

جغرافیا و توسعه شماره ۳۵ تابستان ۱۳۹۳

وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۰/۲

صفحات: ۱۶۶-۱۵۳

مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر ارومیه با استفاده از GIS و AHP

دکتر محمد رحیم رهنما^۱، احمد آفتاب^۲

چکیده

ایجاد امکانات جدید شهری، نیازمند مطالعه‌ی دقیق در زمینه‌ی نحوه‌ی استقرار صحیح این امکانات در مناطق مختلف یک شهر است. جهت تخصیص درست امکانات شهری، اولین نکته اساسی، انتخاب مکان بهینه با توجه به شرایط متفاوت و گاه متضاد است. این مسأله زمانی اهمیت می‌یابد که فاکتورهای بسیار مهمی مانند نجات جان انسان‌ها مد نظر قرار داده می‌شوند. لذا انتخاب بهینه‌ی مراکز آتش‌نشانی به دلیل اهمیت جان افرادی که در معرض خطر واقع شده‌اند، مسأله‌ای اساسی تلقی می‌شود این امر با افزایش ۵۶ درصدی تعداد حوادث شهر ارومیه در سال ۱۳۸۹ نمود بیشتری دارد. در این مقاله برای مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS استفاده شده است.

نتایج حاصل از تحلیل شبکه براساس زمان استاندارد (۱ تا ۵ دقیقه) بیانگر عدم پوشش ۴۹/۲ درصد از مساحت شهر ارومیه توسط مراکز آتش‌نشانی در وضع موجود می‌باشد. برای جبران این کمبود با توجه به معیارهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در قالب مدل AHP و نتایج حاصل از تحلیل شبکه در محیط GIS، ۴ ایستگاه جدید مکان‌یابی و پیشنهاد گردید و شعاع عملکردی ایستگاه‌های پیشنهادی به همراه ایستگاه‌های موجود براساس زمان استاندارد رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق، به منظور تعیین سطح پوشش شهر ارومیه توسط این مراکز با استفاده از تحلیل شبکه به صورت تصویری نشان داده شده است که خود می‌تواند راهنمای عمل برنامه‌ریزان و مدیران شهری ارومیه در زمینه‌ی خدمات‌رسانی باشد.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، تحلیل شبکه، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شهر ارومیه.

rahnama@ferdowsi.um.ac.ir

ahmadaftab20@gmail.com

۱- دانشیار جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، مدرس دانشگاه پیام نور ارومیه (نویسنده مسؤول)

مقدمه

برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری فرآیندی است که طی آن نحوه‌ی استفاده از زمین مشخص می‌شود و هدف آن این است که میزان رفاه اجتماعی را با توجه به محدودیت‌ها افزایش دهد و بیشترین فایده و کمترین هزینه را عاید جامعه کند (حبیبی و نظری، ۱۳۸۶: ۲). بدین منظور توزیع بهینه‌ی کاربری‌ها و مراکز خدماتی مسأله‌ای است که اغلب اوقات برنامه‌ریزان با آن سر و کار دارند. چرا که به دلیل رشد پرشتاب جمعیت و کالبد شهرها، مشکلاتی مانند کمبود و عدم توزیع فضایی مناسب کاربری‌ها به وجود آمده است (Ahadnejad, 2007: 1). در این میان، تجهیزات و تأسیسات پایه و اساس سکونتگاه‌های شهری را تشکیل داده و کمبود و نقص آن‌ها مشکلاتی را برای شهروندان به وجود می‌آورد اعتبار و اهمیت هر شهر بسته به این خدمات و تأسیسات دارد. هر چه ارائه این خدمات بهتر باشد زندگی در آن راحت‌تر و هزینه زندگی در آن برای شهروندان کمتر خواهد بود (رامشت و عامری، ۱۳۹۰: ۲). در این راستا ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان مکانی جهت 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 می‌نمایند (مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸: ۱۴۰). همه‌ساله افراد بسیاری بر اثر سوانح مختلف مانند آتش‌سوزی، جان خود را از دست می‌دهند. از جمله دلایل این امر می‌توان به پراکندگی نامناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی، قرار گرفتن آن‌ها در مناطق پرتراфик و فقدان پاسخ‌گویی به زمان استاندارد در اطفای حریق اشاره نمود. در حالی که با اتخاذ تدابیر مناسب مانند اطفای حریق به موقع می‌توان از گسترش آتش‌سوزی جلوگیری به عمل آورد (فروتن‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۸: ۲) با این حال، سیاست

کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه‌ی خاص و مدون بوده است به گونه‌ای که برای ایجاد هریستگاه در محدوده‌های شهری مهم‌ترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن و یا عوامل دیگری است که به موجب آن‌ها بایستی زمین ارزشی نداشته باشد که این امر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهرها تأثیرگذار بوده است (ایمانی‌جاجرمی، ۱۳۷۵: ۵). متأسفانه چون بسیاری از ایستگاه‌های آتش‌نشانی براساس تجربه‌ی کارشناسان و متدهای سنتی ایجاد می‌شوند، پراکندگی نامناسب آن‌ها همواره مشکلاتی را در امر پاسخ‌گویی در زمان استاندارد ۵ دقیقه و اطفای حریق به موقع پدید می‌آورد این امر در شهرهای بزرگی مثل ارومیه با افزایش ۵۶ درصدی تعداد حوادث در سال ۱۳۸۹ نمود بیشتری دارد.

از آنجایی که هدف اصلی در این مقاله، تعیین بهترین مکان برای تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید شهر ارومیه یا جابجایی مکانی برخی از آن‌ها (در صورت لزوم) می‌باشد، بدین منظور از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۱ و تحلیل شبکه^۲ در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۳ برای حل مسأله‌ی کمبود ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین بهترین مکان برای احداث ایستگاه‌های جدید استفاده گردیده است.

مبانی نظری

به لحاظ اهمیت بسیار زیاد مسأله‌ی نجات جان انسان‌ها در اطفای حریق، پژوهش‌های بسیاری از دیرباز در کشورهای توسعه‌یافته در زمینه‌ی انتخاب مکان‌های مناسب احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی انجام گرفته است. پژوهش‌های اولیه در این مورد بر مبنای

1-Analytical hierarchy process

2-Network Analysis

3-Geographic information system

حادثه با مکان‌یابی بهینه‌ترین مکان‌ها برای احداث ایستگاه‌ها مؤثر باشد می‌تواند کارایی بالایی را نیز در حین امداد رسانی ایفا نماید (Evans, 2004).

نلین‌الدین^۵ و الدراندالی^۶ در سال ۲۰۰۴ یک سیستم جدید را که در آن به‌کارگیری فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) از طریق کاربرد یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکپارچه شده است، برای تعیین مکان بهینه به منظور یک تسهیلات خاص را به‌کار بردند. این سیستم دو ابزار اصلی AHP و GIS را در روشی به کار می‌گیرد که دخالت کاربر را با هر عنصر دیگر و نیز سطح مهارت مورد نیاز برای کار با کامپیوتر را کاهش می‌دهد (Eldin & Eldrandaly, 2004). تکنیک‌های تحلیل چندمعیاری ابزار خوبی برای بررسی نمودن پدیده‌های پیچیده می‌باشد که به برنامه‌ریزی بهبود می‌بخشد. استفاده‌ی ترکیبی از GIS و تحلیل چند معیاری که به طور کلی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی نامیده می‌شود، برای بحث در مورد مسائل مکانی پیچیده به طور گسترده استفاده می‌شود و یک روش بسیار خوب برای تصمیم‌گیری می‌باشد (Markropoulose, 2006: 69-84).

از دیگر کارهای انجام گرفته شده در این زمینه می‌توان به تلفیق برنامه‌نویسی چندمعیاره به همراه الگوریتم ژنتیک توسط لیل^۷ اشاره نمود آن‌ها با استفاده از فاکتورهای معرفی شده توسط بدری، ۵ فاکتور اصلی را معرفی نمودند.

در روش ارائه شده توسط این افراد، ابتدا کلیه‌ی معیارها، با استفاده از برنامه‌نویسی چندمعیاره فازی، تبدیل به یک معیار واحد شده و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعداد و مکان‌های مناسب ایستگاه‌ها تعیین گردید (Lili et al, 2007: 903-915).

انتخاب مکان ایستگاه‌ها بر اساس سطح پوشش ارائه‌ی خدمات توسط هر یک از آن‌ها قرار داشت (Yan and et al, 2008: 3).

در این زمینه به منظور طراحی و ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی، یک متد تحلیلی و تکرارشونده توسط هلی^۱ ارائه گردید. مراحل اجرای این متد عبارتند از:

۱- تعریف مناطق تحت پوشش ارائه‌ی خدمات توسط هر ایستگاه؛

۲- معرفی بهترین مکان هر ایستگاه آتش‌نشانی در منطقه تحت پوشش؛

۳- بهینه‌سازی مناطق ایستگاه‌ها.

در نظر گرفتن مسأله‌ی مکان‌یابی به عنوان یک مسأله‌ی چند معیاره ابتدا توسط بدری و همکاران^۲ مطرح شد (Badri et al, 1998: 243) که با ارائه‌ی یک مدل بر اساس زمان سفر از ایستگاه تا نقطه‌ی حادثه دیده به جای مسافت، با ارائه‌ی ۱۱ فاکتور مؤثر بر مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی نواقص مدل قبلی را پوشش دادند. سپس چن^۳ متد هلی را برای مکان‌یابی ایستگاه‌ها در چین به کار گرفت (Chi & Aizhu, 2003: 1390).

کلیه‌ی روش‌های فوق دارای معایب زیر بودند:

- فاصله‌ی ایستگاه تا نقطه‌ی حادثه دیده معمولاً به صورت خط مستقیم در نظر گرفته شده است در حالی که ماهیت اصلی این فاصله منحنی‌وار است.
- اینکه اطمینان حاصل کنیم که تمام نقاط حادثه‌دیده در کمترین زمان ممکن سرویس‌دهی می‌شوند یا خیر مشکل است.

در حالی که اونس^۴ نقش GIS را در مدیریت بحران حوادث مرتبط با فعالیت‌های سازمان آتش‌نشانی تعیین‌کننده دانسته و اظهار داشت علاوه بر این که GIS می‌تواند در کاهش خسارت در زمان قبل از وقوع

مواد و روش‌ها

این تحقیق با توجه به دیدگاه کارکردگرایی، ترکیبی صحیح از کاربری‌ها و فعالیت‌ها را با تأکید بر کاربری خدمات شهری (به‌ویژه ایستگاه‌های آتش‌نشانی) ارائه کرده تا با شناخت و انتخاب بهترین مکان، امکان ساخت و توسعه‌ی کالبدی- فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را از سوی برنامه‌ریزان و مدیران شهری برای ارائه‌ی خدمات بهتر فراهم سازد. بدین ترتیب بر اساس دیدگاه‌های فوق‌الذکر، روش تحقیق توصیفی - تحلیلی به‌کار گرفته شده در این پژوهش از نوع کاربردی بوده و مبتنی بر سه مرحله‌ی اصلی است:

- ۱- مطالعات کتابخانه‌ای، ۲- مطالعات میدانی و محلی،
- ۳- مطالعات آزمایشگاهی به‌صورت کاربرد مدل AHP با استفاده از GIS.

انواع منطق‌های به‌کار گرفته شده در مدل مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر:

منطق بولین^۱ یا منطق صفر و یک: این منطق برگرفته از نام ریاضیدان مطرح انگلیسی (جورج بولی)^۲ بوده که در سال ۱۹۴۷ به وسیله‌ی وارنر^۳ مورد استفاده قرار گرفت و در سال ۱۹۸۹ به وسیله‌ی روبینو توسعه داده شده. در مدل بولین (دو دویی) ترکیب منطقی ارزش‌ها به صورت "بله" و "خیر" است (نظری عدلی، ۱۳۸۵: ۴۹). نقشه‌ی خروجی شامل دو پلیگون است که در آن همه‌ی شرایط صدق می‌کند. در حقیقت منطق بولین دارای برخوردی توأم با قطعیت می‌باشد، این روش بیشتر در مرحله‌ی غربال اولیه به‌کار می‌رود: یعنی مراحل‌ی که در آن گزینه‌های غیرقابل استفاده از گزینه‌های قابل استفاده مجزا می‌گردند

(Valizadeh kamran & shahabi, 2008: 35)

مدل وزن‌دهی^۴: در این مدل ابتدا به فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی براساس اهمیت و نقش آن‌ها و با توجه

به نظرات کارشناسی، وزنی تعلق می‌گیرد این وزن به صورت عددی و در بازه مشخصی تعیین می‌گردد. در این روش علاوه بر اعمال وزن هر فاکتور منفرد نسبت به دیگر فاکتورها، به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در فاکتور، بر اساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسی وزن تعلق می‌گیرد و بعد از اتمام عملیات وزن‌دهی، فاکتورها با یکدیگر تلفیق می‌شوند در مقایسه با مدل بولین، این روش انعطاف‌پذیری بالایی در ترکیب ورودی‌ها و رتبه‌بندی خروجی‌ها دارد (مسگری و مهدی‌پور، ۱۳۸۶: ۴).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP: یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که اولین بار توسط توماس ال‌ساعتی^۵ در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. در رابطه با استفاده از تکنیک AHP در مکان‌یابی‌ها و انتخاب بهترین مکان‌ها برای منظورهای مختلف و همچنین تلفیق آن با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS پژوهش‌های متعددی در دنیا صورت گرفته است (رهنما، ۱۳۸۸: ۴۲۵ - ۴۲۲)

ضرورت تحقیق

مجموعه بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در مورد حوادث آتش‌سوزی و نحوه عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی نشانگر آن است که محدودیت‌ها و نارسایی‌های عمده‌ای در مکان‌گزینی و عملکرد مطلوب ایستگاه‌ها وجود دارد. این مشکلات و نارسایی‌ها را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- عدم انطباق مکان و شعاع پوشش ایستگاه‌ها با کانون‌های بالقوه آتش‌سوزی؛
- عدم تناسب تعداد ایستگاه‌ها با تعداد جمعیت تحت پوشش؛

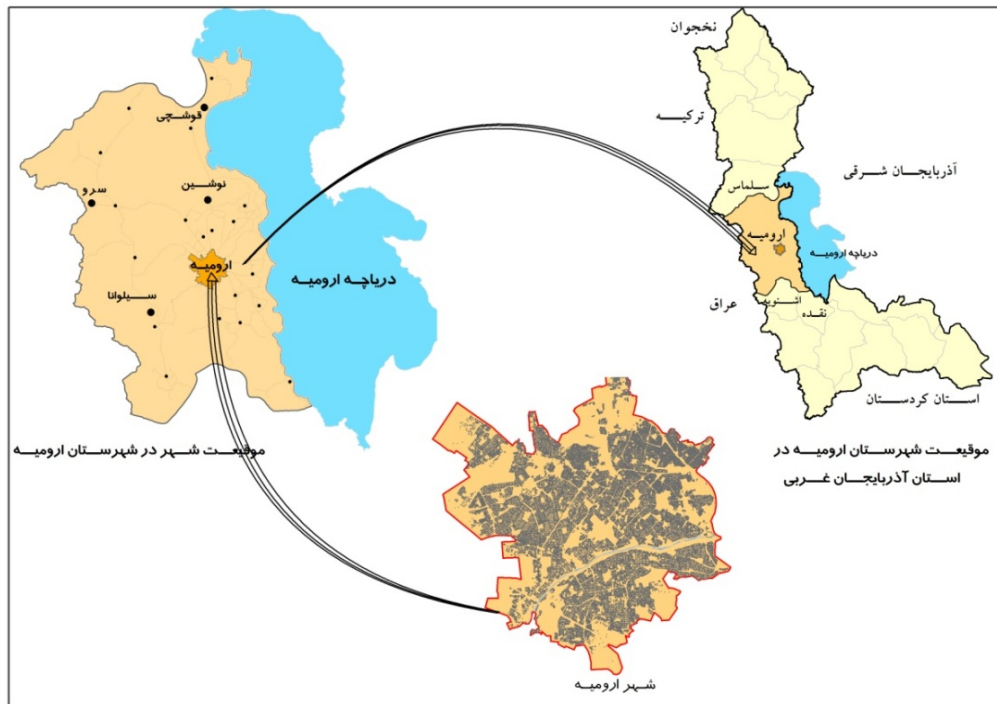
1- Boolean Logic
2-George Boole
3-Varnz
4-Index Overlay Model

5-Tomas L.saaty

محدوده‌ی مورد مطالعه

شهر ارومیه مرکز شهرستان ارومیه و استان آذربایجان غربی با وسعت ۸۵۷۷/۳ هکتار در جلگه‌ای به طول ۷۰ و عرض ۳۰ کیلومتر در کنار دریاچه‌ای به همین نام و در ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۳۱۳ متر و فاصله زمینی ارومیه تا تهران حدود ۹۵۱ کیلومتر است و بر پایه‌ی آخرین سرشماری نفوس و مسکن، در سال ۱۳۸۵، تعداد جمعیت ساکن شهر ارومیه بالغ بر ۵۸۳۲۵۵ نفر بوده است (سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۸۵).

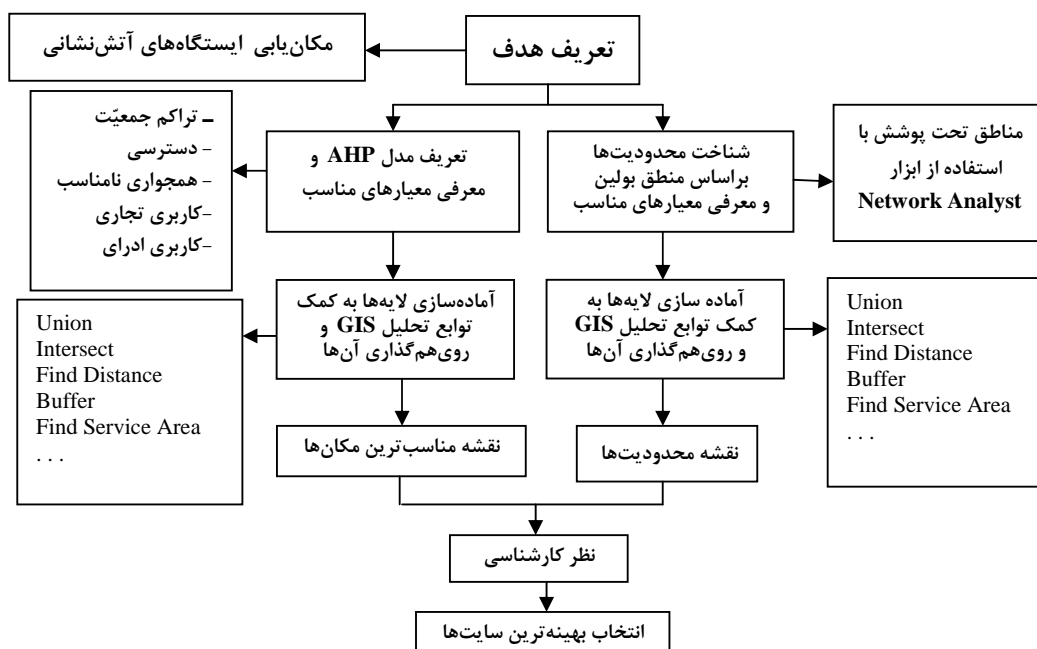
- عدم تناسب توزیع مکانی ایستگاه‌ها با الزامات و بافت شهری؛
 - عدم تناسب توزیع مکانی ایستگاه‌ها با استاندارد پوشش زمانی؛
 - ناکافی بودن تعداد ایستگاه‌ها نسبت به هر دو معیار جمعیت و مساحت شهرها.
- با توجه به اهمیت این موضوع و مشکلات موجود، در این تحقیق سعی شده با استفاده از متدهای جدید و در نظر گرفتن معیارهای کاربردی از میزان این مشکلات کاسته شود.



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

انجام این پژوهش در چهار مرحله اساسی انجام گرفت که به شرح زیر می‌باشد:



شکل ۲: دیاگرام مدل پیشنهادی

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

مزیت این روش نسبت به روش بافرینگ این است که در این روش، فاصله‌ی زمانی بین مبدأ و مقصد به صورت منطقی و واقعی قابل محاسبه می‌باشد. بر اساس استاندارد جهانی مدت‌زمان رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل وقوع حریق ۳ دقیقه می‌باشد که این زمان در ایران برابر ۵ دقیقه است (منتظری، ۱۳۸۲: ۷۵). برای دستیابی به استاندارد ۵-۳ دقیقه باید محدوده‌ی حوزه‌ی استحفاظی ایستگاه‌ها را کاهش داد در نتیجه با سرعت بین ۴۰ - ۳۰ کیلومتر در ساعت، خودروهای امدادی در هر دقیقه بین ۶۷۰ - ۵۰۰ متر را طی می‌کنند که با احتساب هدر رفتن یک دقیقه برای رسیدن پیام آتش‌سوزی به ایستگاه و خروج ماشین‌ها از ایستگاه در ۴ دقیقه باقیمانده، نیروهای آتش‌نشانی فاصله‌ای به طول ۲۷ - ۲ کیلومتر را پوشش می‌دهند (پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۹۷).

بحث

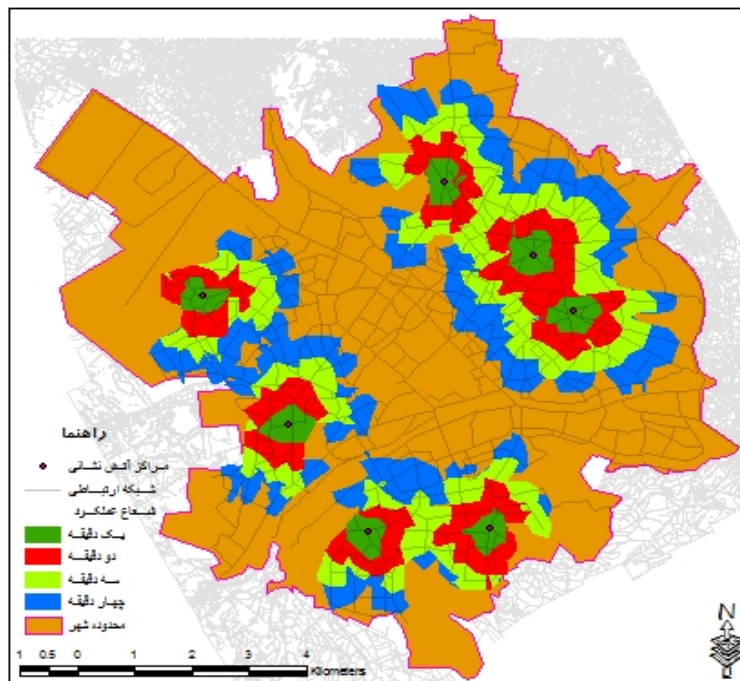
مرحله‌ی اول (تعیین مناطق تحت پوشش مراکز موجود)

در این قسمت از مقاله، از روش تحلیل شبکه^۱ برای تحلیل وضع موجود توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بررسی شعاع عملکردی آنها و تعیین مناطقی که خارج از شعاع پوشش ایستگاه‌های موجود هستند، استفاده شد. در تحلیل‌های مبتنی بر شبکه‌ی معابر و خیابان‌های شهری که نقش حیاتی و بنیادینی در جابجایی‌های درون‌شهری ایفا می‌نمایند، به صورت عوارض خطی^۲ به کار برده می‌شوند و به همین دلیل نتایج حاصل از این نوع تحلیل از درجه اطمینان بسیار بالایی نسبت به تحلیل‌های فضایی^۳ که فقط به صورت فضایی به تعیین بزرگترین مسیر بین دو نقطه می‌پردازند، برخوردار می‌باشند (کاظمی‌زاد، ۱۳۸۷: ۴۴).

1-Network Analysis
2-Line Feature
3-Spatial Analysis

ارومیه، ۴۲۲۰ هکتار را تحت پوشش قرار می‌دهند که با توجه به تراکم جمعیت، ۲۸۷۲۰۳ نفر از جمعیت کل شهر را در بر می‌گیرد، در واقع ۴۹/۲ درصد از مساحت شهر ارومیه با ۲۹۶۰۵۲ نفر براساس تحلیل شبکه‌ای تحت پوشش هیچ کدام از ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار ندارند.

برای رسیدن به این مقصود ابتدا ایستگاه‌های آتش‌نشانی کل شهر مشخص شدند سپس با کمک نرم‌افزار الحاقی تحلیل شبکه^۱ در محیط ArcGIS شعاع عملکردی هر یک از ایستگاه‌ها در فاصله‌های زمانی یک تا چهار دقیقه و مناطق تحت پوشش آن‌ها نشان داده شده است (شکل ۳). این درحالی است که مراکز آتش‌نشانی از ۸۵۷۷/۳ هکتار مساحت شهر



شکل ۳: مراکز آتش‌نشانی موجود و شعاع عملکردی آن‌ها

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

منطقی و ساده‌تر را فراهم می‌آورد که در چارچوب آن برنامه‌ریز بتواند ارزیابی گزینه‌ها را با کمک معیارها و زیرمعیارها به راحتی انجام دهد (کوهساری و حبیبی، ۱۳۸۵: ۸).

در این مرحله به‌منظور پیدا کردن مناسب‌ترین سایت‌ها جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی، از مدل AHP استفاده می‌شود. در اولین گام می‌بایست مهم‌ترین معیارها جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر انتخاب شوند:

مرحله‌ی دوم (تعیین سایت‌های اولیه برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به کمک AHP)

روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری معیارهای کیفی و کمی به طور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای کاربرد مطلوبی داشته باشد. همچنین این روش زمینه‌ای را برای تحلیل و تبدیل مسایل مشکل و پیچیده به سلسله‌مراتبی

- جمعیت

تراکم جمعیت از عوامل اصلی مؤثر در نحوه استقرار ایستگاه‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوطه می‌باشد. در مناطقی از شهر که تراکم جمعیتی در سطح بالایی قرار دارد احتمال وقوع حریق بیش از مناطق با تراکم جمعیت کم است. بنابراین برنامه‌ریزی مراکز آتشنشانی باید بر حسب تراکم جمعیت در مناطق مختلف شهری صورت گیرد.

استانداردهای جهانی برای هر ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت یک ایستگاه را پیش‌بینی کرده‌اند. علت چنین انتخابی بر اساس تجربیات بوده است (ناکرحقیقی، ۱۳۸۲: ۳۴). بنابراین سعی شده است در قسمت عملی کار مناطق با جمعیت بالاتر با وزن بیشتری در تحلیل نهایی در نظر گرفته شوند.

- دسترسی

سیستم حمل و نقل شهری و شبکه‌ی ترافیک یکی دیگر از عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. عواملی چون عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک‌طرفه بودن خیابان و غیره در چگونگی محل استقرار ایستگاه‌ها مؤثرند.

محل مناسب معمولاً در محل تلاقی چند خیابان و در نقاطی تعیین می‌شود که حجم ترافیک مانع یا کندکننده‌ی حرکت خودروها و اکیپ آتش‌نشانی نگردد. خیابان‌های یک طرفه یا خیابان‌هایی که وسایل نقلیه‌ی سنگین و کندرو از آنها عبور کنند، از عوامل کندکننده‌ی حرکت خودروهای آتش‌نشانی است. قرارگیری ایستگاه‌ها در مجاورت بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی درجه یک به ویژه تقاطع‌های اصلی از عوامل مثبت مکان‌یابی خواهد بود (پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۹۷).

- کاربری اراضی (همجواری مناسب و نامناسب)

کاربری‌های مختلف آسیب‌پذیری‌های متفاوتی در مقابل آتش‌سوزی دارند. کاربری‌های مسکونی همیشه بیشترین آسیب‌پذیری را در مقابل حوادث آتش‌سوزی داشته‌اند. کاربری‌های تجاری و تولیدی بعد از کاربری مسکونی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این امتیازات به عنوان ارزش‌های هر کاربری در وزن‌دهی آن‌ها در مکان‌گزینی ایستگاه‌ها به کار گرفته خواهند شد و یکی از با اهمیت‌ترین معیارها در تعیین محل استقرار ایستگاه‌ها می‌باشد. در مورد کاربری‌های تجاری، تولیدی به علت وجود مواد قابل اشتعال معمولاً بیش از سایر کاربری‌ها در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند. قرارگیری کاربری‌های خدمات‌شهری مثل بیمارستان‌ها، مدارس و ادارات دولتی همگی از مجموعه کاربری‌هایی خواهد بود که در ساعاتی از روز با پیک ترافیکی روبه‌رو هستند. بنابراین برای مجاورت ایستگاه با چنین کاربری‌هایی باید محدودیت‌های فاصله‌ای قائل شد (پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۹۸). در این پژوهش کاربری‌های مسکونی، تجاری و اداری به عنوان کاربری‌های دارای همجواری مناسب و بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی درمانی، مذهبی و آموزشی به عنوان کاربری‌های دارای همجواری نامناسب انتخاب گردیدند.

در ادامه برای هر یک معیارهای نام برده شده‌ی نقشه فاصله‌ای^۱ تهیه گردید سپس هر یک از نقشه‌ها با توجه به تأثیر آن‌ها در مکان‌یابی طبقه‌بندی مجدد^۲ شده است (ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید به عوارض مسکونی، تجاری، اداری و خیابان‌های اصلی نزدیک و به مراکز آموزشی، بهداشتی درمانی و مذهبی دور باشند).

۱- نقشه فاصله معمولاً برای لایه‌های برداری ایجاد می‌گردد. خروجی این عملگر می‌تواند یک لایه رستری باشد که مقدار اختصاص یافته به هر یک از پیکسل‌های آن نشان‌دهنده‌ی فاصله پیکسل مورد نظر تا نزدیکترین عارضه موجود در لایه برداری می‌باشد.

ضریب اهمیت (وزن) معیارها، دو به دو به هم مقایسه گردیده‌اند. ماتریس دودوئی معیارهای بالا به منظور اعمال مدل AHP به ترتیب زیر تهیه شد:

برای ایجاد ماتریس دودوئی از طریق غربال کردن که مقادیری از ۱ تا ۹ را برای تعیین میزان اولویت نسبی دو معیار به کار گرفته شده، استفاده شده است (فرجی‌سبکبار، ۱۳۸۴: ۱۲۸) به این ترتیب که برای تعیین

جدول ۱: جدول دودوئی معیارها در مدل AHP

همجواری نامناسب	همجواری مناسب	دسترسی	تراکم جمعیت	شرح
۵	۳	۲	۱	تراکم جمعیت
۴	۳	۱	۰/۵	دسترسی
۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	همجواری مناسب
۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲	همجواری نامناسب

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

محاسبه مربوط به وزن معیارها در مدل AHP، به وسیله نرم‌افزار Expert Choice 9.0 انجام شده و سازگاری مقایسه‌ها مورد تدقیق قرار گرفته است. بر این اساس وزن معیارهای بالا به شرح زیر است:

میزان ضریب سازگاری (C.R) این مقایسه برابر با ۰/۰۳۹ می‌باشد که با توجه به این مسأله که این مقدار می‌بایست در یک قضاوت سازگار کوچک‌تر و یا مساوی ۰/۱ باشد مورد قبول است (تمامی مراحل مربوط به

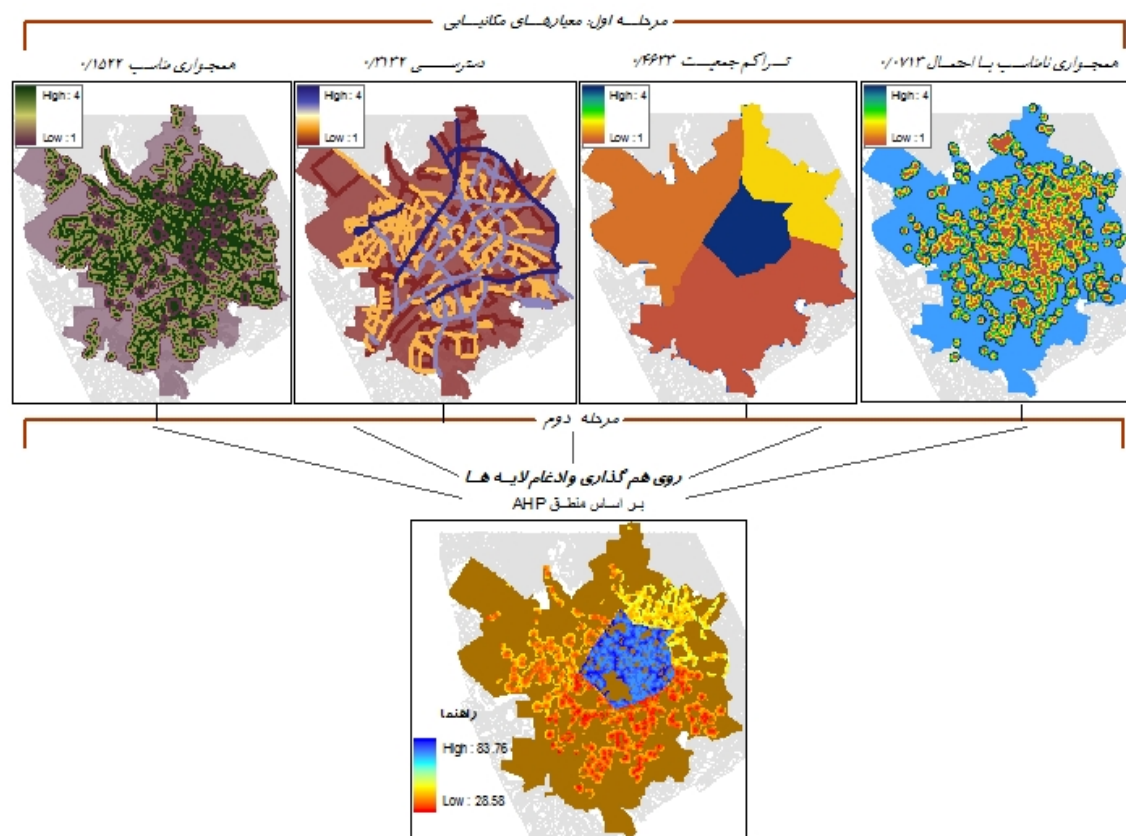
جدول ۲: وزن معیارها در AHP

وزن	معیار
۰/۴۶۳۳	تراکم جمعیت
۰/۳۱۳۲	دسترسی
۰/۱۵۲۲	همجواری مناسب
۰/۰۷۱۳	همجواری نامناسب

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

لایه‌ها بر روی هم قرار گرفته‌اند و نهایتاً مناسب‌ترین مکان‌ها به منظور استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی به صورت نقشه زیر به دست آمده است.

در ادامه به کمک توابع تحلیل GIS، تمامی لایه‌های مربوط به این معیارها تهیه و هر کلاس با توجه به امتیاز کسب شده آن معیار در مدل AHP، امتیازبندی شده است، سپس به کمک توابع همپوشانی در GIS این



شکل ۴: روی هم‌گذاری لایه‌ها بر اساس منطق AHP

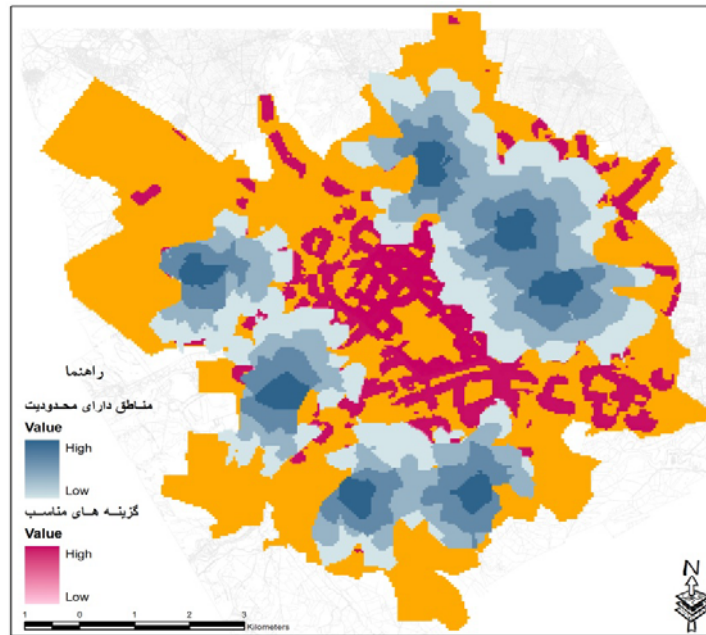
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

مرحله سوم

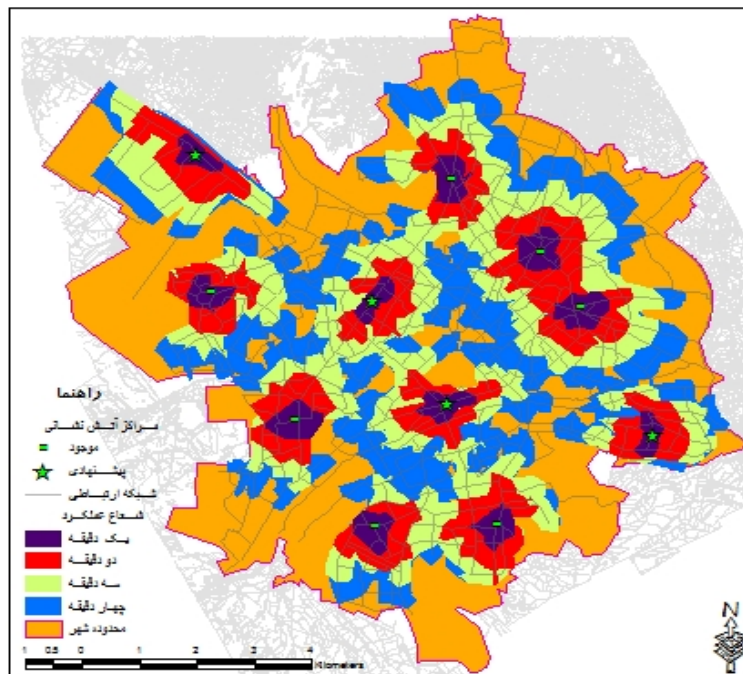
با توجه به اینکه مناطقی که تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار دارند، چنین مراکزی نمی‌بایست مکان‌یابی شوند، لذا در این مرحله با توجه به شعاع عملکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در وضع موجود (یک تا چهار دقیقه) در سطح شهر به عنوان محدودیت شناخته شده و در ادامه با کمک توابع همپوشانی در GIS لایه‌های به‌دست آمده از مرحله اول و دوم بر روی هم قرار گرفتند و نهایتاً مناسب‌ترین مکان‌ها به منظور استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شکل ۵ نشان داده شده است.

مرحله چهارم (روی هم‌گذاری لایه‌ها و نتیجه)

پس از تهیه نقشه‌ی اولویت‌های مکان‌گزینی و با در نظر گرفتن برخی ملاحظات همچون جهات توسعه‌ی شهر، روستاهای داخل محدوده و حریم شهر و غیره مکان‌های با اولویت بالا، که مناسب‌ترین حالت را دارا می‌باشند برای مکان‌یابی ۴ ایستگاه جدید در نظر گرفته شدند. به گونه‌ای که بتوانند همراه با ۷ ایستگاه موجود امر خدمات‌رسانی را به نحو احسن در سطح شهر ارومیه انجام دهند. شکل ۶ شعاع عملکردی ایستگاه‌های پیشنهادی و موجود را بر اساس شبکه‌ی ارتباطی در سطح شهر ارومیه نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه حاصل از رویه‌م‌گذاری مدل بولین و مدل AHP
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۶: مراکز آتش‌نشانی موجود و پیشنهادی و شعاع عملکردی آن‌ها
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نتیجه

ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان 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 توسعه اقتصادی شهرها ایفا می‌کنند. این اهمیت فراوان باعث می‌شود که اتخاذ فرایندی صحیح برای مکان‌یابی این ایستگاه‌ها ضروری به نظر برسد. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به نقشه کاربری اراضی و بررسی‌های به عمل آمده از نحوه توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود و تعیین شعاع عملکردی استاندارد آن‌ها با به کارگیری روش تحلیل شبکه نتیجه می‌شود که ۴۹/۲ درصد از مساحت شهر با وجود تراکم جمعیتی، تجاری، آموزشی، انبار و غیره، خارج از محدوده‌ی عملیاتی ایستگاه‌های موجود بوده که خود دلیل بر کمبود تعداد ایستگاه کافی برای پوشش دادن کل فضای شهر است و نیازمند مکان‌یابی و احداث ۴ ایستگاه جدید می‌باشد. همچنین با استفاده از نقشه‌های متعدد و به کارگیری آن‌ها به صورت لایه‌های اطلاعاتی قابل استفاده در محیط GIS و تلفیق آن با مدل AHP جهت عملیات مکان‌یابی، از یک سو به قابلیت‌های فراوان سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه‌ی حل مشکلات مکانی اشاره داشت. 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.

منابع

- ایمانی‌جاجرمی، حسین (۱۳۷۵). مطالعه‌ای در باب ایجاد سازمان‌های مرکزی آتش‌نشانی کشور، وزارت کشور. تهران. انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری.
- پرهیزکار، اکبر (۱۳۸۳). ارائه‌ی مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی.
- حبیبی، کیومرث؛ سعید نظری‌عدلی (۱۳۸۶). پیاده‌سازی الگوریتم تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS جهت مکان‌گزینی بهینه فضاهای عمومی شهری، همایش ژئوماتیک. سازمان نقشه‌برداری کل کشور
- ذاکر حقیقی، کیانوش (۱۳۸۲). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با GIS، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد شهرسازی. دانشکده هنرهای زیبا. دانشگاه تهران
- رامشت. محمدحسین؛ علیرضا عرب‌عامری (۱۳۹۰). اولویت‌بندی نواحی شهری به‌منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از دو روش تخصیص خطی و Topsis و با کمک تکنیک GIS (مطالعه موردی: شهر ماکو). مجله علمی تخصصی برنامه‌ریزی فضایی. شماره ۱.
- رهنما، محمدرحیم (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی مناطق مرکزی شهرها (اصول، مبانی، تئوری‌ها، تجربیات و تکنیک‌ها)، چاپ اول. مشهد. دانشگاه فردوسی مشهد.
- سعدی‌مسگری، محمد؛ فاطمه مهدی‌پور (۱۳۸۶). مکان‌یابی خوابگاه‌های دانشجویی با استفاده از GIS، همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کل کشور
- فروتن مقدم و همکاران (۱۳۸۸). تعیین مکان بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از شبکه‌های عصبی، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک.
- فرجی‌سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۴). مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: بخش طرقله مشهد)، مجله پژوهش‌ها جغرافیای. شماره ۵۱.

- Chen Chi & Ren Aizhu (2003). Optimization of fire station locations using computer, J T singhua Univ (Sci & Tech), volume 43, part 10.
- Eldin Neiln and K.A. Eldrandaly (2004). A computer-aided system for site selection of major capital investment, international conference e-design in architecture Dhahran, Saudi Arabia, December
- Evans, D (2004). Investigation of Active Fire Protective Systems Project 4. Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology. U.S. Department of Commerce.
- Lili Yang, Jones Bryan & Yang Shuang-Hua (2007). A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms, European Journal of Operational Research, volume 181.
- Makropoulos, C.K., D. Butler (2006). "Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making", Environmental Modelling & Software.
- Valizadeh kamran, KH., Shahabi, H (2008). Necessities of GIS Usage in Urban water Management At The Time of Natural Accidents (Case Study: Saqqezcity), International Conference on Geographic Information Systems, Paris, France.
- Yan Yu, Qingsheng Guo & Xinming Tang (2008). Gradual optimization of urban fire station locations based on geographical network, available at: <http://isprs-wgii-1.casm.ac.cn/source>.
- کاظمی‌زاد، شمس‌اله (۱۳۸۷). مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تأکید بر ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر قم با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان
- کوهساری، محمدجواد؛ کیومرث حبیبی (۱۳۸۵). تلفیق مدل AHP و منطق IO در محیط GIS جهت مکان‌گزینی تجهیزات جدید شهری (مکان‌یابی آرامستان جدید شهر سنندج)، سومین همایش سیستم اطلاعات مکانی مهندسیین مشاور عرصه (۱۳۷۸). پژوهشی درباره جایگاه و ابعاد حفاظت شهرها در برابر آتش‌سوزی، چاپ اول، انتشارات وزارت کشور.
- منتظری، غلامحسین (۱۳۸۲). مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تأکید بر ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر ساری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا. دانشگاه شهید بهشتی. مرکز آمار ایران (۱۳۸۵)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن،
- نظری‌عدلی، سعید (۱۳۸۵). تحلیل عملکردی و مکان‌گزینی پارک‌های شهری با استفاده از الگوریتم‌های فازی در محیط GIS، دانشکده هنر و معماری. دانشگاه مازندران.
- Ahadnejad Reveshty, Mohsen (2007). Site selection study for fire extinguisher stations using network analysis and A.H.P. Model, Case study: city of Zanjan, Asia map journal.
- Badri M.A, Mortagy A.K & Alsayed C.A (1998). A multi-objective model for locating fire stations, European Journal of Operational Research, volume 110, part 18.

