تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۲

تحلیل تناسب توزیع فضایی و مکانیابی مراکز آتش‌نشانی با استفاده از تلفیق مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

رستم صابری فر*
استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور
مسعود مزرعه
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور

چکیده:
ارائه خدمات مورد نیاز جمعیت شهرها، یکی از اساسی‌ترین وظایف متولیان امور شهر به حساب آمده و این امر می‌تواند میزان کارآیی و امنیت مردم را ارتقا بخشد. این در حالی است که با افزایش جمعیت و قیمت اراضی شهری، دستیابی به این هدف هر روز با تنگناهای بیشتری روبرو می‌شود. شهر اهواز با جمعیتی در حدود ۱۱۳۳۰۰۳ نفر(۱۳۹۰)، از نظر تعداد و پراکندگی واحدهای خدماتی از جمله ایستگاه‌های آتش‌نشانی با مشکلاتی روبرو شده و نگرانی‌های مردم در این ارتباط رو به افزایش نهاده است. هدف اصلی نوشتار حاضر، تحلیل تناسب فضایی جهت مکان‌یابی مراکز آتش نشانی در سطح شهر اهواز است. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و مبنای روش آن توصیفی - تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز تحقیق از طریق منابع اسنادی و میدانی بدست آمده است. در پژوهش حاضر با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، مبادرت به تعیین وضعیت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی در سطح شهر اهواز شده و در نهایت مکان‌های مناست برای جایگذاری ایستگاه‌های جهت معرفی شده است. به این منظور با استفاده از اطلاعات میدانی و نقشه‌های موجود(نقشه طرح تفضیلی)، اطلاعات رقومی شده و به صورت Shape file درآمده است. سپس با وزن دهی اطلاعات با استفاده از AHP نقشه تناسب فضایی جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر اهواز ارائه گردید. نتایج حاصل از تلفیق لایه‌ها، گزینه‌های مورد نظر در پنج دامنه‌ی بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، و خیلی نامناسب قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: تحلیل تناسب فضایی، مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی، مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شهر اهواز.

۱- مقدمه

تعیین اصول دقیق مکان یابی فعالیت‌های مختلف در شهر، به دلیل ماهیت پویای مسائل شهری، اگر نه غیرممکن، بدون تردید بسیار دشوار است. از همین رو، یکی از اهداف برنامه ریزی کاربری اراضی شهری مکان‌یابی مناسب کاربری‌ها و جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر است (بحرینی،۱۳۸۷: ۱۹۳). کاربری ایستگاه‌های آتش نشانی یکی از انواع کاربری‌های اساسی در شهرهاست که مکان یابی بهینه آن، ایمنی و رفاه شهروندان را به دنبال خواهد داشت.

نویسنده مسئول: رستم صابری فر، دانشگاه پیام نور، saberifar@yahoo.com

توجه صرف به ساخت و استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی از نظر کمی و عدم‌توجه به کاربری‌های مجاور و سایر عوامل مهم در مکان‌یابی آن‌ها موجب کاهش کارایی ایستگاه از نظر امداد رسانی به موقع می‌گردد (Johnson, 2000). در دنیای کنونی GIS یکی از امکاناتی است که در زمینه بهبود خدمات آتش نشانی موثر است (Coleman, 2000). به خصوص این تکنولوژی برای مکانیابی این گونه خدمات در شهرهایی که با مشکلات متعددی در این زمینه مواجه بوده و دغدغه‌های مردم در این مورد خاص روبه‌افزایش می‌باشد، بسیار سودمندمی‌باشد. به طور خاص، در شهر همچون اهواز که مواجه با ناهماهنگی‌ها و مسائل و مشکلات رشد و توسعه شهری می‌باشد، تعیین الگوی بهینه توزیع کاربری‌ها راه را برای رشد و توسعه‌ی موزون و هماهنگ شهری در سایه حفظ عدالت اجتماعی در آینده هموار خواهد کرد (نظریان و کریمی، ۱۳۸۸: ۶).

علی رغم ضروریات مورد اشاره، تعریف و تشریح بهترین مکان یک کاربری، کار آسانی نیست. ولی در حالت کلی بهترین مکان برای استقرار، مکانی است که بتوان در آن به بیش‌ترین استفاده(از نظر کمی) و در عین حال بهترین استفاده(از نظر کیفی) رسید(زیاری،۱۳۸۷: ۲). بنابراین هدف اصلی در این پژوهش تعیین بهترین مکان جهت استقرار ایستگاه‌های آتش نشانی است. به طوری که در صورت وقوع حادثه، تیم‌های تخصصی امداد رسان قادر باشند در سریع‌ترین زمان ممکن خود را برای نجات حادثه دیدگان به محل برسانند. به عبارت دیگری پاسخ به این سوال اصلی که چگونه می‌توان با توجه به استانداردها و تلفیق و ترکیب معیارها، مکان‌های مناسب را جهت احداث ایستگاه‌های آتش نشانی در شهر اهواز، با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برگزید؟

اهمیت و ضرورت تحقیق

مجموعه بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در مورد حوادث آتش‌سوزی و نحوه عملکرد ایستگاه‌های آتش نشانی نشانگر آن است که محدودیت‌ها و نارسایی‌های عمده‌ای در مکان گزینی و عملکرد مطلوب ایستگاه‌ها وجود دارد. برخی از این مشکلات و نارسایی‌ها عبارتند از عدم انطباق مکان و شعاع پوشش ایستگاه‌ها با کانون‌های بالقوه آتش‌سوزی؛ عدم تناسب تعداد ایستگاه‌ها با تعداد جمعیت تحت پوشش؛ ناکافی بودن تعداد ایستگاه‌ها نسبت به جمعیت و مساحت شهرها و ...(ذاکر حقیقی،۱۳۸۲ و پرهیزکار،۱۳۸۳). 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 پیشنهاداتی برای رفع مشکلات موجود ارائه گردد.

هدف تحقیق

هدف اصلی این پژوهش، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP و تلفیق داده‌ها به روش همپوشانی، جهت مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش نشانی در شهر اهواز و با پاسخ به این سوال اساسی است که آیا ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر اهواز متناسب با معیارهای علمی مکان‌یابی شده است یا خیر؟ و آیا مکان‌های مناسب به منظور توسعه ایستگاه‌های آتش‌نشانی با متغیرهای مورد مطالعه مطابقت دارد؟

پیشینه تحقیق:

مطالعات خارجی:

یانگ[15] و همکاران (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با هدف تعیین مکان بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی از مدل‌های چندمعیاره فازی و الگوریتم ژنتیک در محیط GIS استفاده کردند. چِنگ[16] و همکاران (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با استفاده از GIS به مکان‌یابی مراکز خرید پرداختند. معیارهای آن‌ها برای

[15] Yang
[16] Cheng

مکان‌یابی این مراکز خرید حداقل مسافت، حداکثر سطح زیر پوشش، نزدیکی به مراکز تقاضا و مجاورت با کاربری‌های سازگار بود. لای[17] و همکاران (۲۰۱۱) بررسی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از مدل GIS و AHP به انجام رساندند. معیارهای آن‌ها دسترسی به خیابان، تمرکز جمعیت، بافت فرسوده، نزدیکی به مراکز دارای تقاضای زیاد به آتش نشانی و ... بود. چوالیر[18] و همکاران(۲۰۱۲) برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی از نرم افزار GIS استفاده کردند و معیارهای آن‌ها واقعیت‌های فضایی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بود. هانگ[19](۲۰۰۶) به مکان‌یابی مراکز آتش نشانی با استفاده از الگوریتم مورچگان پرداخت. کمپانی ESRI در سال ۲۰۰۷، مقاله‌ای تحت عنوان مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و توسعه آن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را تهیه نمود. هاورتون و چری (۲۰۰۶)، در مقاله‌ای با عنوان، استفاده از تحلیل شبکه در سیستم اطلاعات جغرافیایی به بیان زمان واکنش آتش در شهر دالاس از ایالت تگزاس پرداختند. در سال ۲۰۰۵ میلادی، لی و یه در مکان‌یابی سایت‌های خدماتی چند منظوره از الگوریتم ژنتیک در محیط GIS استفاده نموده است.

مطالعات داخلی

بدری[20] و همکاران(۱۹۹۸) در مقاله‌ای به مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی با استفاده از GIS پرداختند. معیارهای آن‌ها بیشتر در زمینه هزینه سفر یعنی جایی که بیشترین سطح پوششی را برای شهر داشته باشد، قرار گیری در نزدیکی مناطق حساس، قرار گیری در کنار کاربری سازگار و ... بود. کوهساری (۱۳۸۵)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی از مدل(AHP) در محیط GIS استفاده نمود.

نظریان و کریمی(۱۳۸۸) در مطالعه خود از روش فرایند سلسله مراتبی (AHP) و تلفیق آن با قابلیت‌های GIS برای مناطقی که خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود بودند، ایستگاه‌های جدیدی را پیشنهاد کردند.

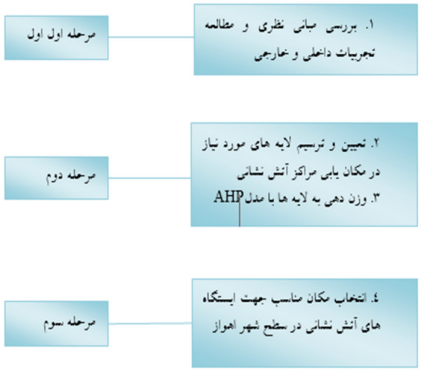
شهابیان(۱۳۷۶)، با استفاده از GIS به مکان‌یابی فضایی ایستگاه‌های آتش نشانی شمال غرب تهران پرداخت و عادلی نیز در سال ۱۳۸۵ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان اقدام نمود. کاظمی زاد(۱۳۸۶)، با استفاده از روش تحلیل شبکه و همچنین بررسی معیارها مؤثر اقدام به مکان گزینی ایستگاه‌های آتش نشانی در شهر قم نمود. علاوه بر این موارد تحقیقات گسترده ای در ارتباط با مکان گزینی سایر خدمات به انجام رسیده است که به دلیل جلوگیری از اطاله کدام از ذکر آنها خودداری شده است

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و مبنای روش آن توصیفی - تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز تحقیق از طریق منابع اسنادی و میدانی بدست آمده است. در روش اسنادی و نرم افزاری از دستورالعمل‌های مکان‌یابی خدمات شهری(آتش‌نشانی) و از مقالات و پژوهش‌های علمی محققین استفاده شده است. در مطالعات میدانی و به منظور جمع آوری بخش دیگر اطلاعات مورد نیاز، اقدام به مصاحبه با کارشناسان مسئول سازمان آتش‌نشانی شهر اهواز شده است. همچنین در این بررسی ایستگاه‌های موجود در شهر اهواز مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در پژوهش حاضر با استفاده از روش سلسله مراتبی AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، مبادرت به مکان‌یابی ایستگاه آتش نشانی در سطح شهر اهواز شده و با مراجعه و بررسی میدانی و با استفاده از نقشه‌های موجود(نقشه طرح تفضیلی)، اطلاعات رقومی شده و به صورت Shape file و تهیه نقشه فاصله، وزن دهی این اطلاعات با استفاده از AHP انجام و در

[17] Lai
[18] Chevalier
[19] Huang
[20] Badri

نهایت با استفاده از نرم افزار Arc GIS ۱۰ این اطلاعات به روش همپوشانی با هم تلفیق و به صورت نقشه تناسب فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر اهواز ارائه گردید. بر این اساس، مراحل کار در این بررسی به صورت شکل شماره ۲، خواهد بود.



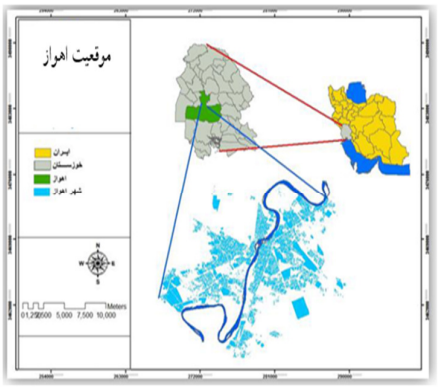
شکل (۱): مراحل کار در بررسی و تعیین مکان بهینه ایستگاه‌های آتش نشانی شهر اهواز

معرفی لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش:

۱. شبکه معابر[C1]، ۲. مناطق مسکونی[C2]، ۳. مراکز تجاری[C3]، ۴. مناطق صنعتی[C4]، ۵. مراکز آموزشی[C5]، ۶. مراکز اداری[C6]، ۷. مراکز درمانی[C7]، ۸. هتل[C8]، ۹. سینما[C9]، ۱۰. مراکز فرهنگی- مذهبی[C10]، ۱۱. جایگاه پمپ بنزین و گاز[C11].

محدوده مورد مطالعه

شهر اهواز با موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ درجه طول شرقی یکی از کلان شهرهای کشور است. جمعیت این شهر در آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۱۳۳۰۰۳ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). این شهر که سومین شهری بود که بعد از تهران و در سال ۱۳۰۴ دارای تشکیلات آنش‌نشانی گردید هم اکنون دارای ۱۳ ایستگاه آتش‌نشانی است که با توجه به حد استاندارد هر ۵۰۰۰۰ نفر برای یک ایستگاه، شهر اهواز به ۱۰ ایستگاه جدید نیاز دارد که مکان یابی صحیح این ایستگاه‌ها در تامین آرامش خاطر شهروندان و کاهش هزینه‌های مربوطه بسیار ضروری است.



نقشه (۱): موقعیت شهر اهواز در کشور

مبانی نظری

کاربری زین شهری:

الگوی بهینه زیست در جوامع شهری، ضرورت برنامه ریزی کاربری اراضی را مطرح می‌سازد، تا در این راستا سیاست‌های تنظیم و تحولات کاربری اراضی در شهرها ساماندهی شود(خاکپور و همکاران،۱۳۸۶: ۱). معمولاً سازماندهی فضایی با دو هدف، بهینه کردن مکان‌ها و همچنین ساماندهی کارکردها و فعالیت‌ها صورت می‌پذیرد (ابراهیم‌زاده،۱۳۸۶: ۳۵). علم مکان‌یابی، علمی است که مکان بهینه تأسیسات و تسهیلات را که کمترین هزینه را داشته و مطمئن‌ترین منطقه جهت احداث تأسیسات را داشته باشد، نشان می‌دهد (Hale , Mober, 2003). به عبارت دیگر مکان‌یابی یعنی دخالت آگاهانه و ارادی مدیریت رابطه انسان، فعالیت‌ها و فضا به منظور انتظام بخشیدن به آن‌ها (حبیبی،۱۳۷۵). برنامه ریزی کاربری زمین شهری در عمل،به عنوان هسته اصلی برنامه‌ریزی فرایندی است که در آن نحوه استفاده از زمین و الگوی پراکنش مکانی- فضایی کاربری‌های شهری به منظور رفاه زندگی اجتماعی شهروندان مشخص می‌شود (Chapin,Stuart,1978,10- 15).

رویکرد برنامه‌ای به کاربری زمین همراه با پیدایش شهرسازی جدید نخست در اروپا و امریکا مطرح گردید. اقدامات اولیه بیشتر جنبه حقوقی، مهندسی و اداری داشت ولی از اوایل

دهه ۱۹۶۰ موضوع چگونگی استفاده از اراضی شهری در مفهوم خاص برنامه ریزی کاربری زمین به طور جدی شکل گرفت و بر پایه مفاهیم، مبانی در شهرهای هدفمند و منظم استوار شد. از نخستین مراجع در این زمینه باید از کتاب‌های مهم، برنامه ریزی کاربری زمین شهری تألیف استوارت چاپین[21]؛ اصول و روش‌های برنامه ریزی شهری ۱۹۶۴ تألیف لوئیس کی بل[22] و روش‌های برنامه ریزی شهری ۱۹۶۸ با ویراستاری ویلیام گودمن[23] یاد کرد. انتشار این کتاب‌ها نقطه عطفی در جهت تدوین مفاهیم مبانی و روش‌های برنامه ریزی کاربری زمین محسوب می‌شود(مهدیزاده،۱۳۷۹: ۷۹). مطابق اصول ارائه شده در این منابع، نحوه استفاده از زمین عبارت است از آنکه بدانیم در وضع موجود، پراکندگی انواع فعالیت‌های شهری به چه صورتی است و هر یک از فعالیت‌ها در چه مساحتی در سطح شهر پراکنده شده‌اند و تا چه حد و اندازه دارای یک ارتباط منطقی و کارا هستند(شیعه،۱۳۷۱: ۱۲). سیستم ایمنی شهر نیز در همین جهت باید توسعه یابد تا بتواند پوشش کافی را بر کل سطح شهر داشته باشند. در واقع، ایمنی شهر، مجموعه تمهیداتی است که جهت جلوگیری از بروز یا کاهش خسارات ناشی از عوارض نامساعد جانی و مالی، حوادث طبیعی و غیر طبیعی نظیر: سیل، آتش سوزی، زلزله، تصادفات رانندگی، و غیره صورت می‌گیرد(ESRI, 2007:5). مهم‌ترین مشکل در جهت خدمات رسانی برای اطفای حریق توزیع نامناسب ایستگاه‌ها و محدود بودن شعاع عملکردی آنهاست. استفاده از روش‌های سنتی برنامه‌ریزی ایستگاه‌های آتش نشانی برای خدمات‌رسانی، به معنای هدر رفتن هزینه و زمان می‌باشد. اما امروزه، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری در جهت ایجاد بانک اطلاعاتی مناسب و کارآمد عمل می‌کند(Horton, 2006: 1-3). در واقع GIS نرم افزاری است که قابلیت تبدیل داده‌های جمعیتی، اقتصادی، زیست محیطی، طبیعی و... به نقشه و تجزیه و تحلیل فضایی–مکانی آن‌ها را دارد(Cheng & Chang, 2001). یک قدرت کلیدی GIS توانایی یکپارچه سازی داده‌های نامتجانس و تسهیل شیوه‌های تجزیه و تحلیل می‌باشد. در مواجه با یا یک مشکل شهری، برنامه ریزان شهری می‌توانند با استفاده از فن آوری GIS و تلفیق داده‌های اطلاعاتی متفاوت، راه حل را پیدا کنند و به رفع مشکل بپردازند(Langford, Higgs, Radcliffe, & White, 2008).

معیارهای بهینه مکان یابی در برنامه ریزی کاربری اراضی

اگرچه تعیین اصول دقیق مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف در شهر به دلیل ماهیت پویای مسایل شهری بسیار دشوار است، با این وجود معیارهای شش‌گانه زیر می‌تواند در راستای اهداف کاربری زمین مورد توجه قرار گیرد(پور محمدی،۱۳۸۲: ۹۳-۹۴).

۱. **سازگاری:** مطابق این معیار باید کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر فاصله بگیرند. در واقع کاربری‌هایی که دود، بو، صدا و شلوغی تولید می‌کنند، از کاربری‌های دیگر، به ویژه کاربری‌های مسکونی، فرهنگی و اجتماعی جدا شوند(سعیدنیا،۱۳۷۸: ۲۴).

۲. **آسایش:** دو مؤلفه‌ی فاصله و زمان مهم‌ترین مؤلفه در مکان یابی کاربری‌ها هستند. نوع دسترسی‌ها با فاصله و زمان سنجیده می‌شود. این دو عامل واحد اندازه گیری آسایش محسوب می‌گردند. چگونگی دسترسی به خدمات شهری مورد نیاز ساکنان و دوری از کاربری‌های مزاحم و ناسازگار از مؤلفه‌های مهم آسایش تلقی می‌گردند(زیاری،۱۳۸۱: ۳۰)

۳. **کارایی:** الگوی قیمت زمین شهری، عامل اصلی و معیار اساسی تعیین مکان کاربری زمین است. هر نوع کاربری از

1. S.Chapin
1. L. keeble
1. W. Goodman

لحاظ اقتصادی و سرمایه گذاری برآیند قیمت زمین و وضعیت آن از نظر آماده سازی و مخارج آبادانی است که با روش تحلیل هزینه – منفعت مشخص می‌شود(سعید نیا،۱۳۷۸: ۲۴).

۴. **مطلوبیت:** مطلوبیت و دل پذیری در برنامه ریزی کاربری اراضی شهری یعنی تلاش در جهت حفظ و نگهداری عوامل طبیعی، ایجاد فضاهای باز و دل پذیر، چگونگی شکل گرفتن راه‌ها، ساختمان‌ها و فضاهای شهری (صابری فر،۱۳۷۸: ۶۳).

۵. **سلامتی:** اعمال ضوابط محیطی و بهداشتی مناسب برای کاهش آلودگی حاصل از کاربری‌های مختلف و رعایت استانداردهای بهداشتی برای تأمین سلامتی محیط زیست انسانی یکی از اهداف مکان یابی کاربری‌هاست (پورمحمدی،۱۳۸۷: ۹۴).

۶. **استانداردهای ایمنی:** این معیار به حفاظت شهر در مقابل خطرهای احتمالی چون سیل، زلزله و آتشفشان و طوفان و عوامل غیر طبیعی، مانند هم جواری منطقه‌ی صنعتی با منطقه‌ی مسکونی و سایر مواردی اشاره دارد که به نحوه‌ی ضریب ایمنی و امنیتی شهر را تضعیف می‌کنند(صابری فر،۱۳۷۸: ۶۴).

عوامل متعددی در مکان‌یابی تجهیزات شهری دخالت دارند که تحلیل همه جانبه آن‌ها به وسیله روش‌های سنتی مکان‌یابی به دلیل حجم زیاد داده‌ها امکان پذیر نیست. از طرفی، عدم توجه به این عوامل در مکان‌یابی تجهیزات شهری، موجب هدر رفتن سهم عمده‌ای از منابع مادی و از دست دادن حجم زیادی از انرژی و نیروی کار انسانی در شهرها گردیده است. اکثر ضوابط مربوط به مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دنبال این هدف بوده‌اند که بیشترین تعداد مردم را در کمترین زمان ممکن تحت پوشش قرار دهند. با توجه به خصوصیات شهرهای ایران و بررسی تجارب کشورهای دیگر، می‌توان عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی را در شش عامل زیر خلاصه کرد(صابری فر، ۱۳۸۷؛ پرهیزگار،۱۳۸۳؛ بهشتی روی،۱۳۷۸ و مهندسین مشاور عرصه،۱۳۸۱).

۱. **عامل دسترسی:** ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای سهولت عبور، در کنار یا موازی با شبکه معابر شریانی اصلی(درجه ۲ و۱) تعیین گردد و در حد امکان،در نبش و یا مجاور چهارراه‌ها و میدان‌های کوچک که گره ترافیکی ایجاد می‌کنند، انتخاب نشود.

۲. **عامل عملکرد مفید:** با توجه به ضرورت دسترسی به محل حریق در کمترین زمان ممکن و در نظر گرفتن سرعت متوسط ۴۰ کیلومتر در ساعت، منطقه عملکردی و استحفاظی هر ایستگاه حداکثر می‌بایست در شعاع ۲۰۰۰ متری در نظر گرفته شود. همچنین فاصله میان ایستگاه‌های آتش نشانی بسته به تراکم جمعیت و کاربری زمین بسیار متفاوت است و شعاع خدماتی و عملکرد مفید ایستگاه‌ها نیز با هم فرق دارد و لذا در مکان گزینی ایستگاه‌ها، اصل دسترسی حداکثر و فاصله زمانی ۳ تا ۵ دقیقه، عامل تعیین کننده به شمار می‌آید.

۳. **عامل جمعیت:** به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر وجود حداقل یک ایستگاه آتش‌نشانی ضروری است. ضرورت دارد که در برنامه ریزی شهری در شهرها به هنگام تنظیم جدول سرانه کاربری تأسیسات و تجهیزات شهری، سرانه حداقل، به میزان ۰.۳ مترمربع به ازای هر نفر برای مکان ایستگاه‌های آتش نشانی و ۰.۷ مترمربع برای اراضی باز حاشیه ایستگاه‌ها منظور گردد.

۴. **عامل هم جواری و کاربری اراضی:** باید به مسئله نزدیکی به کاربری‌های تجاری، تاریخی، فرهنگی، مراکز اداری، صنعتی و حمل و نقل و انبارها و سایر مراکز خطرزا و عدم همجواری با محل جمع آوری زباله، هتل‌ها، مهمان‌سراها و مراکز آموزشی توجه شود.

۵. **عامل اندازه قطعه زمین:** مساحت قطعه تفکیکی در حد استاندارد، برای ایستگاه‌های کوچک ۱۵۰۰ مترمربع و

برای ایستگاه‌های متوسط ۳۰۰۰ مترمربع است. در بافت پر شهری، اندازه قطعه تفکیکی برای ایجاد ایستگاه کوچک، حداقل ۱۰۰۰ متر است. مساحت قطعه تفکیکی در حد استاندارد برای ایستگاه‌های بزرگ (مادر) برای شهرهای با جمعیت بیشتر از ۷۵۰۰۰۰ نفر به میزان ۶۰۰۰ مترمربع است.

۶. **عامل جهت توسعه شهر:** مکان گزینی ایستگاه‌های جدید، باید بر اساس سمت توسعه شهر و متناسب با جمعیت پذیری نواحی در ۱۰ تا ۲۰ سال آتی و تراکم‌های ساختمانی مربوطه، انجام شود. مکان انتخابی برای ایستگاه‌های جدید در مناطق توسعه، نباید در نزدیکی عوامل محدود کننده توسعه شهر مانند باغ‌ها، اراضی کشاورزی، کوه‌ها، ارتفاعات و مانند این‌ها قرار گیرد. در طراحی نواحی و مناطق با تراکم جمعیتی بسیار بالا(مناطق بلند مرتبه ساز) ضروری است به تناسب جمعیت، پیش بینی اراضی مناسب برای احداث ایستگاه‌های مازاد بر استاندارد به عمل آید. لازم به ذکر است که این عوامل با توجه به خصوصیات و ویژگی‌های هر منطقه، قابل بازبینی و تجدیدنظرند و می‌توان عوامل دیگری را به آن‌ها افزود(بهشتی روی،۱۳۸۷ به نقل از مشکینی و همکاران،۱۳۸۹: ۹۵-۹۶). با توجه به مطالب بیان شده می توان الگوی مفهومی تحقیق را به صورت شکل شماره ۲ ارائه نمود.

در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، روش‌های تحلیل فضایی مختلفی همانند: منطق بولین، منطق فازی، ارزیابی چند معیاری، برنامه‌ریزی خطی و تکنیک هم پوشانی شاخص‌ها وجود دارد. یکی از این مدل‌های ریاضی رایج، مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP) است. این فرایند روشی ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرایند ارزیابی و تصمیم‌گیری است(کرم،۱۳۸۴: ۹۳-۱۰۲).

شکل (۲): مدل مفهومی تحقیق

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی است منعطف و قوی که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد(زبردست،۱۳۸۰: ۱۳). فرایند تحلیل سلسله مراتبی عموما از مراحل سه‌گانه؛ ۱- ایجاد درخت سلسله مراتب،۲- مقایسه دوتایی،۳- تعیین امتیاز نهایی گزینه-ها و بالاخره بررسی سازگاری قضاوت‌ها تشکیل می‌گردد. روش مذکور بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی، توسط محققی به نام توماس ال ساعتی[۲۴] در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد گردید و تا کنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است(اصغر پور،۱۳۸۸: ۲۹۹- ۳۱۶).

اولین مرحله در روش AHP تجزیه نمودن مسئله تصمیم-گیری به سلسله مراتب می‌باشد. برای مثال در تحقیق حاضر بالاترین سطح یا هدف نهایی، انتخاب مکان مناسب جهت مکان یابی ایستگاه‌های آتش نشانی اهواز می‌باشد. سپس سلسله مراتب از کلی به جزیی تر تا اینکه به سطحی از صفات برسد، پایین می‌آید. این سطحی است که در مقابل آن گزینه‌های تصمیم گیری پایین‌ترین سطح سلسله مراتب

[24] . Thomas L.Saaty

ارزیابی می‌شوند. هر سطح باید به سطح بالاتر قبلی متصل شود. گزینه‌ها در یک پایگاه داده GIS ارایه می‌شوند. هر لایه شامل مقادیر صفاتی که به گزینه‌ها تخصیص داده شده، و هر گزینه (مثلاً پلی‌گون) مرتبط با عناصر سطح بالایی(یعنی صفات) می‌باشد. مفهوم صفت، روش AHP را به روش‌های GIS متصل می‌نماید(پرهیزگار و غفاری گیلانده،۱۳۸۵: ۱۶). بر این اساس، درخت سلسله مراتبی شکل می گیرد. بعد از تجزیه مسئله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش گذاری صورت می‌گیرد.

جدول (۱): مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه ها(زبردست، ۱۳۸۱)

تعریف	میزان اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا بسیار قوی	۶
اهمیت بسیار قوی	۷
اهمیت بسیار قوی تا فوق العاده قوی	۸
اهمیت فوق العاده قوی	۹

تهیه ماتریس مقایسه در هر سلسله مراتب:

گام اول: محاسبه‌ی برادر مجموع وزنی(wsv): ماتریس مقایسات زوجی(D) را در بردار وزن های نسبی ضرب می کنیم (مومنی۱۳۸۹: ۴۳).

گام دوم: محاسبه بردار سازگاری(cv): عناصر بردار مجموع وزنی(wsv) را بر بردار وزن های نسبی شاخص ها تقسیم می کنیم تا بردار سازگاری(cv) به دست آید.

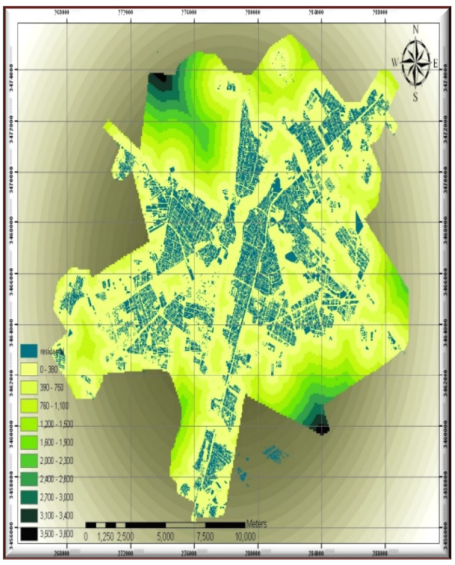
گام سوم: محاسبه بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی(λ_{max}): برای محاسبه‌ی این پارامتر، میانگین عناصر بردار سازگاری محاسبه می‌شود.

گام چهارم: محاسبه شاخص ناسازگاری: به این منظور از شاخص ناسازگاری[۲۵](I.I) استفاده می‌شود که بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می‌گردد. چنانچه شاخص معادل ۰.۱ یا کمتر از آن باشد وزن دهی صحیح بوده، در غیر این صورت وزن دهی نسبی داده شده به معیارها بایستی تغییر یابند و وزن‌دهی مجدداً باید انجام شود(قدسی پور،۸۰،۱۳۸۷-۶۸). ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها، نرخ ناسازگاری[۲۶]($I.R$)را به کار می‌برد که از تقسیم شاخص ناسازگاری(I.I) به شاخص تصادفی بودن[۲۷]($R.I$) حاصل می‌شود.

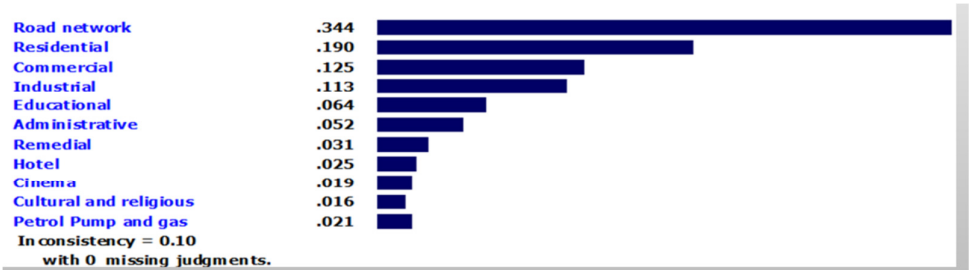
گام پنجم: محاسبه‌ی نرخ سازگاری. در صورتی که نرخ ناسازگاری، کوچک‌تر یا مساوی ۰.۱۰ باشد ($IR \leq 0.10$)، در مقایسات زوجی، سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه داد. در غیر این صورت، تصمیم‌گیرنده باید در مقایسات زوجی تجدیدنظر کند (مومنی،۱۳۸۹: ۴۴). با انجام مراحل فوق می‌توان وزن نهایی پارامترها را تهیه و ارائه نمود که در شکل ۳، نشان داده شده است.

با طی مراحل فوق نقشه‌های شعاع کاربری‌های اساسی برای تمام کاربری‌ها در شهر اهواز تعین شد که به عنوان نمونه وضعیت برخی از کاربری‌ها در نقشه‌های ۲ تا ۷ ارائه شده است. با مد نظر قرار دادن این شرایط و تلفیق لایه‌های مختلف نقشه‌های نهایی تهیه و تنظیم گردید. این نقشه‌ها نشان داد که محدوده مرکزی شهر اهواز از نظر تناسب مکانی به منظور توسعه ایستگاه‌های آتش نشانی بهترین مکان در سطح شهر اهواز می‌باشند. یکی از دلایل آن است که محدوده مرکزی شهر بیشترین وسعت کاربری‌های مسکونی و تجاری را به خود اختصاص داده است و این کاربری‌ها بیشترین عملیات مربوط به آتش نشانی در شهر اهواز را نسبت به سایر مکان‌های طلب می کنند.

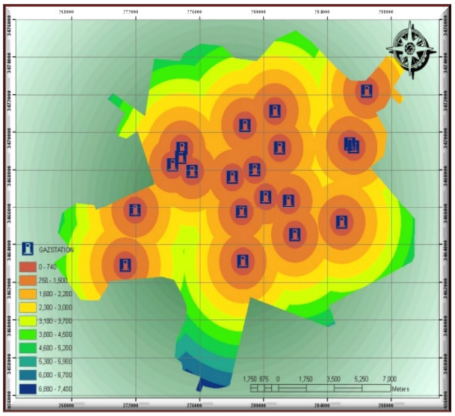
[25] .Inconsistency index
[26]. Inconsistency Ratio
[27]. Random index



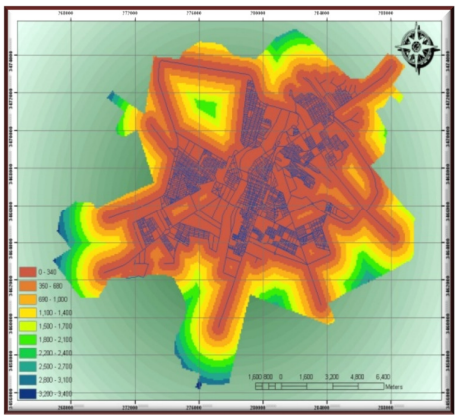
نقشه (۲): دسترسی به معابر اصلی



شکل (۳): وزن نهایی پارامترهای مورد استفاده

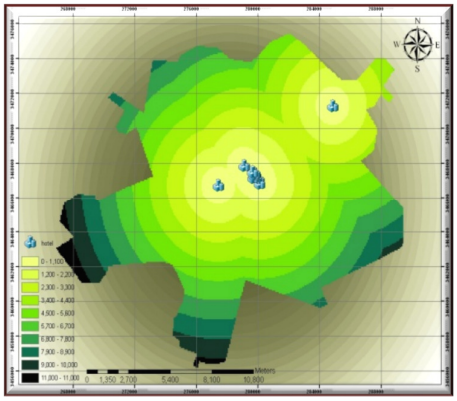


نقشه (۳): توزیع مکانی آتش‌نشانی‌ها

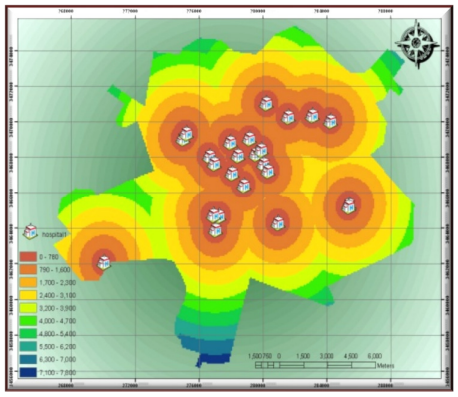


نقشه (۴): توزیع مناطق مسکونی

اصولا قرار گیری تسهیلات خدمات شهری مانند آتش نشانی و عملیات اورژانسی در مرکز شهر که به سرعت عمل و زمانبندی لازم به منظور رسیدن به مقصد نیازمند می‌باشد، باعث بالا رفتن سطح بازدهی این خدمات در سطح شهر می‌شود. به همین دلیل، مناطق لبه شهر به دلیل اینکه از تسهیلات و خدمات شهری دور بوده و نیاز چندانی به خدمات آتش نشانی احساس نمی‌شود، مکان‌های چندان مناسبی جهت احداث ایستگاه‌های آتش نشانی نمی‌باشد.

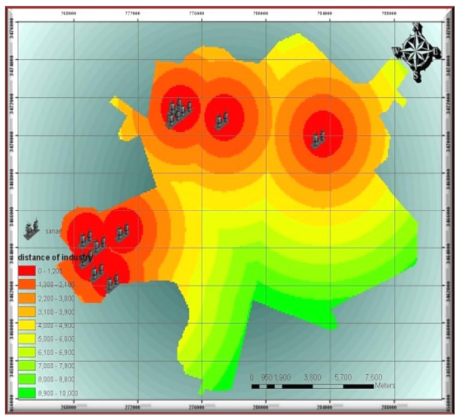


نقشه (۶): توزیع مکانی مراکز اداری



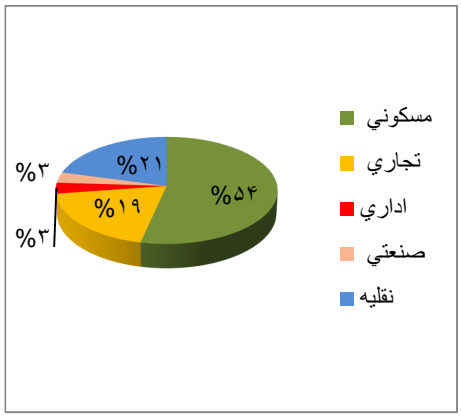
نقشه (۵): توزیع مکانی پمپ بنزین‌ها

با توجه به شرایط کنونی و نظر به این که هم اکنون از مجموع ایستگاه‌های شهر اهواز، تعداد ۵ ایستگاه در منطقه بسیار مناسب، ۷ ایستگاه در منطقه تا حدودی مناسب و مناسب قرار گرفته‌اند و مکان‌گزینی سایر کاربری‌های حساس دیگر سطح شهر می‌توان نقشه محل استقرار ایستگاهای جدید آتش نشانی را نظر میزان هماهنگی با ماموریت‌های این سازمان به شکل نقشه ۸ ارائه نمود.

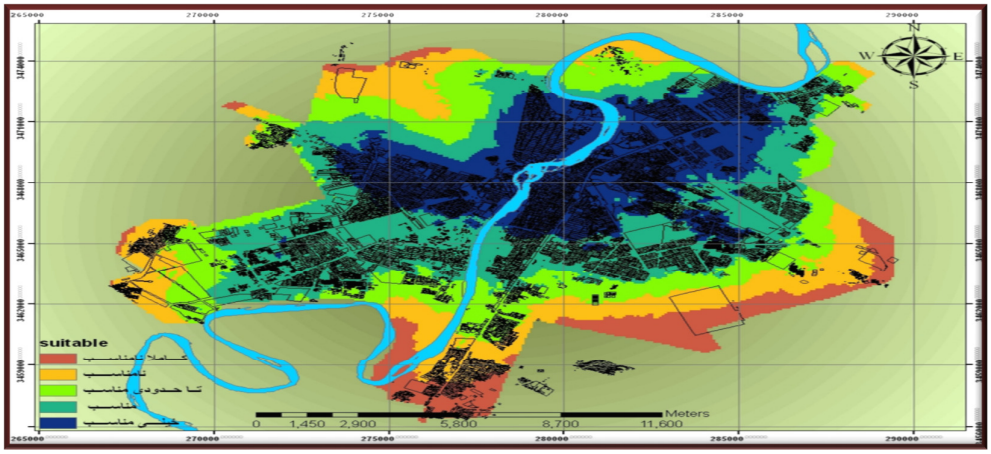


نقشه (۷): توزیع مکانی مراکز درمانی

بر این اساس با توجه به وضعیت کاربری‌ها و همچنین فراوانی وقوع آتش سوزی در هر یک از آنها(شکل شماره ۴)، بهترین مکان‌ها برای تاسیس و راه اندازی ایستگاه‌های جدید در مناطق شمال و شمال غربی بخش مرکزی شهر اهواز می‌باشد.



شکل (۴): فراوانی قوع آتش سوزی در شهر اهواز



نقشه (۸): وضعیت تناسب ایجاد ایستگاه های جدید در شهر اهواز

نتیجه گیری

رشد و توسعه جمعیت شهری همراه با توسعه فیزیکی شهر در سال‌های اخیر مشکلات بسیاری را در سطح شهر بخصوص کلانشهرها به وجود آورده است از جمله این مشکلات می‌توان به دسترسی به خدمات شهری هم از جهت میزان سرانه و هم از لحاظ نحوه توزیع فضایی اشاره نمود. خدمات مربوط به آتش‌نشانی‌ها از جمله تاسیسات و تسهیلات استراتژیک در سطح شهر می‌باشد که توزیع فضایی مناسب آن امکان بازدهی بالا و کاهش خسارات و امنیت خاطر مردم را در پی دارد. به منظور تعیین تناسب مکانی نواحی سطح شهر اهواز در راستای توسعه خدمات آتش‌نشانی مناسب و پاسخگو، متغیرهای متعددی مورد مطالعه قرار گرفت و از طریق مدل AHP، وزن‌دهی و بر این اساس قابلیت سنجش شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که بیشترین عملیات آتش نشانی شهر اهواز مربوط به سوانح مسکونی و کاربری‌های تجاری می‌باشد به همین دلیل این متغیر ها در فرآیند وزن دهی اهمیت بیشتری نسبت به سایر متغیر پیدا کردند. بعد از تلفیق نهایی نقشه‌ها مناطق مناسب جهت توسعه خدمات آتش نشانی مشخص شد.

انطباق لایه‌های اطلاعاتی مورد مطالعه نشان داد که تقریبا تمام متغیرهای بهداشتی، انتظامی، ایستگاه های آتش‌نشانی موجود، پمپ بنزین‌ها، در محدوده بسیار مناسب قرار گرفته‌اند. در پاسخ به سوال آیا ایستگاه‌های آتش نشانی فعلی در سطح شهر اهواز مناسب مکانیابی شده است، نتایج نشان داد که به جزء در نواحی بخش مرکزی شهر که توزیع نسبتا مناسب و مطابق با معیارهای مکانیابی است در سایر نواحی چندان وضعیت مطلوبی ندارد.

منابع

۱. صغر پور، محمد.جواد(۱۳۸۸)، تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم.

۲. بهشتی‌روی، مجید(۱۳۷۸)، ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهرهای کشور، دفتر فنی، معاونت هماهنگی امور عمرانی وزارت کشور.

۳. پرهیزگار، اکبر، غفاری گیلانده، عطا(۱۳۸۵)، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم گیری چند معیاری، انتشارات سمت، تهران.

۴. پرهیزکار، اکبر(۱۳۸۳)، ارائه مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی، شهریور ۸۳.

۵. پور محمدی، محمد رضا(۱۳۸۷)،برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، سمت

۶. حبیبی، سیدمحسن(۱۳۷۵)، سمینار ساماندهی روستاهای پراکنده، بنیاد مسکن، تهران.

۷. ذاکر حقیقی، کیانوش(۱۳۸۲)، مکان یابی ایستگاه‌های آتش نشانی با(GIS) پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا-دانشگاه تهران.

۸. زبردست، اسفندیار(۱۳۸۰)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبای دانشگاه تهران، شماره ۱۰، صص ۱۳- ۲۱.

۹. زیاری،کرامت الله(۱۳۸۱)، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰. زیاری، یوسفعلی(۱۳۸۷)، بررسی و مکان‌یابی دفاتر اسناد رسمی با استفاده از روش (AHP) در محیط(GIS)، فصلنامه جغرافیای انسانی، شماره اول.

۱۱. سعیدنیا، احمد(۱۳۷۸)، کتاب سبز(کاربری زمین شهری)، سازمان شهرداری‌های کشور.

۱۲. شیعه، اسماعیل(۱۳۷۱)، مقدمه‌ای بر مبانی برنامه ریزی شهری، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

۱۳. صابری‌فر، رستم(۱۳۷۸)، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۴. قاضی‌زاده، بهرام(۱۳۷۰)، اصول و معیارهای طراحی فضاهای آموزشی و پرورشی، تهران، سازمان نوسازی تجهیز مدارس کشور.

۱۵. قدسی‌پور، سید حسن(۱۳۸۷)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در تصمیم‌گیری، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ۵، تهران.

۱۶. کرم، عبدالامیر(۱۳۸۴)، تحلیل تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شمال غربی شیراز با استفاده از رهیافت ارزیابی چندمعیاره (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، پژوهش‌های جغرافیایی،شماره۵۴، صص۹۳- ۱۰۶.

۱۷. مومنی، منصور(۱۳۸۹)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران، انتشارات مومنی، ۱۳۸۹.

۱۸. مهدیزاده، جواد(۱۳۷۹)، برنامه ریزی راهبردی توسعه شهری، انتشارات وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.

۱۹. مهندسین مشاور عرصه(۱۳۸۱)، انواع طراحی ایستگاه‌های آتش نشانی در ایران، برنامه ریزی مطالعات مرکز وزارت کشور.

۲۰. نظریان، اصغر و کریمی، بیزار(۱۳۸۸)، ارزیابی فضایی و مکان یابی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر شیراز با استفاده از (GIS)، فصلنامه جغرافیایی چشم انداز زاگرس، سال اول، شماره ۲.

21. Badri, M., Mortagy, A. K., & Asayed, C. A. (1998), A multi-objective model for locating fire stations. European Journal of Operational Research, 110(2), 243-260.

22. Bowen, William M (1993), AHP in Klosterman, Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, Brunwick: Center Policy Research.

23. Cheng, E. W. L., Li, H., & Yu, L. (2007), A GIS approach to shopping mall location

selection. Building and Environment, 42(2), 884-892.
24. Cheng, M.-Y., & Chang, G.-L. (2001), Automating utility route design and planning through GIS. Automation in Construction, 10(4), 507-516.
25. 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(2), 173-182.
26. Coleman, R. J.(2000), Retired California State Marshal. Overview of the GIS for Fire Station Locations 2007, White Paper. An ESRI January.
27. Hale, T.S., Moberg, C.R. (2003), Location science research: A review. Annals of Operations Research 123, 21–35.
28. Howerton, C. (2006), GIS Network Analysis of Fire Department Response Time Dallas, Texa Fall.
29. Huang, B., Liu, N., & Chandramouli, M. (2006), Optimal Siting of Fire Stations Using GIS and ANT Algorithm. Decision Support Systems, 42(2), 1063-1075.
30. Johnson, R., (2000), Public Safety Industry Solutions Manager. Geographic Information Systems: A Powerful New Tool for Fire and Emergency Services.
31. Lai, W. E. I., Han-lun, L. I., Qi, L. I. U., Jing-yi, C., & Yi-jiao, C. U. I. (2011), Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. Procedia Engineering, 11(0), 486-495.
32. Langford, M., Higgs, G., Radcliffe, J., & White, S. (2008), Urban population distribution models and service accessibility estimation. Computers, Environment and Urban Systems, 32(1), 66-80.
33. Li, X, & Yah, A., (2005), Integration of genetic Alguritm and GIS for Location, International Journal of Geographycal Information scince, No. 5, pp.581-601.
34. Yang, L., Jones, B. F., & Yang, S.-H. (2007), A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms. European Journal of Operational Research, 181(2), 903-915.