جغرافیا و توسعه- شماره ۱۷- بهار ۱۳۸۹
وصول مقاله : ۱۳۸۷/۱۰/۷
تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۹/۲۶
صفحات : ۱۱۲- ۹۹

مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قم

دکتر زهره هادیانی — استادیار جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان
شمس‌اله کاظمی‌زاد — کارشناس ارشد جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

از میان کاربری‌ها و خدمات موجود در شهر، توزیع و مکان‌یابی بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روزافزون به امر ایمنی در شهرها و ارایه‌ی تمهیداتی در زمینه‌ی پیشگیری و مقابله با آتش‌سوزی و حادثه از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. شهر قم با جمعیتی در حدود ۹۵۷۴۵۷ نفر در سال ۱۳۸۵ و به عنوان یک شهر پرجمعیت، از نظر تعداد و پراکندگی واحدهای خدماتی از جمله ایستگاه‌های آتش‌نشانی با کمبود روبرو است. در این مقاله با روش توصیفی- تحلیلی و با بهره‌گیری از روش تحلیل شبکه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، توزیع فضایی، مکان استقرار و شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود شهر قم مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم در وضع موجود از الگوی مناسبی برخوردار نمی‌باشد و فاصله‌ی زمانی رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به آخرین نقطه‌ی منطقه‌ی تحت پوشش خود بیش از ۵ دقیقه می‌باشد که با مدت‌زمان استاندارد، ۲ دقیقه اختلاف داشته و عملاً یک سوم شهر به این کاربری دسترسی مناسب ندارد. بنابراین با به‌کارگیری مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تلفیق آن با قابلیت‌های GIS، برای مناطق خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود، ۵ ایستگاه جدید مکان‌یابی و پیشنهادگردید تا کل فضای شهر، براساس استاندارد۳ دقیقه‌ای رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق، تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود و پیشنهادی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، GIS، تحلیل شبکه، مدل AHP، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، شهر قم.

مقدمه

فرآیند برنامه‌ریزی، تلاشی است برای ایجاد چارچوبی مناسب که طی آن برنامه‌ریز بتواند برای رسیدن به راه‌حل بهینه اقدام کند *(Lee, 1973: 2)*. استقرار هر عنصر شهری در موقعیت فضایی- کالبدی خاصی از سطح شهر، تابع اصول و قواعد و ساز و کار (مکانیسم) های خاصی

Archive of SID
www.SID.ir

است که در صورت رعایت شدن به موفقیت و کارایی عملکردی آن عنصر در همان مکان مشخص، خواهد انجامید و در غیر این صورت چه بسا مشکلاتی بروز کند *(شهابیان، ۱۳۷۶: ۲۱)*. توزیع بهینه‌ی کاربری‌ها و مراکز خدماتی مسأله‌ای است که اغلب اوقات برنامه‌ریزان با آن سر و کار دارند. چرا که به‌دلیل رشد پرشتاب جمعیت و کالبد شهرها، مشکلاتی مانند کمبود و عدم توزیع فضایی مناسب کاربری‌ها به‌وجود آمده است *(Ahadnejad, 2007: 1)*. از میان کاربری‌ها و خدمات موجود در شهر، توزیع و مکان‌یابی بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روزافزون به امر ایمنی در شهرها و ارایه‌ی تمهیداتی در زمینه‌ی پیشگیری و مقابله با آتش‌سوزی و حادثه از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بدون تردید در میان کلیه‌ی روش‌های موجود برای پیشگیری و کاهش تلفات و خسارات ناشی از آتش‌سوزی‌ها در مناطق شهری، برنامه‌ریزی شهری از طریق وضع استانداردها و ضوابط و مقرّرات مربوطه می‌تواند سهم قابل‌توجهی در کاهش خسارات‌جانی و مالی و تأمین ایمنی بیشتر برای شهروندان در بلندمدت داشته باشد، این امر در شهرهای ایران که اکثراً دارای بافتی فشرده و متراکم با شبکه‌های دسترسی نامناسب هستند حساسیت بیشتری را در وضع استانداردها و ضوابط می‌طلبد، تا در مواقع اضطراری و وقوع حوادث در این بافت‌ها، عملیات امدادرسانی به ساکنین به موقع انجام گیرد *(پوراسکندری، ۱۳۸۰: ۶)*. سیاست کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه‌ی خاص و مدون بوده است به گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه 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)*.

مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم نیز از این قاعده مستثنی نبوده است، شهر قم با نقش غالب زیارتی- مذهبی و با داشتن بافتی فشرده و شبکه‌های دسترسی نامناسب، مخصوصاً در نیمه‌ی میانی و جنوبی شهر، دارای کمبود و عدم تعادل فضایی در اکثر خدمات شهری بخصوص در زمینه‌ی مکان‌یابی درست و استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی به تعداد کافی می‌باشد *(کاظمی‌زاد، ۱۳۸۷: ۹۴)*، به‌طوری‌که ۱۱ ایستگاه آتش‌نشانی موجود شهر، قادر به خدمات‌رسانی به کل شهر نبوده و طبق بررسی‌های به عمل آمده بیش از یک سوم شهر از شعاع پوشش این ایستگاه‌ها خارج می‌باشند. 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

Archive of SID

www.SID.ir

شهرها ایفا می‌نمایند. بدیهی است خدمات‌رسانی به موقع و مطمئن توسط ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز مستلزم استقرار آنها در مکان‌های مناسب است که بتوانند در اسرع وقت[1] و بدون مواجه شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری از یک‌طرف و با ایجاد حداقل آثار منفی بر روی زندگی ساکنان شهر از طرف دیگر به محل حادثه رسیده و اقدامات اطفاء و یا امداد را به انجام برسانند *(سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۳: ۱)*. بدین ترتیب در این تحقیق به منظور حل مسأله‌ی کمبود ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین بهترین مکان برای احداث ایستگاه‌های جدید از ابزارهای GIS استفاده گردیده است، چرا که امروزه مسایل شهری باعث شده است متغیّرهای متعددی در مکان‌گزینی کاربری‌ها تأثیرگذار باشد که امکان تحلیل آنها به روش‌های سنتی نظیر روی‌هم‌گذاری دستی نقشه‌ها به‌دلیل حجم زیاد داده‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا استفاده از ابزار توانمندی چون سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مکان‌یابی کاربری‌ها در شهر ضروری می‌باشد *(نظری عدلی و کوهساری، ۱۳۸۶: ۱۱)*.

طرح مسأله و فرضیه‌ی تحقیق

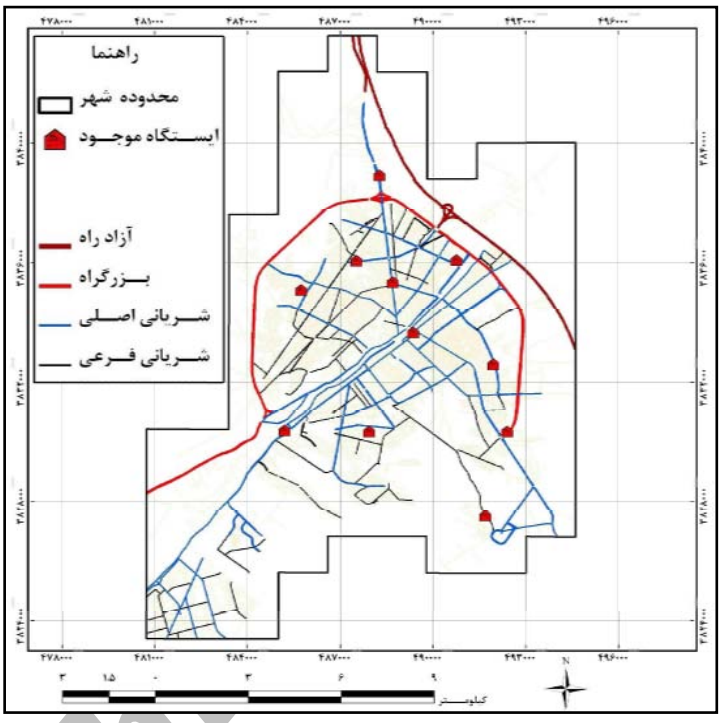
شهر قم در مرکز ثقل جغرافیایی ایران قرار گرفته است. این شهر به‌دلیل قرارگیری در کنار شاهراه ارتباطی کشور و همسایگی با استان تهران مرکز سیاسی- اداری کشور با فاصله‌ی ۱۳۵ کیلومتری از شمال آن موقعیت ارتباطی ممتازی را دارا می‌باشد *(سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم، ۱۳۸۲: ۳)*. شهر قم در سال ۱۳۸۵ با نرخ رشد جمعیتی ۱/۶ درصد از رشد بالای جمعیت و در نتیجه توسعه‌ی فیزیکی شتابانی برخوردار بوده است به‌طوری‌که جمعیت شهر طی پنج دهه از ۹۶۴۹۹ نفر در سال ۱۳۳۵ به حدود ده برابر (۹۵۷۴۵۷ نفر) در سال ۱۳۸۵ رسیده *(مرکز آمار ایران، ۱۳۸۶)* و این گسترش فضای کالبدی شهر که با عدم برنامه‌ریزی مناسب در خدمات‌رسانی مواجه بوده، نابسامانی‌هایی را نیز در زمینه‌ی خدمات عمومی از جمله دسترسی مناسب به ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌وجود آورده است *(سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهر قم، ۱۳۸۷: ۱۲)*. با توجه به جمعیت و وسعت فعلی شهر (سال ۱۳۸۵)، تنها یازده ایستگاه آتش‌نشانی در شهر مشغول انجام عملیات اطفاء و امداد و نجات به کل شهر در مساحتی حدود ۱۵۰۰۰ هکتار می‌باشند (شکل ۱) که با توجه به رعایت استانداردها این تعداد ایستگاه به هیچ وجه جوابگوی خدمات‌رسانی به کل شهر نبوده و در این زمینه کمبود جدی

۱- ایستگاه‌های آتش‌نشانی با پوشش مناسب در فاصله‌ی زمانی کمتر از ۵ دقیقه می‌توانند از شدت حوادث و خسارات مالی و جانی به شدت بکاهند، چرا که آتش‌سوزی در این فاصله زمانی قابلیت کنترل بیشتری دارد (مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸: ۱۴۰).

Archive of SID

www.SID.ir

در شهر احساس می‌شود که بایستی با توجه به معیارهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به انتخاب مکان بهینه برای این مراکز در سطح شهر و افزایش تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز پرداخته شود. تا با مکان‌یابی بهینه، از اثرات توزیع نامطلوب آن جلوگیری به عمل آید.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در شهر قم
مأخذ: شهرداری قم، ۱۳۸۷: نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهرقم

بنابراین سؤال اساسی این است که شهر قم با وسعتی حدود ۱۵ هزار هکتار و جمعیتی نزدیک به یک میلیون نفر در سال۱۳۸۵، در زمینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی چقدرکمبود داشته است و به چه تعداد ایستگاه و در کدام مکان‌های شهری نیازمند است و به‌نظر می‌رسد که:

۱- تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر قم، با توجه به رشد و پراکندگی جمعیت و استانداردهای شهری متناسب نباشد.

۲- مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم، متناسب با رشد فیزیکی شهر و بر مبنای پوشش سریع و کامل حوادث احتمالی انجام نگرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر بر آن است که بر اساس سؤال و فرضیه‌های مطرح شده، با توجه به روش‌شناسی جغرافیایی، با نگرش سیستمی به مناطق شهری به صورت یک کل و نه تعدادی اجزای غیر مرتبط و در تعارض با یکدیگر نگریسته تا با تعیین مناسب‌ترین مکان ایستگاه‌های آتش‌نشانی در فضای شهری بر اساس دیدگاه ساختارگرایی در قالب یک ساختار جغرافیایی به حداکثر کارایی و عدالت اجتماعی در شهر دست‌یافته *(مؤمنی، ۱۳۷۷: ۲۹)* و با توجه به دیدگاه کارکردگرایی *(همان، ۲۸-۲۵)* ترکیبی صحیح از کاربری‌ها و فعالیت‌ها را با تأکید بر کاربری خدمات شهری (به ویژه ایستگاه‌های آتش‌نشانی) ارایه کرده تا با شناخت و انتخاب بهترین مکان، امکان ساخت و توسعه‌ی کالبدی- فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را از سوی برنامه‌ریزان و مدیران شهری برای ارایه‌ی خدمات بهتر فراهم سازد.

در این مقاله با روش توصیفی- تحلیلی و با بررسی عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، از نقشه کاربری اراضی شهر قم، لایه‌های اطلاعات رقومی ایجاد و وارد محیط GIS گردیدند، سپس این لایه‌ها با استفاده از نقشه‌های جدید به روز شدند و با اتخاذ روش مناسب، علاوه بر روش تحلیل شبکه و به‌کارگیری مدلAHP و همچنین ایجاد تغییرات مورد نظر بر روی لایه‌های اطلاعاتی به نتیجه‌ی مورد نظر که مکان‌یابی محل مناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشد، انجام گردید. لازم به ذکر است که هر یک از مراحل ذکر شده دارای تأثیر مهمی در نتیجه نهایی می‌باشد. در این مطالعه روش کلی بر این اساس استوار است که مناطق نامناسب غربال شد، سپس تصمیمات اساسی‌تر بر روی مناطق باقیمانده اخذ شد و نتیجه‌ی نهایی یعنی محل مناسب برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی مکان‌یابی گردید.

جهت مکان‌یابی در سیستم‌های GIS می‌بایست عوامل مؤثر، معیارها و محدودیت‌ها به‌صورت لایه‌های مختلف تهیه شده و مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند، به عبارت دیگر در اجرای پروژه‌ی انتخاب مکان مناسب جهت ایستگاه‌های آتش‌نشانی در هر منطقه‌ای بایستی به جنبه‌های مختلف اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی و زیست‌محیطی مسأله توجه کرد و با در نظر گرفتن این جنبه‌ها به انتخاب محل مناسب مبادرت ورزید، که در این مقاله تمامی این نکات در نظر گرفته شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحلیل شبکه [1]

در این تحقیق به کمک روش Network Analyst 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 این روش، فاصله‌ی زمانی بین مبدأ و مقصد به‌صورت منطقی و واقعی قابل محاسبه می‌باشد. بدین ترتیب که ابتدا کلیه‌ی مسیرهای ارتباطی شهر بر اساس جهات واقعی ترافیک در محیط AutoMap رقومی و تهیه شد و پس از ایجاد توپولوژی در محیط ArcGIS اطلاعاتی مانند طول معابر، Fnode, Id و Tnode به‌کار گرفته شده و رابطه‌ی فضایی بین خطوط شبکه ایجاد گردید. در مرحله‌ی بعد با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و سؤال از رانندگان مختلف در ساعات اوج ترافیک و همچنین حد مجاز سرعت اتومبیل در برخی معابر شهر، متوسط سرعت حرکت اتومبیل در سلسله مراتب معابر مختلف شهر به‌دست آمد و به جدول اطلاعات توصیفی شبکه وارد گردید. سایر اطلاعات تکمیلی شبکه نیز مانند یک طرفه یا دو طرفه بودن، عرض معابر و تقاطع‌های موجود به شبکه اضافه شده و برای تحلیل آماده شد. سپس از تقسیم طول خیابان‌ها بر متوسط سرعت حرکت اتومبیل‌ها بر اساس فرمول سرعت در فیزیک (V=D/T)، عامل زمان یعنی مدت زمان‌های هر مسیر به‌دست آمد و سیستم شبکه‌ی شهر با اطلاعات موجود هوشمند شد.

طبق رابطه‌ای [2] یک خودرو آتش‌نشانی در ۵ دقیقه حداکثر ۲/۹ کیلومتر مسافت را به طور مستقیم می‌تواند طی کند. البته زمان آمادگی و حرکت خودروها که بین ۱ تا ۲ دقیقه می‌باشد جزء این زمان منظور نشده است *(پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۹۷)*. بدین ترتیب برای به‌دست آوردن شعاع عملکرد ایستگاه‌ها در ابتدا فاصله ۲/۹ کیلومتر و مدت زمان ۵ دقیقه بر روی شبکه ارتباطی شهر اعمال گردید. لذا مشخص شد که هر ایستگاه تا چه میزان روی شبکه می‌تواند خدمات برساند. سپس با استفاده از روش تحلیل شبکه در محدوده‌ی مورد مطالعه، متوسط مدت‌زمان ۳ دقیقه بر روی شبکه‌ی معابر برای ۱۱ ایستگاه موجود اعمال گردید که نتیجه‌ی به‌دست آمده گویای عدم پوشش تمامی فضای شهر توسط ایستگاه‌های موجود می‌باشد، به طوری‌که بیش از یک‌سوم محدوده شهر از شعاع تحت پوشش این ایستگاه‌ها خارج است و نیازمند مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌های جدید می‌باشد (شکل ۲).

---

1 - Network Analyst

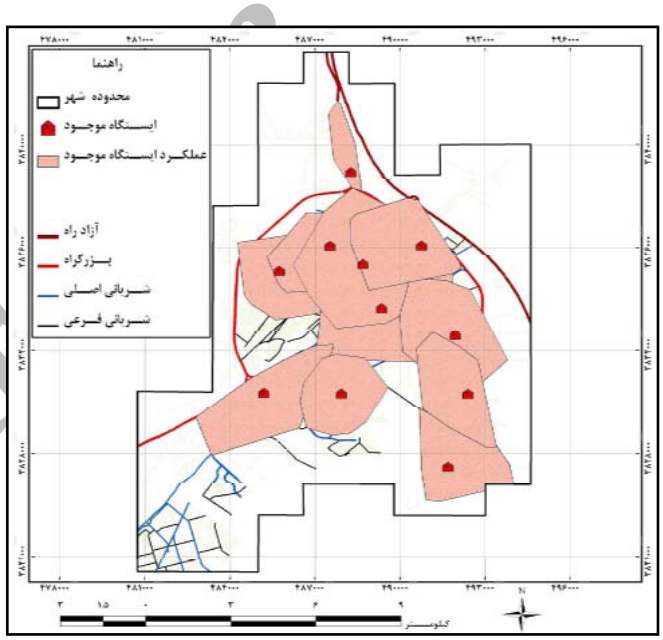
۲- مسافت

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد مدل AHP در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد *(زبردست، ۱۳۸۰: ۱)* و تصمیم‌گیری باید در یک فضای چندبعدی صورت پذیرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در چنین شرایطی روش‌های ارزیابی چند معیاری، با توجه به این که در این روش‌ها فرض بر این است که هر یک از معیارها محور یا "بعد" جداگانه‌ای هستند *(توفیق، ۱۳۷۲: ۴۰)*، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. یک روش اساسی جهت آزمون در مدل AHP، روش مقایسه‌ای دوتایی می‌باشد. این روش از پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری به طور قابل توجهی می‌کاهد زیرا تنها دو مؤلفه در یک زمان بررسی می‌گردند که شامل سه گام اصلی: الف- تولید ماتریس مقایسه‌ی دوتایی، ب- محاسبه‌ی وزن معیارها، ج- تخمین نسبت توافق می‌باشد، در این تحقیق این مراحل برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی دنبال شده و نتیجه‌ی آن درمحیط GIS برای تعیین مکان‌های مناسب و نامناسب برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تولید نقشه‌های خروجی مکان‌یابی مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۲ : شعاع عملکرد ایستگاه‌های موجود بر اساس ۳ دقیقه با تحلیل شبکه

مأخذ: شهرداری قم، ۱۳۸۷: نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهرقم

Archive of SID

www.SID.ir

الف- ایجاد ماتریس مقایسه‌ی دوتایی

برای ایجاد ماتریس مقایسه‌ی دوتایی ازطریق غربال‌کردن که مقادیری از ۱ تا ۹ را برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به‌کار گرفته، استفاده شده است *(فرجی‌سبکبار، ۱۳۸۴: ۱۲۸)* (جدول ۱). به این ترتیب که برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها، دو به دو با هم مقایسه گردیده‌اند. مقایسه‌های دو به دو در یک ماتریس $n \times n$ [۱] ثبت شده که این ماتریس را "ماتریس مقایسه دودویی معیارها" $A=[a_{ij}]_{n\times n}$ می‌نامند. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل "شروط معکوس" در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (اگر اهمیت i نسبت به j برابر k باشد، اهمیت عنصر j نسبت به i برابر ۱/ k خواهد بود) *(قدسی‌پور، ۱۳۷۹: ۶)*. در هر مقایسه‌ی دودویی، دو مقدار عددی a_{ij} و $1/a_{ij}$ را خواهیم داشت. در (جدول ۲) ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها برای مسأله‌ی مورد تحقیق ارایه شده است، برای تعیین عوامل و معیارهای مؤثر در امر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و میزان اهمیت این معیارها نسبت به هم نیز از کتب، مطالعات و گزارشات انجام گرفته در این زمینه و همچنین نظرات مسؤولین و متخصصین مربوطه استفاده گردیده که ماحصل آن استخراج معیارهایی می‌باشد که در (جدول ۲) آمده و در محیط GIS هر کدام به عنوان یک لایه وارد شده و در امر تحلیل مورد استفاده واقع گردیدند.

جدول ۱: مقیاس ۹ کمّیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

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 فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹

مأخذ: زبردست، ۱۳۸۰: ۱۷

۱- در اینجا ۱۵=n گرفته شده است یعنی ۱۵ ×۱۵.

Archive of SID

www.SID.ir

ب- محاسبه وزن معیارها

نحوه‌ی محاسبه‌ی وزن معیارها شامل مراحل زیر است :

۱- جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی. ۲- تقسیم نمودن هر مؤلفه ماتریس بر مجموع ستونش (ماتریس حاصل، ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده نام دارد). ۳- محاسبه‌ی میانگین مؤلفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده، یعنی تقسیم کردن مجموع امتیازات نرمال شده برای هر ردیف بر ۱۵ (تعداد معیارها). این میانگین‌ها تخمینی از وزن نسبی معیارهای مقایسه‌شونده را ایجاد می‌کند، که این مراحل برای مسأله‌ی موردنظر دنبال شده و نتیجه‌ی آن در (جدول ۲) به عنوان وزن معیارها ارایه شده است، که در آن دسترسی به شیرهای آتش‌نشانی و نزدیکی به مراکز متراکم جمعیتی و پمپ‌های بنزین و گاز به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و سایر معیارها نیز به ترتیب دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف هستند.

ج- تخمین نسبت توافق

برآورد نسبت توافق نشان‌دهنده‌ی میزان سازگاری معیارها با یکدیگر است و شامل این مراحل است: ۱- تعیین بردار مجموع وزنی به‌وسیله‌ی ضرب کردن وزن اولین معیار (شبکه معابر) در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار (مراکز صنعتی) در دومین ستون، سومین معیار در سومین ستون ماتریس اصلی و به همین ترتیب تا ضرب نمودن پانزدهمین معیار در پانزدهمین ستون ماتریس اصلی و سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها. ۲- تعیین بردار توافق به‌وسیله‌ی تقسیم بردار مجموع وزنی بر وزن‌های معیار که قبلا تعیین گردید. پس از محاسبه‌ی بردار توافق، نیاز به محاسبه‌ی مقادیر دو عبارت دیگر داریم، لاندا (λ) که برابر میانگین مقادیر بردار توافق است و شاخص توافق (CI) که از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{17.226 - 15}{15 - 1} = 0.159$$

همچنین می‌توان " نسبت توافق" (CR) را به طریق زیر محاسبه نمود:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.159}{1.59} = 0.1$$

که در آن RI شاخص تصادفی است که برای مقادیر مختلف تعداد معیار (n) از طریق (جدول ۳) به‌دست می‌آید. نسبت توافق (CR) به‌صورتی طراحی می‌شود که اگر $CR \leq 0.1$ باشد، سطح قابل توافق را در مقایسه‌های دوتایی نشان می‌دهد. در مورد مسأله‌ی مورد نظر، نسبت توافق 0.1 است که مساوی 0.1 می‌باشد که این نسبت سطح قابل قبولی از توافق را در مقایسه‌های دوتایی نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: ماتریس مقایسه‌ی دوتایی معیارهای ارزیابی

معیار	شبکه معابر	مراکز صنعتی	تاسیسات شهری	مراکز انبارداری	مراکز تجاری	مراکز اداری	مراکز آموزشی	مراکز درمانی	هتل و مهمانسرا	شهربازی-سینما	مراکز فرهنگی - مذهبی	حرم	شبکه آبرسانی- شبر آتش‌نشانی	تراکم جمعیت	پمپ بنزین وگاز	وزن
شبکه معابر	۱	۵	۵	۵	۶	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۰/۰۰۷۳
مراکز صنعتی	۱/۵	۱	۵	۵	۶	۷	۷	۸	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۰/۰۰۹۴
تاسیسات شهری	۱/۵	۱/۵	۱	۵	۴	۵	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۸	۸	۸	۰/۰۱۳۶
مراکز انبارداری	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱	۴	۴	۵	۶	۷	۷	۷	۸	۸	۷	۷	۰/۰۱۷۹
مراکز تجاری	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱	۳	۳	۴	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۰/۰۲۴۹
مراکز اداری	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱	۳	۴	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۰/۰۳۰۳
مراکز آموزشی	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۶	۶	۵	۰/۰۳۹۶
مراکز درمانی	۱/۹	۱/۸	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۰/۰۵۳۴
هتل و مهمانسرا	۱/۹	۱/۹	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۰/۰۶۹۰
شهربازی و سینما	۱/۹	۱/۹	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۰/۰۹۵۵
مراکز فرهنگی- مذهبی	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۲	۲	۰/۱۰۷۳
حرم	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۱	۱	۰/۱۲۹۱
شبکه آبرسانی- شیر آتش‌نشانی	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۱	۰/۱۴۰۶
تراکم جمعیت	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱	۱	۰/۱۳۳۱
پمپ بنزین و گاز	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱	۰/۱۲۸۹

مأخذ: نگارندگان

جدول ۳ : شاخص تصادفی بودن

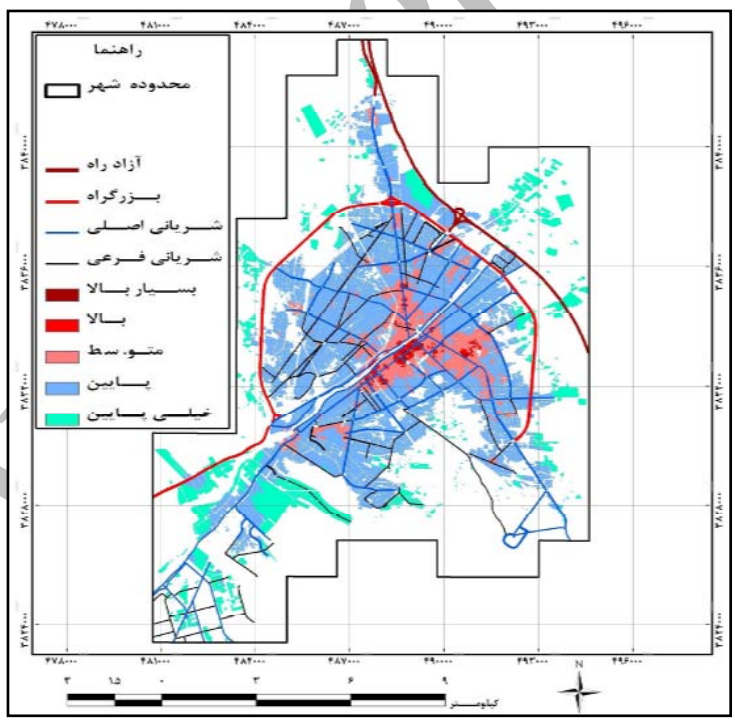
n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

مأخذ: Bowen, 1993: 346

Archive of SID

www.SID.ir

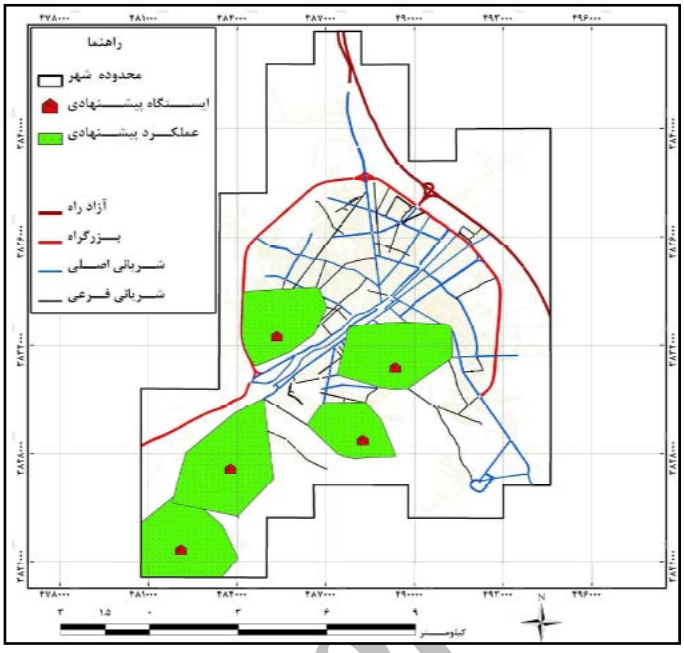
در ادامه به کمک توابع همپوشانی در GIS این لایه‌ها بر روی هم قرار گرفته‌اند و نهایتاً مناسب‌ترین مکان‌ها به منظور استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی که نشان‌دهنده‌ی اولویت‌بندی یا مناسبت زمین (خیلی خوب، خوب، متوسط و ضعیف و خیلی‌ضعیف) برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی است (شکل ۳) نشان داده شد. پس از اینکه مناطق و پهنه‌های مناسب برای ایجاد ایستگاه‌ها به‌دست آمد، مکان‌های با اولویت یک (خیلی خوب)، دو (خوب) و سه (متوسط) که مناسب‌ترین حالت دارا می‌باشند، برای مکان‌یابی ایستگاه‌های مورد نظر در نظر گرفته شدند. (شکل ۴) نشان‌دهنده‌ی مکان‌یابی ۵ ایستگاه جدید است به‌گونه‌ای که بتوانند همراه با ۱۱ایستگاه موجود تمامی شهر را تحت پوشش قرار دهند. برای پی بردن به صحت عمل انجام شده،روش تحلیل شبکه برای ایستگاه‌های پیشنهادی جدید نیز به‌کار گرفته شد و شعاع ۳ دقیقه‌ای ایستگاه‌های جدید به‌دست آمد که گویای پوشش فضاهایی از شهر می‌باشد که در شعاع عملکردی ۱۱ ایستگاه موجود شهر نبودند (شکل ۵). نشان‌دهنده‌ی پوشش تمامی فضای شهر توسط ایستگاه‌های موجود و پیشنهادی می‌باشد.



شکل ۳ : اولویت‌بندی مناطق مستعد برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر قم
مأخذ: شهرداری قم، ۱۳۸۷: نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهرقم

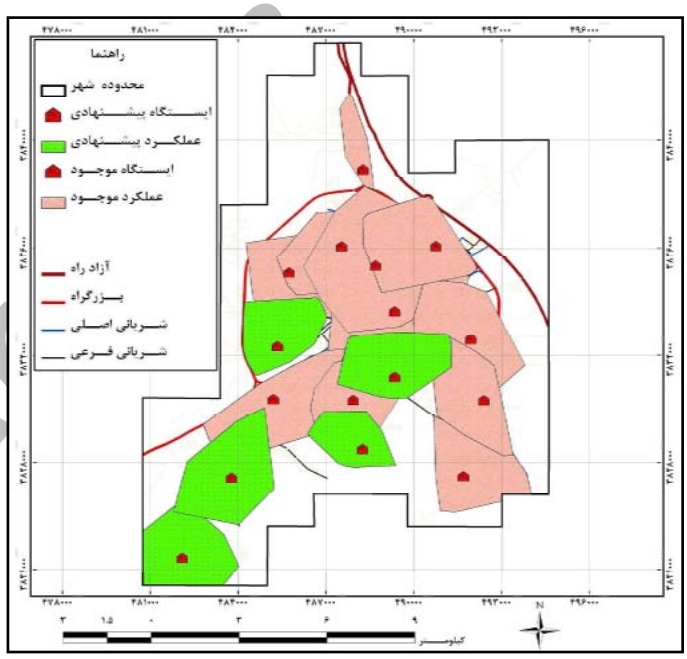
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴: مکان‌یابی ایستگاه‌های پیشنهادی و شعاع عملکرد آنها در۳ دقیقه با تحلیل شبکه

مأخذ: شهرداری قم، ۱۳۸۷: نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهرقم



شکل ۵: شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود و پیشنهادی در ۳ دقیقه با تحلیل شبکه

مأخذ: شهرداری قم، ۱۳۸۷: نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهر قم

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با توجه به نقشه‌ی کاربری اراضی و بررسی‌های به عمل آمده از نحوه‌ی توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در شهر قم و تعیین شعاع عملکردی استاندارد آنها با به‌کارگیری روش تحلیل شبکه، نتیجه می‌شود که بخش زیادی از شهر با وجود تراکم جمعیتی بالا و داشتن کاربری‌های حساسی مانند کاربری صنعتی، تجاری، انبارها و غیره، خارج از محدوده‌ی عملیاتی ۱۱ ایستگاه موجود بوده که دلیل بر کمبود تعداد ایستگاه آتش‌نشانی به اندازه‌ی کافی برای پوشش دادن کل فضای شهر بوده و نیازمند مکان‌یابی و استقرار ۵ ایستگاه جدید می‌باشد. همچنین با استفاده از نقشه‌های متعدد و به‌کارگیری آنها به صورت لایه‌های اطلاعاتی قابل استفاده در محیط GIS و تلفیق آن با مدلAHP جهت عملیات مکان‌یابی، از یک‌سو به قابلیت‌های فراوان سیستم اطلاعات جغرافیایی درزمینه‌ی 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 و مآخذ

۱- ایمانی‌جاجرمی، حسین (۱۳۷۵). مطالعه‌ای در باب ایجاد سازمان‌های مرکزی آتش‌نشانی کشور، وزارت کشور. تهران. انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری.

۲- پرهیزگار، اکبر (۱۳۸۳). ارایه مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، جلد سوم. مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. تهران. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

۳- پوراسکندری، عباس (۱۳۸۰). سنجش توزیع فضایی سوانح آتش‌سوزی در شهر با استفاده از GIS (مطالعه موردی شهرکرج)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

۴- توفیق، فیروز(۱۳۷۲). ارزشیابی چند معیاری در طرح‌ریزی کالبدی، فصلنامه‌ی آبادی.شماره ۱۱.

۵- زبردست، اسفندیار(۱۳۸۰). کاربردفرآیندتحلیل‌سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، مجله هنرهای زیبا. شماره ۱۰.

۶- سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهر قم (۱۳۸۷). وضعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر قم و آمار و اطلاعات مربوط به‌حوادث و حریق رخ داده در قم طی سال‌های (۱۳۸۶- ۱۳۸۰).

۷- سازمان‌شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور(۱۳۸۳). ارایه‌ی مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، چاپ اول. تهران. وزارت کشور.

Archive of SID

www.SID.ir

۸- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم (۱۳۸۲). گزارش اقتصادی- اجتماعی استان قم طی سال‌های ۱۳۸۱- ۱۳۷۶، معاونت آمار و اطلاعات.
۹- شهابیان، شهرام (۱۳۷۶). مکان‌یابی فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS، نمونه موردی ناحیه شهران، مجله شهر نگار. شماره ۳.
۱۰- شهرداری قم (۱۳۸۷). نقشه پایه رقومی ۱/۲۰۰۰ شهر قم، واحد نقشه و GIS شهرداری.
۱۱- فرجی‌سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۴). مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: بخش طرقبه مشهد)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۱.
۱۲- قدسی‌پور،سیدحسن (۱۳۷۹). مباحثی درتصمیم‌گیری چندمعیاره؛ فرآیندتحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۳- کاظمی‌زاد، شمس‌اله (۱۳۸۷). مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تأکید بر ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر قم با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۱۴- مرکز آمار ایران (۱۳۸۶)، نتایج تفضیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهرستان قم در سال ۱۳۸۵.
۱۵- مهندسین مشاور عرصه (۱۳۷۸). پژوهشی درباره‌ی جایگاه و ابعاد حفاظت شهرها در برابر آتش‌سوزی، چاپ اول. انتشارات وزارت کشور.
۱۶- مؤمنی، مصطفی (۱۳۷۷). پایگاه علم جغرافیا در ایران، جلد اول. پایگاه جغرافیای شهری در ایران. تهران. انتشارات فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.
۱۷- نظری‌عدلی، سعید و کوهساری، محمدجواد (۱۳۸۶). تلفیق منطق بولین و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با استفاده از GIS، سال هفتم. شماره ۴۰. نشریه شهر نگار.
18- Ahadnejad Reveshti, Mohsen (2007). Site selection study for fire extinguisher stations using network analysis and A.H.P. Model, Case study: city of Zanjan, Map Asia Journal.
19- Bowen, William M (1993). AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman, R.et al Eds, Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, new Brunwick: Center for Urban Policy Research.
20- Lee,Colin (1973).Models in Planning, Oxford: pergamon Press, 1973. Lichfield, N. et al, Evaluation the Planning Process, London.

Archive of SID

www.SID.ir