

مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی با استفاده از روش تلفیقی GIS و AHP

مطالعه موردی: منطقه ۳ اصفهان

زینب علی آبادی^۱

مهین نسترن^۲

فرزانه پیرانی^۳

فرزانه شیخ زاده^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۸/۲۷

چکیده

امروزه بحث ایمنی یکی از مهمترین مسائل شهری است که توجه مدیران شهری را به خود جلب نموده است. آتش سوزی یکی از تهدیدات ناشی از بحران‌های طبیعی و مصنوعی است که می‌تواند چالش‌های وسیعی را در ابعاد مختلف زندگی شهری پدید آورد. مطالعات انجام شده نشان داد که منطقه ۳ اصفهان با جمعیت ۱۱۸۸۹ نفر در سال ۱۳۹۰ و وسعت ۱۱۵۲ هکتار تنها دارای یک مرکز آتش نشانی می‌باشد که شعاع عملکردی مناسبی نسبت به کل منطقه نداشته و پاسخگوی نیاز ساکنان نمی‌باشد. از میان تجهیزات شهری، احداث مراکز آتش نشانی در این منطقه به علت قرارگیری بازار قدیمی، تاریخی و زنده‌ی قیصریه در آن و کمبود راه‌های خروج اضطراری و امداد رسانی در هنگام بروز آتش سوزی و همچنین وجود کارگاه‌ها و انبارهای متصل به بازار نیز که خود بر تبعات بروز سایر حوادث جانبی افزوده است؛ از اهمیت و ضرورت برخوردار است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف افزایش سطح ایمنی، ضمن مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی در منطقه ۳ اصفهان، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مدل مکانیابی در محیط GIS صورت گرفته است. همچنین این پژوهش بر مبنای روش تحقیق (توصیفی - تحلیلی) داده‌های مورد نیاز را بصورت کتابخانه‌ای - اسنادی جمع‌آوری نمود. در ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در مکان‌گزینی ایستگاه آتش نشانی با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) به کمک نرم‌افزار Expert Choice وزن‌دهی شد و پس از آن با رقوم‌سازی لایه‌ها در محیط GIS با استفاده از تحلیل فضایی در ابتدا نقشه‌های فاصله اقلیدسی و در ادامه با کلاسه‌بندی، نقشه‌های هر لایه تولید شد و سپس با همپوشانی تمامی لایه‌ها با اعمال ارزش‌های بدست آمده از تحلیل سلسله مراتبی AHP، مکان جدید ایستگاه آتش نشانی پیشنهادی شد.

واژه‌های کلیدی: مکانیابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ایستگاه آتش نشانی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

۱- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول) zainab.aliabadi@yahoo.com

۲- دانشیار دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان dr_nastaran1@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر اصفهان pirani.farzaneh@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر اصفهان sh_planner@yahoo.com

۱- مقدمه

زیرساخت‌ها و خدمات شهری امروزی در این منطقه پوشش کافی ندارد، کارکردهای ناسازگار با مرکز تاریخی هنوز در این منطقه فعال هستند و همه این عوامل ارزش‌های باقیمانده در مرکز شهر را تهدید می‌کنند و بر بروز حوادث غیرمترقبه‌ای چون آتش‌سوزی می‌افزاید چراکه نه تنها این حادثه به خودی خود اثرات نامطلوبی را به جا خواهد گذاشت بلکه به علت عدم خدمات‌رسانی سیستم‌های آتش‌نشانی با وضع موجود شبکه‌ی ارگانیک، عدم وجود فضاهای باز کافی بین محلات در بافت و کم بودن تعداد خروجی‌های بازار، همجواری بازار و انبار کالا، فرسودگی بافت، تعداد کم ایستگاه‌های آتش‌نشانی و... قطعاً شاهد وقایع ناخوشایند خواهیم بود.

با توجه به اهمیت بسیار بالای منطقه ۳ اصفهان در بین سایر مناطق شهر، توجه به مسائل ایمنی در این بافت بیش از پیش ضروری است. منطقه ۳ اصفهان به عنوان قلب تپنده‌ی شهر که دارای میراث کهن است؛ یکی از مسائل مهم پیش روی مدیریت شهری را که امداد رسانی به موقع در هنگام بروز آتش‌سوزی می‌باشد، تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب وجود یک ایستگاه جوابگوی این منطقه نبوده است. از این رو لزوم پرداختن به مسأله مکانیابی و توزیع مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی از اهمیت بالا در برنامه‌ریزی شهری برخوردار است. لذا انتخاب مکان بهینه و توزیع مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی هدف کلی این تحقیق در افزایش میزان ایمنی خواهد بود.

این پژوهش در پاسخ به سؤالات تحقیق از جمله اینکه: (چگونه می‌توان سطح ایمنی منطقه مورد مطالعه را افزایش داد؟ و معیارهای مؤثر در مکانیابی ایستگاه آتش‌نشانی کدامند؟ و چه روش‌هایی را جهت مکان‌گزینی بهینه ایستگاه آتش‌نشانی در منطقه ۳ اصفهان می‌توان پیشنهاد نمود؟) در راستای اهداف فوق‌الذکر انجام می‌پذیرد.

پژوهش حاضر از نظر هدف، پژوهش کاربردی و از نظر ماهیت و روش کار، پژوهش توصیفی - تحلیلی خواهد بود. بخشی از اطلاعات نظری از طریق مطالعات کتابخانه‌ای،

استقرار هر عنصر شهری در موقعیت کالبد - فضایی خاصی از سطح شهر، تابع اصول، قواعد و ساز و کارهای خاصی است که در صورت رعایت آن اصول، موفقیت و کارایی عملکردی آن عنصر در همان مکان بیشتر خواهد شد و در غیر اینصورت مشکلات بسیاری بروز می‌کند. بنابراین دستیابی به تعادل در توزیع فضایی منابع و خدمات‌رسانی، هدف اصلی برنامه‌ریزان می‌باشد. با توجه به اهمیت مکانیابی و جایگاه آن در طرح‌ها و پروژه‌های مختلف، اهمیت مکان ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تأثیر مستقیمی که بر الگو و عملکرد آن خواهد داشت مشخص خواهد شد. به طوری که استقرار نامناسب کاربری‌ها از کارایی کاربری مورد نظر می‌کاهد. سیاست کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه خاص و بدون بوده است به گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌های شهری مهمترین اصل خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن یا مواردی از این قبیل بوده است. این موضوع بر مکانیابی کلی ایستگاه‌ها در سطح شهرها تأثیرگذار بوده است (هادیانی و کاظمی‌زاد، ۱۳۸۹: ۹۹).

خدمات رسانی بهنگام ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مستلزم مکانیابی صحیح آنها به منظور توزیع مناسب آنها می‌باشد؛ تا خسارات جانی و مالی را به حداقل خود برساند. مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین تعداد و موقعیت ایستگاه‌ها تضمین‌کننده‌ی ایمنی شهروندان به هنگام وقوع هر گونه حادثه می‌باشد.

منطقه ۳ اصفهان، بخش مرکزی کلانشهر اصفهان می‌باشد و هسته تاریخی آن را در دوره‌های مختلف تحول در بر می‌گیرد. مهمترین آثار و بناهای یادمانی، محورهای ارزشمند تاریخی (طبیعی و انسان ساخت) که تعدادی از آنها میراث فرهنگی جهانی به شمار می‌آیند در این منطقه قرار گرفته‌اند. همچنین به دلیل استقرار حجم عظیمی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی و رونق صنعت گردشگری نیاز به ایمنی در این محدوده بیش از پیش محسوس است.

مکان‌یابی صورت گرفت. همچنین به کمک تحلیل شبکه در محیط GIS مسیرهای بهینه تعیین شد. نتایج بیانگر مکان‌گزینی ناعادلانه فضایی خدمات رسانی ایمنی شهر بود و مکان‌های جدید در این پژوهش پیشنهاد شدند (عادل و همکاران، ۲۰۰۷: ۱).

اردن و کاک ون (۲۰۱۰) مقاله‌ای تحت عنوان "مکان‌یابی چند معیاره برای خدمات آتش‌نشانی بر اساس مدل AHP و GIS" انجام دادند. محققین در این پژوهش به کمک روش ترکیبی AHP و GIS مکان بهینه خدمات آتش‌نشانی را در استانبول مشخص کردند. هدف اصلی مقاله کاهش زمان پاسخ‌گویی است؛ بدین منظور معیارهای در نظر گرفته شده شامل: تراکم جمعیتی بالا، نزدیکی به مسیرهای اصلی، فاصله ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود، فاصله نسبت به کاربری‌های پرخطر، تراکم ساختمانی، فاصله از مناطق با خطر زلزله است. وزن معیار فاصله نسبت به کاربری‌های پرخطر ۴۰٪ که بیشترین وزن را دارا است و مابقی معیارها وزنی بین ۹٪ تا ۱۶٪ را دارند. سپس لایه‌ها در محیط GIS آماده‌سازی شده و دسته‌بندی رسترها صورت گرفت. با محاسبه نقشه‌های رستری، نتایج نشان داد از ۳۵ ایستگاه موجود، ۱۷ ایستگاه دیگر باید احداث گردند. (Erden&Coskun, 2010:1).

غمگسار و همکارانش (۲۰۱۱) در مقاله "تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از AHP در محیط GIS برای شناسایی مکان‌های بهینه گردشگری" به ارزیابی زیست محیطی گردشگری و بازسازی تصمیمات استراتژی‌ها به کمک AHP و GIS پرداختند. روش کار بدین صورت است که در ابتدا منابع اکولوژیکی و فاکتورهای مؤثر شناسایی می‌شود؛ سپس ارتباط بین متغیرهای مختلف توسط کارشناسان تعیین و با مدل‌سازی و همپوشانی لایه‌ها در محیط GIS، وزن‌ها توسط AHP تعیین می‌شوند. در نهایت نقشه مناسبی از گردشگری در منطقه تهیه شده در مرحله بعد ارزیابی اثرات زیست محیطی انجام می‌شود (et al., 2011:1-2Ghamgosar). ساوسار (۲۰۱۳) در مقاله "شبیه‌سازی مکان ایستگاه‌های

استفاده از اسناد، مدارک و گزارش‌ها جمع‌آوری گردیده است. برای شناخت محدوده یاد شده از مطالعات انجام شده توسط مشاور و همچنین برداشت‌ها و مشاهدات میدانی استفاده شده است. در بخش تحلیل با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و مدل مکان‌یابی در محیط GIS صورت گرفته است. در این پژوهش ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در مکان‌گزینی ایستگاه آتش‌نشانی با استفاده از روش سلسله‌مراتبی (AHP) به کمک نرم افزار Expert Choice وزن دهی شد و پس از آن با رقوم‌سازی لایه‌ها در محیط GIS نقشه هر لایه مربوط به هر کدام از معیارها تولید شده و سپس با همپوشانی لایه‌ها با اعمال وزنه‌ای به هر لایه، مکان‌های بهینه ایستگاه آتش‌نشانی پیشنهاد می‌شود.

برخی از تحقیقاتی که با موضوع فوق تاکنون انجام شده، عبارتند از: دیویس (۲۰۰۶) در مقاله - بکارگیری روش GIS و AHP به منظور تحلیل پایداری کاربری زمین - مجموعه‌ای از معیارها شامل: معیارهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی را تعیین و به کمک روش AHP وزن هر معیار را مشخص نمودند. سپس با آماده‌سازی لایه‌ها در محیط GIS برای منطقه "لم‌ها" در ویتنام تحلیل پایداری کاربری زمین را انجام دادند (Duc, 2006:3).

لیو و همکارانش (۲۰۰۶) در مقاله "بهینه‌سازی مکان ایستگاه آتش‌نشانی با استفاده از GIS و الگوریتم ANT" اشاره می‌کنند که مکان ایستگاه آتش‌نشانی به کارآمدی پاسخگویی در طول حادثه بستگی دارد و می‌توان با کمک الگوریتم ANT در محیط GIS، مکان‌هایی که زمان پاسخگویی را به حداقل می‌رساند، شناسایی نمود (Liu et al., 2006:1).

محسن عادل و همکارانش (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با عنوان "مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی" به منظور تعیین بهترین مکان ایستگاه‌های آتش‌نشانی ابتدا ضوابط مؤثر در مکان‌یابی را مشخص نموده؛ سپس براساس نظر کارشناسی وزن معیارها تعیین شد. در نهایت براساس مدل منطق‌فازی

ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌گزینی و تخصیص بهینه امکانات آنها دارد. مسأله تصمیم‌گیری در خصوص اولویت‌بندی منابع و امکانات مکانی - زمانی ایستگاه‌ها در سال‌های اخیر با استفاده از مدل‌های چند معیاری مورد توجه قرار گرفته است. (نورالهی و نوذری، ۱۳۸۹: ۲۷)

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

- 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 (پرهیزگار، ۱۳۸۳)

مورای در سال ۲۰۱۳ پیرامون بهینه نمودن موقعیت مکانی - فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری پژوهشی انجام دادند (Murray, 2013:1). هیموتو و تاناکا در سال ۲۰۱۲،

مدلی برای مقابله با آتش‌سوزی در مجلات مسکونی شهری ارائه نمودند (Himoto, 2012: 154). چوالیر و همکاران در سال

۲۰۱۲، مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را با رویکردی جامع در بلژیک ارائه کردند (Chevatier, 2012, 173). سیهان و

همکاران در سال ۲۰۱۳، روش‌های اکتشافی و استنتاجی را برای تحلیل زمانی - فضایی در نواحی مسکونی شهری

انجام دادند (Ceyhan, 2013:226). ژانگ در سال ۲۰۱۳، تحلیلی جامع از مخاطرات آتش‌سوزی در شهر هایکو انجام دادند

آتش‌نشانی براساس موانع ترافیکی "اشاره می‌کند که مکان تسهیلات عمومی مانند ایستگاه آتش‌نشانی، تحت تأثیر توزیع مناسب و کیفیت خدمات می‌باشد. مهم‌ترین هدف در مکانیابی ایستگاه آتش‌نشانی به حداقل رساندن زمان پاسخگویی است. به کمک الگوریتم ANT در محیط GIS مکان بهینه مشخص شده است. همچنین مدل‌های برنامه نویسی چند هدفه فازی برای بهینه‌سازی مکانیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نهایتاً به کمک AHP وزن شاخص‌ها مشخص شد. (Savsar, 2013:1)

۲- مبانی نظری

ایمنی یکی از شاخصه‌ها و مؤلفه‌های مهم و اساسی در زندگی شهری امروز محسوب می‌شود و شهر ایمن به عنوان یک شهر مطلوب همواره مدنظر برنامه‌ریزان و کارشناسان امور شهری قرار دارد. توجه به ایمنی شهروندان در کشورهای توسعه یافته یکی از اهداف مهم در طرح‌های توسعه شهری می‌باشد. در طرح‌های توسعه شهری ایران جایگاه خاصی به ایمنی اختصاص داده نشده و شاید تنها موارد مشخص، تعیین نقاطی برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین حریم‌هاو ... می‌باشد.

بعد از انقلاب صنعتی، شهر صنعتی با ادغام رشد اقتصادی و سود، به تمرکز شدید در شهرها دامن زده و در ادامه نیز شهرنشینی شتابان در چند دهه اخیر در کشورهای جهان سوم، همان روند تمرکز و تراکم جمعیت و فعالیت‌ها را در شهرها و به ویژه در چند شهر عمده و در نتیجه افزایش ریسک آتش‌سوزی‌ها و خسارات احتمالی ناشی از آن را به وجود آورده است (پرهیزگار، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۳:۱).

کمبود امکانات و تجهیزات خدمات‌رسانی شهری در زمینه ایمنی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به سبب دو ویژگی عمده «بعد زمانی» و «بعد مکانی» با بسیاری از نظریات مطرح علوم جغرافیایی سنخیت علمی، محتوایی و اجرایی پیدا می‌نماید، از این رو، تحلیل‌های مکانی - فضایی بطور عام و خاص قابلیت تطبیق‌پذیری زیادی با موضوع



موقعیت استان اصفهان در کشور



موقعیت شهرستان اصفهان در استان



موقعیت منطقه در شهر اصفهان



منطقه ۳ اصفهان

نگاره ۱: نقشه موقعیت
منطقه ۳ اصفهان
(منبع: نگارندگان)

رود ختم می‌شود. ویژگی اصلی این منطقه از شهر علاوه بر دارا بودن سهم قابل توجهی از میراث تاریخی و گردشگری شهر، از سویی قرارگیری شهر و از سویی دیگر استقرار بازار قیصریه در این محدوده، منطقه ۳ به کانون مهم تجاری، اقتصادی، فعالیتی و گردشگری شهر تبدیل گشته است. این منطقه با جمعیتی بالغ بر ۱۱۱۸۸۹ نفر طبق سرشماری ۱۳۹۰ برخلاف وجود کاربری‌های مهم و حیاتی چون بازار اصلی و تاریخی، تنها دارای یک مرکز آتش‌نشانی می‌باشد.

۴- وضعیت ایستگاه آتش‌نشانی منطقه ۳ اصفهان

کل منطقه ۳ تنها دارای یک ایستگاه آتش‌نشانی می‌باشد که موقعیت آن در نیمه شمالی منطقه ۳ و در خیابان نشاط واقع است. مساحت ایستگاه ۱۰۱۴ متر مربع است که با توجه به نگاره ۳ با شعاع عملکردی ۱۲۰۰ متر، پاسخگوی خدمات رسانی در کل منطقه نبوده است. از طرفی به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت و با در نظر گرفتن جمعیت کنونی منطقه ۱۱۱۸۸۹ نفر، نیاز به حداقل دو ایستگاه آتش‌نشانی ضروری می‌باشد بگونه‌ای که در فاصله زمانی ۳-۵ دقیقه پاسخگو باشد.

(Zhang, 2013: 613). سوابق و تجربیات جهانی، لزوم بهره‌گیری از روش‌های جدید و بویژه رویکردهای نوین علمی و اجرایی به مسائل ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهرها را بیشتر می‌نماید.

در سطح کشور ما نیز با توجه به تحولاتی که در امر شهرنشینی و نوع زندگی شهری به وجود آمده است، بسیاری از محله‌ها و مناطق شهری و از جمله منطقه ۳ اصفهان، با کمبود امکانات و تأسیسات عمومی و تجهیزات شهری به خصوص ایستگاه آتش‌نشانی همیشه در معرض تهدید بوده است.

۳- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه ۳ اصفهان، یکی از هسته‌های قدیمی شهر می‌باشد که حدود ۱۵۲،۱۵۲ هکتار از مساحت شهر را به خود اختصاص داده است. این منطقه از شمال به میدان شهدا تا میدان قدس - خیابان سروش تا میدان احمد آباد، از شرق میدان احمد آباد تا میدان بزرگمهر، از غرب میدان انقلاب تا میدان شهدا و از جنوب میدان بزرگمهر تا میدان انقلاب در مسیر زاینده

۵- معیارهای مؤثر در مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی

یکی از مباحث اساسی و تأثیرگذار در مورد اجرایی شدن و بهینه نمودن پروژه‌ها، تعیین مکان مناسب برای کاربری‌ها در سطح شهر است. لازمه این کار نیز شناخت و شناسایی پارامترها و ساختارهای اساسی و تأثیرگذار در محدوده‌های مورد مطالعه است. انجام این کار مستلزم رعایت شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر در آن مکان است چرا که این شاخص‌ها از مکانی به مکان دیگر متفاوت است.

با بررسی تحقیقات صورت گرفته در زمینه مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی و با مطالعه وضع موجود منطقه ۳ اصفهان، معیارهای مورد استفاده در مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی در این پژوهش شامل تراکم جمعیتی، دسترسی، کاربری‌های سازگار، شعاع عملکردی، کیفیت ابنیه، اندازه قطعات و تراکم ساختمانی می‌باشند. هر یک از این معیارها خود نیز دارای زیر معیارهایی می‌باشند.

دسترسی

یکی از عوامل تأثیرگذار بر انتخاب ایستگاه‌های آتش نشانی، میزان دسترسی به خطوط ارتباطی است. هرچه میزان دسترسی ایستگاه آتش نشانی به خطوط ارتباطی بیشتر باشد، کارایی این ایستگاه‌ها نیز بیشتر خواهد بود. همچنین عواملی چون عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک طرفه بودن خیابان‌ها و غیر هدر چگونگی محل استقرار ایستگاه‌ها مؤثرند (به نقل از علوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵).

تراکم جمعیتی

تراکم جمعیتی به عنوان معیار مهمی که به طور مستقیم با مکانیابی ایستگاه‌های آتش نشانی ارتباط دارد و نیز عامل تعیین کننده‌ای در میزان خسارت مالی و جانی وارده به جامعه می‌باشد. طبق قوانین حداقل باید برای هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه آتش نشانی در نظر گرفته شود. در نتیجه تعداد و فاصله‌ی این ایستگاه‌ها از یکدیگر وابسته به این

عامل می‌باشند چرا که میزان خطر در نواحی پرجمعیت افزایش می‌یابد. (Habibi et al., 2008:7)

کاربری‌های سازگار

برای انتخاب مکان بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش نشانی، نزدیکی به بعضی از کاربری‌های شهری مثل کاربری‌های مسکونی، تجاری، صنایع، پمپ‌بنزین و فضای سبز باعث افزایش خدمات‌رسانی می‌شود. کاربری‌های تجاری، صنعتی و پمپ‌بنزین به علت 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 خدمات رسانی سریع‌تر می‌شود (به نقل از علوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵).



نگاره ۲: کاربری‌های سازگار با ایستگاه آتش نشانی

(منبع: نگارندگان)

شعاع عملکردی

ضروری است در مکانیابی ایستگاه‌های جدید، مطالعه کافی در مورد ایستگاه‌های موجود و تعیین شعاع عملکرد مفید آنها صورت پذیرد و برنامه‌ریزی با آگاهی از حوزه خدماتی و شعاع عملکرد ایستگاه‌های موجود صورت گیرد. فاصله میان ایستگاه‌های آتش نشانی بسته به تراکم جمعیت و کاربری زمین به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت می‌کند و شعاع خدماتی و عملکرد مفید ایستگاه‌ها نیز با یکدیگر فرق دارد لذا در مکانیابی ایستگاه‌ها، اصل «حداکثر دسترسی» و «حداقل زمان» یعنی فاصله زمانی ۳ تا ۵ دقیقه (زمان بین شروع آتش سوزی تا شروع عملیات آتش نشانی) عامل تعیین

مرکز جغرافیای آن ناحیه یا منطقه و در کنار یک خیابان اصلی با دسترسی مناسب به همه قسمت‌های ناحیه یا منطقه باشد. با توجه به ضرورت دسترسی به محل آتش‌سوزی، در کمترین زمان ممکن، منطقه عملکردی و استحقاقی هر ایستگاه حداکثر می‌بایست در شعاع ۲ کیلومتری در نظر گرفته شود.

- شعاع نهایی عملکرد هر ایستگاه کوچک ۲ کیلومتر، ایستگاه متوسط ۴ کیلومتر و ایستگاه بزرگ ۸ کیلومتر می‌باشد. شعاع عملکردی ایستگاه‌های متوسط و بزرگ صرفاً برای پشتیبانی ایستگاه‌های رده‌ی پایین‌تر قسمت پوشش، در مهار آتش‌سوزی‌های وسیع خواهد بود و شعاع عملکرد مفید هر ایستگاه با توجه به سرعت متوسط ۴۰ کیلومتر در ساعت حداکثر ۲ کیلومتر خواهد بود.

- به لحاظ وجود نظم منطقی در توزیع ایستگاه‌های کوچک (در سطح ناحیه شهری)، ایستگاه‌های متوسط (در سطح منطقه شهری) و ایستگاه‌های بزرگ (در سطح حوزه شهری) در شهرها، ضروری است. مکانیابی ایستگاه‌های متوسط و بزرگ با توجه به نحوه توزیع ایستگاه‌های کوچک و رده پایین‌تر و در محدوده مرکز جغرافیایی ایستگاه‌های رده پایین‌تر صورت گیرد (استاندارد شماره ۶۴۳۰ سازمان استاندارد ایران).

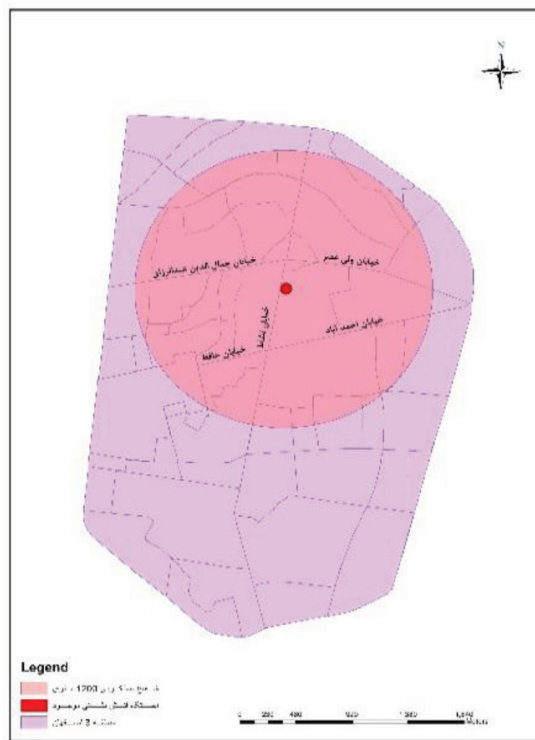
کیفیت ابنیه

ساختمان‌های قدیمی پتانسیل بیشتری برای مداخله دارند، از این رو در منطقه ۳ به علت فرسودگی بافت و عمر بالای بنا و از طرفی کمبود زمین برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی، بناهای تخریبی و فرسوده می‌توانند برای این امر به کار گرفته شوند.

اندازه قطعات

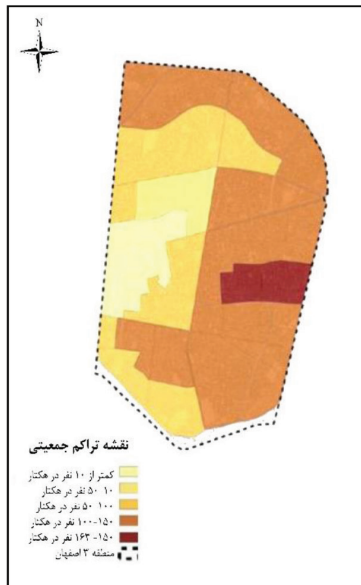
اندازه‌ی قطعه‌ی انتخابی برای مکانیابی ایستگاه آتش‌نشانی باید به حدی بزرگ باشد که توسعه آتی این کاربری را در نظر بگیرد. حد استاندارد برای ایستگاه‌های کوچک ۱۵۰۰ مترمربع و برای ایستگاه‌های متوسط ۳۰۰۰ متر مربع است و برای

کننده می‌باشد زیرا بر اساس منحنی استاندارد زمان - درجه حرارت، چنانچه در ۵ دقیقه اول وقوع آتش‌سوزی نتوان در محل حادثه حضور یافت و به خاموش کردن آن اقدام نمود آتش از کنترل خارج می‌گردد و پیامدهای ناگواری در پی خواهد داشت. لذا توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی در کل شهر با احتساب مقدار زمان واکنش مناسب، طراحی می‌شود. استانداردهای جهانی شعاع ۵ کیلومتر را برای هر ایستگاه پیش‌بینی می‌کنند (مشکینی و دیگران، ۱۳۱۹: ۵).



نگاره ۳: نقشه موقعیت ایستگاه آتش‌نشانی با شعاع عملکردی آن در وضعیت موجود منطقه ۳

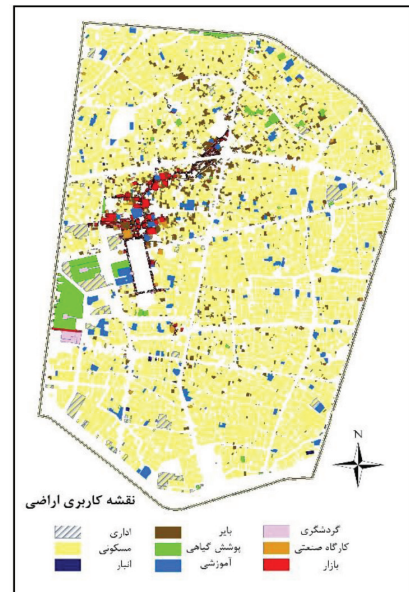
- در مناطق ویژه با آمار آتش‌سوزی بالا و مکان‌های ویژه با مشکلات خاص نظیر صنایع شیمیایی، محوطه انبارها، بازارها، مجتمع‌های تجاری، مراکز اقتصادی شهرها و... ضروری است برای مکانیابی استقرار ایستگاه‌ها شعاع عملکردی برابر ۱/۶ کیلومتر منظور گردد.
- مکان ایستگاه‌ها در هر ناحیه و منطقه شهری باید نزدیک



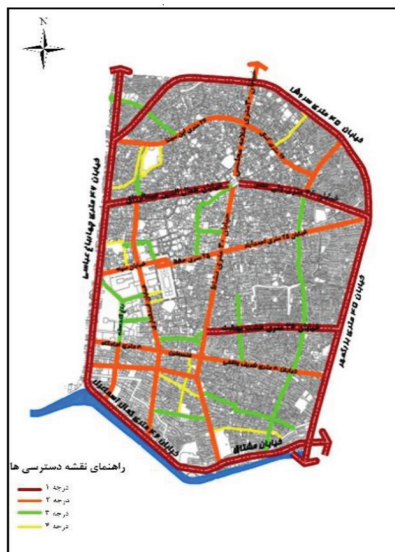
نگاره ۶: نقشه مربوط به معیار تراکم جمعیتی (منبع: نگارندگان)



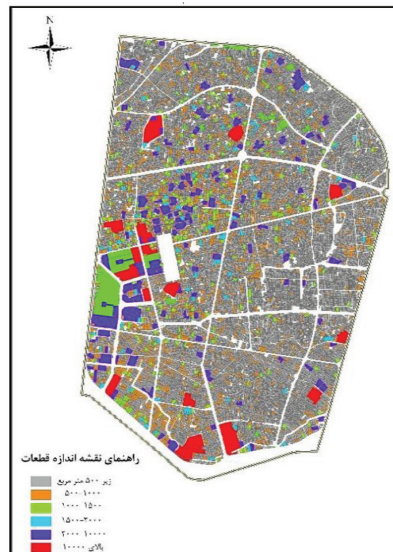
نگاره ۵: نقشه مربوط به معیار تراکم ساخت (منبع: نگارندگان)



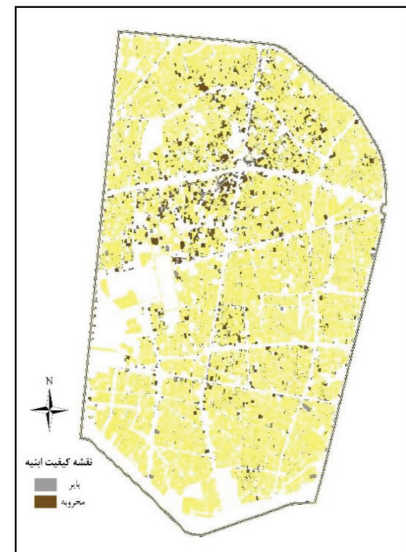
نگاره ۴: نقشه مربوط به معیار کاربری اراضی (منبع: نگارندگان)



نگاره ۹: نقشه مربوط به معیار دسترسی ها (منبع: نگارندگان)



نگاره ۸: نقشه مربوط به معیار اندازه قطعات (منبع: نگارندگان)



نگاره ۷: نقشه مربوط به معیار کیفیت ابنیه (منبع: نگارندگان)

ایستگاه‌های بزرگ با جمعیت بیش از ۷۵۰۰۰ نفر، به میزان ۶۰۰۰ متر مربع است (مشکینی و همکاران، ۱۳۱۹: ۹۵).
 - مکان انتخابی برای ایستگاه آتش نشانی باید متناسب با نیازهای فعلی و آینده شهر باشد.
 - برای مکانیابی ایستگاه‌ها در بافت پرتراکم شهری در صورت لزوم و ضرورت، حداقل اندازه قطعه تفکیکی برای ایجاد ایستگاه کوچک نباید از ۱۰۰۰ متر کمتر باشد.
 - ابعاد قطعات تفکیکی برای ایستگاه‌های آتش نشانی باید به نحوی باشد که تناسب لازم بین طول و عرض قطعه وجود داشته و حداقل عرض ۳۰، ۴۵ و ۶۰ متر برای

را به منظور تعیین اولویت بندی عناصر نسبت به یکدیگر در هر سطح سلسله مراتب استفاده می‌کنیم. مقیاس استفاده شده برای مقایسه‌های زوجی در این تکنیک، تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد که تجربه و دانش را ادغام کند و برتری‌های یک عنصر را بر عنصر دیگر بر اساس معیار نشان دهد. تصمیم گیرنده می‌تواند ترجیحاتش را میان هر زوج عنصر به طور کلامی مثل اهمیت برابر یا عدم ترجیح، نسبتاً مهم‌تر، مهم‌تر، خیلی مهم‌تر و بی‌نهایت مهم‌تر بیان دارد. سپس این ترجیحات توصیفی به ارزش‌های عددی بترتیب ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ تبدیل خواهند شد. اعداد ۲، ۴، ۶ و ۸ به عنوان ارزش‌های واسطه‌های میان ترجیحات فوق خواهند بود (زبردست، ۱۳۹۰: ۱۵).

وزن‌دهی به معیارهای بررسی شده (مقایسه زوجی معیارها)
در این مرحله تمام معیارها نسبت به هم سنجیده شد، تا وزن نهایی هر یک از معیارها مشخص شود. نتایج در (جدول ۱ و ۲ و ۳) نشان داده شده است. پس از مقایسه‌ی دوبه دوی معیارها، وزن‌های حاصله به شرح زیر می‌باشد.

۶- وزن دهی به زیرمعیارهای بررسی شده
هرکدام از زیرمعیارهای بررسی شده همانگونه که دارای میزان اثرگذاری متفاوتی هستند، در تعیین مکان

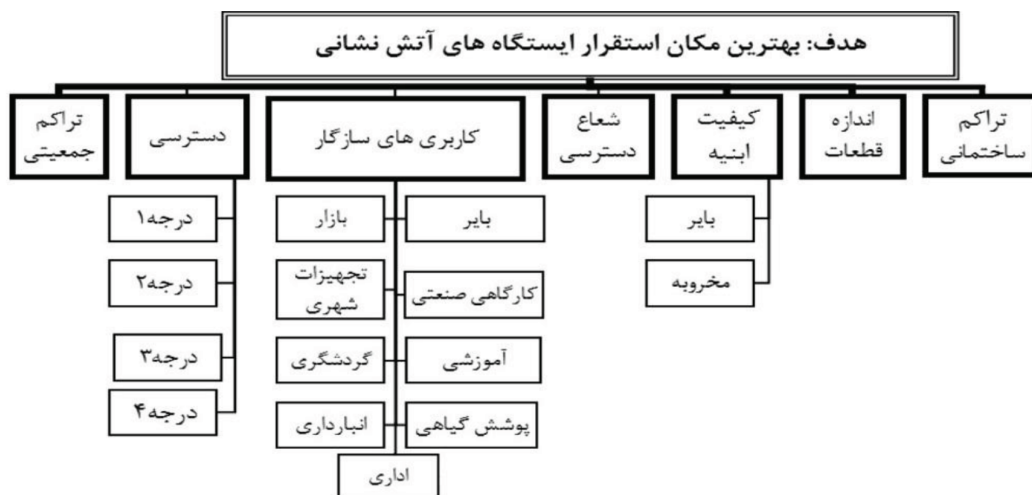
ایستگاه‌های کوچک، متوسط و بزرگ تأمین گردد تا بتوان ساختمان را در عقب زمین طراحی نمود و فضای کافی برای مانور خودروها، پارکینگ و نیز فضائی مناسب برای فعالیت‌های آموزشی، تمرینی و ورزشی وجود داشته باشد.
منبع: استاندارد شماره ۶۴۳۰ سازمان استاندارد ایران

تراکم ساختمانی

هدف از بررسی این معیار، این است که ساختمان‌های با تراکم پایین دارای ارزش بالا و ساختمان‌های با تراکم بالا دارای ارزش کم برای انتخاب ایستگاه آتش‌نشانی می‌باشد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی

معمولاً مدل فرایند سلسله مراتبی، با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس (Expert Choice) اجرا می‌شود. به منظور ارزیابی و مقایسه عناصر موجود در یک سطح معین در رابطه با عنصر و یا عنصری از رده بالاتر از مقایسات زوجی استفاده شد. ماتریس مقایسه‌های زوجی را برای هر عنصر تشکیل می‌دهیم، ورودی‌های ماتریس، اهمیت یک عنصر را نسبت به عنصر دیگر نشان می‌دهد. عناصر، در هر سطح سلسله مراتب با در نظر گرفتن عنصر سطح بالاتر، با استفاده از مقیاس ارجحیت، ارزش گذاری می‌شوند. این ارزش‌ها



نمودار ۱: ساختار سلسله مراتبی (درخت تصمیم گیری) (منبع: نگارندگان)

جدول ۱: مقایسه دو به دوی معیارها

	trakom jamiati	dastrasi	karbari sazegar	shoae dastrasi	kefiate bana	andaze ghataat	trakome sakt
trakom jamiati		2.0	3.0	4.0	3.5	5.0	7.0
dastrasi			2.0	4.0	3.0	5.0	6.0
karbari sazegar				2.0	3.0	5.0	4.0
shoae dastrasi					2.0	4.0	3.0
kefiate bana						2.0	3.0
andaze ghataat							2.0
trakome sakt	Incon: 0.04						

منبع: نگارندگان



نمودار ۲: وزن‌های حاصل از مقایسه دو به دوی معیارها (منبع: نگارندگان)

جدول ۲: مقایسه دودویی زیر معیارهای کاربری سازگار

	bazar	bayer	tajhizat	kargahi sanati	gardeshgari	amozeshi	anbardari	poshesh giahi	edari
bazar		5.0	7.0	3.0	7.0	9.0	5.0	8.0	9.0
bayer			4.0	3.0	4.0	6.0	5.0	6.0	8.0
tajhizat				3.0	5.0	6.0	5.0	3.0	6.0
kargahi sanati					3.0	5.0	4.0	3.0	5.0
gardeshgari						3.0	4.0	3.0	4.0
amozeshi							3.0	2.0	2.0
anbardari								2.0	3.0
poshesh giahi									3.0
edari	Incon: 0.1								

منبع: نگارندگان

۸- ایجاد و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی پس از وزن‌پذیری با روش AHP در قالب عملیات انطباقی و همپوشی لایه‌ها ترکیب و تلفیق گردید. انطباق منطقی، شامل یافتن آن مناطقی است که در آن‌ها مجموعه‌ای از شرایط صادق می‌باشد.

برای این کار تحلیل فضایی در ۳ مرحله انجام گرفت که در مرحله اول: ابتدا با توجه به معیار کیفی و کمی در مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نقشه‌ها به دو شیوه به شرح زیر تهیه گردید.

الف) تهیه نقشه‌های کیفی: معیارهای کیفی شامل، دسترسی، کیفیت ابنیه، کاربری‌های سازگار، کاربری ناسازگار می‌باشند. پس از کمی‌سازی داده‌ها در محیط GIS، با

بهینه استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیز سهیم‌اند؛ از این رو در پژوهش حاضر پس از مقایسه زوجی و شناسایی میزان اثرگذاری زیر معیارها، وزن اولیه هر یک از آن‌ها محاسبه شده است.

۷- بررسی میزان نرخ سازگاری در فرایند تحلیل سلسله مراتبی

جهت بررسی چگونگی واقع‌گرایانه بودن نتایج نهائی، این تحلیل توسط نرم افزار EXPERT CHOICE صورت پذیرفت. میزان ناسازگاری در همه موارد کمتر یا مساوی از ۰/۱ محاسبه گردید.

جدول ۳: وزن معیارها و زیر معیارها

معیار	وزن	زیر معیار	وزن	معیار	وزن	زیر معیار	وزن
تراکم جمعیتی	۰/۳۳۴			شعاع عملکرد	۰/۱۰۴	یابری	۴/۵۷
				کیفیت آیینیه		۰/۰۷۵	مخروطیه
دسترسی	۰/۲۴۶	درجه ۱	۶/۷۲				
		درجه ۲	۲/۰۳				
		درجه ۳	۰/۸				
		درجه ۴	۰/۴۵				
کاربری های سازگار	۰/۱۶۲	بازار	۳/۲۲	اندازه قطعات	۰/۰۴۴		
		یابری	۱/۴۶				
		تجهیزات شهری	۱/۰۲	تراکم ساختمانی	۰/۰۳۳		
		کارگاهی صنعتی	۰/۷۴				
		گردشگری	۰/۴۷				
		آموزشی	۰/۲۸				
		انبارداری	۰/۲۷				
		پوشش گیاهی	۰/۲۴				
		اداری	۰/۱۵				

منبع: نگارندگان

عنوان یک زیر معیار، در مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی مد نظر بوده است، از آنجا که بازار به عنوان یک کاربری مستعد خطر آتش سوزی است؛ لازم است که مکان‌یابی ایستگاه پیشنهادی فاصله کمتری رانست به کاربری مذکور داشته باشد.

مرحله ۳: تلفیق و ترکیب لایه‌ها

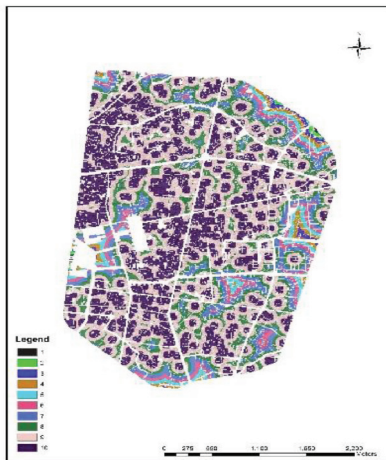
پس از نرمالیزه نمودن نقشه‌ها با ابزار Reclassify، و طبقه‌بندی دسته‌ها در این مرحله با ابزار Raster Calculator، مجموع تمامی لایه‌های تولید شده، در ارزش‌های مختص هر لایه بدست آمده از AHP ضرب نموده و نقشه مکان‌های پیشنهادی برای ایستگاه آتش‌نشانی تولید شد. براساس نقشه نهایی (نگاره ۱۹)، مناسب‌ترین نقاط بهینه برای ایستگاه آتش‌نشانی بر اساس تحلیل معیارها انتخاب شد. این نقاط انتخابی دارای ویژگی‌های مناسب از جمله نزدیکی به دسترسی درجه ۲، متروکه بودن زمین، مساحت ۱۵۰۰ مترمربع به بالا، تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی بالا در پیرامون می‌باشد. طبق (نگاره ۱۹)، فواصل سه نقطه با استفاده از ابزار Euclidean Distance مورد بررسی قرار گرفت. از طرفی با توجه به

محاسبه فاصله اقلیدسی با استفاده از ابزار Euclidean distance برای تک تک معیارها و زیر معیارها، نقشه‌های جداگانه تهیه شد.

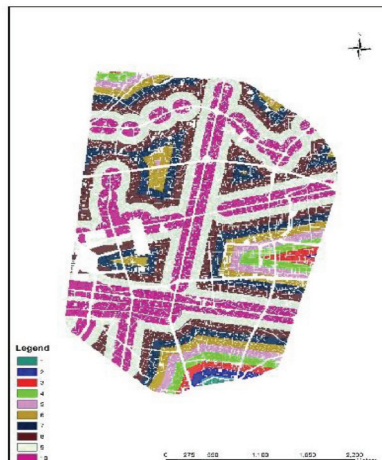
ب) تهیه نقشه‌های کمی: معیارهای کمی شامل، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، اندازه قطعات و شعاع دسترسی می‌باشد. که با استفاده از نرم افزار GIS، نقشه‌های رستری از ابزار Feature to Raster برای هر کدام از معیارها تهیه گردید. (نگاره‌های ۱۲ تا ۱۶)

مرحله ۲: طبقه‌بندی نقشه‌ها بر اساس ارزش گذاری آن‌ها

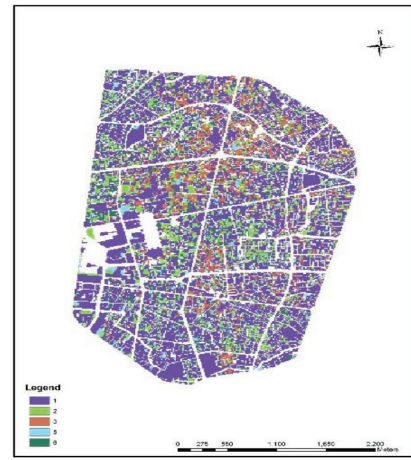
در این مرحله تمام نقشه‌های تهیه شده در مرحله یک را، با استفاده از ابزار Spatial Analyst tools، به چند کلاس بین ۱-۱۰ و یا ۵-۱ طبقه بندی نمودیم، ارزش ۱ (کمترین ارزش) و ارزش ۱۰ و یا ۵ برای کلاس‌های ۵ دسته (بالاترین ارزش) را به خود گرفتند. البته در برخی نقشه‌ها ارزش صفر داده شده است چرا که برخی پیکسل‌ها برای هدف مکان‌یابی، فاقد ارزش بوده‌اند. در ادامه، برخی از نقشه‌های حاصله نشان داده شده است. برای نمونه در معیار کاربری سازگار، بازار به



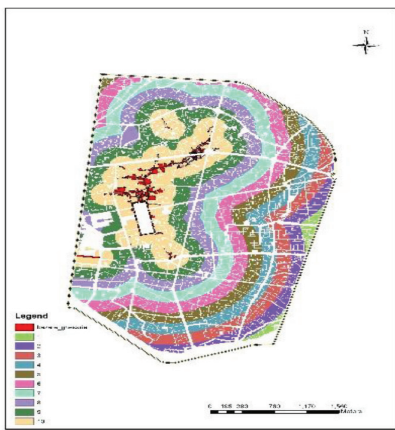
نگاره ۱۲: نقشه رستری اراضی بایر



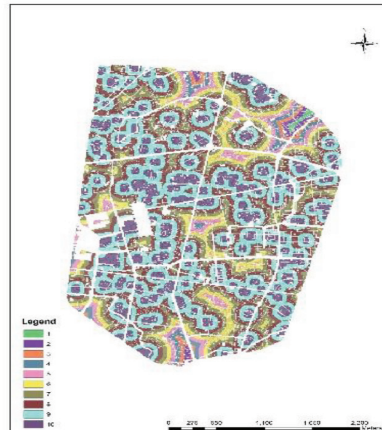
نگاره ۱۱: نقشه رستری دسترسی



نگاره ۱۰: نقشه رستری کیفیت ابنیه



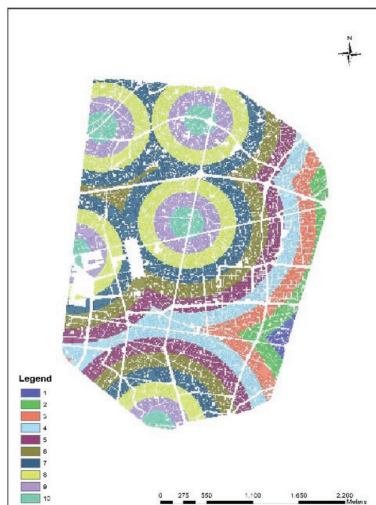
نگاره ۱۵: نقشه رستری محور بازار



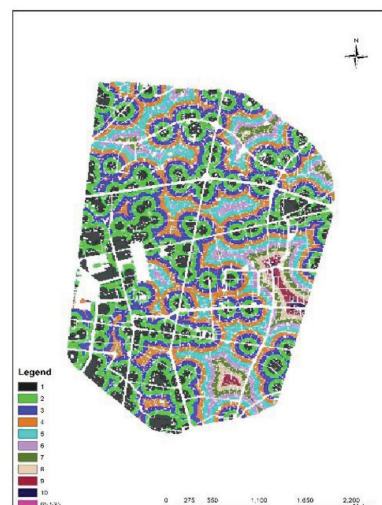
نگاره ۱۴: نقشه رستری کاربری آموزشی



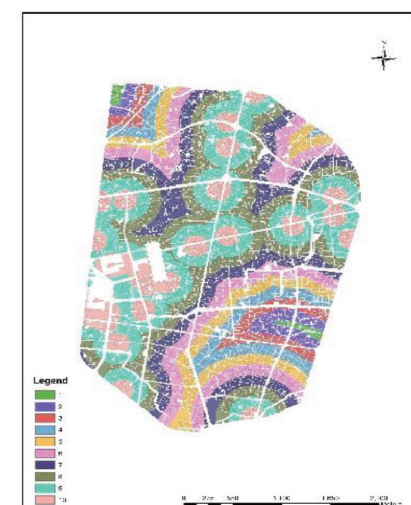
نگاره ۱۳: نقشه رستری تراکم جمعیتی



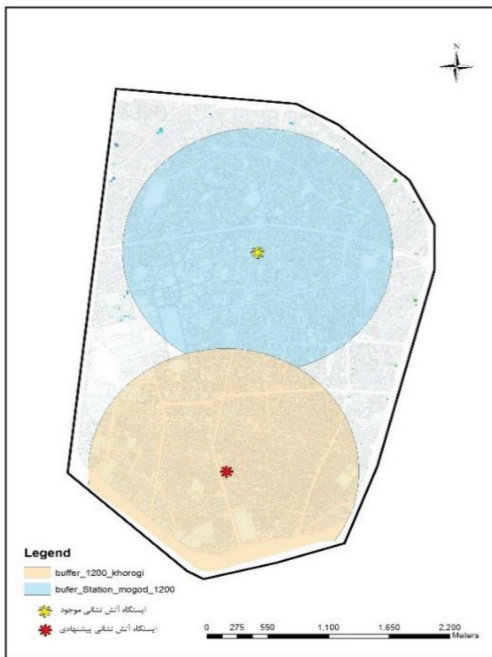
نگاره ۱۸: نقشه رستری تجهیزات شهری



نگاره ۱۷: نقشه رستری کاربری اداری



نگاره ۱۶: نقشه رستری مکان‌های گردشگری



نگاره ۲۰: نقشه نهایی مکان بهینه ایستگاه آتش‌نشانی

(منبع: نگارندگان)



نگاره ۱۹: نقشه مناسب‌ترین مکان‌های پیشنهادی

این منطقه بسیار با اهمیت می‌باشد. بنابراین بر اساس جمعیت و سطح منطقه، ایستگاه آتش‌نشانی موجود امکان خدمات رسانی در فاصله زمان ۳-۵ دقیقه را در کل منطقه پوشش نمی‌دهد. با توجه به اینکه این منطقه دارای بافت ارگانیک و نفوذناپذیر است؛ براساس مشاهدات میدانی و استانداردهای موجود نیاز ساکنین به تجهیزات شهری از جمله ایستگاه آتش‌نشانی ضروری می‌بود. بنابراین هدف این پژوهش مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی دیگری بر اساس نیاز منطقه، استانداردها و شاخص‌ها انجام گرفت.

از این رو معیارهای مؤثر در منطقه ۳ شامل، تراکم جمعیتی، دسترسی، کاربری‌های سازگار، شعاع عملکردی، کیفیت ابنیه، اندازه قطعات، تراکم ساختمانی، کاربری سازگار در نظر گرفته شد. در نهایت با در نظر گرفتن شعاع عملکردی ۱۲۰۰ متری، محل استقرار ایستگاه بهینه آتش‌نشانی در خیابان نشاط پیشنهاد شد.

استاندارد موجود به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر به احداث یک ایستگاه آتش‌نشانی نیازمندیم، بنابراین با وجود یک ایستگاه آتش‌نشانی در منطقه، استقرار ایستگاه دیگری نیز ضروری است.

در نهایت با توجه به نقشه‌های فوق‌الذکر با بررسی فواصل چهار ایستگاه آتش‌نشانی موجود و پیشنهادی از یکدیگر، نقشه نهایی (نگاره ۲۰) بنا بر عدم تداخل شعاع عملکردی ۱۲۰۰ متری ایستگاه‌ها نسبت به یکدیگر؛ نقطه‌ی سوم به عنوان بهینه‌ترین مکان استقرار ایستگاه آتش‌نشانی انتخاب گردید.

۹- نتیجه‌گیری

با مطالعه وضع موجود و مشاهدات میدانی ایستگاه آتش‌نشانی در منطقه ۳ اصفهان، تنها دارای یک مرکز بوده است و با توجه به حجم کاربری‌ها و فعالیت‌های حائز اهمیت در منطقه و همچنین بالابودن قدمت منطقه با بناهای با ارزش تاریخی در سطوح ملی و بین‌المللی مسأله ایمنی در بافت

منابع و مآخذ

- 1- پرهیزکار، اکبر، (۱۳۸۳)، ارائه مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی.
- 2- زبردست، اسفندیار، (۱۳۹۰)، کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، مجله هنرهای زیبا، دوره ۲، شماره ۴۱، صص ۷۹-۹۰.
- 3- عادل، محسن و همکاران (۲۰۰۷)، مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی گرگان با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، منتشر در اولین همایش GIS شهری دانشگاه شمال.
- 4- علوی و همکاران (۱۳۹۲)، تحلیل فضا - مکانی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی برپایه‌ی مدیریت بحران با استفاده از روش تلفیقی MCDM و تحلیل شبکه، مطالعه موردی: منطقه‌ی ۶ تهران، فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت بحران، شماره دوم، ص ۵.
- 5- مشکینی، حبیبی، تفکری؛ ابوالفضل، کیومرث، اکرم (۱۳۸۹)، تحلیل فضا - مکانی تجهیزات شهری و کاربست مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: ایستگاه‌های آتش‌نشانی هسته مرکزی تهران)، فصلنامه جغرافیا انسانی، شماره ۷۴، ص ۹۵.
- 6- نتایج نظرسنجی عمومی از شهروندان منطقه ۳ اصفهان، (۱۳۹۲)، معاونت برنامه‌ریزی پژوهش و فناوری اطلاعات.
- 7- نورالهی، نودری؛ بابک، کمال (۱۳۸۹)، طرح‌های جامع (راهبردی) ایمنی گامی اساسی در افزایش ایمنی شهری، مجله مبلمان و خدمات شهری، شماره ۱، صص ۲۵-۳۰.
- 8- هادیانی، کاظمی‌زاد؛ زهره، شمس‌اله (۱۳۸۳)، مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی شهر قم، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۷، صص ۹۹-۱۱۲.
- 9- پورتال کتابخانه و مرکز اطلاع‌رسانی سازمان ملی استاندارد ایران ([www.http://isiri.org.ir](http://isiri.org.ir))
- 10- Ceyhan Elvan, Ertuğay Kivanç and Düzgün Şebnem. (2013). Exploratory and inferential methods for spatio-temporal analysis of residential fire clustering in urban areas, Fire Safety Journal, Volume 58, May 2013, Pp. 226-239.
- 11- Chevalier Philippe, Thomas Isabelle, Geraets David, Goetghebeur Els, Janssens Olivier, Peeters Dominique and Plaetria Frank. (2012). Locating fire stations: An integrated approach for Belgium, Socio-Economic Planning Sciences, Volume 46, Issue 2, June 2012, Pp. 173-182.
- 12- Duc, Tran Trong, (2006), USING GIS AND AHP TECHNIQUE FOR LAND-USE SUITABILITY ANALYSIS, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences.
- 13- Ghamgosar .M, Haghyghy.M, Mehrdoust .N , (2011), Multicriteria Decision Making Based on Analytical Hierarchy Process (AHP) in GIS for Tourism, Middle-East Journal of Scientific Research 10 (4): 501-507.
- 14- Habibi, Kio mars, Lotfi, Sedighe, Kohsari, Mohammad javad, (2008), Spatial analyses of urban fire stations by locating AHP model and IO logic using GIS, Journal of applied sciences.
- 15- Himoto Keisuke and Tanaka Takeyoshi. (2012). A model for the fire-fighting activity of local residents in urban fires , Fire Safety Journal, Volume 54, November 2012, Pp. 154-166.
- 16- Liu .Nan; Huang. Bo. Chandramouli .Magesh, (2006), Optimal Siting of Fire Stations Using GIS and ANT Algorithm. JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING © ASCE / SEPTEMBER/OCTOBER. 361.
- 17- Murray Alan T. (2013). Optimising the spatial location of urban fire stations, Fire Safety Journal, In Press, Corrected Proof, Available online 29 April 2013.
- 18- Savsar, Mehmet, (2013), Simulation Modeling of Fire Station Locations under Traffic Obstacles, International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering. Vol: 7 .No: 1.
- 19- T. Erden and M. Z. Coskun, (2010), Multi-criteria site selection for fire services: the interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems. Natural Hazards and Earth System Sciences. Sci., 10, 2127-2134
- 20- Zhang Yong. (2013). Analysis on Comprehensive Risk Assessment for Urban Fire: The Case of Haikou City, Procedia Engineering, Volume 52, 2013, Pp. 618-623.