۱» در ذیل آورده شده است.

۳. روش تحقیق

روش پژوهش حاضر، از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی هست. در این پژوهش، اطلاعات مورد نیاز به دو بخش تقسیم شده است: ابتدا معیارهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی از طریق منابع



تصویر ۱. انواع ایستگاه‌های آتش‌نشانی.

حداقل برسد. (اخوان عبداللهیان و همکاران، ۱۳۹۶).

آتش‌سوزی در مناطق شهری به دلایل متنوعی رخ می‌دهد و ارتباط تنگاتنگی با تراکم جمعیت دارد. در شهرهایی با تراکم بالاتر، وقوع آتش‌سوزی‌ها رایج‌تر و سیستماتیک‌تر بوده و آثار اقتصادی و اجتماعی آن شدیدتر است. مدیریت حریق به عنوان بخشی از تحلیل ریسک، شامل تجزیه و تحلیل خطرات آتش‌سوزی می‌شود که اهمیت ویژه‌ای دارد. پیشگیری از آتش‌سوزی مؤثرترین راهکار مدیریت این معضل شناخته شده است. در عین حال، تحقق برابری در توزیع خدمات آتش‌نشانی چالشی اساسی است، زیرا نیازها در بخش‌های مختلف شهر متفاوت بوده و ارائه خدمات کاملاً یکسان ممکن نیست. این تحلیل با تأکید بر منابع معتبر، به اهمیت مدیریت آتش‌سوزی در شهرها و نقش آن در تأمین ایمنی و سلامت عمومی می‌پردازد (Saewoom et al, 2022; Jing, Xiaoxiang, 2016; Savsar, 2014). توزیع برابر خدمات شهری مرتبط با حفاظت در برابر آتش از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا گروه‌های مختلفی از جمله اقشار کم‌درآمد، سالمندان، و ساکنان مسکن‌های نامرغوب به‌شدت به این خدمات وابسته‌اند. در شهرها، برخی مناطق و گروه‌ها دسترسی متفاوتی به خدمات آتش‌نشانی دارند، که این اختلاف اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا زمان پاسخ‌دهی به‌شدت تحت تأثیر موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار می‌گیرد. مکان‌یابی ایستگاه‌ها تأثیر مستقیمی بر زمان واکنش و کیفیت خدمات حفاظتی دارد. از سوی دیگر، استانداردهای موجود برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی، اگر بر اساس معیارهایی طراحی شده باشند که با نیازهای گروه‌های خاص هماهنگی ندارند، ممکن است به نابرابری در توزیع خدمات منجر شوند. برای تضمین برابری و ارائه خدمات حفاظتی کارآمد، لازم است این مسائل به‌دقت بررسی شوند و نیازهای متنوع جوامع مورد توجه قرار گیرد. (اخوان عبداللهیان و همکاران، ۱۳۹۶).

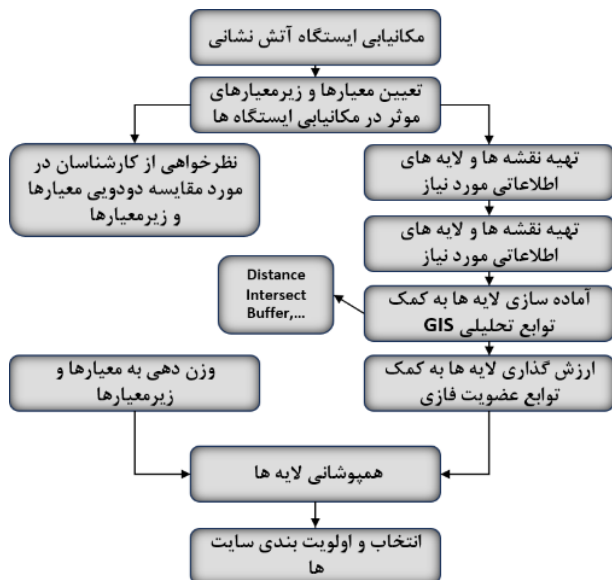
۳.۲. انواع ایستگاه‌های آتش‌نشانی بر اساس مقیاس عملکردی

ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان مراکزی برای استقرار و آماده‌باش خودروهای آتش‌نشانی و امداد، از جمله نقاط کلیدی خدمات‌رسانی در شهرها محسوب می‌شوند. این ایستگاه‌ها نقشی اساسی در تأمین ایمنی، رفاه شهروندان و همچنین توسعه اقتصادی شهر ایفا می‌کنند (مطالعه نیازسنجی دسترسی

جدول ۱. چارچوب نظری تحقیق.

منبع	زیر معیار	معیار	هدف
(ذاکر حقیقی، ۱۳۸۲: ۲۷)، (علوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۱)، (پرهیزگار، ۱۳۸۳)، (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴)، (http://iran125.ir)، (صدوق، ۱۳۸۰: ۲۳۰)، (فلاح‌زاد، ۱۳۹۳: ۶۷).	پنجاه هزار نفر در هکتار؛ پنجاه تا صد هزار نفر در هکتار؛ صد و پنجاه هزار نفر در هکتار؛ صد و پنجاه تا دویست هزار نفر در هکتار؛ بیش از دویست هزار نفر در هکتار.	جمعیت	مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رویکرد مدیریت بحران
(پرهیزگار، ۱۳۸۳)، (نظریان و کریمی، ۱۳۸۸: ۱۵)، (http://iran125.ir)، (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۶)، (نعمتی فرد و همکاران، ۱۳۹۸).	بهداشتی - درمانی؛ آموزشی؛ مذهبی؛ اداری و مراکز پذیرایی - جهانگردی؛ ورزشی بزرگ؛ ترمینال و ایستگاه‌های بین‌شهری.	همسایگی ناسازگار	
(پرهیزگار، ۱۳۸۳)، (فرج‌زاه، ۱۳۸۱)، (http://iran125.ir)، (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۶).	مسکونی؛ تجاری؛ ورزشی؛ پمپ بنزین؛ مراکز ورزشی کوچک؛ کارگاهی - صنعتی؛ تجهیزات شهری؛ فضاها سبز عمومی؛ پارکینگ‌های عمومی.	همسایگی سازگار	
(پورمحمدی، ۱۳۸۱: ۱۸۹)، (حبیبی و مسائلی، ۱۳۷۸: ۳۷)، (رضویان، ۱۳۸۱: ۱۸۹)، (کلانتری، ۱۳۸۷: ۱۱)، (http://iran125.ir)، (نعمتی فرد و همکاران، ۱۳۹۸)، (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۹۰: ۱۹۰-۱۸۸).	شریانی درجه یک؛ شریانی درجه دو؛ محلی.	شبکه معابر و دسترسی	
(صداقت، ۱۳۹۸: ۲۴)، (حیدری، ۱۳۹۴: ۲۸)، (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶).	کوچک؛ متوسط؛ بزرگ.	شعاع عملکرد مفید (پوشش)	

عدم دقت در داده‌ها بوده است. ابزار Fuzzy Overlay در تصمیم‌گیری بر مبنای عدم دقت در مرزهای کلاس‌ها استفاده شد، که به طیفی از احتمالات عضویت هر داده در یک کلاس خاص اشاره دارد.



تصویر ۲. دیاگرام فرایند به‌کارگیری روش.

کتابخانه‌ای استخراج شدند. سپس، اسناد و نقشه‌های مرتبط با شهر شیراز از سازمان‌های محلی گردآوری و تجزیه و تحلیل شدند. برای تحلیل داده‌ها و یافتن مکان‌های بهینه، ابتدا معیارهای مکان‌یابی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice وزن‌دهی شدند. سپس، با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی، نقشه‌های موضوعی تهیه و لایه‌های معیارهای وزن‌دهی شده همپوشانی شدند تا مکان‌های بهینه برای احداث ایستگاه‌ها شناسایی شود. در پایان، این مکان‌ها با رویکرد مدیریت بحران ارزیابی شدند (روند انجام پژوهش در تصویر ۲ قرار دارد). روش‌های به‌کاررفته شامل AHP برای تعیین وزن معیارها با استفاده از مقایسه‌های زوجی و مشارکت متخصصان (شامل ۷ نفر با مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد در سازمان آتش‌نشانی، ۱۲ نفر در بخش و معاونت شهرسازی و معماری با مدارک کارشناسی تا دکتری و ۱ نفر با مدرک کارشناسی ارشد در سازمان مدیریت بحران با رشته‌های شهرسازی، برنامه‌ریزی و طراحی و مدیریت شهری، معماری، ایمنی و مدیریت بحران شهرداری شیراز به خدمات‌رسانی مشغول هستند و در تحلیل سلسله‌مراتبی مورد پرسشگری قرار گرفته‌اند.) از طریق تدوین ۲۰ پرسشنامه و منطق فازی برای تحلیل همپوشانی و کاهش



۴. معرفی محدوده مورد مطالعه (شهر شیراز)

شیراز کلان‌شهری در ایران و مرکز استان فارس در جنوب کشور است. جمعیت کلان‌شهر شیراز در سرشماری سال ۱۳۹۵ خورشیدی، بالغ بر ۱'۵۶۵'۵۷۲ تن بوده است که بر این اساس شیراز پنجمین شهر بزرگ و پرجمعیت ایران و پرجمعیت‌ترین شهر جنوب کشور به شمار می‌رود. شیراز در بخش مرکزی استان فارس، در ارتفاع ۱۴۸۶ متر از سطح دریا و در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده و آب‌وهوای معتدلی دارد. شهر شیراز، مرکز استان فارس به طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر با مساحت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع به شکل مستطیل و از لحاظ جغرافیایی در جنوب غربی ایران و در بخش مرکزی فارس قرار دارد (سالنامه آماری شهرداری شیراز، ۱۳۹۹).

سازمان آتش‌نشانی شیراز در سال ۱۳۲۹ در شهرداری شکل گرفت. در سال ۱۳۵۱ نیز ایستگاه شماره یک در پل حر احداث شد. سال ۱۳۵۶ ایستگاه شماره دو در پارک خلد برین و ایستگاه شماره ۳ در میدان دفاع مقدس احداث گردید. ایستگاه‌های فرهنگ شهر و کوی سجادیه و بلوار امیرکبیر نیز در سال ۱۳۷۱ تأسیس شدند. از سال ۱۳۷۹ و ۱۳۷۸ نیز ۵ ایستگاه بلوار عدلت، خیابان سردخانه، شهر گلستان، خیابان بریجستون، بلوار هفت‌تانه احداث شدند. در بین سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶ برنامه‌ریزی بیشتری برای این ایستگاه‌ها انجام گرفت، که تاکنون که شمار ایستگاه‌های شهر در سال ۱۴۰۱ شهر شیراز ۲۳ عدد می‌باشد (نقشه ۱). طبق اطلاعات منتشرشده از سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز سرانه این ایستگاه‌ها به ازای هر ۵۰ نفر ۰/۷ است و متوسط زمان رسیدن به محل حادثه ۵:۳۷ دقیقه هست. این زمان برای شهر تهران در سال ۱۴۰۱ برابر با ۴:۱۳ و برای کل کشور زیر ۱۰:۰۰ می‌باشد (سازمان آتش‌نشانی شهرداری تهران، ۱۴۰۱). آمار عملکرد سازمان آتش‌نشانی در عملیات‌های شهر شیراز در سال ۱۳۹۹ در مجموع ۱۷/۲۴۲ است، که به نسبت همین سال گذشته ۱۳۹۸ با شمار ۱۷/۲۵۱ عملیات ۰/۱- درصد افت داشته است. در جدول ۲ فعالیت خدمات شهری آتش‌نشانی در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ آمار عملکرد سازمان آتش‌نشانی به تفصیل آورده شده است (سالنامه آماری شهرداری شیراز، ۱۳۹۹) و (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز، ۱۳۹۹).

جدول ۲. آمار عملکرد سازمان آتش‌نشانی

(مأخذ: سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز).

شرح	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۷	درصد تغییرات
امداد و نجات	۸,۰۶۲	۸,۲۱۰	-۲
اطفا حریق	۴,۵۹۶	۳,۵۴۶	۲۹
امداد و حریق	۴	۱۰	-۶۰
پیشگیری و کارشناسی	۱,۰۴۱	۷۷۳	۳۵
مانور و استقرار	۱,۵۷۵	۱,۲۸۳	۲۳
کمکی حریق	۱,۳۱۸	۱,۰۹۵	۲۰
رفت و برگشت	۶۵۵	۵۷۷	۱۴
مجموع	۱۷,۲۵۱	۱۵,۵۱۲	۱۱

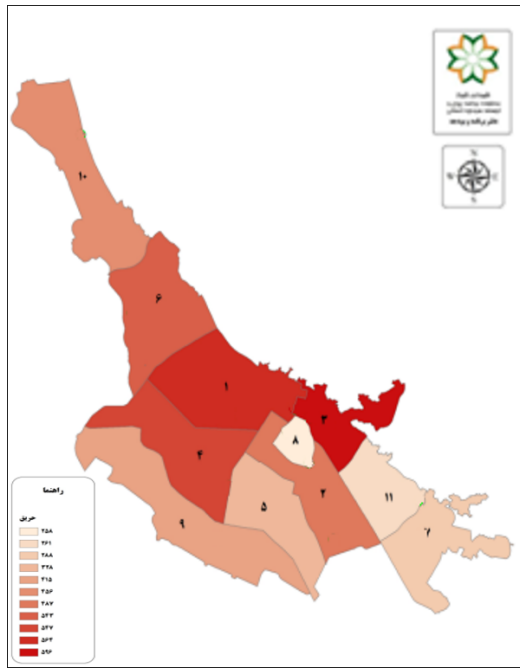
پهنه‌بندی خطر براساس حجم اطفاء حریق به بررسی و تجزیه و تحلیل نیازها و الزامات منابع اطفاء حریق در نواحی مختلف می‌پردازد. این فرایند برای شناسایی مناطقی که بیشترین خطر آتش‌سوزی را دارند و حجم و نوع منابع مورد نیاز برای اطفاء آن حریق‌ها را تعیین می‌کند (نقشه ۲).

۵. یافته‌های تحقیق

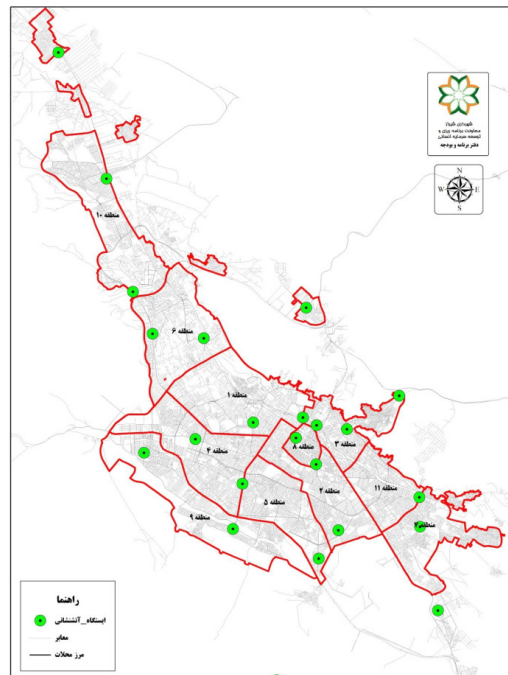
نمودار سلسله‌مراتبی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توضیح هر معیار که شامل جمعیت، شعاع عملکرد مفید، همسایگی سازگار و ناسازگار و شبکه معابر و دسترسی است به همراه زیرمعیار مربوطه آورده شده است (تصویر ۳).

۵.۱. تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

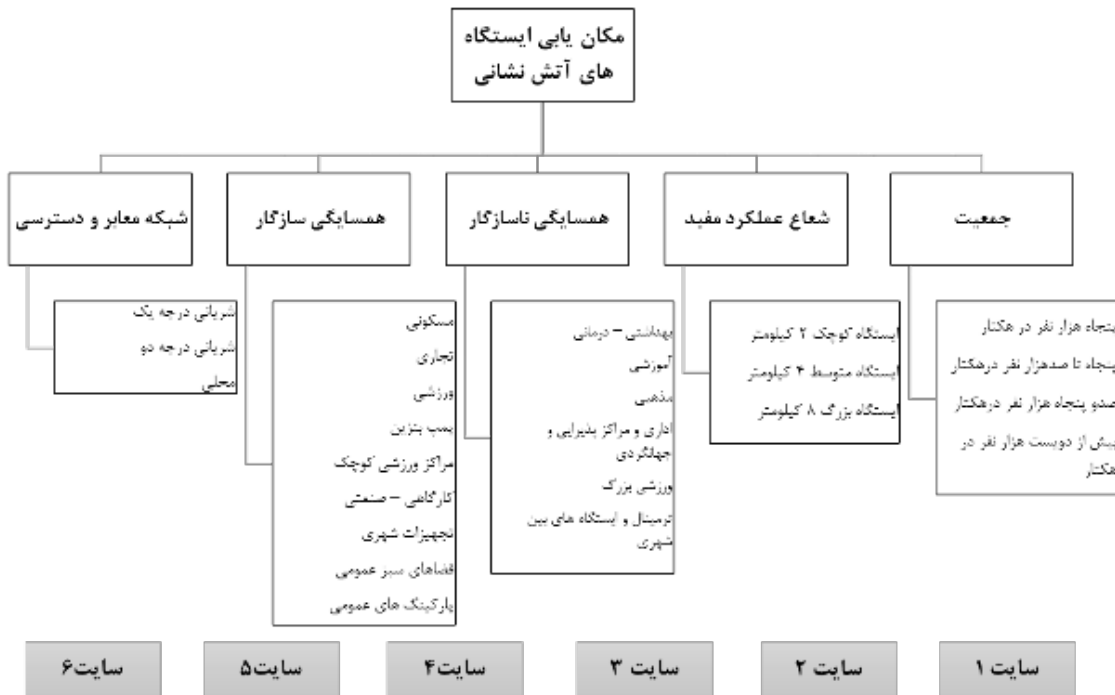
برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی دوبه‌دو آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. در این مقیاس ۹ کمیته ال ساعتی^۱ برای مقایسه دوبه‌دو معیارها با توجه به هدف مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق وزن معیارها را نمی‌توان با استفاده از تحقیقات قبلی و نظر شخصی تعیین کرد و باید با شرایط بومی و استانداردهای محلی منطبق باشد. لذا برای تعیین اهمیت معیارها از نظر ۲۰ نفر از مدیران و دست‌اندرکاران و صاحب‌نظران استفاده شده که ۷ نفر با مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد در سازمان



نقشه ۲. پهنه‌بندی خطر بر اساس حجم اطفاء حریق (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز).



نقشه ۱. موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی شیراز (مأخذ: سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز).



تصویر ۳. نمودار سلسله‌مراتبی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی.



جدول ۳. مقایسه زوجی معیارها.

جمعیت	پوشش	سازگاری	ناسازگاری	دسترسی	
۳	۱/۲	۲	۲	-	دسترسی
۱/۲	۱	۱/۲	-	۱/۳	ناسازگاری
۱	۴	-	۲	۱/۲	سازگاری
۱/۲	-	۱/۴	۱	۲	پوشش
-	۲	۱	۱	۱/۳	جمعیت

جدول ۴. مقایسه زوجی گزینه‌های معیار تراکم جمعیت.

۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۱۰۰-۱۵۰	۵۰-۱۰۰	۰-۵۰	
۱/۲	۱	۱/۲	۱/۲		۰-۵۰
۱/۲	۱	۱/۳		۲	۵۰-۱۰۰
۱	۱		۳	۲	۱۰۰-۱۵۰
۲		۱	۱	۲	۱۵۰-۲۰۰
	۱/۲		۲	۲	۲۰۰

آتش‌نشانی، ۱۲ نفر در بخش و معاونت شهرسازی و معماری با مدارک کارشناسی تا دکتری و ۱ نفر با مدرک کارشناسی ارشد در سازمان مدیریت بحران شهرداری شیراز به خدمات‌رسانی مشغول هستند و در تحلیل سلسله‌مراتبی مورد پرسشگری قرار گرفته‌اند. برای مقایسه دو دویی معیارهای اصلی در مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی انجام شد.

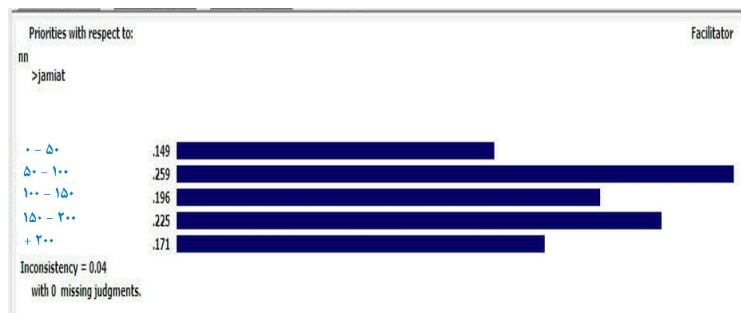
از «جدول ۳» و «تصویر ۴» چنین استنباط می‌شود که اهمیت دسترسی دو برابر اهمیت کاربری‌های سازگار و سه برابر کاربری‌های ناسازگار است. همچنین عملکرد و پوشش ۲ برابر دسترسی اهمیت دارد. و مشاهده می‌شود که جمعیت دو برابر پوشش دارای اهمیت است.

در خصوص جمعیت، هرچه جمعیت افزایش می‌یابد، درجه اهمیت بیشتر می‌شود به طوری که جمعیت ۵۰ تا ۱۰۰ نفر دو برابر جمعیت تا ۵۰ نفر اهمیت دارد و جمعیت ۱۰۰ تا ۱۵۰ نفر دو برابر جمعیت تا ۵۰ نفر اهمیت دارد و جمعیت ۱۰۰-۱۵۰ نفر ۱۵۰ نفر ۳ برابر جمعیت ۵۰ تا ۱۰۰ نفر اهمیت دارد (طبق جدول ۴ و تصویر ۵).

«جدول ۵» و «تصویر ۶» گویای این است که اهمیت



تصویر ۴. محاسبه وزن زیر معیارها در نرم‌افزار Expert Choice.



تصویر ۵. محاسبه وزن گزینه‌های معیار تراکم جمعیت.

جدول ۵. مقایسه زوجی گزینه‌های معیار شبکه معابر و دسترسی.

محل	درجه دو	درجه یک	
۱/۲	۱/۳		درجه یک
۱/۲		۱/۲	درجه دو
	۱/۲	۳	محل

جدول ۶. مقایسه زوجی گزینه‌های معیار پوشش.

بزرگ	متوسط	کوچک	
۱/۳	۱/۳		کوچک
۱/۲		۳	متوسط
	۲	۳	بزرگ

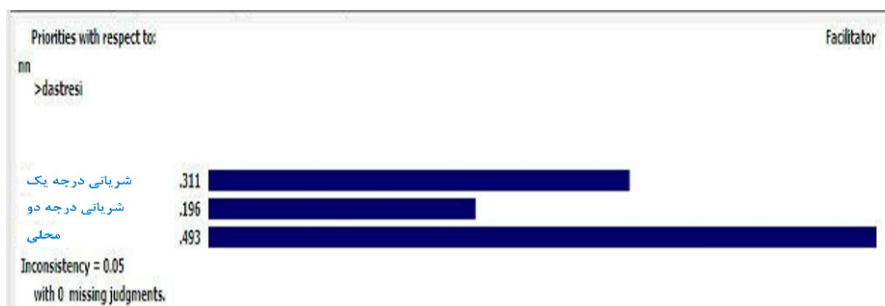
کسب شده رتبه‌بندی گردیدند. از بین معیارها، معیار جمعیت رتبه اول و کاربری سازگار، پوشش، دسترسی و کاربری ناسازگار در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۹).

شریان‌های درجه یک دو برابر اهمیت شریان‌های درجه دو است و اهمیت شریان‌های محلی دو برابر شریان‌های درجه یک اهمیت دارند.

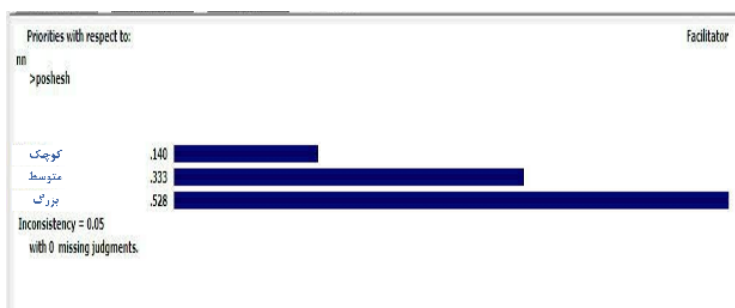
«جدول ۶» و «تصویر ۷» گویای این است که اهمیت ایستگاه‌های بزرگ چهار برابر اهمیت ایستگاه‌های کوچک است و اهمیت ایستگاه‌های متوسط حدود سه برابر ایستگاه‌های کوچک است.

بر اساس «جدول ۷» و «تصویر ۸»، در خصوص کاربری‌های سازگار کاربری مسکونی دو برابر کاربری تجاری دارای اهمیت است. کاربری تجاری ۳ برابر کاربری ورزشی دارای اهمیت است. کاربری پمپ بنزین دارای اهمیت سه برابر نسبت به کاربری صنعتی و کاربری فضای سبزی باشد کاربری تجهیزات شهری دو برابر کاربری ورزشی کوچک دارای اهمیت است.

«جدول ۸» و «تصویر ۹» مبین این موضوع هستند که کاربری‌های ناسازگار کاربری درمانی دو برابر آموزشی دارای اهمیت است. کاربری درمانی ۴ برابر کاربری مذهبی دارای اهمیت است. کاربری ترمینال دو برابر ورزشی دارای اهمیت می‌باشد. کاربری آموزشی سه برابر کاربری ترمینال و جهانگردی دارای اهمیت است. پس از رتبه‌بندی و انجام تحلیل‌های AHP و خروجی نرم‌افزار اکسپرت چویس معیارها و زیرمعیارها بر اساس امتیازات



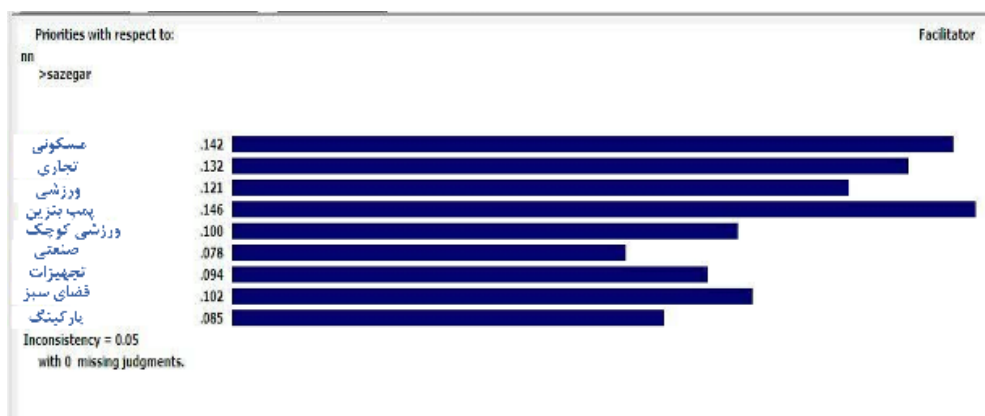
تصویر ۶. محاسبه وزن گزینه‌های معیار شبکه معابر و دسترسی.



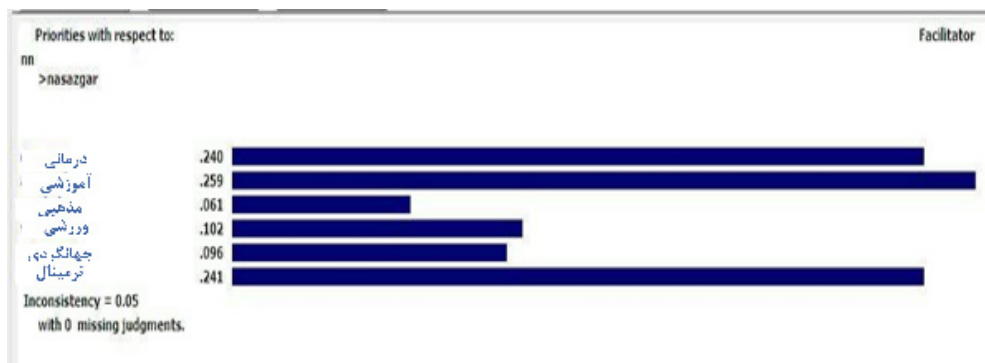
تصویر ۷. محاسبه وزن گزینه‌های معیار پوشش.

جدول ۷. مقایسه زوجی گزینه‌های معیار همسایگی سازگار.

ورزشی کوچک	پارکینگ	فضای سبز	تجهیزات	صنعتی	پمپ بنزین	ورزشی	تجاری	مسکونی	
۴	۲	۲	۱/۲	۲	۲	۴	۲		مسکونی
۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳		۱/۲	تجاری
۱	۱/۲	۲	۲	۴	۱/۲		۱/۳	۱/۴	ورزشی
۱/۲	۲	۳	۳	۳		۲	۱/۳	۱/۲	پمپ بنزین
۱	۱/۳	۲	۲		۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۲	صنعتی
۲	۱/۲	۱		۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	تجهیزات
۱	۱/۴		۱	۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۳	فضای سبز
۱		۴	۲	۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۴	پارکینگ
	۱	۱	۱/۲	۱	۲	۱	۱	۱/۴	ورزشی کوچک



تصویر ۸. محاسبه وزن گزینه‌های معیار همسایگی سازگار.



تصویر ۹: محاسبه وزن گزینه‌های معیار همسایگی ناسازگار.

جدول ۸. مقایسه زوجی گزینه‌های معیار همسایگی ناسازگار.

معیار	درمانی	آموزشی	مذهبی	ورزشی	جهانگردی	ترمیمال
درمانی		۲	۴	۲	۲	۱/۲
آموزشی	۱/۲		۳	۳	۳	۲
مذهبی	۱/۴	۱/۳		۲	۲	۱/۳
ورزشی	۱/۲	۱/۳	۱/۲		۱	۱/۲
جهانگردی	۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱		۱/۴
ترمیمال	۱/۲	۱/۲	۳	۲	۴	

جدول ۹. امتیازات معیارها و زیرمعیارها و امتیازات نهایی هر مؤلفه.

معیار	امتیاز معیار	زیر معیار	امتیاز زیر معیار	امتیاز نرمال شده
دسترسی	۰/۱۹۶	درجه ۱	۰/۳۱۱	۰/۰۳۲۷۲۴
		درجه ۲	۰/۱۹۶	۰/۰۷۳۲۲۴
		محلی	۰/۴۹۳	۰/۲۱۸۳۷۶
کاربری سازگار	۰/۲۱۶	مسکونی	۰/۱۴۲	۰/۰۱۲۰۲۴
		تجاری	۰/۱۳۲	۰/۰۲۷۸۸۹
		ورزشی	۰/۱۲۱	۰/۰۱۶۰۳۲
		پارکینگ	۰/۰۸۵	۰/۰۱۶۷
		پمپ بنزین	۰/۱۴۶	۰/۰۲۰۵۴۱
		صنعتی	۰/۰۷۸	۰/۰۲۵۵۵۱
		تجهیزات شهری	۰/۰۹۴	۰/۰۲۳۰۴۶
		فضای سبز	۰/۱۰۲	۰/۰۲۵۵۵۱
		درمانی	۰/۲۴۰	۰/۰۳۹۰۵
		آموزشی	۰/۲۵۹	۰/۰۱۴۲
کاربری ناسازگار	۰/۱۲۸	مذهبی	۰/۰۶۱	۰/۰۰۴۸۲۸
		ورزشی بزرگمقیاس	۰/۱۰۲	۰/۰۳۱۲۴
		جهانگردی	۰/۰۹۶	۰/۰۰۸۰۹۴
		ترمیمال	۰/۲۴۱	۰/۰۴۴۵۸۸
		جمعیت	۰/۲۵۵	۰/۰۴۲۱۸۹
پوشش	۰/۲۰۵	۵۰ تا ۵۰ هزار نفر	۰/۱۴۹	۰/۰۳۴۱۰۴
		۱۰۰ تا ۱۰۰ هزار نفر	۰/۱۹۶	۰/۰۳۴۱۰۴
		۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار نفر	۰/۲۲۵	۰/۰۳۱۸۹۹
		بیشتر از ۲۰۰ هزار نفر	۰/۱۷۱	۰/۰۲۴۱۰۸
		ایستگاه کوچک	۰/۱۴۰	۰/۰۳۵۶۹۷
مجموع	۱	ایستگاه متوسط	۰/۳۳۳	۰/۰۶۵۰۴۳
		ایستگاه بزرگ	۰/۵۲۸	۰/۱۱۸۲۶

۲.۵. همپوشانی معیارها

نقشه‌های فازی شده در محیط GIS با دستور weighted sum لایه‌های فازی شده در مرحله قبل را وارد کرده و در قسمت weight امتیاز نرمال شده به دست آورده شده معیارها وارد می‌شود. «نقشه ۳» خروجی این دستور بوده که به صورت درصدی مکان‌های مطلوب نشان داده می‌شود. درصدهای به دست آمده ۲۰ درصد تا ۷۰ دسته‌بندی شده که دسته‌های آخر نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر برای احداث مراکز آتش‌نشانی می‌باشد. دسته‌بندی به ده دسته افزایش یافت تا مکان‌هایی که درصدهای بالای ۶۰ دارند دقیق‌تر مشخص شوند.

بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته و خروجی «نقشه ۴» وضعیت استقرار مراکز موجود و مکان‌های بهینه این نتیجه حاصل شد که از مجموع ۲۳ ایستگاه در حال حاضر ۹ ایستگاه در مکان نسبتاً نامناسب و نامناسب که از این تعداد ۶ ایستگاه در وضعیت نسبتاً نامناسب و ۱۴ ایستگاه در مکان بهینه و مناسب قرار گرفته‌اند و جهت رسیدن به حداکثر بازدهی و احراز شرایطی مطلوب تعداد ۶ ایستگاه به فراخور نیاز منطقه‌ای پیشنهاد می‌گردد بنابراین با جابه‌جایی ۳ ایستگاه و جانمایی ۶ ایستگاه جدید به وضعیت بهینه نزدیک خواهیم شد.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد با توجه به معیارهای مورد ارزیابی، ۹ نقطه به صورت نسبتاً نامناسب و نامناسب تشخیص داده شد و این مکان‌یابی و درجه‌بندی براساس معیارهای وضع موجود می‌باشد و مقوله‌ای پنهان تحت عنوان توسعه‌های آتی و مناطق استراتژیک فارغ از معیارهای مورد بررسی می‌باشد که ملاک عمل مکان‌گزینی قرار گرفته است. مضافاً اینکه برخی نقاط که در ادامه مورد کنکاش قرار می‌گیرند در محدوده نسبی و کمی نامطلوب قرار دارند و نیازی به جابه‌جایی ندارند.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

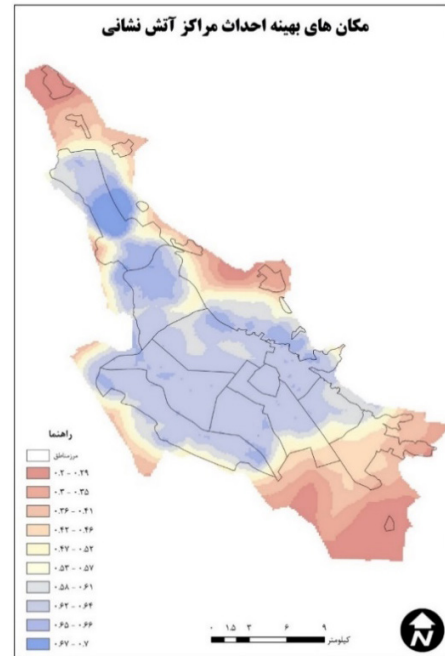
ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقش بسیار مهمی در ایجاد امنیت و حفاظت از شهروندان دارند. این ایستگاه‌ها نه تنها احساس آرامش و ایمنی را برای مردم فراهم می‌کنند، بلکه در مواقع بحرانی مانند



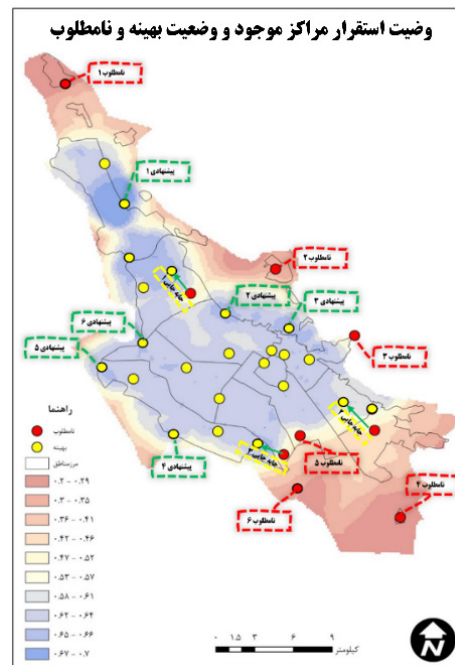
در برنامه‌ریزی شهری، توزیع مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید به‌گونه‌ای باشد که تمام نقاط شهر را در برگیرد و امکان دسترسی سریع نیروهای امدادی به هر نقطه‌ای از شهر را فراهم آورد. این توزیع باید به صورت عادلانه انجام شود تا حتی در اقصی نقاط شهر، مردم به امکانات ایمنی مورد نیاز دسترسی داشته باشند. مطالعات صورت گرفته در زمینه توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی اغلب از شاخص‌هایی مانند جمعیت تحت پوشش و شعاع عملکرد ایستگاه استفاده می‌کنند. از دید جغرافیایی، تعداد و توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی نشان‌دهنده دسترسی نیروهای امدادی به محل حادثه و آسیب دیدگان است. پراکندگی عادلانه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به بررسی موقعیت‌های مکانی آنها در شهر و کشف فضاهای حساس و نیازمند حفاظت با توجه به پراکندگی جمعیت در سطح شهر می‌پردازد. این ایستگاه‌ها برای ارائه خدمات ایمنی مطلوب به شهروندان، نیازمند به توزیع بهینه و کاهش زمان رسیدن به محل حادثه هستند. انتخاب مکان مناسب برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی از اهمیت زیادی برخوردار است و این تصمیم می‌تواند به‌طور مستقیم بر کارایی و اثربخشی ایستگاه‌ها تأثیر بگذارد.

بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته و خروجی نقشه همپوشانی مراکز موجود و مکان‌های بهینه این نتیجه حاصل شد که از مجموع ۲۳ ایستگاه در حال حاضر ۹ ایستگاه در مکان نسبتاً نامناسب و نامناسب که از این تعداد ۶ ایستگاه در وضعیت نسبتاً نامناسب و ۱۴ ایستگاه در مکان بهینه و مناسب قرار گرفته‌اند و جهت رسیدن به حداکثر بازدهی و احراز شرایطی مطلوب تعداد ۶ ایستگاه به فراخور نیاز منطقه‌ای پیشنهاد می‌گردد بنابراین با جابه‌جایی ۳ ایستگاه و جانمایی ۶ ایستگاه جدید به وضعیت بهینه نزدیک خواهیم شد. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد با توجه به معیارهای مورد ارزیابی، ۹ نقطه به صورت نسبتاً نامناسب و نامناسب تشخیص داده شد و این مکان‌یابی و درجه‌بندی بر اساس معیارهای وضع موجود می‌باشد و مقوله‌ای پنهان تحت عنوان توسعه‌های آتی و مناطق استراتژیک فارغ از معیارهای مورد بررسی می‌باشد که ملاک عمل مکان‌گزینی قرار گرفته است. مضافاً اینکه برخی نقاط که در ادامه مورد کنکاش قرار می‌گیرند در محدوده نسبی و کمی نامطلوب قرار دارند و نیازی به جابه‌جایی ندارند. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته و خروجی نقشه همپوشانی مراکز موجود و مکان‌های بهینه این نتیجه حاصل شد که از مجموع ۲۳ ایستگاه در حال حاضر ۹ ایستگاه در مکان نسبتاً نامناسب و نامناسب که از این تعداد ۶

حوادث آتش‌سوزی نقش حیاتی دارند. بنابراین، عدالت اجتماعی در توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی امری بسیار حیاتی است.



نقشه ۳. نقشه مکان‌های بهینه مراکز آتش‌نشانی.



نقشه ۴. وضعیت استقرار مراکز موجود و وضعیت بهینه - نامطلوب.

به مکان‌یابی بهینه در جنوب شرقی منطقه بین شهرک آرین و بزرگراه محلاتی و دینکان وجود دارد، هرچند ارزش بالای زمین‌ها مانع این کار است. در منطقه ۷، ایستگاه فعلی باید به منطقه ۱۱ منتقل شود. منطقه ۹ نیازمند احداث ایستگاه‌های جدید است، و ایستگاه‌های موجود در این منطقه و منطقه ۴ مکان‌یابی مناسبی دارند. ایستگاه‌های نامطلوب در شمال و جنوب شیراز به دلایل استراتژیک حفظ می‌شوند. با توجه به ساختار جغرافیایی و اجتماعی شیراز و منابع درآمدی شهرداری، نیاز به برنامه‌ریزی در تأمین خدمات آتش‌نشانی احساس می‌شود. طبق آمار سال ۱۳۹۵ سازمان آتش‌نشانی شیراز، متوسط زمان رسیدن به محل حادثه ۶ دقیقه و ۱۶ ثانیه است که بیشتر از استاندارد است. زمان ایدئال رسیدن نیروهای امدادی بین ۳ تا ۵ دقیقه و شعاع حوزه نفوذ ایستگاه آتش‌نشانی بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر تعیین شده است. برای بهبود پوشش خدمات، باید حداکثر زمان دسترسی ۵ دقیقه و شعاع ۲۵۰۰ متر را مبنا قرار داد تا کمبودها پوشش داده شوند و دسترسی امدادگران به محل حادثه حداکثر در ۵ دقیقه با توجه به شرایط ترافیکی فراهم شود.

ایستگاه در وضعیت نسبتاً نامناسب و ۱۴ ایستگاه در مکان بهینه و مناسب قرار گرفته‌اند و جهت رسیدن به حداکثر بازدهی و احراز شرایطی مطلوب تعداد ۶ ایستگاه به فراخور نیاز منطقه‌ای پیشنهاد می‌گردد بنابراین با جابه‌جایی ۳ ایستگاه و جانمایی ۶ ایستگاه جدید به وضعیت بهینه نزدیک خواهیم شد. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد با توجه به معیارهای مورد ارزیابی، ۹ نقطه به صورت نسبتاً نامناسب و نامناسب تشخیص داده شد و این مکان‌یابی و درجه‌بندی بر اساس معیارهای وضع موجود می‌باشد و مقوله‌ای پنهان تحت عنوان توسعه‌های آتی و مناطق استراتژیک فارغ از معیارهای مورد بررسی می‌باشد که ملاک عمل مکان‌گزینی قرار گرفته است. مضافاً اینکه برخی نقاط که در ادامه مورد کنکاش قرار می‌گیرند در محدوده نسبی و کمی نامطلوب قرار دارند و نیازی به جابه‌جایی ندارند.

برای بهینه‌سازی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر شیراز و بهبود مدیریت بحران، تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که ایستگاه‌های مناطق ۳ و ۸ در وضعیت مناسبی قرار دارند. اما در منطقه ۶، به دلیل ارتفاع زیاد ساختمان‌ها، نیاز

پی‌نوشت

1. Thomas L. Saaty

فهرست منابع

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز. سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران. صداقت، مهدی (۱۳۹۸)، بررسی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قزوین، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور واحد قزوین، گرایش محیط زیست. فروتن مقدم، متین؛ وحیدنیا، محمدحسن؛ مهرمنش، امین (۱۳۸۸)، تعیین مکان‌های بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، *همایش ژئوماتیک*. فنی، زهره و روشن، عبدالله (۱۳۹۶)، مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رویکرد پدافند غیر عامل مطالعه موردی: شهر بهبهان، *اطلاعات جغرافیایی*، دوره ۲۶، شماره ۱۰۱. عادل، محسن (۱۳۸۶)، مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان، *سمینار GIS شهری دانشگاه مازندران*، ۳۰ (۲۵)، ۱۲۸-۸۹. علوی، سیدعلی؛ سالاروند، اسماعیل؛ احمدآبادی، علی؛ فرخی، سیده سعیده؛ اسحاق، محمدرضا (۱۳۹۶)، تحلیل فضا-مکانی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی بر پایه مدیریت بحران با استفاده از روش تلفیقی

اخوان عبداللهیان، محمدرضا؛ تقوایی، مسعود؛ وارثی، حمیدرضا (۱۳۹۶)، تعیین نوع کاربری‌های آسیب‌پذیر و معیارهای مکان‌گزینی فضائی - کالبدی آنها با تاکید بر بحران‌های غیرطبیعی (پدافند غیرعامل) به روش AHP (نمونه موردی شهر سبزوار)، *تحقیقات جغرافیایی*، سال سی و دوم، شماره اول. حیدری، حسین (۱۳۹۴)، مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS (نمونه موردی: شهر ایلام)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم اجتماعی. روزنامه دنیای اقتصاد (۱۴۰۲)، شماره خبر: ۴۰۴۳۵۷۲. زیاری، کرامت‌الله؛ یزدانپناه، سمانه (۱۳۹۰)، مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از مدل AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر آمل)، *چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی)*، سال ششم شماره ۱، ۸۷-۷۴. سالنامه آماری شهرداری شیراز، (۱۴۰۲)، معاونت برنامه‌ریزی، شهرداری شیراز.

MCDM و تحلیل شبکه مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران، مدیریت بحران، ۱ (۲)، ۵۷-۶۶.
علی‌آبادی، زینت؛ نسترن، مهین؛ پیرانی، قرزانه؛ شیخ‌زاده، فرزانه (۱۳۹۶)، مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تلفیقی AHP و GIS مطالعه موردی: منطقه ۳ اصفهان، *اطلاعات جغرافیایی*،
دوره ۲۶، شماره ۱۰۳.
مطالعات و پژوهش سازمان آتشنشانی و خدمات ایمنی شهرداری شیراز (۱۴۰۱).
مطالعه نیازسنجی دسترسی ساکنین شیراز به خدمات آتش‌نشانی، سازمان برنامه بودجه، ۱۳۹۷.

- Aleisa, E. (2018). "The fire station location problem: A literature survey." *International Journal of Emergency Management*, 14, 291. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2018.094239>
- Bolouri, S., Vafaeinejad, A., Alesheikh, A., & Aghamohammadi, H. (2020). "Minimizing response time to accidents in big cities: A two ranked level model for allocating fire stations." *Arabian Journal of Geosciences*, 13. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05728-6>.
- Borodinecs, A., Prozumens, A., Zajacs, A., & Zemitis, J. (2019). "Retrofitting of fire stations in cold climate regions." *Magazine of Civil Engineering*, 90 (6), 85-92.
- Chang, H. S., Lai, C. M., & Hwang, H. L. (2012). "Spatial performance to locate city fire stations." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 165 (1), 19-29.
- Chaudhary, P., Chhetri, S. K., Joshi, K. M., Shrestha, B. M., & Kayastha, P. (2016). "Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal." *Socio-Economic Planning Sciences*, 53, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.10.001>
- Edmund Zolnik, Julie Minde b, Debasree Das Gupta a, Sidney Turner (2010). "Supporting planning to co-locate public facilities: A case study from Loudoun County", Virginia, *Journal of Applied Geography*, 30, 687-696.
- Jing, Y; Xiaoxiang, Z, (2016). Location Optimization of Fire Stations: Trade-off between Accessibility and Service Coverage, UC Berkeley Department of Geography International Conference on GIScience Short Paper Proceedings Volume 1, Issue 1. <https://doi.org/10.21433/B3116x0199bg>.
- Lai, W., Han-lun, L., Qi, L., Jing-yi, C., & Yi-jiao, C. (2011). "Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP." *Procedia Engineering*, 11, 486-495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.687>.
- Liu, Nan; Huang, Bo; Chandramouli, Magesh. (2006)., Optimal Siting of Fire Stations Using GIS and ANT Algorithm *JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING ASCE / SEPTEMBER OCTOBER* 361.
- Lilli Yang, Bryan F. Jones b, Shuang-hua Yang c (2007). "A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms." *European Journal of Operational Research*, 181, 903-9150.
- Ming, J., Richard, J.-P., & Zhu, J. (2021). "A Facility Location and Allocation Model for Cooperative Fire Services." *IEEE Access*, PP, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091481>
- Murray, A. T. (2013). "Optimising the spatial location of urban fire stations." *Fire Safety Journal*, 62, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.03.002>.
- Nyimbili, P, H., Erden, T, (2020). GIS-based fuzzy multi-criteria approach for optimal site selection of fire stations in Istanbul, Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100860>
- Rahman, M., Chen, N., Islam, M. M., Dewan, A., Pourghasemi, H. R., Washakh, R. M. A., Nepal, N., Tian, S., Faiz, H., Alam, M., & Ahmed, N. (2021). "Location-allocation modeling for emergency evacuation planning with GIS and remote sensing: A case study of Northeast Bangladesh." *Geoscience Frontiers*, 12 (3), 101095. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.022>.
- Savsar, M, (2014). Fire station location analysis in a metropolitan area, *International Journal of Industrial and Systems Engineering* Vol. 16, No. 3. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2014.060134>.
- Saewoom, J, Gyoungjun, H, Juchul J. (2022). Exploring Fire Station Location Analysis Methodology Through Fire Service Analysis: Focusing on the Golden Time Data, See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/365506214>.
- Vahidnia, M. H., Vahidi, H., Hassanabad, M. G., & Shafiei, M. (2022). "A Spatial Decision Support System Based on a Hybrid AHP and TOPSIS Method for Fire Station Site Selection." *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 6 (2), 30. <https://doi.org/10.1007/s41651-022-00125-x>.
- Faheem, H., El shorbagy, A., Gabr, M. (2024). Impact Of Traffic Congestion on Transportation System: Challenges and Remediations - A review, *MEJ Mansoura Engineering Journal* 49 (2). DOI: 10.58491/2735-4202.3191.