Journal of Research and Urban *Planning*

Winter 2024. Vol 14, Issue 55
ISSN (Print): 2228-5229 ISSN (Online): 2476-3845
https://jupm.marvdasht.iau.ir/

Research Paper

Safety Analysis and Prioritization of Urban Areas in Order to Allocate Urban Relief Service Centers (Case study: Ardabil city)

Sepideh Nouri: Ph.D. student in Geography and Urban Planning, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
Alireza Mohammadi [1]: Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Ata Ghaffari Gilande: Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

ARTICL EINFO

Received:2021/11/16
Accepted:2022/01/24
PP: 147-166

Use your device to scan and read the article online

Keywords: Spatial Analysis, Fire Stations, Fuzzy TOPSIS, GIS, Ardabil.

Abstract

Today, fires represent a significant hazard stemming from both natural occurrences and human activities, presenting multifaceted challenges across urban settings. Fire stations emerge as pivotal service hubs within cities, necessitating strategic placement to ensure timely and dependable response, unimpeded by urban constraints. This study endeavors to devise a suitable model for the establishment and distribution of fire stations in Ardabil city. The research methodology is predominantly descriptive-analytical, employing a combination of documentary studies, library research, and field surveys for data collection. The Moran index is utilized to assess the distribution pattern of existing fire stations, while the Analytic Network Process (ANP) method, facilitated by Super Decisions software, is employed to weigh 16 criteria determining optimal station locations. Subsequently, the Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (Fuzzy TOPSIS) model, within the ArcGIS software framework, is utilized to identify suitable zones for new fire station placement. Findings reveal gaps in coverage by existing stations concerning functional radius and population density, indicating a need for 11 additional stations to adequately serve Ardabil's population of 516,277. The Moran index underscores the randomness of the current station distribution pattern. Ultimately, the study delineates suitable areas for new station deployment across five distinct levels on a map. This research serves as a valuable resource for crisis management in Ardabil, offering insights into the current state and distribution pattern of fire stations, as well as delineating areas for new station establishment.

Citation: Nouri, S., Mohammadi, A R., Ghaffari Gilande, A. (2024). **Safety Analysis and Prioritization of Urban Areas in Order to Allocate Urban Relief Service Centers (Case study: Ardabil city),** Journal of Research and Urban Planning, Vol 14, No 55, PP:147-166.
DOI: 10.30495/JUPM.2022.29400.4063
DOR:

[1]. **Corresponding author:** Alireza Mohammadi, **Tel:** +989126844392 **Email:** a.mohammadi@uma.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

At present and in the future, ensuring safety in life is essential for human beings. Fire stations are one of the most important and vital centers for providing security in the city in critical situations. Fire stations can provide their services in a timely and safe manner if they are located in suitable places and can reach the accident site in the shortest time and without facing obstacles and limitations of the urban environment. The most important problem in servicing these centers is the lack of proper distribution of stations and the limited operating radius of existing stations. This has also been true of locating fire stations in the city of Ardabil; and every year, many people lose their lives and property due to various accidents, including fires. It is involved in the spatial distribution of municipal services, including fire stations. As 7 fire stations in the city are not able to serve the whole city. Therefore, in this research, spatial distribution and suitable zones for locating fire stations in Ardabil city are done using Fuzzy Topsis model in GIS software.

Methodology

Stations in Ardabil by the end of 1399 were extracted from the official statistics of the fire department and transferred to the GIS environment and the necessary analyzes were performed using spatial statistical techniques. By determining the status of existing stations and research objectives, we have identified suitable areas for locating fire stations. In general, the location selection process in this research can be expressed in four general parts: 1. determining the study area, 2. Determining the evaluation or decision criteria, 3. determining the weight of the criteria, and 4. Weight and overlapping criteria maps. Accordingly, after selecting the study area, the criteria affecting the location of fire stations were selected from different sources and in the next step, the criteria were weighted based on the opinions of experts using the network analysis method in Super Design software. After determining the weight of the selected criteria, using the Fuzzy Topsis model in the GIS software environment, the criteria were evaluated and finally, a combination map of the criteria that showed the best place to build a fire station was extracted.

Results and discussion

This study achieved its main goal, which was to determine the appropriate locations for the location of new fire stations. However, in order to complete the issue in the next step, based on the appropriate zones for locating fire stations, suggested sites for constructing new fire stations have been proposed. According to the population of Ardabil and the standard of one fire station for every thousand people, 4 fire stations are required for the city. In this research, in order of priority and based on the set of research criteria, stations in the priority of location selection are marked with numbers. There is no certainty in choosing the location of new stations and it depends on economic conditions, managerial decision making, traffic conditions, budget and facilities of municipalities and other dynamic and difficult conditions in terms of forecasting. In the proposal of new stations, attention has been paid to building density and highway network. The proposed stations cover the city well. The obtained results are in line with the findings of Nazari et al. (2015), based on the need of the city to create new stations. It also confirms the results of Warsi et al. (2015) that the number of available stations is not enough to cover the entire city. Moreover, the results of this study are consistent with the findings of Noheghar et al. Except for these cases, the results of the paper are based on Murray (2013) findings that the existing stations are located in an inappropriate position. And is consistent with the results of Janek (2013) on the need to use new methods and especially the new scientific and executive approach to the problems of fire stations in the city.

Conclusion

One of the most important factors influencing the construction of fire stations is the location, and determining the optimal location maximizes the efficiency of fire stations and provides better services to users. With this in mind, fire stations should be properly located throughout the city. In this research, in the first step, the status and distribution pattern of existing fire stations in Ardebil city were analyzed using spatial analysis techniques in GIS environment. The results showed that fire stations do not completely cover all areas of the city and only cover part of the city of Ardabil and part of the east and

west and the suburbs of the city are outside this radius of operation. In the second step, the pattern of distribution of existing stations was analyzed and the results showed that the pattern of distribution of stations in the city is random. Due to the need of the city for new stations or their spatial rearrangement, in the third step, suitable locations for the location of new fire stations were identified using the main criteria affecting the location.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری

دوره ۱۴، شماره ۵۵، زمستان ۱۴۰۲

شاپا چاپی: ۵۲۲۹- ۲۲۲۸ - شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶

https://jupm.marvdasht.iau.ir/

مقاله پژوهشی

تحلیل ایمنی و اولویت‌بندی نواحی شهری به‌منظور تخصیص مراکز خدمات امداد شهری (مطالعه موردی: شهر اردبیل)

سپیده نوری: دانشجوی دکتری، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

علیرضا محمدی *: استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

عطا غفاری گیلانده: استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵

شماره صفحات: ۱۶۶-۱۴۷

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

واژه‌های کلیدی:

تحلیل فضایی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تاپسیس فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، اردبیل.

چکیده

امروزه آتش‌سوزی یکی از تهدیدات ناشی از بحران‌های طبیعی و مصنوعی است، که می‌تواند چالش‌های وسیعی را در ابعاد مختلف زندگی شهری پدید آورد. در این زمینه، از جمله مراکز مهم و حیاتی امدادرسانی در شهرها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی هستند. لذا خدمات‌رسانی به‌موقع و مطمئن توسط این ایستگاه‌ها، مستلزم استقرار در مکان‌های مناسب و محدوده پوشش آن‌هاست. این تحقیق با ارائهٔ الگوی مناسب به دنبال استقرار و توزیع بهینهٔ ایستگاه‌های شهر اردبیل است. لذا به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش تحقیق، توصیفی– تحلیلی هست. برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از بررسی‌های اسنادی، کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی استفاده‌شده، ابتدا برای بررسی وضعیت موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اردبیل از دو روش شعاع عملکرد (فاصله مکانی ۱۷۰۰متر) و جمعیت (هر ۵۰ هزار نفر یک ایستگاه) و برای تعیین الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در سطح شهر از شاخص موران استفاده شد. در ادامه برای تعیین مناسب‌ترین پهنه‌های مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی (۱۶ معیار) با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه (ANP) در نرم‌افزار سوپر دسیژن (Super Decisions) وزن‌دهی شدند. در نهایت با استفاده از مدل تاپسیس فازی (FuzzyTopsis) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به معرفی پهنه‌های مناسب برای تأسیس ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی اقدام شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که به لحاظ شعاع عملکردی، ایستگاه‌های موجود سطح شهر اردبیل را به‌طور کامل پوشش نمی‌دهد و به لحاظ جمعیت تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی موردنیاز برای جمعیت ۵۱۶,۲۷۷ (به ازای ۵۰ هزار نفر) تعداد ۱۱ ایستگاه هست. شاخص موران (Moran's I) نیز تصادفی بودن الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی را تائید می‌کند. در نهایت پهنه‌های مناسب برای مکان‌گزینی ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی در ۵ سطح در قالب نقشه نشان داده شده است.

استناد: نوری، سپیده؛ محمدی، علیرضا؛ غفاری گیلانده. (۱۴۰۲). **تحلیل ایمنی و اولویت‌بندی نواحی شهری به‌منظور تخصیص مراکز خدمات امداد شهری (مطالعه موردی: شهر اردبیل)**، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۴، شماره ۵۵، مرودشت: صص ۱۴۷-۱۶۶.

DOI: 10.30495/JUPM.2022.29400.4063

DOR:

*. **نویسنده مسئول:** علیرضا محمدی، **تلفن:** ۰۹۱۲۶۸۴۴۳۹۲، **پست الکترونیکی:** a.mohammadi@uma.ac.ir.

مقدمه

حیات مدنی در جهان رو به توسعه امروز به‌همراه پیشرفت فنّاوری سبب شده است انسان در هر لحظه از زندگی خود، در معرض خطرات گوناگون قرار گیرد و بدین لحاظ، خانه، محل کار و وسایط نقلیه مورد استفاده انسان، صحنه بروز این خطرات باشد. با این شرایط در زمان حال و آینده تأمین ایمنی در زندگی برای انسان‌ها امری ضروری هست (Taghizadeh et al. 2015:15). با این شرایط در زمان حال و آینده تأمین ایمنی در زندگی برای انسان‌ها امری ضروری و محتوم هست. از جمله مراکز مهم و حیاتی تأمین بخشی از امنیت شهر در شرایط بحرانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی هستند (Nazarian et al, 2015:9). ایستگاه‌های آتش‌نشانی مکانی جهت استقرار و انتظار خودروهای امدادی، هستند. با رشد و توسعه‌ی غیراصولی شهرها از یک‌سو و افزایش خطرات ناشی از حوادث مترقبه و غیرمترقبه از طرف دیگر، ضرورت پرداختن به این خدمات بیشتر آشکار می‌گردد (Shiri & Shams, 2016:3). ایستگاه‌های آتش‌نشانی در صورتی می‌توانند خدمات‌رسانی خود را به‌موقع و مطمئن انجام دهند که در مکان‌های مناسب مستقر باشند و بتوانند در کمترین زمان و بدون مواجه‌شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری خود را به محل حادثه برسانند. مهم‌ترین مشکل در جهت خدمات‌رسانی این مراکز عدم توزیع مناسب ایستگاه‌ها و محدود بودن شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود هست (Murray, 2013:22). به‌ویژه در اکثر شهرهای بزرگ، که به‌دلیل ترافیک سنگین خیابان‌ها (Sufianto & Green, 2012:12) و مشکلات دسترسی، زمان پاسخ‌گویی فوری طولانی شده و باعث افزایش تلفات می‌شود (Vas & Kano 2010:11). در ایران نیز شهرهای کوچک و بزرگ تحت پوشش خدمات ایمنی و آتش‌نشانی قرار دارند. مکان‌یابی عمدتاً بدون برنامه خاص و مدون است؛ به‌گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌ی شهری مهم‌ترین اصل خالی بودن زمین، بدون مالکیت بودن آن یا مواردی از این قبیل است (Salehi et al, 2018:23). این موضوع در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اردبیل نیز صادق بوده است؛ و همه‌ساله افراد بسیاری براثر سوانح مختلف، از جمله آتش‌سوزی، جان و اموال خود را از دست می‌دهند (Yazdani & Saidain Afshar, 2017:25). از جمله دلایل این امر به پراکندگی نامناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی، قرار گرفتن آن‌ها در مناطق پر ترافیک و فقدان پاسخگویی به زمان استاندارد در اطفای حریق اشاره نمود. شهر اردبیل با بافتی متراکم و شبکه دسترسی نسبتاً نامناسب و با توجه به رشد فیزیکی و کالبدی شهرها و همچنین رشد جمعیتی و کمّی، به کمبود و عدم تعادل در توزیع مکانی خدمات شهری و از جمله ایستگاه‌های آتش‌نشانی دچار هست. به‌طوری‌که ۷ ایستگاه آتش‌نشانی موجود در شهر، قادر به خدمات‌رسانی به‌کل سطح شهر نیست. در این تحقیق توزیع فضایی و پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر اردبیل با استفاده از مدل تاپسیس فازی در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شود و در پی پاسخگویی به سؤالات زیر هست:

۱- وضعیت موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اردبیل چگونه است؟

۲- پراکنش فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اردبیل از چه الگویی تبعیت می‌کند؟

۳- مناسب‌ترین پهنه‌های مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اردبیل کدام‌اند؟

این تحقیق راهنمای مناسبی برای مدیریت بحران شهر اردبیل به‌شمار می‌آید، زیرا با مشخص شدن وضعیت موجود و الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی و پهنه‌های سطح‌بندی شده می‌توان به تأسیس ایستگاه‌های جدید اقدام کرد.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

حادثه، واقعه برنامه‌ریزی نشده و بعضاً صدمه آفرین یا خسارت‌رسان است که ادامه طبیعی یک فعالیت یا کار را مختل می‌سازد. آتش‌سوزی از حوادثی است که هر آن ممکن است اتفاق افتاده و بر اثر آن جان و مال افراد را در چند ساعت بر باد دهد. آمارهایی که در جهان انتشار می‌یابد، معرف خسارات عظیم و تلفات نسبتاً زیاد ناشی از آتش‌سوزی است (Adelizadeh & Seyed Mohammad 2019:23). در سال ۱۹۷۸ برای نخستین بار شدت آتش به‌عنوان یک عامل مخرب و مؤثر در حریق مورد توجه قرار گرفت. بدین منظور و در جهت برقراری ارتباط میان دو عامل زمان و رشد دما حرارت، منحنی استاندارد تنظیم شد. بر اساس این منحنی در ۵ دقیقه اول، شدت آتش باید به دمایی برابر با ۵۳۸ درجه سلسیوس برسد و بعد از آن به‌طور مداوم افزایش یابد، لذا شعاع عملکردی ایستگاه آتش‌نشانی طبق استانداردهای جهانی حداکثر مسافتی است که یک خودرو آتش‌نشانی ظرف مدت ۵ دقیقه می‌تواند طی کند (Rahnama & Aftab, 2014:27). این شعاع از نظر فاصله مکانی ۲٫۷-۲ کیلومترمربع در نظر گرفته‌شده است (Ebrahimzadeh et al, 2017:63.).

سازمان آتش‌نشانی دستگاهی متشکل از اجزای به‌هم‌پیوسته و منظم است که به‌منظور رسیدن به هدف خاصی ایجاد شده است. سازمان آتش‌نشانی در ایران وابسته به سازمان شهرداری‌ها بوده که موظف به ارائه خدمات ایمنی و آتش‌نشانی به شهروندان در محدوده قانونی شهرها هست (Esmailnjand & Eskandari, 2016:55). یکی از مهم‌ترین راه ارتباطی بین مردم و سازمان ستاد فرماندهی و یا مرکز ۱۲۵ است (Bakhshi, 2012:20). لذا خدمات‌رسانی به‌موقع ایستگاه‌های آتش‌نشان بیش از هر چیز مستلزم استقرار آن‌ها در مکان‌های

مناسب است که بتواند در اسرع وقت به محل حادثه برسند و اقدامات امداد را به انجام برسانند (Bolouri et al, et al. 2021:19). مکان‌گزینی نیز فعالیتی است در جهت انتخاب مکان مناسب برای کاربردی خاص که قابلیت و توان یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و نیز ارتباط آن با دیگر کاربری‌های شهری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد (Heydari, 2015:43). معیارها و ضوابط که به‌منظور مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نظر گرفته می‌شوند، نیاز به یک سیستم جامع مدیریت داده‌های فضایی دارد (Khanahmadi :14 et al. 2014) که این مطلوب تا حد زیادی در قالب استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی دست‌یافتنی است (Fard et al. 2014:51). وان‌تونن در سال ۱۸۲۳ میلادی در زمینه فعالیت‌های کشاورزی بحث مکان‌گزینی را مطرح کرد. در سال‌های بعد هوور و ایزارد در ایالات‌متحده و پرو در فرانسه در نظریه‌های قطب‌های رشد آن را توسعه و بسط دادند. قبل از دهه ۶۰ در نظریه‌های مکان‌یابی مهم‌ترین فرض حاکم حداقل کردن هزینه‌ها تصور می‌شد. چنین فرضی در مقایسه با واقعیات عینی جهان، بعید به نظر می‌رسید. بدین ترتیب باب دیگری در نظریه‌های مکان‌یابی (به‌خصوص صنعتی) بر پایه نگرش‌های رفتاری شکل گرفت که بر مبنای انسان بهینه جو بود. این امر موجب گرایش به سمت تجزیه‌وتحلیل بازارهای اقتصادی شد. نظریه‌های مکان‌یابی در نهایت با اثرپذیری از نگرش‌های سیستمی (اواخر دهه ۷۰) سعی در تلفیق هم‌زمان دو نظریه سابق نمودند. در این نگرش فعالیت‌ها باید در مکانی استقرار یابند که؛ فاصله درآمدها از هزینه‌ها (سود) برای کارفرمایان اقتصادی بیشینه گردد. از دهه ۱۹۷۰ پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه مکان‌گزینی (انتخاب مکان‌های مناسب) برای خدمات در بستر جغرافیایی آن رخ داده است. GIS اولین نرم‌افزار مربوط به این سیستم در سال ۱۹۷۰ در کشور کانادا تولید و عرضه شد (Hosseini et al. 2014:21). با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد برنامه و قابلیت‌های بالای برنامه در پهنه‌بندی جغرافیایی حوادث و بلایای طبیعی و غیرطبیعی به‌عنوان ابزاری مؤثر در مدیریت بحران از حدود سال ۱۹۹۰ میلادی مطرح و مورد استفاده قرارگرفته است (Mohammadi, 2018:18). سیستم اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از شاخص‌های پهنه‌بندی جغرافیایی و توانایی در ذخیره‌سازی، آنالیز و نمایش کاربردی اطلاعات مربوط به هر آنچه بر روی زمین قرار دارد یا می‌تواند اتفاق بیافتد، نقش مؤثری در مراحل مختلف مدیریت بحران و برنامه‌ریزی‌های مربوط دارد و برای مناطق مختلف کشور ایران قابل‌استفاده است (Hemat et al 2019:34).

در ارتباط با موضوع پژوهش، در طی سال‌های گذشته پژوهش‌های مختلفی انجام‌شده است: فنی و روشن (۱۳۹۶) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی به تجزیه‌وتحلیل ایستگاه‌های موجود و وضعیت خدمات‌رسانی آن‌ها در هنگام بروز سوانح پرداخته و به مکان‌گزینی بهینه احداث ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی اقدام کردند. نظریان و همکاران (۱۳۹۴) به این نتیجه رسیده‌اند ایستگاه‌های موجود، شهر کرمانشاه را به‌طور کافی پوشش نمی‌دهند و مکان‌های بهینه برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی پیشنهاد داده‌شده است. وارثی و همکاران (۱۳۹۵) به این نتیجه رسیده‌اند که تعداد ایستگاه‌های موجود شهر نجف‌آباد جهت پوشش کل شهر کافی نیست. شکوهی و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل منطق فازی به مکان‌گزینی ایستگاه آتش‌نشانی در شهر مشهد پرداختند و در نتیجه ۱۷ پهنه مناسب و ۲۸ ایستگاه جدید در آن‌ها مکان‌گزینی شدند. حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۸) به این نتایج رسیده‌اند که پراکنش فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر بندرعباس در وضعیت موجود از الگوی مناسبی برخوردار نبوده است و برای مناطق خارج از شعاع عملکرد ایستگاه‌های موجود، احداث دو ایستگاه جدید را پیشنهاد کرده‌اند. روژینا و همکاران[3](۲۰۲۰) شعاع خدمات ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سن‌پترزبورگ را نشان داده و برای مناطقی که در محدوده شعاع قرار نمی‌گرفتند راه‌حل‌های ممکن را پیشنهاد کردند. یائوو همکاران[4](۲۰۱۹) در مقاله‌ای در نانجینگ چین به این نتیجه رسیده‌اند که اکثر ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در هسته شهری قرار دارند و نشان دادند در هنگام در نظر گرفتن اهداف پوشش خدمات، به ایستگاه‌های بیشتری در مناطق Qixia و Jiangning نیاز است. موری[5](۲۰۱۳) با استفاده از مدل پوشش حداکثر به این نتیجه رسید که در کالیفرنیا به جر دو ایستگاه آتش‌نشانی، سایر ایستگاه‌ها در موقعیت‌های نامناسب مکان‌گزینی شده‌اند. ژانگ[6](۲۰۱۳) تحلیلی جامع از مخاطرات آتش‌سوزی در شهر هایکو انجام داد و به این نتیجه رسید که لزوم بهره‌گیری از روش‌های جدید و به‌ویژه رویکردهای نوین علمی و اجرایی به مسائل ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهرها را بیشتر می‌نماید. چوالیر و همکاران[7](۲۰۱۲) نیز مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را با رویکردی جامع در بلژیک ارائه کردند.

با توجه به مطالب فوق، به نظر می‌رسد، مسئله مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از آن پوشش حداکثری مناطق و خدمت‌دهی مطلوب به آسیب‌دیدگان است تا سبب افزایش کارایی و بهره‌وری بیشتر در شرایط بحرانی و کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر حوادث شود.

---

[3] -Rozhina et al
[4]- Yao et al
[5]- Murray
[6]- Zhang
[7]- Chevalier et al

جدول پیوست فهرست و خلاصه‌ای از مرتبط‌ترین مطالعات مربوط به مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی در شهرهای مختلف را نشان می‌دهد. از مجموع مطالعات پیشین نتیجه گرفتیم که به‌طورکلی تاکنون مطالعه‌ای برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، هنگام وقوع حوادث و بحران‌ها با توجه به کارکردهای ویژه آن و روش‌های به‌کاررفته در این پژوهش، به‌ویژه در شهر اردبیل، انجام نگرفته است. همچنین در دیگر پژوهش‌ها از شاخص‌های محدودی برای مکان‌یابی استفاده کرده‌اند. لذا در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی و ۱۶ معیار برای اولین بار پهنه‌های مناسب برای مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص شوند.

دلیل انتخاب این روش این است که تصمیم‌گیرنده را به جوابی که نزدیک به جواب ایدئال است، می‌رساند. لذا می‌توان گفت که این تحقیق راهنمای مناسبی برای مدیریت بحران شهر اردبیل به‌شمار می‌آید، زیرا با مشخص شدن وضعیت موجود و الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی و پهنه‌های سطح‌بندی شده می‌توان به تأسیس ایستگاه‌های جدید اقدام کرد.

مواد و روش تحقیق

در گام نخست فهرست و آدرس ۷ ایستگاه آتش‌نشانی موجود در شهر اردبیل تا اواخر سال ۱۳۹۸ از آمارنامه‌های رسمی سازمان آتش‌نشانی استخراج شدند. در گام دوم، با توجه به ژئوکد نبودن داده‌های ثبت‌شده، داده‌های مستخرج با استفاده از نقشه‌های گوگل مپ ژئوکد و به‌صورت عارضه نقطه‌ای (point feature format) و در فرمت (*.Shp) shape file (فرمت مخصوص GIS) به محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.8 منتقل شدند. در گام سوم، داده‌های نقطه‌ای در لایه فرمت پولیگونی (polygonal feature format) و در بلوک آماری تجمیع شدند و در گام چهارم با استفاده از فنون آمار فضایی، تجزیه‌وتحلیل‌های لازم صورت گرفت. با مشخص شدن وضعیت ایستگاه‌های موجود و اهداف تحقیق به معرفی پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی پرداخته‌ایم. به‌طورکلی، فرایند مکان‌گزینی در این تحقیق را می‌توان در چهار بخش کلی بیان کرد: ۱. تعیین منطقه موردمطالعه، ۲. تعیین معیارهای ارزیابی یا تصمیم‌گیری، ۳. تعیین وزن معیارها ۴. وزن‌دهی و هم‌پوشانی نقشه‌های معیارها. بر این اساس، پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، معیارهای مؤثر بر مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی از منابع مختلف و بر اساس نظرات خبرگان، انتخاب شد (جدول ۱). در مرحله بعد، داده‌های موردنیاز با توجه به معیارهای انتخاب‌شده از اطلاعات بلوک‌های آماری آخرین سرشماری عمومی مسکن و لایه کاربری اراضی شهری جمع‌آوری شد؛ و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، معیارهای مربوط به هرکدام در جدول داده‌های توصیفی مربوط به لایه پالیگونی بلوک‌های آماری تجمیع شدند. سپس معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس نظرات خبرگان، با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای در نرم‌افزار سوپر دسیژن وزن‌دهی شد. بعد از مشخص شدن وزن معیارهای انتخابی، با استفاده از مدل تاپسیس فازی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزش‌گذاری معیارها و تهیه نقشه‌های متناسب با معیارها پرداخته شد. در نهایت نقشه ترکیبی از معیارها که نشان‌دهنده بهترین مکان جهت احداث ایستگاه آتش‌نشانی استخراج شد.

جدول ۱- معیارهای مؤثر بر مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

عدد	نام شاخص	منبع	نوع داده ورودی	ارزش‌گذاری	وزن ANP
۱	شیب	(Adeli 2012)	خطی	عدم تناسب شیب‌های بالا	۰,۰۸۸
۲	تراکم جمعیت	Rahnama and Aftab) (2014 Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015	پولیگون	طبق استاندارد جهانی به‌آرامی هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه ضروری است	۰,۰۲۰
۳	فاصله و دسترسی به معابر	Asghar, Parvaneh, and) Tayebeh Karami 2015	خطی	نزدیکی به خیابان‌های اصلی	۰,۰۷۳
۴	فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود	(Javan 2016)	نقطه‌ای	به‌دلیل عدم همپوشانی ایستگاه‌ها ضروری است از ایستگاه‌های موجود فاصله قائل شویم	۰,۰۲۴
۵	فاصله از بازار	(ALIABADI et al. 2017b)	پولیگون	این مراکز هم به‌دلیل جمعیت زیاد این مراکز و همچنین سروکار داشتن با ماده قابل اشتعال باید ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نزدیکی این مراکز مکان‌گزینی شوند.	۰,۰۸۰
۶	فاصله از بافت‌های فرسوده	(Fanid et al. 2015) (Aliabadi et al. 2017a)	پولیگون	این نواحی هم به‌دلیل جمعیت زیاد این مراکز و همچنین آسیب‌پذیر بودن ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نزدیکی این مراکز مکان‌گزینی شوند.	۰,۰۳۶
۷	فاصله از خیابان‌های پرترافیک	(Alavi et al. 2013) Ghods and Kamyabi) (2014a	خطی	عدم قرار گرفتن در مناطق پرترافیک و فقدان پاسخگویی به زمان استاندارد در خاموشی آتش‌سوزی	۰,۰۹۴

۸	فاصله از کاربری آموزشی	(Alavi et al. 2013) Ghods and Kamyabi) (2014b	نقطه‌ای	در امر امداد و نجات نزدیکی به این مراکز ضروری هست؛ اما به‌دلیل حجم ترافیکی در ساعات مشخصی از روز در نزدیکی این مراکز، به جهت اختلال در خدمات‌رسانی ایستگاه‌ها، باید محدودیت فاصله قائل شویم.	۰,۰۳۹
۹	فاصله از کاربری مذهبی	Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015 (Alavi et al. 2013)	پولیگون	مساجد به‌دلیل نقش مذهبی که دارند، تمرکز جمعیت در زمان انجام مراسم مذهبی و فرهنگی، در روزهای مشخصی، فوق‌العاده زیاد است؛ بنابراین در جهت خدمات‌رسانی ایستگاه‌ها از مجاورت با ایستگاه محدودیت فاصله قائل شویم.	۰,۰۳۸
۱۰	فاصله از کاربری درمانی	Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015	نقطه‌ای	به‌دلیل سروصدای حاصل از ماشین‌های آتش‌نشانی در مواقع امداد و ترافیک سنگین در مسیرهای ارتباطی نزدیک به این مراکز در مجاورت آن‌ها باید محدودیت فاصله قائل شد.	۰,۰۸۱
۱۱	فاصله از کاربری مسکونی	Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015 (Alavi et al. 2013)	پولیگون	نزدیکی به مراکز مسکونی با تراکم خالص بالا	۰,۰۶۴
۱۲	فاصله از کاربری تجاری	Rahnama and Aftab) (2014 Ghods and Kamyabi) (2014b	پولیگون	نزدیکی به مراکز تجاری با تراکم در سطح شهر	۰,۰۷۶
۱۳	فاصله از کاربری پمپ‌بنزین	Rahnama and Aftab) (2014 Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015	نقطه‌ای	این مراکز به‌دلیل دارا بودن حجم زیادی از مواد قابل اشتعال و احتمال وقوع انفجار دسترسی سریع به ایستگاه‌های آتش‌نشانی دارند؛ بنابراین ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید در نزدیکی این مراکز مکان‌گزینی شوند.	۰,۰۱۸
۱۴	حمل‌ونقل و انبارداری	Asghar, Parvaneh, and) (Tayebeh Karami 2015	پولی گون	ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نزدیکی این مراکز به‌دلیل نگهداری از مواد قابل اشتعال باید مکان‌گزینی شوند.	۰,۰۶۸
۱۵	فاصله از کاربری اداری	Rahnama and Aftab) (2014 (Alavi et al. 2013)	پولیگون	این مراکز هم به‌دلیل جمعیت زیاد و همچنین سر و کار داشتن با ماده قابل اشتعال مثل کاغذ، باید ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نزدیکی این مراکز مکان‌گزینی شوند.	۰,۰۵۰
۱۶	فاصله از کاربری صنعتی	(Fanid et al. 2015) (Alavi et al. 2013)	پولیگون	صنایع کوچک و کارگاهی در داخل محدوده شهر به‌دلیل دارا بودن مواد شیمیایی، نفتی، نساجی، مواد غذایی و... قابلیت اشتعال دارند بنابراین ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید در نزدیکی این مراکز مکان‌گزینی شود.	۰,۱۴۱

منبع: (مطالعات نگارندگان، ۱۴۰۰)

شاخص خودهمبستگی فضایی موران (Spatial Autocorrelation (Moran's I

شاخص خودهمبستگی فضایی موران یکی از بهترین شاخص‌ها برای تشخیص خوشه‌بندی عوارض است. این آماره تشخیص می‌دهد که آیا نواحی مجاور به‌طورکلی دارای ارزش‌های مشابه‌اند یا خیر؟ ارزش موران بین ۱ و ۱ ـ متغیّر است. هر چه میزان ارزش شاخص به سمت مثبت و عدد یک باشد نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای، عدد صفر تصادفی بودن و عدد منفی نشان‌دهنده الگوی پراکنده است. شاخص موران مطابق (فرمول ۱) تعریف می‌شود:

فرمول ۱

$$= \frac{\mathbf{n}\sum_{\mathbf{i}}^{\mathbf{n}} \mathbf{wij}(\mathbf{x_i} - \mathbf{x^-})(\mathbf{x_i} - \mathbf{x^-})}{(\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} \mathbf{wij}) \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} (\mathbf{x_i} - \mathbf{x^-})^{\mathbf{2}}}$$

که در آن n تعداد مشاهدات، xi مقدار متغیر در ناحیه i، xj مقدار متغیر در ناحیه j، x میانگین متغیر در کلیه نواحی و wij وزن به‌کاررفته برای مقایسه دو ناحیه i و j است (Ajzae et al, 2014:14). اگر $\mathbf{I} > \frac{-1}{\mathbf{M-1}}$ باشد، خودهمبستگی فضایی مثبت است. اگر $\mathbf{I} = \frac{-1}{\mathbf{M-1}}$ باشد، خودهمبستگی وجود ندارد و اگر $\mathbf{I} < \frac{-1}{\mathbf{M-1}}$ باشد، خودهمبستگی فضایی منفی است (Riahi et al, 2014:17).

روش تاپسیس فازی (Fuzzy Topsis)

واژه TOPSIS به معنی روش‌های ترجیح بر اساس مشابهت به راه‌حل ایدئال است. این مدل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود (Lin, 2010:62). منطق اصولی این مدل راه‌حل ایدئال (مثبت) و راه‌حل ایدئال (منفی) را تعریف می‌کند. راه‌حل ایدئال (مثبت) راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایدئال و درعین‌حال دورترین فاصله از راه‌حل ایدئال منفی دارد (Ertuğrul & Karakaşoğlu (2009:9

مزایای روش تاپسیس فازی

تصمیم‌گیری در صورت وجود معیارهای مثبت و منفی (حتی توأم باهم در یک مسئله) امکان‌پذیراست. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که جنبه سود دارند و معیارهای منفی معیارهایی هستند که جنبه ضرر دارند. برای تعیین بهترین گزینه می‌توان تعداد قابل توجهی معیار را مورد بررسی قرارداد. درروش تاپسیس فازی به‌راحتی می‌توان معیارهای کیفی راکمی کرد و تصمیم‌گیری باوجود معیارهای کیفی و کمی میسر است.

خروجی سیستم به‌صورت کمی است و علاوه بر تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به‌صورت عددی بیان می‌شود. این مقدار عددی همان نزدیکی نسبی است که پایه قوی این روش را بیان می‌کند روش تاپسیس فازی، دارای پایه‌های ریاضی مناسب است. تاپسیس فازی گزینه‌ای را که بیشترین فاصله از بدترین گزینه و کمترین فاصله از بهترین گزینه دارد، به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌کند و به همین دلیل و پایه ریاضی‌اش، بر سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیار Mcdm برتری دارد.

الگوریتم تکنیک تاپسیس فازی

۱- تشکیل ماتریس تصمیم

گام اولیه این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم این روش شامل یکسری معیار و گزینه هست. یک ماتریسی که معیارها در ستون‌ها قرار می‌گیرند و گزینه‌ها در سطر هستند؛ و هر سلول ماتریس ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است.

فرمول ۲

$$X_{ij}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{22} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم (نرمال‌سازی ماتریس تصمیم)

بی مقیاس کردن درروش تاپسیس فازی با استفاده از روش نرم صورت می‌گیرد و به این صورت انجام می‌شود که هر درایه بر جذر مجموع مربعات درایه‌های آن ستون معیار تقسیم می‌شود. در این گام درواقع ماتریس تصمیم تبدیل به یک ماتریس بی‌بعد می‌شود. (فرمول ۳).

$$V_{ij}=\begin{bmatrix} v_{11} & v_{22} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

$$ij = \frac{\mathrm{xij}}{\sqrt{\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{x}_{\mathrm{ij}}^{2}}}$$

۳- تعیین ماتریس بی مقیاس وزن‌دار

در این گام باید وزن معیارها که از روش‌های دیگر به‌دست‌آمده است را در ماتریس نرمال ضرب کنیم تا ماتریس وزن‌دار حاصل شود. روش تاپسیس فازی به‌تنهایی قادر به محاسبه وزن معیارها نیست بنابراین باید از روش‌های دیگر نظیر تحلیل سلسله مراتبی، آنتروپی و ... وزن معیارها را محاسبه کرد و به‌عنوان ورودی به این روش داد (Klausner, 2018:28).

۴- یافتن حل ایدئال و ضد ایدئال

در اینجا باید نوع معیارها مشخص شود معیارها یا جنبه مثبت دارند یا منفی. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که افزایش آن‌ها باعث بهبود در سیستم شود مثل کیفیت یک محصول این معیار از نوع مثبت است و حل ایدئال آن برابر با بزرگ‌ترین درایه ستون معیار و ضد ایدئال برابر با کوچک‌ترین درایه سلول. برای معیارهای منفی بالعکس. (فرمول ۴).

فرمول ۴

$$=(v_{max1}, v_{max2}, \cdots, \mathrm{v_{maxn}})v_{+\mathrm{j}}$$
$$=(v_{min1}, v_{min2}, \cdots, v_{minn})v_{-j}$$

۵- محاسبه فاصله از حل ایدئال و ضد ایدئال

در این گام بر اساس فرمول ۵ فاصله هر گزینه را از ایدئال مثبت و منفی‌اش محاسبه می‌کنیم.

فرمول ۵

$$s_{i+} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2}$$
$$s_{i-} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2}$$

۶- محاسبه شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها

شاخص شباهت نشان‌دهنده امتیاز هر گزینه است و بر اساس معادله ۶ محاسبه می‌شود. هرچقدر این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان از برتری آن گزینه می‌دهد (Momeni).

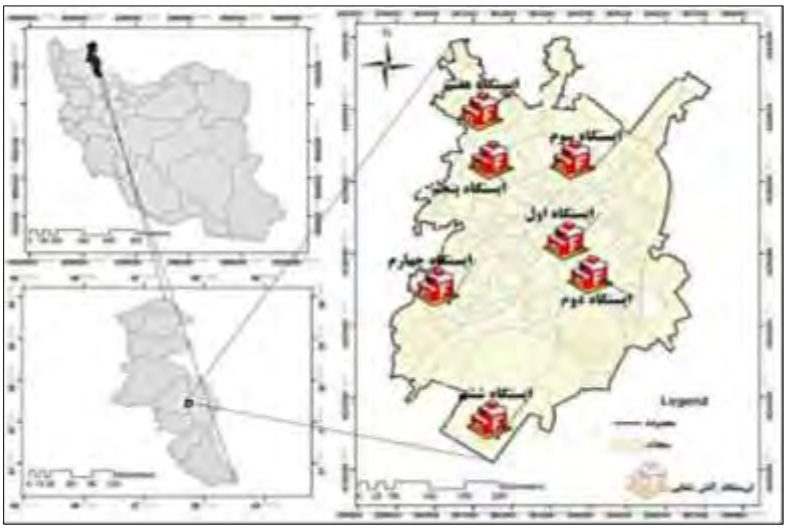
فرمول۶

$$=C_{I+}\frac{s_{I-}}{s_{I+}+s_{I-}}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

محدوده مورد مطالعه

شهر اردبیل، مرکز استان اردبیل و در شمال غرب ایران و در مختصات جغرافیایی ″38°14′59 شمالی 48°17′35 شرقی قرارگرفته است. مساحت شهر در حدود 76کیلومترمربع (Arseh 2017) و جمعیت آن بر اساس آخرین سرشماری آماری جمعیت ۵۳۰،۰۰۰ نفر بوده است. (حدود 7,000 نفر در کیلومترمربع)(Report of the Statistics Center of Iran2018) از نظر اداری، اردبیل به پنج منطقه و ۴۴ محله تقسیم شده است. تعداد هفت ایستگاه آتش‌نشانی در شهر وجود دارد. با توجه به تراکم جمعیتی، فشردگی کالبدی و ساختار فضایی قدیمی شهر، خدمات‌رسانی در مواقع آتش‌سوزی با چالش‌های زیادی همراه است. در این مطالعه شهر تاریخی اردبیل که از سال ۱۳۹۸/۱۳۹۴ سالانه به‌طور میانگین ۳۰۰ مورد آتش‌سوزی ساختمانی در آن گزارش‌شده است (Ardabil Fire Department, 2020) برای انجام مطالعه انتخاب شده است.

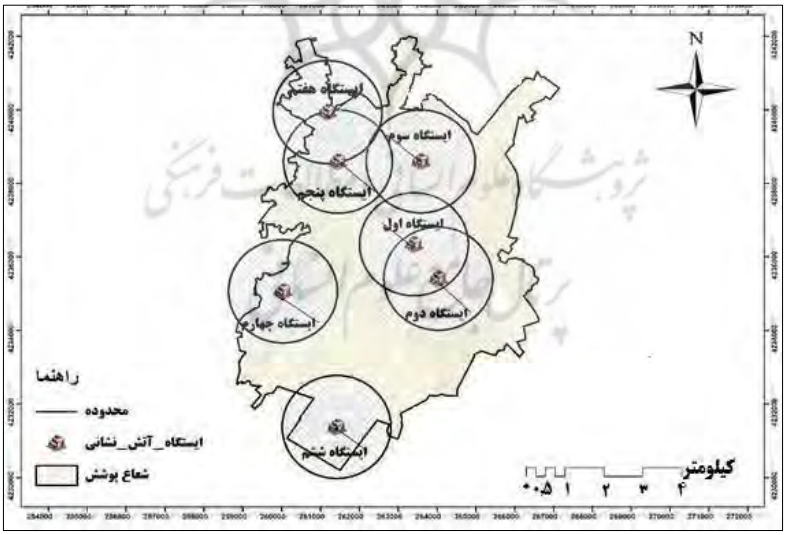


شکل۱- محدوده پژوهش؛ (ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۰)

در بخش تحلیل وضعیت موجود

برای بیان وضع موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر اردبیل از دو روش شعاع عملکرد (فاصله مکانی ۱۷۰۰ متر) و جمعیت (هر ۵۰ هزار یک ایستگاه) استفاده‌شده است. شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی از نظر فاصله زمانی به‌طور متوسط ۴ دقیقه در نظر گرفته می‌شود، یعنی از لحظه خروج نیروهای آتش‌نشانی از ایستگاه مربوطه تا رسیدن به محل آتش‌سوزی، نباید بیش از چهار دقیقه تلف شود. این شعاع از نظر فاصله مکانی ۱۷۰۰ متر در نظر گرفته شده است (Eisa, Ahmad, and Diman 2017:39)؛ بنابراین به‌گونه‌ای ایستگاه‌ها توزیع شوند که همه محلات شهر در فاصله ۴ دقیقه زمانی قابل دسترس باشد. شعاع عملکرد مفید هر ایستگاه با توجه به‌سرعت متوسط، از این رابطه تعیین می‌شود.

شعاع پوششی = حداکثر زمان مطلوب برای رسیدن به محل حادثه × سرعت متوسط خودرو



شکل۲- شعاع پوشش عملکردی ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

با توجه به تحقیقات انجام‌شده، این شعاع حدود ۸۵ درصد حوادث را پوشش می‌دهد، لذا شعاع عملکرد مفید ایستگاه‌ها ۱۷۰۰ متر در نظر گرفته شده است. سپس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی از ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی بافر ۱۷۰۰ متری زده شد. نتایج حاصل از تحلیل شعاعی علاوه بر نشان دادن همپوشانی ایستگاه‌ها، نشان می‌دهد که ایستگاه‌های موجود تنها بخشی از شهر اردبیل را پوشش می‌دهند و قسمتی از شرق و غرب و قسمت‌های حاشیه‌ای شهر خارج از این شعاع عملکرد قرار می‌گیرند که در (شکل ۳) ارائه‌شده است. لذا برای این‌که پوشش کاملی از خدمات را داشته باشیم نیاز به مکان‌گزینی ایستگاه‌های جدید است.

هم‌چنین بر اساس معیار جمعیتی (به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه) با در نظر گرفتن جمعیت اردبیل در سال ۱۳۹۵ که معادل ۵۲۹۳۷۴ نفر و تعداد ۷ ایستگاه موجود آتش‌نشانی، از انجام محاسبات چنین نتیجه می‌شود که برای افزایش ایمنی شهر نیاز است تا تعداد ایستگاه‌های شهر به ۱۱ ایستگاه افزایش یابد.

الگوی توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

در این مرحله، ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی تا اواخر سال ۱۳۹۸ از آمارنامه‌های رسمی سازمان آتش‌نشانی شهر اردبیل استخراج شدند. در گام دوم، با اطمینان از صحت آمار در نرم‌افزار گوگل ارث پیاده شده‌اند. سپس به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی منتقل داده شدند. در گام سوم، لایه‌های مربوط آماده‌سازی شده و در گام چهارم با استفاده از آماره موران به تحلیل الگو توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی پرداخته شد. بدین ترتیب نتایج حاصل از به‌کارگیری آزمون خودهمبستگی فضایی موران نشان می‌دهد. مقدار شاخص موران توزیع ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی (۰،۲۲-) است. ازآنجاکه مقدار امتیاز Z در سطح (۰،۰۸) و کمتر از یک است و مقدار آماره Value ـ (0.93) P و نزدیک به یک است، نشان از الگوی تصادفی دارد.

تعیین پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی

در این مرحله، با توجه به اینکه معیارهای متعددی در مکان‌گزینی ایستگاه‌ها نقش دارند، معیارهای مؤثر بر مکان‌گزینی ایستگاه‌های جدید شناسایی شدند که در بخش روش تحقیق به‌تفصیل به آن پرداخته‌شده است (جدول شماره ۱). سپس برای بیان اهمیت نسبی معیارها از روش تحلیل شبکه و نرم‌افزار سوپر دسیژن استفاده‌شده است. بعد از مشخص شدن وزن معیارهای انتخابی، سپس با استفاده از مدل تاپسیس فازی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزش‌گذاری معیارها در محدوده مورد مطالعه و تهیه نقشه‌های متناسب با معیارها پرداخته شد و در نهایت نقشه ترکیبی از معیارها که نشان‌دهنده بهترین مکان جهت احداث ایستگاه‌ها باشد، استخراج شد. در زیر پیاده‌سازی مدل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی شرح داده می‌شود:

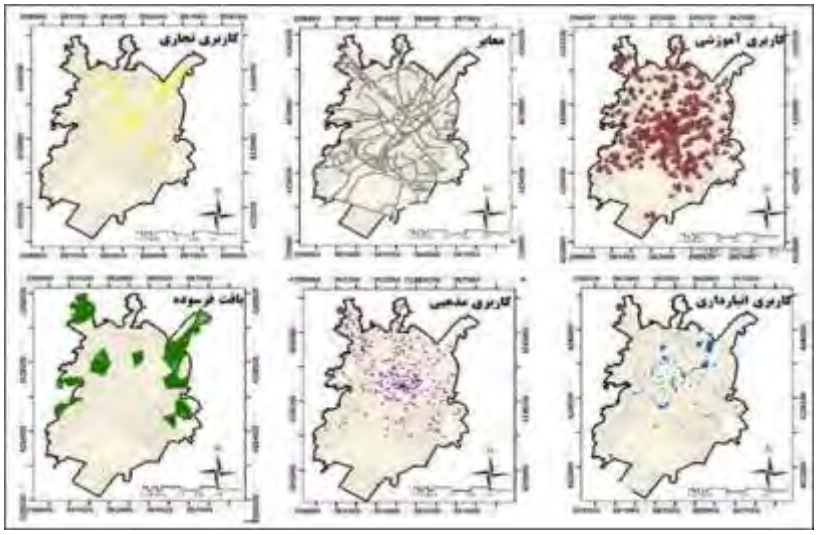
جدول ۲- ماتریس مؤلفه‌های مورد استفاده جهت تعیین عرصه‌های مناسب مکان‌گزینی

معیارها / پیکسل‌ها	فاصله از ایستگاه‌های موجود	فاصله از بازار	نزدیکی به بافت‌های فرسوده	فاصله از خیابان‌های پرترافیک	نزدیکی به کاربری آموزشی	فاصله از کاربری مذهبی	فاصله از کاربری درمانی	نزدیکی به کاربری مسکونی	نزدیکی به مراکز تجاری	نزدیکی به پمپ‌بنزین	نزدیکی به کاربری انبارداری	نزدیکی به شبکه معابر	نزدیکی به کاربری اداری	شیب مناسب	تراکم جمعیت	نزدیکی کاربری صنعتی
پیکسل A	X^A1	X^A2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X^AM
پیکسل B	X^{B1}	X^{B2}	...	...	...	...	...	...	.	.	...	...	...	...	...	X^{BM}
.....		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
پیکسل M	X^{M1}	X^{M2}	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X^{MN}

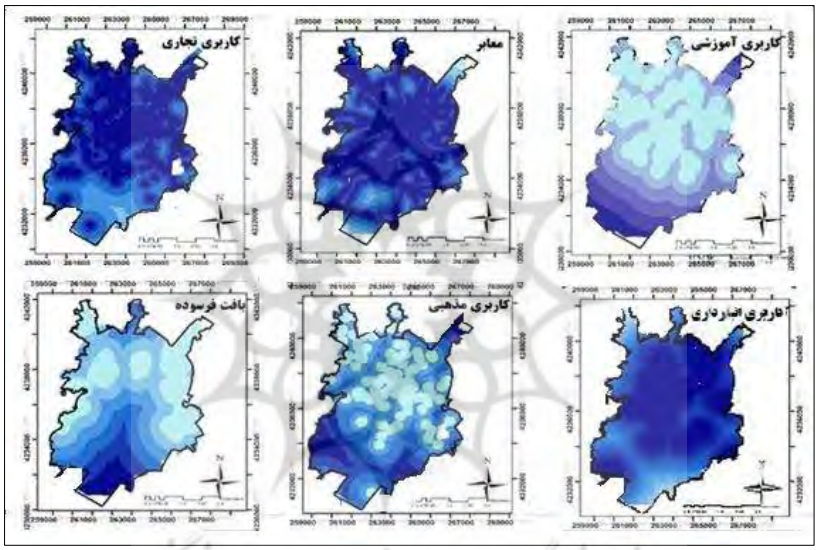
(منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۰)

۱-گام اول

گام اولیه این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم این روش شامل یکسری معیار و گزینه هست (Momeni). مطابق با (جدول ۲). در پژوهش حاضر در راستای شناسایی و پهنه‌بندی از ۱۶ معیار استفاده شده است. در ماتریس معیارهای ارزیابی، هر Xij، معرف صورت‌وضعیت پیکسل i (سلول تشکیل‌دهنده‌ی نقشه رستری از محدوده مورد مطالعه) است، که به ازای وضعیت ثبت‌شده از معیار (j)، تعیین می‌شود. با محقق شدن مجموع‌هایی از معیارها در فرآیند ارزیابی، لازم است برای هر معیار، یک‌لایه نقشه در سیستم اطلاعات جغرافیایی ایجاد شود (Fariba, Sogra, and Reyhan, 2013:31).



شکل ۳- لایه نقشه در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ؛(منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)



شکل ۴- نرمال‌سازی نقشه معیارها؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

۲-گام دوم

در این مرحله دامنه مقادیر (xij) را که در واحدهای اندازه‌گیری متفاوت (همچون واحد اندازه‌گیری رتبه‌ای، درصدی و متریک) وجود دارند به یک دامنه استاندارد در حدفاصل بین ۰ و ۱ تبدیل می‌شود (Atai, 2010:82). در پژوهش حاضر از نرم‌افزار GIS جهت فازی‌سازی لایه‌ها استفاده نموده‌ایم. قبل از فازی سازی لایه‌ها مراحل زیر انجام شد. بدین‌صورت که ابتدا تابع Distance را بر روی تمامی لایه‌ها اعمال کرده سپس لایه‌های حاصل از این تابع را بر اساس بعد نرمال نشده با استفاده از تابع Reclassify طبقه‌بندی می‌کنیم. سپس تمامی معیارها با استفاده از فرایند استانداردسازی فازی (روش خطی و روش گوسی) هم مقیاس شدند. این عمل از طریق تابع Fuzzy-Membership انجام می‌شود. در این حالت بیشترین ارزش یعنی مقدار ۱ به حداکثر عضویت و عدد صفر به حداقل تعلق می‌گیرد.

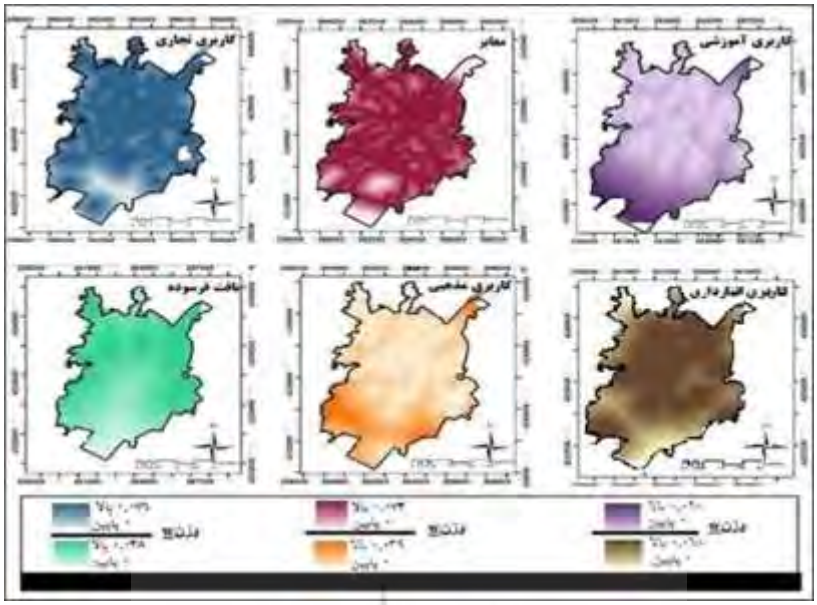
۳-گام سوم

در این گام باید وزن معیارها که از روش AHP به‌دست‌آمده است را در ماتریس نرمال ضرب کنیم تا ماتریس وزن‌دار حاصل شود. مجموع وزن‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که $0 \leq w_j \leq 1$ و $\sum_j w_j = 1$ به دست آید.

فرمول ۷

$$W = [w_1, w_2, \ldots, w_n]$$

در این در این راستا ازنظر کارشناسان استفاده‌شده و در قالب مدل تحلیل شبکه و با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن به وزن‌دهی معیارهای تحقیق اقدام شده است. وزن هر یک از مؤلفه‌های اصلی و شاخص‌ها در قالب (جدول ۱) نمایش داده‌شده است.



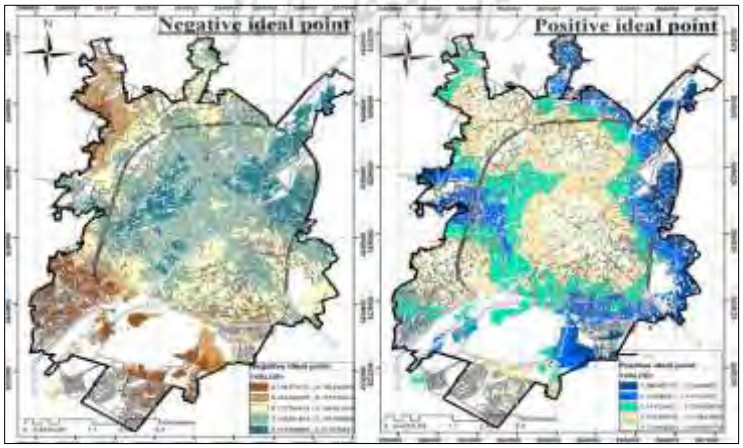
شکل ۵- نقشه‌بردار وزن معیار؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

۴-گام چهارم

در این قسمت بسته به شاخص و اثرگذاری آن روی هدف، ایدئال مثبت و منفی تعیین می‌شود. برای شاخص‌هایی که دارای تأثیرگذاری مثبت بر روی هدف مسئله می‌باشند، ایدئال مثبت، بیشترین مقدار آن شاخص خواهد بود. به همین منوال برای شاخص‌هایی که دارای تأثیرگذاری منفی بر روی هدف مسئله می‌باشند، ایدئال مثبت، کمترین مقدار آن شاخص خواهد بود. در پژوهش حاضر چون مقادیر نقشه‌ها از طریق باز قالب‌بندی ارزش‌ها، بین ۰ و ۱ تغییر کرده است. نقشه‌ها حداکثر تابعی شده است از وزنی که بهشان داده‌ایم و حداقل تابع هم صفر در نظر گرفته می‌شود.

۵-گام پنجم

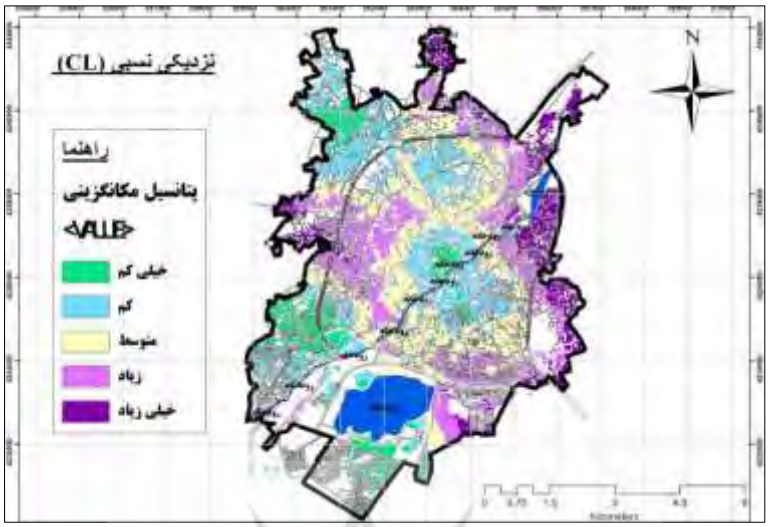
پس از استخراج ایدئال پوینت‌های مثبت و منفی برای هر معیار فاصله هر یک از گزینه‌های معیار از ایدئال‌های مثبت و منفی به دست می‌آید. بدین ترتیب در نهایت دو لایه خواهیم داشت یک لایه که نشان‌دهنده فاصله معیارهایمان از ایدئال‌های مثبت و یک لایه نشان‌دهنده فاصله معیارهایمان از ایدئال‌های منفی هست.



شکل ۶- فاصله هر یک از معیارها از ایدئال پوینت‌های مثبت و منفی؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

۶-گام ششم

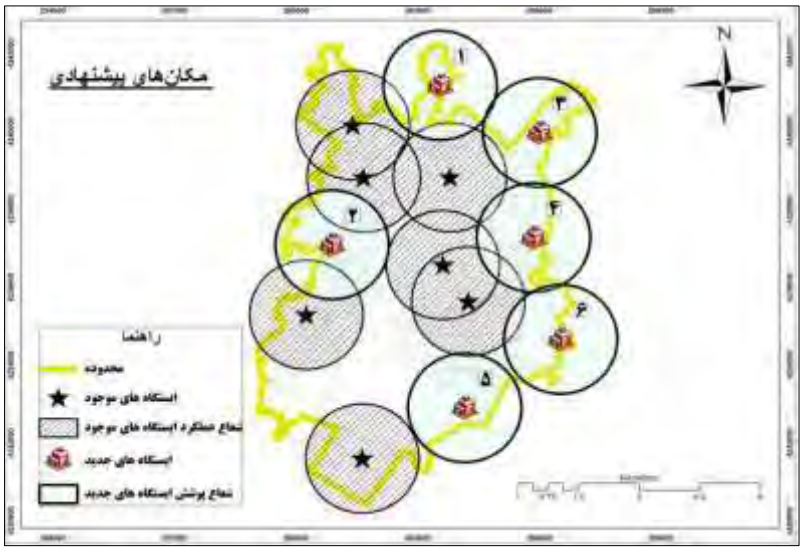
آخرین مرحله تاپسیس فازی رتبه‌بندی گزینه‌های پیش روی و تعیین بهترین گزینه هست. برای این منظور کافی است فاصله نسبی هر گزینه، به ترتیب بزرگ به کوچک مرتب شود. در این حالت هر چه به یک نزدیک‌تر باشد گزینه موردنظر مناسب‌تر است و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نامناسب‌تر است.



شکل ۷- نقشهٔ نهایی تعیین پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از مدل Fuzzy Topsis؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

هدف این پژوهش تعیین پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی بود؛ و در این راستا تحقیق انجام گرفت. لیکن برای تکمیل موضوع در گام بعدی بر مبنای پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، سایت‌های پیشنهادی برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید پیشنهاد شده‌اند. در تعیین مکان این سایت‌ها از نقشه نهایی مدل تاپسیس فازی که مجموع معیارهای پژوهش را مدنظر قراردادهاست، استفاده‌شده است. با توجه به جمعیت شهر اردبیل و استاندارد یک ایستگاه آتش‌نشانی برای هر (۵) هزار نفر جمعیت، تعداد ۴ ایستگاه آتش‌نشانی نیز برای شهر مورد نیاز است. لیکن با توجه به این علت، انتخاب مکان اجرای ایستگاه‌ها یک تصمیم‌گیری نهادی است، در این پژوهش به ترتیب اولویت و بر اساس مجموع معیارهای پژوهش، ایستگاه‌های در اولویت مکان‌گزینی با شماره مشخص‌شده‌اند. در انتخاب محل احداث ایستگاه‌های جدید قطعیتی وجود ندارد و به شرایط اقتصادی، تصمیم‌گیری مدیریتی، شرایط ترافیک، بودجه و امکانات شهرداری‌ها و سایر شرایط پویا و دشوار از نظر پیش‌بینی بستگی دارد. (تصویر شماره ۹)، مکان‌های نامزد برای انتخاب و احداث ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی را نشان می‌دهد که در آن به ترتیب اولویت اجرا، ایستگاه‌های جدید پیشنهاد شده‌اند. در نقشه موجود شهر، هنوز بسیاری از شهرک‌های جدید از نظر جمعیتی تکمیل نشده‌اند. از طرف دیگر، در پیشنهاد ایستگاه‌های جدید به تراکم ساختمانی و شبکه بزرگراهی توجه شده است. ایستگاه‌های پیشنهادی به‌خوبی سطح شهر را پوشش داده است. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های نظریان و همکاران (۱۳۹۴)، مبنی بر نیاز شهر به ایجاد ایستگاه‌های جدید، همسو است. همچنین، نتایج وارثی و همکاران (۱۳۹۴) را مبنی بر این‌که تعداد ایستگاه‌های موجود جهت پوشش کل شهر کافی نیست را تأیید می‌کند. گذشته از آن، نتایج این پژوهش با یافته‌های نوحه‌گر و همکاران (۱۳۹۲)، مبنی بر این‌که پراکنش فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر در وضعیت موجود از الگوی مناسبی برخوردار نبوده و برای مناطق خارج از شعاع عملکرد ایستگاه‌های موجود پهنه‌های مناسب پیشنهاد داده شد، همسو است. به‌جز این موارد، نتایج مقاله با یافته‌های موری (۲۰۱۳)، مبنی بر اینکه ایستگاه‌های موجود در موقعیت نامناسب مکان‌گزینی شده‌اند؛ و با نتایج ژانک (۲۰۱۳) مبنی بر لزوم بهره‌گیری از روش‌های جدید و به‌ویژه رویکرد نوین علمی و اجرایی به مسائل ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر همسو است.



شکل ۸- مکان‌های پیشنهادی ایجاد ۴ ایستگاه جدید آتش‌نشانی در شهر اردبیل؛ (منبع: یافته نگارندگان،۱۴۰۰)

تطبیق نتایج خروجی به‌دست‌آمده از مدل با واقعیات زمینی

مهم‌ترین مسائلی که پس از انتخاب و مکان‌گزینی به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی باید به آن توجه شود، بررسی این موضوع است که مناطق تعیین‌شده تا چه حد با واقعیت و شرایط منطقه تطابق دارند. برای تحقق این هدف، انجام بازدیدها و مطالعات میدانی می‌تواند درستی و نادرستی مناطق مکان‌گزینی شده را نشان دهد و در صورت میسر نبودن مطالعات میدانی، نظرخواهی از کارشناسان بومی سودمند خواهد بود. هر چقدر عوامل شناسایی‌شده برای مکان‌گزینی تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشته باشد، نتایج مکان‌گزینی رضایتمندتر خواهد بود. با توجه به شکل (۹) نقشه خروجی نتایج الگو با واقعیات زمینی و مقایسه آن با نقشه کاربری زمین‌های محدوده پژوهشی، مشخص شد که زمین‌های مناسب برای ایجاد ایستگاه‌های جدی جدید تناسب زیادی با کاربری زمین‌ها (زمین خالی) دارند، لذا نتیجه همه مباحث نشان می‌دهد خروجی به‌دست‌آمده از الگوی تاپسیس، کاملاً منطقی و واقعی است.

شکل ۹- بررسی چند نمونه از نتایج خروجی مدل با واقعیات زمین

از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی موقعیت مکانی است و تعیین مکان بهینه که کارایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را به حداکثر می‌رساند و خدمات بهتری را برای استفاده‌کنندگان ارائه می‌کند. با توجه به این موضوع، ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید به نحو شایسته‌ای در سطح شهر مکان‌گزینی شوند. در این پژوهش در گام نخست جهت بررسی فرضیه اول تحقیق مبنی بر این‌که وضعیت

ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر مناسب نیست. وضعیت و الگوی پراکنش ایستگاه‌های موجود آتش‌نشانی شهر اردبیل با استفاده از فنون تحلیل فضایی در محیط سیستم اطلاعت جغرافیایی بررسی شد. نتایج نشان دادند که ایستگاه‌های آتش‌نشانی، همه مناطق شهر را پوشش کامل نمی‌دهند و تنها بخشی از شهر اردبیل را پوشش می‌دهند و قسمتی از شرق و غرب و قسمت‌های حاشیه‌ای شهر خارج از این شعاع عملکرد قرار می‌گیرند. لذا فرضیه اول تحقیق تأیید شد. سپس در گام دوم، الگوی پراکنش ایستگاه‌های موجود تحلیل شد و نتایج نشان دادند که الگوی پراکنش ایستگاه‌ها در شهر از نوع تصادفی است؛ بنابراین فرضیه تصادفی بودن الگوی ایستگاه‌ها تأیید شد. در گام آخر با توجه به نیاز شهر به ایستگاه‌های جدید یا آرایش مجدد فضایی آن‌ها، فرضیه سوم تحقیق مبنی بر اینکه حاشیه‌های شهر پهنه‌های مناسب مکان‌گزینی ایستگاه‌های جدید آتش‌نشانی هستند با استفاده از معیارهای اصلی مؤثر بر مکان‌گزینی بررسی شد و مشخص شد حاشیه‌های شهر برای ساخت ایستگاه‌های جدید مناسب هستند. لذا فرضیه سوم تحقیق نیز تأیید شد.

در گام آخر به‌طور روشن می‌توان نتایج و راهکارهای زیر را برای کاربردی سازی نتایج این پژوهش ارائه کرد:

– با توجه به توزیع نامتوازن ایستگاه‌ها، بهتر است ایستگاه‌های مستقر در مکان‌های نامناسب را با تغییر کاربری بهبود بخشید.

– با توجه به الگوی تصادفی پراکندگی ایستگاه‌ها، شایسته است به معیارهایی مانند دسترسی، جمعیت، نوع فعالیت‌های فضا و قدمت بناها و معیارهای دیگر در توزیع فضایی ایستگاه‌های موجود و جدید توجه کرد.

– با توجه به نیاز به ایجاد ایستگاه‌های جدید، لازم است به نحوی با تغییر مکان یا ایجاد واحدهای سیار و در صورت امکان ایجاد ایستگاه‌های جدید، اقدام کرد.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی: هزینه‌های مطالعه حاضر، توسط نویسندگان مقاله تأمین شد.

تعارض منافع: بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Adeli, M. (2012). Site selection for fire station in Gorgan City using geographic information systems. Geographical Planning of Space Quarterly Journal, 1, 109-.
2. Adelizadeh, M., & Seyed Mohammad, S. (2019). Identifying fire risks for high-rise buildings: A factor analysis approach. Resilient City, 2(6). [In Persian].
3. Ajzae Shokouhi, M., Shayan, H., & Derroudi, M. H. (2013). The optimal location of fire stations in Mashhad. Journal of Geography and Environmental Hazards, 3, 107-128. doi: 10.22067/GEO.V3I3.32086. [In Persian].
4. Alavi, A., Salarvand, E., Ahmadabadi, A., Sis, S. F., & Bosshaq, M. R. (2013). Spatial analysis of fire stations based on crisis management by the combination of MCDM and network analysis. Emergency Management, 1, 57-66.
5. Aliabadi, Z., Nastaran, M., Pirani, F., & Sheikhzade, F. (2017). Fire station location using AHP and GIS compilation case study: Third zone of Esfahan city. Geographical Data, 26, -.
6. Ardabil Fire Department. (2020). Municipality.
7. Arseh. (2017). Review of Ardabil city master and detailed plan studies. Report in: Library archives of the Ardabil's Ministry of Roads and Urban Development, 1. Ardabil; 2017.
8. Atai, M. (2010). Multi-criteria decision making. Shahroud: Shahroud University of Technology Press.
9. Bakhshi, M., Shamhamdi, R., & Hejazi, H. (2012).
10. Bolouri, V., Vafaeinejad, A., Alesheikh, A., & Aghamohammadi, H. (2021). Location-allocation problem of fire stations in Tehran, region 22 using "VAOMP" a unified approach. Geographical Planning of Space Quarterly Journal, 10, 43-56. 10.30488/GPS.2019.154046.2921[In Persian].
11. Chevalier, P., Thomas, I., Geraets, D., Goetghebeur, E., Janssens, O., Peeters, D., & Plastria, F. (2012). Locating fire stations: An integrated approach for Belgium. Socio-Economic Planning Sciences, 46, 173-182.
12. Ebrahimzadeh, E., Hosseini, A., & Kashefidoost, D. (2017). Analysis of the location of urban fire stations (Case Study: Piranshahr City). Journal of Geography and Planning, 20, 1-21. [In Persian].

13. Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2009). Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. Expert Systems with Applications, 36, 702-715.
14. Esfandiari Darabad,F., Jedi, S., Mehboob, R. (2012). Investigating the natural and human bottlenecks for the physical-physical development of cities in Garami using GIS. Geography and urban-regional planning, 3(6), 85-95. [In Persian].
15. Esmailnjand, M., & Eskandari, S. M. (2016). Site location of urban municipal facilities and equipment in line with utilization of Golden Time Crisis Management (Case study: Birjand fire stations). Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge, 6, 253-263. [In Persian].
16. Fard, N. R., Gheisvandi, A., Mohit, M., & Daneshi, S. (2014). Optimal locating of fire stations in intra-city traffic networks for helping people in the case of earthquake. Geographical Information Quarterly (Sepehr), 23, 48-.
17. Ghods, M., & Kamyabi, S. (2014). Using AHP techniques in GIS for fire station site selection: A case study of Semnan. Journal of Geographical Exploration of Desert Areas, 2, 165-185.
18. Hemat, H., Farhadi, A., & Khadem, A. H. (2019). The role of decision-making systems (GIS) in managing future crises. Quarterly Journal Defensive Future Studies, 4, 143-164. doi: 10.22034/DFSR.2019.36259[In Persian].
19. Heydari, R., & Rostami, M. (2015). Submitting and evaluating a model for locating optimal sites for establishing fire stations through GIS (Case Study: Kermanshah City). Journal of Studies of Human Settlements Planning, 9, 87-99.
20. Hoseini, S. F., Soleymani, M., Azizpour, F., & Porbar, Z. (2014). Application of GIS in the role of local institutions disaster for rural areas (City Qyrvkarzyn). Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 23, 46-53.
21. Hosseinpour Koohshahi, B., Mahdavi Najafabadi, R., Holisaz, A (2019). Site selection of firehouses based on fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) (Case Study: Region one of Bandar Abbas Municipality). Journal of Geography and Urban Space Development, 5, 145-163. https://doi.org/10.22067/gusd.v5i2.62850.[In Persian].
22. Javan, I. P., & Farhad. (2016). Analysis of limits of safety and optimal positioning of fire stations by using GIS (Case Study: Rasht). Territory, 13, 1-16.
23. Khanahmadi, M., Arabi, M., Vafaienejad, A., & Rezaiean, H. (2014). Locate fire stations using fuzzy logic and AHP integration in GIS environment (Case Study: District 1 District 10 of Tehran). Geographical Information Quarterly (Sepehr), 23(89), 88-98. [In Persian].
24. Klausner, J. (2018). Assessment of physical vulnerability of buildings to an earthquake using local TOPSIS and global TOPSIS: A case study of the San Fernando Valley. California State University, Northridge.
25. Lin, H.-T. (2010). Fuzzy application in service quality analysis: An empirical study. Expert Systems with Applications, 37, 517-526.
26. Mohamadrahim, Rahnama, & Aftab, A. (2014). Locating the fire stations of Urmia City using GIS and AHP. Geography and Development Iranian Journal, 12, 153-166.
27. Mohammadi, A., Pishgar, E., & Noori, S. (2018). Spatial analysis of urban sewage network events using GIS: A case study of Ardabil City. Research and Urban Planning, 9(34), 105-118. DOI: 10.1001.1.22285229.1397.9.34.8.9[In Persian].
28. Momeni, M., & Sharifi Salim, A. (2010). Models and multi-character decision making software (author).
29. Murray, A. T. (2013). Optimising the spatial location of urban fire stations. Fire Safety Journal, 62, 64-71.
30. Nazarian, A., Yari, P., & Karminejad, T. (2014). Optimum location of fire stations using GIS geographic information system (case study: Kermanshah city). Scientific Journal of Rescue and Relief, 7(2), 26-37.[In Persian].
31. Rahnama, M., & Aftab, A. (2014). Locating the fire stations of Urmia City using GIS and AHP. Geography and Development Iranian Journal, 12, 153-166. [In Persian].
32. Riahi, V., Tawalaei, S., Ziaeian, P., Abdi, A., & Azizdoust, A. (2014). Determination of Optimum Location Regarding Fire Station in Rural Settlements of Bookan. Geography, 12(41), 179-200. [In Persian].
33. Rozhina, M., Lyubomirskiy, A., & Talipova, L. (2020). Analysis of fire departments location in St. Petersburg. In E3S Web of Conferences, 04013. EDP Sciences.

34. Salehi, E., Sayyedeh Ale, M., & Ramezani, M. M. (2018). Assessing the spatial distribution of firefighting stations by modeling of network analyzing (Case study: Tehran Metropolis). Urban Areas Studies, 5, 17-31. [In Persian].
35. Shiri, F., & Shams, M. (2016). Factors affecting the location of fire stations with an emphasis on cluster analysis technique. Amayesh Journal, 33, 113-132. [In Persian].
36. Shiri, F., & Shams, M. (2016). Factors affecting the location of fire stations with an emphasis on cluster analysis technique. Amayesh Journal, 33, 113-132. [In Persian].
37. Statistical Census Report. (2018). Ardabil province housing and population census reports and data. Available from: www.sci.ir.
38. Sufianto, H., & Green, A. R. (2012). Urban fire situation in Indonesia. Fire Technology, 48, 367-387.
39. Taghizadeh Fanid, A., Saleki Maleki, M. A., Ranjbarnia, B., & Ghasemi Khoi, M. (2014). Providing a model for the rational deployment of fire stations (case example: Tabriz city). Scientific Journal of Rescue and Relief, 7(2), 81-92. [In Persian].
40. Varesi, H. R., Nasrin, S., & Jasem, S. M. (2016). Location of fire stations by using overlap index and analytical hierarchy process (case study: Najafabad city). Journal of Rescue and Relief, 7, 56. [In Persian].
41. Vas, Z., & Szakalne Kano, I. (2010). Analyzing spatial distribution of knowledge-intensive industries in Hungary at sub-regional level.
42. Yao, J., Zhang, X., & Murray, A. T. (2019). Location optimization of urban fire stations: Access and service coverage. Computers, Environment and Urban Systems, 73, 184-190.
43. Yazdani, M. H., & Saidain Afshar, S. (2017). Deliberation the vulnerability of the city in terms of passive defense (Case Study: Ardabil City). Geographical Information (Sepehr), 25(100), 17-34. https://doi.org/10.22131/sepehr.2017.24803[In Persian].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی