تحلیل فضا- مکانی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی برپایه‌ی مدیریت بحران با استفاده از روش تلفیقی MCDM و تحلیل شبکه

مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۶ تهران

سیدعلی علوی - استادیار، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس
اسماعیل سالاروند* - دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تربیت مدرس؛ e.salarvand@gmail.com
علی احمدآبادی - استادیار، ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
سعیده فرخی سیس - دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه تربیت مدرس
محمدرضا بسحاق - دانشجوی دکترا، جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت:۹۱/۲/۳۰ | تاریخ پذیرش:۹۲/۲/۹

چکیده

از میان کاربری‌ها و خدمات موجود در شهر، استقرار بهینه‌ی فضا - مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روز افزون به ارائه‌ی خدمات ایمنی و تمهیدات پیش‌گیری و مقابله با حوادث آتش‌سوزی و مدیریت بحران در شهرها از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بی‌شک خدمات‌رسانی به‌موقع ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز مستلزم استقرار آن‌ها در مکان‌های مناسب بوده، تا بتوانند در اسرع وقت و بدون مواجهه با موانع و محدودیت‌های محیط شهری از یک‌سو، و نیز با ایجاد کمترین آثار منفی بر زندگی ساکنان شهر از سوی دیگر، به محل حادثه برسند. تهران بزرگ با جمعیت بیش از هشت میلیون نفر به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر کشور، به علت گسترش موازی و نیز افزایش جمعیت، زمینه‌های ایجاد حریق را در سطح شهر افزایش داده است. این مقاله با روش توصیفی- تحلیلی و نیز بهره‌گیری از روش‌های تلفیقی تحلیل شبکه و MCDM در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، توزیع فضایی- مکانی استقرار و شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در منطقه‌ی ۶ شهر تهران مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد پراکنش فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای مدیریت بهینه‌ی بحران در وضعیت موجود از الگوی مناسبی برخوردار نبوده و ایستگاه‌های موجود در مدت زمان استاندارد ۳ دقیقه نمی‌توانند کل منطقه را تحت پوشش خدماتی قرار دهند. بنابراین با به‌کارگیری روش‌های تحلیلی MCDM و نیز استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP) و تلفیق آن با قابلیت‌های GIS، برای مناطق خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود، ۲ ایستگاه جدید مشخص و پیشنهاد گردیده است تا کل فضای مطالعات موردی، براساس استاندارد زمانی خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق، تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدیریت بحران، تحلیل شبکه، تحلیل سلسله مراتبی، مدل‌های تصمیم‌گیری، ایستگاه‌های آتش‌نشانی

Spatial analysis of fire stations based on crisis management by the combination of MCDM and Network analysis

Case study: Tehran, district 6

Ali Alavi [1], Esmaeil Salarvand* [2], Ali Ahmadabadi [3], Saeide Farokhi Sis [4], Mohamad Reza Bosshaq [5]

Abstract

Optimization of locating fire stations is one of the most important considerations for public sector and its services. The importance of this issue is increased significantly not only because of the social attention to emergency and safety services but also regarding to new preventive measures for fire disasters and emergency management in the cities. Providing effective and on –time services depends on efficient and suitable locating of fire stations. It helps fire stations provide fast services without encountering obstacles and constraints of urban environment. Moreover, this optimization minimizes the negative effects on residential lifestyle. The metropolis of Tehran with a population of more than eight million is the largest city in Iran. Due to the parallel development of the urban environment of the city and its population, the likelihood of fire incidents has been increased. This study is aimed to investigate the spatial distribution of fire stations and their operational distance (radius) for fire stations in the region sixth of Tehran. This study used descriptive -analytical method with the aid of collaboration of network analysis and multi criteria decision making (MCDM) techniques integrated in geographical information system (GIS). Research results have shown that the pattern of spatial distribution of fire stations in area of study was not appropriate. Current stations are failed to cover their whole service area in the standard time (3 minutes). Thus, two new stations have been proposed by using analytical methods (MCDM) collaborated with hierarchical model (AHP) and integrating it with the capabilities of GIS. These two stations are added to cover urban areas which are out of current coverage plan of existing stations. It helps fire vehicle and emergency teams reach the incident area within standard time.

Keywords: Site location, GIS, Crisis management. network analysis, MCDM, AHP, fire stations.

1 Assistant Professor, Geography and Urban Planning, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
2 MSc. Candidate, Geography and Rural Planning, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran; Email: e.salarvand@gmail.com
3 Assistant Professor, Geomorphology, University of Kharazmi, Tehran, Iran
4 MSc. Candidate, Geography and Rural Planning, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
5 Ph.D Student, Geography and Rural Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

مقدمه

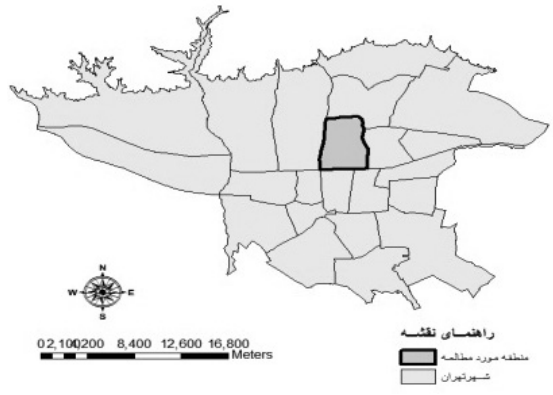
بحران، رخدادی غیرمترقبه است که به‌طور طبیعی یا توسط دست بشر، ترکیبات زندگی روزمره و عادی مردم را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دستخوش تحول جدی می‌نماید. مدیریت بحران، یک‌سری فعالیت‌ها و عملیات پیوسته در قالب برنامه‌ریزی، سازماندهی تشکیلات، رهبری، کنترل و هماهنگی جهت پیش‌گیری از بحران و کاهش اثرات ناشی از آن و بهبود امور و اوضاع بعد از بحران است [۱]. قابل ذکر است که مدیریت بحران را نباید فقط به‌عنوان واکنش تاکتیکی در هنگام رخداد یک بحران و اتفاق در نظر گرفت، بلکه به‌عنوان فعالیت‌های پیش‌گیرانه در درون فرآیندهای مرتبط با پیش‌گیری از بحران و آمادگی بحران از طریق پاسخ بحران و بهبود وضعیت بحران در نظر گرفته می‌شود [۲]. از این‌رو مکان‌یابی تسهیلات عمومی نمونه‌ای از سیاست‌های دولت‌های محلی با درک منافع ناشی از صرفه‌جویی در استفاده از منابع، افزایش کارآیی و هم‌افزایی خدمات به‌ویژه در هنگام وقوع بحران و افزایش حس جمع‌گرایی است که چنین منافعی به‌خصوص برای دولت‌هایی که رشد سریع جمعیت را تجربه می‌کنند بسیار حیاتی است [۳]. جهت تخصیص درست امکانات شهری و استفاده‌ی درست از آن‌ها به‌خصوص در حین بحران، اولین نکته‌ی اساسی، انتخاب مکان بهینه با توجه به شرایط متفاوت و گاه متضاد است. این مسئله زمانی اهمیت می‌یابد که فاکتورهای بسیار مهمی مانند نجات جان انسان‌ها مد نظر قرار داده می‌شوند [۴]. این در حالی است که در اکثر شهرهای بزرگ، تلفات مستقیم ناشی از آتش‌سوزی نسبتاً پایین است در حالی که به دلیل ترافیک سنگین خیابان‌ها و مشکلات دسترسی، زمان پاسخ‌گویی فوری آتش‌نشانی طولانی شده و باعث افزایش تلفات می‌شود [۵]. محل استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی یک عامل مهم در قابلیت و توانایی آن ایستگاه‌ها در مقابله با آتش‌سوزی و مدیریت بحران در شهرها است. تعیین اینکه ایستگاه آتش‌نشانی در کجا استقرار یابد و در یک منطقه چه تعداد ایستگاه احداث شود، شاید مهم‌ترین تصمیماتی هستند که مسئولین همه‌ی ادارات آتش‌نشانی و ستاد مدیریت بحران با آن روبه‌رو هستند. موضوعی که در این تصمیم‌گیری از نظر همه‌ی کارشناسان مدیریت بحران پذیرفته شده است مسئله‌ی مجموع تلفات ناشی از آتش‌سوزی و هزینه‌ی کل ارائه‌ی خدمات است. به‌طور کلی، انتخاب مکان مناسب برای ایستگاه آتش‌نشانی مزایای زیر را برای مدیریت بحران در بر دارد: ۱. کوتاه‌تر شدن فاصله‌ی بین ایستگاه آتش‌نشانی و محل حادثه برای بالا بردن بهره‌وری زمان عکس‌العمل؛ ۲. حداقل هم‌پوشانی سرویس‌های ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای استفاده‌ی بهینه‌ی منابع ایستگاه‌ها؛ ۳. کمک به تعیین تعداد مناسب ایستگاه‌ها در یک منطقه با در نظر گرفتن مسئله‌ی هزینه- فایده و کم شدن تلفات ناشی از تصادفات بین راهی و هزینه‌های راه‌اندازی و هزینه‌های عملیاتی ایستگاه‌ها. برای حل مسایل مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیاز به یک رویکرد اهداف چندگانه در مقابل رویکرد هدف واحد وجود دارد [۳]. هدف اصلی از مکان‌یابی نیز جلوگیری از هدر رفتن هزینه‌ها از یک طرف و تضمین کارآیی بهینه‌ی ایستگاه‌ها در تقابل با سیستم شهری است [۶]. با توجه به طرح مسئله، سؤال اساسی تحقیق عبارت است از اینکه: آیا ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای مدیریت بحران به‌صورت بهینه در منطقه‌ی مورد مطالعه استقرار یافته‌اند؟

پیشینه‌ی تحقیق

امروزه نویسندگان زیادی در مقالات خود درباره‌ی کاربرد نرم‌افزار GIS در تعیین محل استقرار ایستگاه آتش‌نشانی اشاره کرده‌اند. در نوشته‌ای که توسط اسری[۱] با عنوان "GIS برای مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی" انتشار یافته است، نویسنده از کتاب راهنمای حفاظت، مطالبی را در این باره نقل قول می‌کند. وی در این نوشته به استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در تحلیل زمان پاسخ‌گویی تأکید کرده است و به عواملی از جمله نوع جاده‌ها، فاصله‌ی محل از ایستگاه و سرعت سفر در هر مایل به‌عنوان عوامل مؤثر در مدت زمان عمل و پاسخ‌گویی ایستگاه اشاره کرده است. در یک پروژه‌ی تحقیقی که توسط استرادرمن[۲] نوشته شده به مواردی اشاره شده است که در بهبود زمان پاسخ‌گویی مؤثر هستند از جمله ترافیک در مناطق دارای ترافیک سنگین [۷]. صدیقی و همکاران (۱۹۹۶) برای اولین بار برای مکان‌یابی از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش AHP استفاده کردند. در سال‌های اخیر، مقالات زیادی درباره‌ی مکان‌یابی با استفاده از تکنولوژی اطلاعات فضایی و AHP منتشر شده از جمله ژویژین[۳] و همکاران (۲۰۰۹)؛ سنر[۴] و همکاران (۲۰۰۶)؛ کونتوس[۵] و همکاران (۲۰۰۵)؛ جون[۶] (۲۰۰۰)؛ حیدری و همکاران (۲۰۰۷). کونتوس و همکاران و سنر و همکاران روش جدیدی را به کار بردند که در آن از ترکیب چند روش از جمله آنالیز چند معیار چندگانه، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل فضایی برای ارزیابی مکان مناسب دفن زباله استفاده کردند. آن‌ها در این مطالعات از لایه‌های مختلف نقشه‌ی توپوگرافی زمین و روش AHP و روش وزن‌دهی خطی استفاده کردند. ژویژین و همکاران نیز یک مدل سلسله‌مراتبی را برای انتخاب مکان مناسب دفن زباله در آینده برای شهرهای در حال گسترش کشورهای در حال توسعه پیشنهاد کردند. ایشان در این مدل ترکیب اطلاعات عوامل اقتصادی و زیست‌محیطی را به کار بردند که هم دارای منافع اقتصادی و هم زیست‌محیطی است. حیدری و همکاران نیز در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای شهرستان زنجان از روش تجزیه و تحلیل شبکه در Arc GIS و AHP استفاده کرده‌اند. جون نیز چارچوبی برای یکپارچه‌سازی توانایی‌های GIS و سیستم‌های کارشناسی و AHP ارائه داده تا با استفاده از یک‌سری از عوامل، تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب مکان مناسب یاری نماید [۸].

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی ۶ تهران یکی از مناطق نسبتاً قدیمی شهر تهران بوده که حدود ۳/۳ درصد از مساحت شهر را به خود اختصاص داده است. این منطقه از سمت شمال به منطقه‌ی سه، از شرق به منطقه‌ی هفت، از جنوب به مناطق دوازده، یازده، ده و از غرب به منطقه‌ی دو محدود می‌گردد. عمده‌ترین ویژگی منطقه‌ی شش از یک‌سو قرارگیری آن در مرکز شهر تهران و از سوی دیگر استقرار مهم‌ترین کاربری‌های اداری



تصویر۱: منطقه‌ی مورد مطالعه

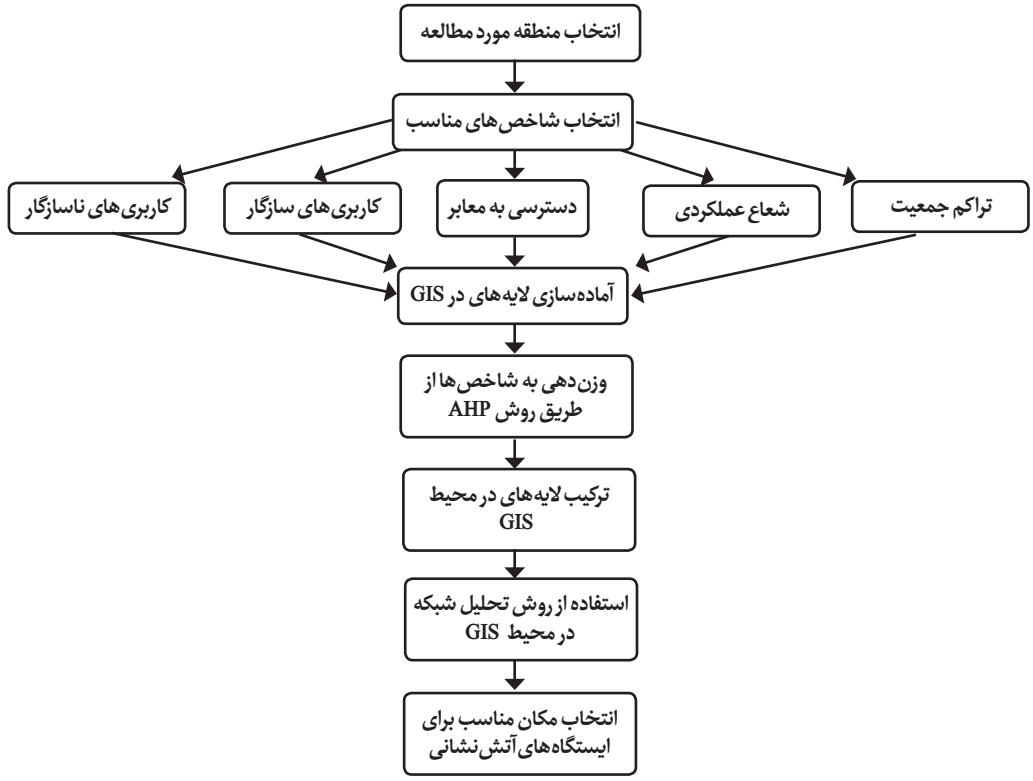
ـ خدماتی با مقیاس عملکردی فرامنطقه‌ای، شهری و حتی ملی در آن است. از سوی دیگر به دلیل استقرار در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران و همجواری با مرکز ثقل قدیمی شهر شامل بازار، میدان ارگ و توپخانه، مرکزیت فضایی، فعالیتی پیدا نموده است. این منطقه با حدود ۲۲۰ هزار نفر جمعیت و ۲۰ کیلومتر مربع مساحت دارای ۲ ایستگاه آتش‌نشانی (شماره‌های ۱۸ و ۴۰) و یک ایستگاه امداد و نجات (ایستگاه شماره‌ی ۴۹) است. ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نیمه‌ی جنوبی منطقه قرار گرفته‌اند و فاصله‌ی نزدیکی با یکدیگر دارند و ایستگاه امداد و نجات آن نیز در شمال منطقه قرار گرفته است.

روش‌شناسی تحقیق

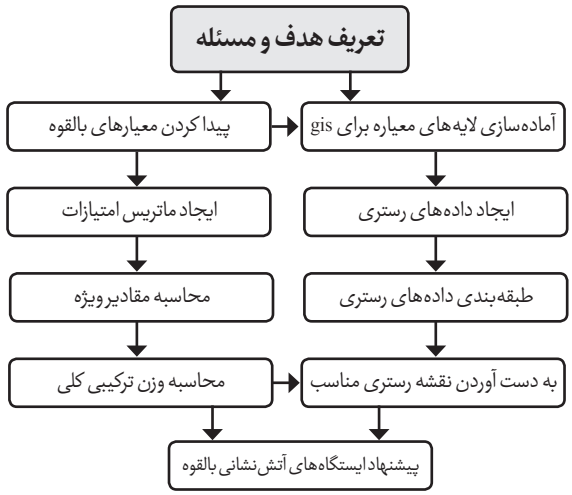
این تحقیق نوعی تحقیق کاربردی- توسعه‌ای است. روش تحقیق به صورت توصیفی و تحلیلی انجام گرفته است. در بخش توصیفی به مطالعه‌ی اسنادی و کتابخانه‌ای پرداخته شده است و در بخش تحلیلی، با بررسی عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، از نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی ۶ تهران، لایه‌های رقومی ایجاد و وارد محیط GIS گردیدند، سپس با اتخاذ روش مناسب، علاوه بر روش تحلیل شبکه MCDM و به‌کارگیری مدل AHP و همچنین ایجاد تغییرات مورد نظر بر روی لایه‌های اطلاعاتی، به نتیجه‌ی مورد نظر که مکان‌یابی محل مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی است، دست یافته شد. در این مطالعه روش کلی بر این اساس استوار شد که مناطق نامناسب غربال شود، سپس تصمیمات اساسی‌تر بر روی مناطق باقی‌مانده اخذ شد و نتیجه‌ی نهایی یعنی محل مناسب برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی مکان‌یابی گردید. نمودار ۱ فرآیند انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM

روش تصمیم‌گیری چند معیاره عبارت از مفاهیم، رویکردها، مدل‌ها و روش‌هایی است که به ارزیابی، براساس وزن، ارزش‌ها یا میزان برتری از طرف تصمیم‌گیرنده، کمک می‌کند و در نهایت منجر به تصمیم‌گیری‌های بهتر می‌شود [۹]. هدف اصلی تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره بررسی تعدادی از جایگزین‌ها با توجه به معیارهای متعدد و اهداف متضاد است. برای پیاده کردن این ایده لازم است جایگزین‌های سازگار مشخص شده و یک درجه‌بندی و امتیازدهی جایگزین براساس درجه‌ی جذابیت آن‌ها انجام شود. به‌کارگیری این روش در زمینه‌ی سیستم اطلاعات جغرافیایی به کاربر در بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند [۹]. از دهه‌ی ۱۹۶۰، ادغام رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS برای حل مسایل برنامه‌ریزی فضایی مورد توجه برنامه‌ریزان شهری قرار گرفت و در پی آن رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره GIS مبنا برای حل مسایل برنامه‌ریزی که



نمودار۱: فرآیند تجربی تحقیق



نمودار ۲: مدل مفهومی فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره [۸]

با اهداف چندگانه‌ی متضاد درگیر بودند، از قبیل مسایل تخصیص کاربری اراضی، گسترش یافت. این رویکرد به گونه‌ای ساده و انعطاف‌پذیر است که تعداد زیادی از معیارها و اندیکاتورها می‌توانند در آن به‌کار گرفته شوند. با وجود این، ممکن است تصمیم‌گیرندگان در اختصاص وزن به هر یک از معیارها براساس مقایسه‌ی زوجی با مشکل مواجه شوند [۱۰].

فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد [۱۱] و تصمیم‌گیری باید در یک فضای چند بعدی صورت پذیرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در چنین شرایطی روش‌های ارزیابی چند معیاری، با توجه به اینکه در این روش‌ها فرض بر این است که هر یک از معیارها محور یا بعد جداگانه‌ای هستند [۱۲] می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. از دهه‌ی ۱۹۶۰ به بعد، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره گسترش یافته است. این تکنیک‌ها تصمیم‌گیران را قادر به پیدا کردن راه حل در یک محیط چند معیاره کرده است؛ البته این تکنیک‌ها تا حدودی شبیه هم بوده و به‌کارگیری یک تکنیک در حل مسایل، برتری زیادی نسبت به تکنیک‌های دیگر ایجاد نمی‌کند. یکی از تکنیک‌های متداول تصمیم‌گیری چند معیاره، فرآیند سلسله‌مراتبی AHP است. روش AHP مسئله‌ی مورد نظر را به‌طور سیستماتیک به قطعات تشکیل‌دهنده‌ی کوچک‌تر تجزیه کرده و سپس تصمیم‌گیرندگان را راهنمایی می‌کند تا از طریق یک‌سری از مقایسات زوجی درباره‌ی اهمیت هر یک از عناصر در یک مدل سلسله‌مراتبی قضاوت نمایند [۱۳]. همچنین این تکنیک زمینه را فراهم می‌آورد تا اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان در مسئله‌ی برنامه‌ریزی گنجانیده شود. در واقع این تکنیک چارچوبی برای ساختار مشکل به‌عنوان سلسله مراتب ارائه می‌کند که در آن اولویت‌های گروه تصمیم‌گیری به‌عنوان وزن‌های به‌دست آمده از مقایسه‌ی زوجی در نظر گرفته شود [۱۰]. داوری در مقایسات زوجی به اعدادی منتقل می‌شود که این اعداد به‌عنوان وزن هر یک از این عناصر ارجاع داده می‌شوند.

مسلم است که در این روش اختصاص وزن از طریق مقایسه‌ی زوجی به احتمال زیاد مسئله‌ی تعصب و جانب‌داری در وزن‌دهی را کاهش داده که این مسئله باعث شده است که مدل AHP یکی از مؤثرترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شناخته شود. با این حال، در مرور پیشینه‌ی این مدل احساس شده است که روش متعارف AHP در بیان قضاوت تصمیم‌گیرندگان در شکل اعداد واحد، شیوه‌ی تفکر انسانی را در سیستم دنیای واقعی به‌طور کامل منعکس نمی‌کند [۱۳]. روش AHP یک روش تکرار شونده است، که متشکل از تعدادی از مراحلی است که با توجه به یک مشکل خاص می‌تواند تعدیل شود. یکی از روش‌های اصلی جهت آزمون در مدل AHP، روش مقایسه‌ای دوتایی است. این روش از پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری به‌طور قابل توجهی می‌کاهد زیرا تنها دو مؤلفه در یک زمان بررسی می‌گردند [۱۴]. در این روش همه‌ی معیارها و عوامل شناسایی شده، در ماتریس مقایسه‌ی دوبه‌دو که مبین اولویت‌های نسبی شاخص‌ها است، بیان می‌شوند. بنابراین مقادیر عددی مربوط به اولویت‌بندی، و یا اهمیت نسبی یک شاخص نسبت به دیگری، باید اختصاص‌دهی شده باشند. با تحقیقاتی که توسط ساعتی و وارگز[۷] (۱۹۹۱) انجام گرفت، یک دامنه‌ی عددی بین ۱ تا ۹ برای مقایسه‌ی معیارها پیشنهاد شد که در آن عدد ۱، نشان‌دهنده‌ی اهمیت برابر و مقدار ۹، نشان‌دهنده‌ی اهمیت بسیار زیاد یک شاخص نسبت به دیگری است. در مرحله‌ی بعدی، مقادیر اولویت‌بندی اختصاص داده شده برای تعیین رتبه‌بندی عوامل مربوط که همان مرحله‌ی وزن‌دهی است، ترکیب و تلفیق می‌شوند [۱۵]. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که فرآیند روش سلسله‌مراتبی شامل مراحل: ایجاد نمودار گرافیکی مسئله به‌صورت سلسله‌مراتب و ترسیم ماتریس مقایسه‌ی دوتایی، وزن‌دهی عناصر در هر سطح از سلسله مراتب و محاسبه‌ی وزن‌ها و برآورد نسبت سازگاری است [۱۰].

روش تحلیل شبکه ANP

تحلیل شبکه یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی ارائه شد. این روش در واقع تعمیم یافته و روش پیشرفته‌ی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی است چرا که یکی از ضعف‌های (فرض اساسی) روش سلسله‌مراتبی این بود که عوامل را به‌طور مستقل و بدون در نظر گرفتن وابستگی بین آن‌ها و در سطح یکسان و از سطوح متفاوت سلسله‌مراتبی در نظر می‌گرفت که این امر در دنیای واقعی کمتر اتفاق می‌افتد و چالش‌های زیادی را بین محققین به وجود آورده بود. برای حل این مشکل، فرآیند تحلیل شبکه معرفی شد. برتری اصلی روش تحلیل شبکه ANP ساختار شبکه‌ای آن است، که قادر است اثر متقابل بین عوامل موجود در طبقات مختلف و همچنین وابستگی متقابل بین عوامل در یک طبقه را نیز در محاسبات در نظر بگیرد. فرآیند تحلیل شبکه مرکب از چهار مرحله‌ی مهم است:

- مرحله‌ی اول: این مرحله شامل مقایسه‌ی زوجی و تعیین وزن نسبی معیارها است. این مرحله همانند روش سلسله‌مراتبی انجام می‌شود؛ یعنی اوزان نسبی معیارها از طریق مقایسه‌ی دوبه‌دو آن‌ها به‌دست می‌آید.

- مرحله‌ی دوم: در این مرحله اوزان به‌دست آمده از مقایسات در یک ماتریس بزرگ‌تر (سوپر ماتریس) قرار داده می‌شوند که این ماتریس در برگیرنده‌ی همه‌ی خوشه‌های شبکه، نودها و گره‌ها و نشان‌دهنده‌ی روابط متقابل آن‌هاست که این ماتریس، ماتریس اولیه نامیده می‌شود.
- مرحله‌ی سوم: در این مرحله، برای محاسبه‌ی وزن ماتریس اولیه، وزن خوشه‌ها باید محاسبه شود. پس از اینکه ماتریس وزن خوشه‌ها ایجاد شد، سوپر ماتریس اولیه را می‌توان از طریق ضرب ماتریس اوزان خوشه‌ها به وسیله‌ی یک سوپر ماتریس اولیه به‌دست آورد. ماتریس به‌دست آمده از این مرحله، ماتریس تصادفی نامیده می‌شود.
- مرحله‌ی چهارم: مرحله‌ی آخر، ایجاد سوپر ماتریس حد است که عبارت‌اند از ضرب سوپر ماتریس وزن‌شده به خودش (n بار) تا جایی که سوپر ماتریس حد به دست بیاید. در این ماتریس مقادیر ماتریس در ستون‌ها برابر است. ممکن است یک یا چند ماتریس حد به دست بیاید که در این صورت وزن نهایی از طریق فرمول زیر به‌دست می‌آید [۱۶].

$$\text{Limn} \to \infty \ (1/F)\sum \text{Wi}$$

در این تحقیق از روش تحلیل شبکه برای تحلیل وضع موجود توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بررسی شعاع عملکردی آن‌ها و تعیین مناطقی که خارج از شعاع پوشش ایستگاه‌های موجود است استفاده شده است. در این روش، فاصله‌ی زمانی بین مبدأ و مقصد به‌صورت منطقی و واقعی قابل محاسبه است. بدین ترتیب که ابتدا همه‌ی مسیرهای ارتباطی شهر براساس جهات واقعی ترافیکی در محیط GIS رقومی و تهیه شد و توپولوژی آن ایجاد شد. در مرحله‌ی بعد با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و سؤال از رانندگان آتش‌نشان و همچنین حد مجاز سرعت اتومبیل در برخی از معابر شهر، متوسط سرعت حرکت اتومبیل در سلسله‌مراتب معابر مختلف شهر به‌دست آمد و به جدول اطلاعات توصیفی شبکه وارد گردید. سایر اطلاعات تکمیلی شبکه مانند یک طرفه یا دو طرفه بودن، عرض خیابان‌ها و تقاطع‌های موجود نیز به شبکه اضافه شده و برای تحلیل آماده شد. سپس با توجه به اینکه استاندارد جهانی برای رسیدن آتش‌نشان‌ها به محل حریق ۳ دقیقه تعریف شده است با استفاده از روش تحلیل شبکه در محدوده‌ی مورد مطالعه، مدت زمان ۳ دقیقه برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود بر روی شبکه‌ی معابر اعمال گردید که نتیجه‌ی به‌دست آمده گویای عدم پوشش تمامی فضای شهر توسط ایستگاه‌های موجود است و نیازمند مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌های جدید است.

تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق

شاخص‌های مؤثر در استقرار بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

در مدل AHP فرآیند انتخاب مکان مناسب با شناسایی عوامل مؤثر شروع می‌شود و سپس این عوامل در یک ساختار سلسله‌مراتبی نزولی از هدف کلی به معیارهای متعدد و زیرمعیارها در سطوح متوالی قرار داده می‌شوند. معیارهای متعددی در مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به استانداردهای جهانی ارائه گردیده است که البته به کار بردن همه‌ی آن‌ها در امر مکان‌یابی به دلایل مختلف امکان‌پذیر نیست. در این تحقیق از ۴ معیار برای انتخاب مکان بهینه‌ی ایستگاه آتش‌نشانی منطقه‌ی ۱۲ تهران استفاده شده است که شامل: میزان و تراکم جمعیت، دسترسی به شبکه‌ی معابر، شعاع پوششی و کاربری اراضی (کاربری سازگار و ناسازگار) است.

تراکم جمعیت

میزان و تراکم جمعیت از عوامل اصلی مؤثر در استقرار ایستگاه‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوط است. تحقیقات، تجربه و شواهد نشان می‌دهد که در مناطقی از شهر که تراکم جمعیتی در سطح بالایی قرار دارد، احتمال وقوع حوادث بیش از مناطق با تراکم کم جمعیت است. بنابراین جمعیت عامل مهمی در چگونگی نحوه‌ی استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی است و چون کاهش تلفات انسانی مهم‌ترین اصل در اطفای حریق به‌شمار می‌رود، میزان و نحوه‌ی جمعیت پراکنده‌شده در منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است [۴]. از طرف دیگر هر چقدر تراکم جمعیت در شهر کمتر و به‌طور متعادل در سطح شهر توزیع شده باشد، میزان جمعیت بهره‌مند از منابع و تخصیص امکانات بیشتر خواهد شد؛ بالعکس تراکم جمعیتی بالا در شهر به معنای افزایش تقاضای هر نوع کالا و خدمات محسوب می‌شود [۱۷]. استانداردهای جهانی برای هر ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت یک ایستگاه را پیش‌بینی کرده‌اند. علت چنین انتخابی براساس تجربیات بوده است. بنابراین سعی شده است در قسمت عملی کار، مناطق با جمعیت بالاتر با وزن بیشتری در تحلیل نهایی در نظر گرفته شوند [۱۸].

دسترسی به شبکه‌ی ترافیک

یکی از عوامل تأثیرگذار بر انتخاب ایستگاه‌های آتش‌نشانی، میزان دسترسی به خطوط ارتباطی است. هر چه میزان دسترسی ایستگاه آتش‌نشانی به خطوط ارتباطی بیشتر باشد، کارآیی این ایستگاه‌ها نیز بیشتر خواهد بود. همچنین عواملی چون عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک طرفه بودن خیابان‌ها و غیره در چگونگی محل استقرار ایستگاه‌ها مؤثرند [۱۹].

مساحت و شعاع پوششی

مساحت مناطق مختلف شهری و شعاع عمل ایستگاه‌های آتش‌نشانی در برنامه‌ریزی استقرار ایستگاه‌ها از عوامل عمده به‌حساب می‌آید. استانداردهای جهانی شعاع ۵ کیلومتر را برای ایستگاه پیش‌بینی می‌کنند و از طرف دیگر زمان رسیدن به مکان آتش‌سوزی را ۳ - ۵ دقیقه در نظر گرفته‌اند. برای دست‌یابی به استاندارد ۳ - ۵ دقیقه باید محدوده‌ی حوزه‌ی استحفاظی ایستگاه‌ها را کاهش داد؛ در نتیجه با سرعت بین ۳۰ - ۴۰ کیلومتر در ساعت، خودروهای امدادی در هر دقیقه بین ۵۰۰ - ۶۷۰ متر را طی می‌کنند که با احتساب هدر رفتن یک دقیقه برای رسیدن پیام آتش‌سوزی به ایستگاه و خروج

ماشین‌ها از ایستگاه در ۴ دقیقه‌ی باقی‌مانده، نیروهای آتش‌نشانی فاصله‌ای به طول ۲ - ۲/۷ کیلومتر را پوشش می‌دهند. مساحت چنین ناحیه‌ای بین ۱۲/۵ - ۲۳ کیلومتر خواهد بود [۱۹].

کاربری‌های اراضی

کاربری‌های مختلف، آسیب‌پذیری‌های متفاوتی در مقابل آتش‌سوزی دارند. کاربری‌های مسکونی همیشه بیشترین آسیب‌پذیری را در مقابل حوادث آتش‌سوزی داشته‌اند. در این تحقیق براساس سازگاری و ناسازگاری کاربری‌های اراضی با ایستگاه‌های آتش‌نشانی این کاربری‌ها به دو دسته‌ی سازگار و ناسازگار تقسیم شده‌اند.

کاربری‌های ناسازگار

براساس معیارهای مبتنی بر سازگاری و یا ناسازگاری کاربری و میزان تأثیر روی کیفیت و فضای زندگی، ملاحظه می‌شود که ایستگاه‌های آتش‌نشانی نمی‌تواند در مجاورت بعضی از کاربری‌ها قرار گیرد. در این خصوص به منظور ایجاد محیط سالم جهت بالا بردن کارآیی و کیفیت زندگی مردم، ایستگاه‌های آتش‌نشانی نباید در کنار کاربری‌هایی ازجمله کاربری‌های درمانی - بهداشتی (بیمارستان‌ها)، مذهبی، اداری و کاربری‌های آموزشی (مدارس) باشد [۲۰]. همگی این کاربری‌ها از جمله کاربری‌هایی هستند که در ساعتی از روز با پیک ترافیکی روبه‌رو هستند؛ بنابراین برای مجاورت ایستگاه با چنین کاربری‌هایی باید محدودیت فاصله‌ای قایل شد [۱۹].

کاربری‌های سازگار

برای انتخاب مکان بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نزدیکی به بعضی از کاربری‌های شهری مثل کاربری‌های مسکونی، تجاری، صنایع، پمپ بنزین و فضای سبز باعث افزایش خدمات‌رسانی می‌شود. کاربری‌های تجاری، صنعتی و پمپ بنزین به‌علت وجود مواد قابل اشتعال معمولاً بیش از سایر کاربری‌ها در معرض خطر قرار دارند. همچنین مجاورت با کاربری‌های مسکونی و فضای سبز به علت تراکم افراد بیشتر در این کاربری‌ها، در صورت بروز حادثه باعث خدمات‌رسانی سریع‌تر می‌شود [۱۹]. جدول ۱ کاربری‌های سازگار و ناسازگار را نشان می‌دهد:

جدول ۱: کاربری‌های سازگار و ناسازگار

کاربری‌های ناسازگار	کاربری‌های سازگار
کاربری آموزشی	کاربری مسکونی
کاربری مذهبی	کاربری تجاری
کاربری اداری	کاربری صنعتی
کاربری درمانی- بهداشتی	کاربری پمپ بنزین
	کاربری فضای سبز

محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها

برای به‌دست آوردن اوزان شاخص‌های مرتبط با مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی ابتدا پرسشنامه‌ی مربوطه براساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP طراحی شده و با تکمیل پرسشنامه توسط متخصصین امور شهری، در نهایت با استفاده از نرم‌افزار EXPERT CHOEICE اقدام به محاسبه‌ی اوزان مربوطه شده است که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول ۲: اوزان شاخص‌های تحقیق

شاخص	وزن
تراکم جمعیتی	۰/۴۸۵
دسترسی	۰/۳۴۲
کاربری اراضی	۰/۲۰۳

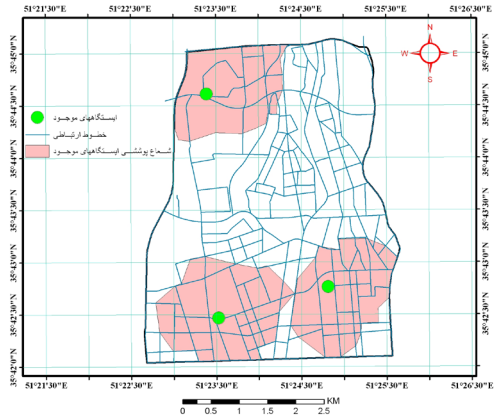
همچنین در این تحقیق کاربری اراضی به دو دسته‌ی کاربری‌های سازگار و کاربری‌های ناسازگار تقسیم شده است که اوزان هر کدام از آن‌ها در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است:

جدول ۳: اوزان کاربری‌های سازگار

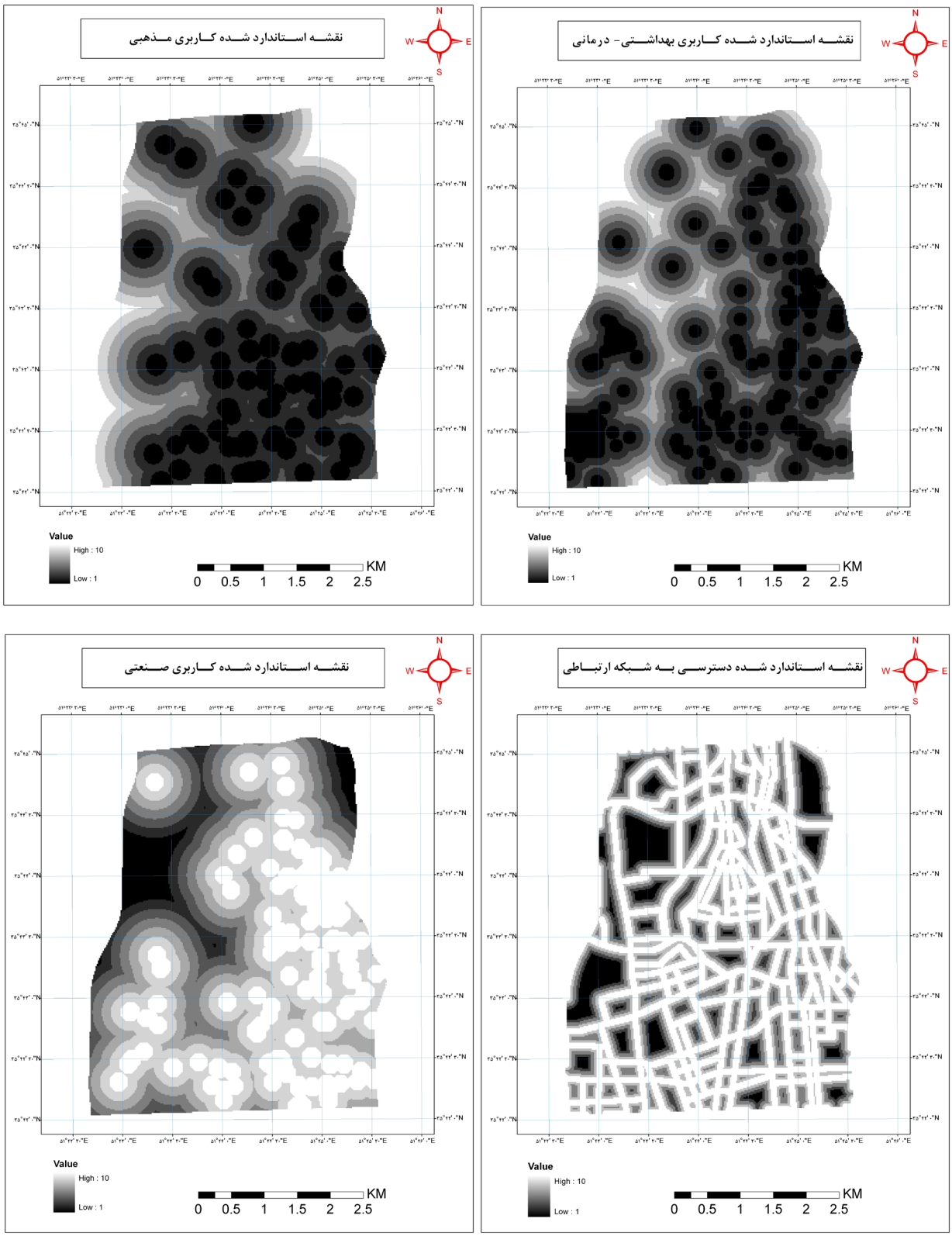
کاربری‌های سازگار	وزن
مسکونی	۰/۲۶۳
پمپ بنزین	۰/۲۴۵
صنایع	۰/۲۰۳
تجاری	۰/۱۴۹
فضای سبز	۰/۱۴۰

جدول ۴: اوزان کاربری‌های ناسازگار

کاربری‌های ناسازگار	وزن
درمانی- بهداشتی	۰/۳۶۰
آموزشی	۰/۲۶۳
اداری	۰/۲۴۷
مذهبی	۰/۱۴۰



تصویر ۲: شعاع پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در منطقه‌ی ۶



تصویر ۳: استانداردسازی شاخص‌ها

محاسبه‌ی شعاع پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود

براساس استاندارد جهانی، متوسط زمان پاسخگویی به حوادث آتش‌سوزی از طرف مراکز خدماتی آتش‌نشانی، ۳ دقیقه تعریف شده است. در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل شبکه در GIS، شعاع پوششی ایستگاه‌های موجود با توجه به عواملی همچون سرعت حرکت وسایل نقلیه، عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک طرفه بودن خیابان‌ها و غیره در مدت زمان ۳ دقیقه بر روی شبکه‌ی ارتباطی اعمال شده است. تصویر ۲ شعاع پوششی ایستگاه‌های موجود را نشان می‌دهد.

انتخاب محل استقرار بهینه‌ی ایستگاه‌های جدید

با توجه به شعاع پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود، مشخص شد که این ایستگاه‌ها نمی‌توانند همه‌ی منطقه‌ی مورد نظر را در مدت زمان استاندارد (۳ دقیقه) تحت پوشش قرار دهند. برای مشخص کردن مکان بهینه برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید سه مرحله فعالیت انجام شده است.

• مرحله‌ی اول: استانداردسازی شاخص‌های تحقیق

دراین تحقیق برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شاخص‌هایی در نظر گرفته شده است که دارای تأثیرات متفاوتی هستند. در این مرحله شاخص‌ها براساس نوع تأثیر آن‌ها (مثبت یا منفی) با استفاده از ابزار تحلیل‌های فضایی spatial analyst و با دستور distance و دستور Reclassify استانداردسازی (بی‌مقیاس) شدند. چند نمونه از استانداردسازی شاخص‌ها در تصویر ۳ نشان داده شده است.

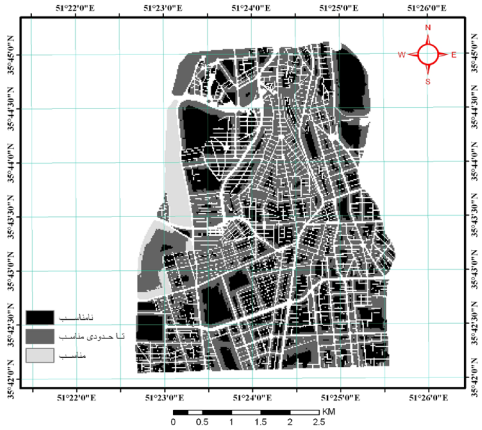
• مرحله‌ی دوم: ترکیب لایه‌ها

در این مرحله نقشه‌های به‌دست آمده (استانداردشده) از هر یک از معیارها در مرحله‌ی قبلی با استفاده از ابزار تحلیل‌های فضایی (spatial analyst) و با دستور (raster calculator) و با توجه به اوزان به‌دست آمده ترکیب شده و نقشه‌ی محدوده‌های مناسب جهت احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه‌ی ۶ به‌دست آمد. تصویر۴ محدوده‌های مناسب را جهت احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی نشان می‌دهد.

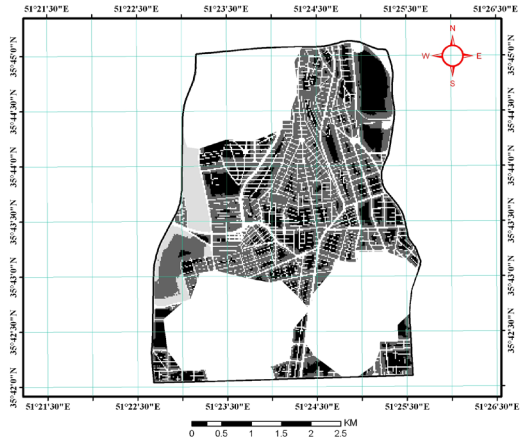
• مرحله‌ی سوم: یافتن بهترین مکان برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید

در این مرحله ابتدا شعاع پوششی ایستگاه‌های موجود با استفاده از تحلیل (ERASE) از منطقه حذف شد و محدوده‌ای از منطقه که تحت پوشش ایستگاه‌های موجود در مدت زمان ۳ دقیقه قرار نگرفت مشخص شد. تصویر ۵ محدوده‌ی تحت پوشش قرار نگرفته‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود را نشان می‌دهد.

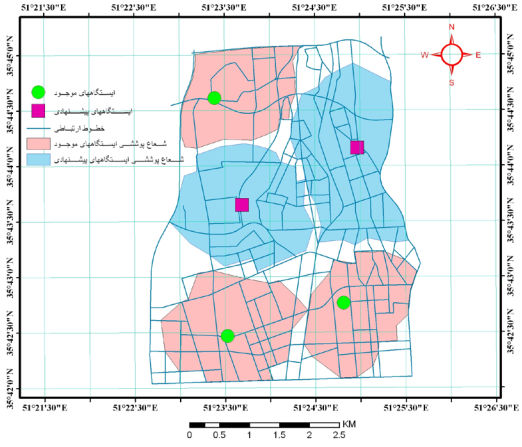
و در نهایت با توجه به فضاهای باقی‌مانده از منطقه که ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود توانایی تحت پوشش قرار دادن آن‌ها را در مدت زمان ۳ دقیقه نداشتند، ایستگاه‌های جدیدی متناسب با قرار گرفتن در مکان‌هایی با پتانسیل بالا و توانایی تحت پوشش قرار دادن فضاهای باقی‌مانده‌ی منطقه (با توجه به عواملی همچون سرعت وسایل نقلیه، عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک طرفه بودن خیابان‌ها و غیره) پیشنهاد شده است.



تصویر ۴: محدوده‌های مناسب جهت احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید



تصویر ۵: محدوده‌ی فاقد پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود



تصویر ۶: ایستگاه‌های پیشنهادی جدید و شعاع پوششی

نتیجه‌گیری تحقیق

ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان مکان‌های استقرار و انتظار خودروهای آتش‌نشانی و امداد، از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند که نقش مهمی در تأمین ایمنی و آسایش شهروندان و توسعه‌ی اقتصادی شهرها ایفا می‌کنند. این امر مهم باعث می‌شود که اتخاذ فرآیندی صحیح برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی ضروری به نظر برسد. نتایج این تحقیق نشان داده است که با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی‌های به‌عمل آمده از نحوه‌ی توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در منطقه‌ی ۶ شهر تهران و نیز تعیین شعاع عملکردی استاندارد آن‌ها با به‌کارگیری روش تحلیل شبکه، بخش زیادی از این منطقه با وجود تراکم جمعیتی بالا و داشتن کاربری‌های حساس مانند کاربری صنعتی، تجاری و غیره، خارج از محدوده‌ی عملیاتی ایستگاه‌های موجود بوده است، که دلیل آن کمبود تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی به اندازه‌ی کافی برای پوشش دادن کل فضای منطقه‌ی مورد مطالعه بوده است، در نتیجه این وضعیت نیازمند مکان‌یابی و استقرار ۲ ایستگاه جدید است. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نقشه‌های متنوع و به‌کارگیری آن‌ها به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی قابل استفاده در محیط GIS و تلفیق آن با روش‌های تحلیلی MCDM و مدل AHP جهت عملیات مکان‌یابی، از یک‌سو به قابلیت‌های فراوان سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در زمینه‌ی حل مشکلات مکانی اشاره دارد و از سوی دیگر، مکان‌یابی محل مناسب استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی با در نظر داشتن جنبه‌های مختلف آن در کوتاه‌ترین زمان، تحلیل‌های کاربردی فراوانی را در اختیار مدیران شهری قرار می‌دهد.

پی‌نوشت

1. Esri
2. Strawder man
3. Guigin
4. Sener
5. Kontos
6. Jun
7. Varges

منابع و مآخذ

۱. سعیدی، حسام؛ دیلمی معزی، صارم (۱۳۹۰). "بحران و مدیریت بحران در سازمان،" ماهنامه‌ی کنترل کیفیت، سال ۷، شماره‌ی ۴۵، ۶۱-۵۶.

2. Lilli Yang, Bryan F.jones b, Shuang-hua Yang c (2007). "A fuzzy multi-objective programming for optimizination of fire station locations through genetic algorithms", *European Journal of operational Research*, 181, 903–9150.

3. 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.

۴. فروتن مقدم، متین؛ وحید نیا، محمد حسن؛ مهر منش، امین (۱۳۸۸). تعیین مکان‌های بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، همایش ژئوماتیک.

5. Heru Sufianto, Anthony R. Green (2011). "Urban Fire Situation in Indonesia", *journal of fire Technology*, 74.

۶. عادلی، محسن (۱۳۸۶، شهریور). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان، سمینار GIS شهری دانشگاه مازندران، ۳۰-۲۵.

7. William Finley (2007). *fire station location master plan, Sparks Fire Department*.

8. T.Erden and M.Z.Coskon (2011). "Multi-criteria site selection for fire services: the interaction wit Analytic hierarchy process and geographic information systems, Istanbul Technical University Geometric Department," *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, 10, 2127-2134.

9. Rida Al-Adamat, Abdullah Diabat, Ghada Shatnawi (2010). "Combining GIS with multicriteria decision making for sitting water harvesting ponds in Northern Jordan", *Journal of Arid Environments*, 74, 1471-1477.

10. Mui-How Phua, Mitsuhiro Minowa (2005). "AIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia", *Landscape And Urban Planning*, 71 ,207–222.

۱۱. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰). "کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای،" هنرهای زیبا، (شماره‌ی ۱۰).

۱۲. توفیق، فیروز (۱۳۸۰). "ارزش‌یابی چند معیاری در طرح‌ریزی کالبدی،" فصل‌نامه‌ی آبادی، (شماره‌ی ۱۱).

13. Rodney G. Tsiko & Tesfalem S. Hail (2011). "Integrating Geographical Information Systems, Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process in Modeling Optimum Sites for Locating Water Reservoirs: A Case Study of the Debub District in Eritrea," *Water*, 3, 254-290; doi:10.3390/w3010254.

۱۴. هادیانی، زهره؛ کاظمی راد، شمس‌الله (۱۳۸۹، بهار). "مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل (AHP) در محیط (GIS) مطالعه‌ی موردی شهر قم،" جغرافیا و توسعه، (شماره‌ی ۱۷).

۱۵. رجبی، محمدرضا؛ منصوریان، علی؛ طالعی، محمد (۱۳۹۰، بهار). "مقایسه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP,AHP-OWA,AHP-OWA Fuzzy برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در تبریز." محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، (شماره‌ی ۵۷)، ۷۷-۹۲.

16. Nekhay, Olexandr, Arriaza Manuel, Boerboom,Luc (2009). "Evaluation of soil erosion risk using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish mountain olive plantationsq"., *Journal of Environmental Management*, 90, 3091–3104.

۱۷. روستایی، شهریور؛ قنبری، حکیمه؛ کاظمی راد، شمس الله؛ نوریان، رحیمه (۱۳۹۰)، "ارائه‌ی الگوی بهینه‌ی مکان‌یابی پارکینگ‌های محله‌ای با استفاده از روش AHP و GIS مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۳ و ۴ شهرداری تبریز،" جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۲۳، ۱۸۴- ۱۶۳.

۱۸. ذاکر حقیقی، کیانوش (۱۳۸۲). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با GIS. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده‌ی هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

۱۹. پرهیزکار، اکبر (۱۳۸۳، شهریور). ارائه‌ی مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی.

۲۰. نظریان، اصغر؛ کریمی، ببراز (۱۳۸۸). ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر اهواز با استفاده از GIS، فصل‌نامه‌ی چشم‌انداز جغرافیایی زاگرس، سال اول شماره‌ی ۲، ۱۰-۵.