**مکـــان**
**فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین**
**سال اول / شماره دوم/ زمستان ۱۳۹۰**

# مکان‌یابی ایستگاههای آتش نشانی شهر گرگان با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

**محسن عادلی***
کارشناس ارشد سنجش ازدور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی تهران
تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۵

**چکیده**

هدف اصلی تاسیس ایستگاه‌های آتش نشانی تامین بخشی از امنیت شهر در راستای اهداف از قبل تعریف شده آنها می‌باشد. لازمه رسیدن به این هدف، اعمال دید سیستماتیک و یکپارچه به عناصر شهری بصورت میکرو و جهت‌دهی ساختار شهر در قالب ماکرو است که این مهم در قالب استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تا حد زیادی دست یافتنی است. در تحقیق حاضر، هدف اصلی، تعیین بهترین مکان‌ها برای تاسیس ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان یا جابجایی مکانی برخی از آنها (درصورت لزوم) می‌باشد. بدین‌منظور در ابتدا و پس از تعریف مدل مفهومی، ضوابط موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی مشخص شده و اطلاعات مرتبط با هر یک از آنها آماده‌سازی گردید. در مرحله بعد و از میان مدل‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) به‌عنوان مدل مورد استفاده در وزن‌دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی و بر اساس نظرات کارشناسان اعمال گردید. پس از جمع‌آوری نظرات کارشناسان و به‌منظور جلوگیری از ورود برخی از نظرات احتمالی غیرکارشناسی، مقادیر سازگاری قضاوت‌ها، محاسبه گردید و پس از قابل قبول واقع‌شدن مقادیر CR، از این اوزان جهت بررسی‌های بعدی استفاده گردید. از بین مدل‌های ترکیب، مدل منطق فازی و در قالب استفاده از توابع عضویت که اکثراً بصورت کاربر مبنا بودند، بکارگرفته شدند. با توجه به اهمیت تحلیل شبکه و نقشی که GIS می‌توانست در بررسی شبکه حمل و نقل شهری گرگان داشته باشد، در بخشی مجزا، قابلیت‌های تحلیلی آن در انجام برخی از آنالیزهای معمول از جمله بهینه‌ترین مسیرها برای حرکت ماشین‌های آتش نشانی از ایستگاه به محل وقوع حادثه و همچنین محدوده خدماتی ایستگاه‌ها در اوج بار ترافیک شبکه شهری (ساعت ۱۱/۵ صبح) مورد بررسی

*نویسنده مسئول: adeli22000@yahoo.com

قرار گرفت، وجود همپوشی‌های مکانی بالا در بین ایستگاه‌ها در برابر خلاهای خدمات رسانی در بخش‌های دیگری از شهر، می‌تواند موید مکان گزینی ناعادلانه فضایی خدمات رسانی ایمنی شهر باشد. لذا پس از اولویت‌بندی مناطق مختلف شهر در جهت تاسیس ایستگاه‌ها، با در نظر داشتن موقعیت کنونی آنها از یک طرف و جابجایی پنجره‌ای نقاط در نقشه اولویت‌بندی شهر و در تناظر با شبکه حمل و نقل شهری، مکان‌های جدید پیشنهاد شدند.

***واژه‌های کلیدی***: سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مکان‌یابی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مدل منطق فازی، تحلیل شبکه و گرگان.

**مقدمه**

در طی چند دهه اخیر شهرنشینی در ایران رشد سریعی داشته است. شتاب سریع این فرایند، مشکلات زیادی را برای شهرها که همانند یک سیستم پویا عمل می‌کنند، به بار آورد. یکی از اجزای این سیستم که از فرایند رشد سریع شهرنشینی و پیامدهای آن، تأثیر پذیرفته است، ایستگاه‌های آتش نشانی می‌باشند که در راستای تأمین امنیت شهر ایجاد گردیده‌اند. بالطبع با توجه به وجود بافت‌های فرسوده و قدیمی، افزایش سریع جمعیت و رشد غیر منطقی شهرها، سیستم ایمنی شهر نیز باید بهبود پیدا کند تا پوشش کافی را بر کل شهر داشته باشد (پوراسکندری، ۱۳۸۰). عوامل زیادی وجود دارند که با تأثیر بر شبکه شهری، ایمنی شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ایمنی شهر در واقع، مجموعه تمهیداتی است که برای جلوگیری از بروز و یا تخفیف آثار و عوارض نامساعد جانی و مالی حوادث طبیعی و غیرطبیعی نظیر سیل، آتش سوزی، زلزله، تصادفات رانندگی و... صورت می‌گیرد (ایوانس، ۲۰۰۴). پیش فرض تأمین امنیت شهر، مکان‌یابی صحیح ایستگاه‌های آتش نشانی است. معیارها و ضوابطی که به‌منظور مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی در نظر گرفته می‌شوند، دارای قالب‌های متفاوتی هستند که استفاده از آن‌ها برای مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌ها، نیاز به یک سیستم جامع مدیریت داده‌های فضایی دارد، که این مطلوب تا حد زیادی در قالب استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی دست یافتنی است. در واقع مکان هایی که به عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شوند، باید تا حد امکان پاسخگوی تغییرات آتی سیستم پویای شهری بوده و با انعطاف‌پذیری لازم، خدمات رسانی ایمنی شهر را جهت‌دهی نمایند.

در زمینه مکان‌یابی مراکز خدماتی با استفاده از GIS در سال‌های اخیر مطالعاتی صورت پذیرفته که می‌توان به‌عنوان نمونه به موارد ذیل اشاره‌ای داشت:

پرهیزگار (۱۳۷۶) ضمن مطالعه روش‌ها و الگوهای مکان‌گزینی مانند نظریه مکان مرکزی، مدل تاکسونومی عددی، مدل لاری و مدل‌های تصادفی، با مطالعه موردی در مکان‌یابی مراکز آتش نشانی شهر تبریز، توانایی GIS را نسبت به سایر مدل‌ها اثبات کرد.

پوراسکندری (۱۳۸۰)، با استفاده از روش شعاعی، چند ضلعی‌های تیسن و تحلیل شبکه ضمن بررسی نحوه توزیع سوانح آتش سوزی در شهر کرج به مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی اقدام کرده است. ایوانس (۲۰۰۴)، نقش GIS را در مدیریت بحران حوادث مرتبط با فعالیت‌های سازمان آتش نشانی تعیین کننده دانستنه و اظهار داشته علاوه بر اینکه GIS می‌تواند در کاهش خسارات در زمان قبل از وقوع حادثه با مکان یابی بهینه ترین مکان‌ها برای احداث ایستگاه‌ها موثر باشد، می‌تواند کارآیی بالایی نیز در حین امداد رسانی ایفا نماید.

در این مقاله هدف آن است که ضمن بررسی وضعیت فعلی خدمات رسانی ایستگاه‌های آتش نشانی با توجه به شرایط وضع موجود، به فرایند مکان یابی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان پرداخته شود.

**معیارها و ضوابط**

معیارها و ضوابطی که به منظور مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی در نظر گرفته می شوند، از نظر ارتباطات مکانی در دو گروه قرار می‌گیرند. این دو گروه عبارتند از:

الف) ضوابط مرتبط با خصوصیات مکانی ایستگاه‌های آتش نشانی (بهبهانی و دیگران، ۱۳۷۳).

۱. زمینی که برای ساخت ایستگاه آتش نشانی در نظر گرفته می‌شود، باید حداقل دارای مساحتی برابر با ۴۰۰۰ مترمربع باشد.
۲. هر ایستگاه باید دارای استخر، سوله خودرو، انبار، سالن ورزشی، محل استراحت و دفتر نگهبانی باشد.

ب) ضوابط مرتبط با خصوصیات مکانی ایستگاه‌ها در ارتباط با سایر عناصر شهری (بهبهانی، ۱۳۷۳، قریب، ۱۳۷۶، پوراسکندری، ۱۳۸۰)

۱. خیابان‌های اصلی با جریان روان ترافیکی، از بهترین مکان‌ها برای تأسیس ایستگاه‌ها می‌باشند. خیابان‌هایی که برای ایستگاه‌ها در نظر گرفته می‌شوند باید دارای عرض کافی بخصوص برای ورود و خروج ماشین‌های آتش نشانی باشند.چهار راه‌ها و میدان‌ها که دارای گره ترافیکی هستند و کندی حرکت در آن‌ها مشاهده می‌شود برای تأسیس ایستگاه‌ها مناسب نیستند.
۲. محل ایستگاه‌های آتش نشانی حتی‌المقدور در مجاورت مراکز مذهبی، سینماها، زیارتگاه‌ها نباشد. زیرا الزام خروج سریع ماشین‌های آتش نشانی در مواقع بروز حریق، ممکن است منجر به حادثه‌ای مجدد گردد.

۳. بهتر است که ایستگاه‌های آتش نشانی پراکندگی بصری مناسبی علاوه بر پراکندگی مناسب عملکردی و پوششی داشته باشند و تا جایی که ممکن است در مرکز مناطق عملکردی قرار گیرند.

۴. ایستگاه‌های آتش نشانی حتی‌الامکان نباید در خیابان‌های یک طرفه واقع گردند. لکن در صورت استقرار در چنین خیابانی، باید چراغ راهنمایی در ابتدای خیابان مورد نظر نصب و کنترل آن از ایستگاه مورد نظر با در نظر گرفتن وضعیت استقراری سایر خودروها، صورت گیرد تا در صورت لزوم، خودروهای آتش نشانی در جهت خلاف مسیر خیابان حرکت کرده و مانع ورود خودروهای دیگر به خیابان گردد. در صورتی که ایستگاه در خیابانی مستقر باشد که مانع (رفوژ) وسط دارد، باید برای گردش به چپ خودروهای آتش نشانی، حایل و مانع مورد نظر برای ایستگاه آتش نشانی قطع گردد.

از آنجا که مطلوب بودن یا نبودن زمین شهری (مکان ساخت ایستگاه) علاوه بر خصوصیات خاص مکانی به وضعیت واحدهای همسایه نیز بستگی دارد، با این پیش زمینه کاربری‌های مختلف شهری در ارتباط با مکان ایستگاه‌ها در قالب‌های مختلف همسایگی‌های سازگار، نیمه سازگار و ناسازگار قرار می‌گیرند که در ذیل به آن‌ها پرداخته می‌شود: (مورینی، ۱۹۹۹؛ مود، ۱۹۸۷؛ کودل، ۲۰۰۳)

الف) همسایگی‌های سازگار شامل: نزدیکی به خیابان‌ها با سطوح دسترسی مختلف، کاربری‌های تجاری و صنعتی، پمپ بنزین‌ها و سایر محل‌های ذخیره سوخت، کاربری مسکونی و مراکز ورزشی کوچک (فوتسال و والیبال نشسته).

ب) همسایگی‌های ناسازگار مشتمل بر: پایانه‌های مسافربری بین شهری، ایستگاه‌های اتوبوس درون شهری، بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی، مراکز مذهبی و ورزشی بزرگ).

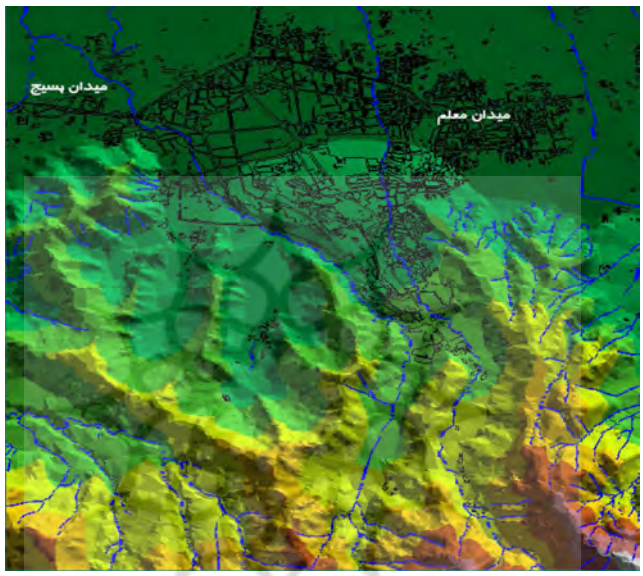
ج) همسایگی‌های نیمه سازگار: مدارس و مراکز ورزشی متوسط (کشتی).

علاوه بر ۳ همسایگی نام برده شده، معیارهایی از جمله قیمت زمین، نزدیکی به خیابان‌ها و تراکم جمعیت: معیارهای سطح اول تحلیل سلسله مراتبی را تشکیل می‌دهند.

## مواد و روش‌ها

**مشخصات منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه این تحقیق، شهر گرگان، مرکز استان گلستان می‌باشد. از نظر موقعیتی این شهر در شمال کشور ایران واقع شده و دو منطقه شهری را در بر می‌گیرد.

مساحت شهر با احتساب حوزه نفوذ شهرستان، ۱۶۱۵/۸۱ کیلومترمربع می‌باشد. شهر گرگان دارای جمعیتی معادل ۲۲۰۰۰۰ نفر بوده که این جمعیت با تراکم ۷۱ نفر در هکتار، توزیع شده‌اند (گزارش اقتصادی- اجتماعی استان گلستان، ۱۳۸۳). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، این شهر از حداقل ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و از ۵۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی گسترش یافته است.




**شکل ۱- وضعیت مکانی شهر گرگان.**

از آنجا که شهر گرگان دارای پیشینه و هویت تاریخی بالایی است، مساحت بافت‌های تاریخی، قدیمی و فرسوده شهری در آن بالا می‌باشد. اکثر این بافت‌های قدیمی، متعلق به دوران صفویه، زندیه و علی‌الخصوص وابسته به سبک معماری دوران قاجار می‌باشند. علاوه بر این بافت ناهمگون فرهنگی شهر از دیگر خصایص آن می‌باشد.در حال حاضر شهر گرگان دارای ۴ ایستگاه ثابت آتش نشانی می‌باشد که موقعیت و چگونگی پراکندگی آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

**شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های ثابت آتش نشانی موجود**

الگوریتم جریانی فرایند مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان در شکل ۳ بیان شده است.

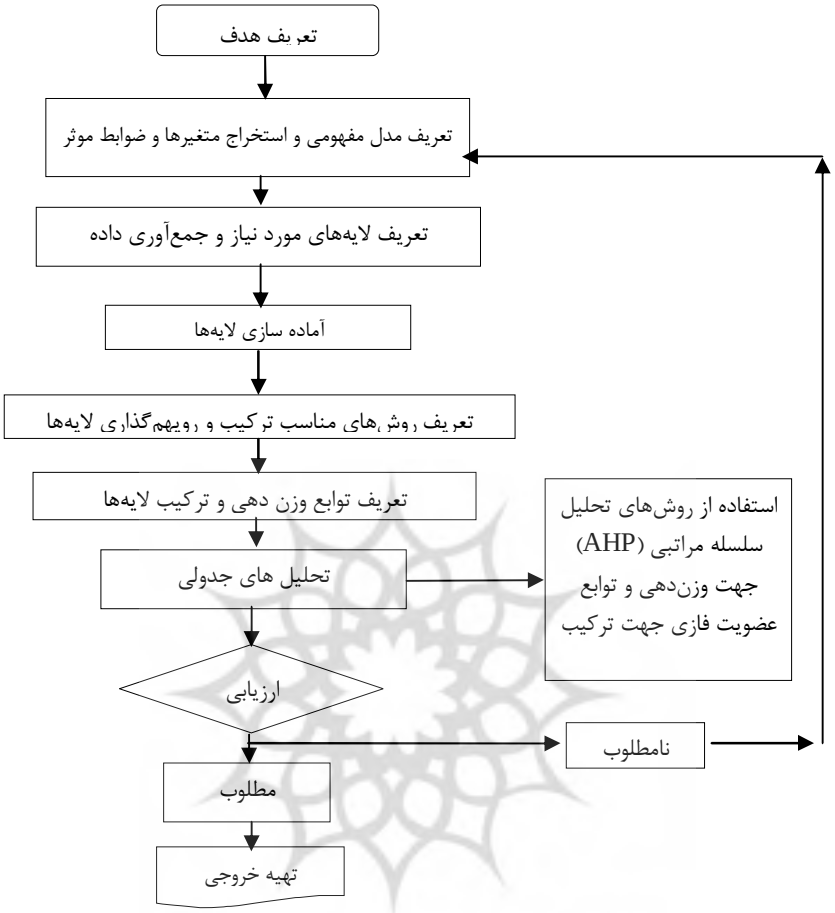
## جمع‌آوری داده

نقشه ۱:۲۰۰۰ شهر گرگان تهیه شده در سال ۱۳۸۱ توسط سازمان جغرافیایی ارتش؛

عکس‌های هوایی سال ۱۳۸۱ شهر بمنظور ایجاد دید سه بعدی از شهر و شناسایی بهتر قابلیت‌ها و محدودیت‌های شهر برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی؛

تصویر ماهواره IKONOS سال ۱۳۸۳، دید یکپارچه شهر گرگان و از بین بردن برخی از ناسازگاری‌های بین نقشه‌های شهری و واقعیت زمینی؛

تصویر ماهواره IRS سال ۱۳۸۲، دید یکپارچه منطقه بخصوص در قسمت‌های شمالی که خارج از پوشش تصویر ماهواره‌ای IKONOS بود و مطالعه بهتر وضعیت زمین‌های کشاورزی قسمت‌های شمالی و شرقی شهر گرگان؛




**شکل ۳- الگوریتم جریانی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی**

اطلاعات مربوط به میزان ترافیک خیابان‌ها در ساعات مختلف: آگاهی از میزان ترافیک خیابان‌ها در راستای تعیین مسیر وسایط امدادی، از نکات کلیدی محسوب می‌شود. برای تهیه این اطلاعات، به سازمان ترافیک شهر گرگان مراجعه شده و مقادیر میزان تردد وسایط نقلیه که تأثیر زیادی بر حرکت ماشین‌های امدادی دارند، جمع آوری گردید. علاوه بر این، در قالب عملیات میدانی، اطلاعات مورد نیاز جهت تکمیل تحلیل شبکه شهری از جمله: سرعت متوسط وسایط نقلیه در خیابان‌های مختلف شهر، در بعضی از ساعات شبانه روز و همچنین مدت زمان طی مسیر یک مقطع طولی از خیابان در برخی از ساعات شبانه روز تدارک دیده شد.

اطلاعات مرتبط با چراغ‌های راهنمایی و رانندگی: اطلاعات مربوط به مکان چراغ‌های راهنمایی با بررسی‌های میدانی بدست آمد. از آنجا که ماشین‌های آتش نشانی مجاز به عبور از چراغ های راهنمایی هستند، در ایجاد شبکه، فقط آن قسمت از چراغ های راهنمایی و رانندگی به پایگاه داده زمینی[1] اضافه شده‌اند که برای ماشین‌های آتش نشانی نیز، تأخیر زمانی ایجاد می کردند.

اطلاعات مربوط به تراکم جمعیت شهر در نقاط مختلف شهر به منظور تهیه نقشه تراکم جمعیت: برای رسیدن به این منظور با مراجعه به مراکز بهداشت شهر گرگان، اطلاعات جمعیتی در مقیاس محله‌ای جمع‌آوری گردید.

برای تهیه اطلاعات مربوط به مانع سرعت گیر و لحاظ کردن تأثیر آن بر سرعت متوسط حرکت ماشین‌های آتش نشانی، ابتدا موقعیت آن‌ها با بررسی‌های میدانی مشخص شده و سپس میزان سرعت وسایط نقلیه، در روی محورهای دارای این مانع، بصورت عملی محاسبه شده است. در مقدار سرعتی که بعنوان متوسط یک بخش از خیابان در نظر گرفته شده، تأثیر مانع سرعت گیر نیز اعمال گردیده است.

### آماده سازی داده‌ها

اطلاعات جمع آوری شده، به شرح ذیل، آماده سازی شدند:

زمین مرجع کردن نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای بر اساس نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ شهری و با دقت ۰/۵ پیکسل در محیط GIS. سیستم مختصاتی که به عنوان مرجع، برای این تحقیق در نظر گرفته شد، سیستم مختصات UTM با سطح مبنای WGS84 بوده است. آماده سازی تمام نقشه‌ها و تصاویر بر اساس این سیستم مختصات صورت پذیرفته است.

رقومی سازی و ویرایش عوارض مورد نیاز موجود در نقشه‌ها از جمله راه‌ها، کاربری‌های مختلف شهری، مکان ایستگاه‌های آتش نشانی فعلی و ... برای استفاده در تحلیل‌های بعدی.

### ورود داده‌های توصیفی به سیستم

جهت ساخت شبکه شهری مورد نیاز در تعیین محدوده خدماتی و تحلیل بهینه‌ترین مسیرهای تردد بین ایستگاه‌های آتش نشانی و محل وقوع حادثه، برخی از داده‌های ضروری بخصوص در ارتباط با وضعیت شبکه راه‌ها به جداول اضافه شدند. از جمله این اطلاعات می‌توان به مواردی مانند: نام خیابان، طول خیابان، نوع خیابان (بزرگراه، خیابان اصلی، فرعی یا کوچه)، یک یا دو طرفه بودن مسیر حرکت در خیابان، سرعت متوسط حرکت ماشین‌های آتش نشانی در خیابان و مدت زمان طی مسیر آن خیابان اشاره کرد.

---

1- Geodatabase

### ایجاد شبکه و اجرای آن در زمان اوج ترافیک

به‌منظور ایجاد و برقراری شبکه، پایگاه داده مربوط به لایه راه‌ها تهیه شد و در آن، اطلاعات جامع و کاملی از چگونگی اتصالات خطوط شبکه جمع‌آوری گردید. با توجه به هدف تحقیق، زمان اصلی اجرای مدل و تهیه اطلاعات مورد نیاز مطابق با شرایط اوج ترافیک شهر گرگان یعنی ساعت ۱۱/۵ صبح روز غیر تعطیل در نظر گرفته شد. همانگونه که انتظار می‌رود در تحلیل شبکه برای کارهای امدادی، نقش زمان از سایر مولفه‌های تأثیرگذار از جمله فاصله و مصرف سوخت مهم‌تر می‌باشد (شپیرو، ۱۹۹۲).

### ارزیابی دقت زمانی ترافیکی شبکه

پس از اینکه شبکه شهری در محیط GIS تهیه گردید، برای ارزیابی دقت زمانی ترافیکی شبکه در ارائه بهینه‌ترین مسیر حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر و همچنین سنجش میزان دقت محدوده خدماتی، ۸ مسیر بطور واقعی، مورد آزمون قرار گرفتند. لازم به ذکر است که مسیرهای هشت گانه در دو روز غیر تعطیل و در ساعت ۱۱:۳۰ صبح، یعنی زمان اوج ترافیک شهر گرگان آزمایش گردیدند. این بررسی در روز اول با ماشین سنگین اطفاء و در روز دوم با ماشین سنگین دنیس انجام پذیرفته است.

شایان ذکر است که ارزیابی شبکه در حالتی مشابه زمان وقوع حادثه، بررسی شده است. یعنی آژیر ماشین‌ها روشن بوده و حداقل دو نیروی امدادی، به راننده در باز شدن مسیر کمک می‌کردند. شروع حرکت از ایستگاه ۱ نیز، به علت حادتر بودن شرایط ترافیکی و وجود موانع و گره‌های زمانی، در مسیرهای اطراف آن بوده است.

### وزن‌دهی معیارها و ضوابط

از بین روش‌های وزن‌دهی، از جمله روش نسبتی، رتبه‌ای، تحلیل توازن و تحلیل سلسله مراتبی، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی متغیرها استفاده گردید. در تحقیق حاضر علی‌رغم وجود برخی از استانداردهای لازم در ارتباط با وزن‌دهی معیارها، یا برای کاربردی‌تر شدن تحقیق و بومی سازی مقادیر اوزان با شرایط واقعی شهر گرگان، نوعی تعدیل مقادیر با استفاده از نظر کارشناسان انجام یافته است؛ و در واقع از دانش کارشناسی برای وزن دهی به ضوابط و کلاس‌های مناسبت هر معیار استفاده شده است. از آنجا که روش AHP، بیشتر حالت کاربر مبنا داشته و در آن از دانش کارشناسان استفاده می‌شود، نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی، مفیدتر می‌باشد. برای کاهش اشتباهات سلیقه‌ای کارشناسان در وزن دهی نیز، میزان نرخ سازگاری[1] آن‌ها پس از مقایسات زوجی، در محیط نرم‌افزار IDRISI Kilimanjaro محاسبه شده و پس از اطمینان از سازگاری، اوزان بدست آمده

1- Consistency Ratio

جهت تحلیل در منطق فازی بکارگرفته شدند. نمونه‌ای از این مقایسات که مربوط به همسایگی‌های سازگار و با میزان CR برابر با ۰/۰۵ ، در جدول ۱ ارائه گردیده است.

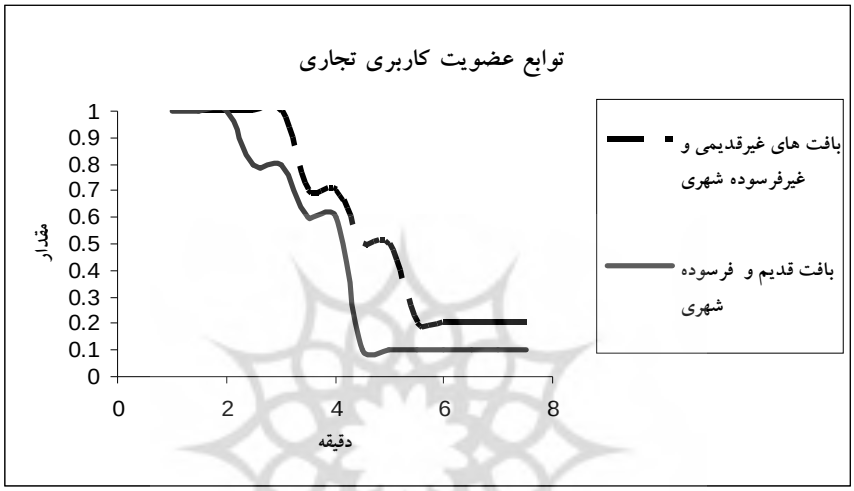
**جدول ۱- مقایسات زوجی همسایگی‌های سازگار**

| مقایسه دودویی زیر معیارهای همسایگی های سازگار | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CR=۰/۰۵ | مسکونی | تجاری | ورزشی کوچک | پمپ بنزین و محل های ذخیره سوخت | هتل و مهمانسراهای بزرگ | صنایع پر خطر | کارگاه های کوچک | فرودگاه |
| مسکونی | | | | | | | | |
| تجاری | $\frac{1}{2}$ | | | | | | | |
| ورزشی کوچک | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | | | | | | |
| پمپ بنزین و محل‌های‌ذخیره‌سوخت | 4 | 5 | 6 | | | | | |
| هتل و مهمانسراهای بزرگ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{5}$ | | | | |
| صنایع پرخطر | 3 | 3 | 4 | $\frac{1}{2}$ | 4 | | | |
| کارگاه های کوچک | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 2 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | | |
| فرودگاه | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{5}$ | 1 | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | |

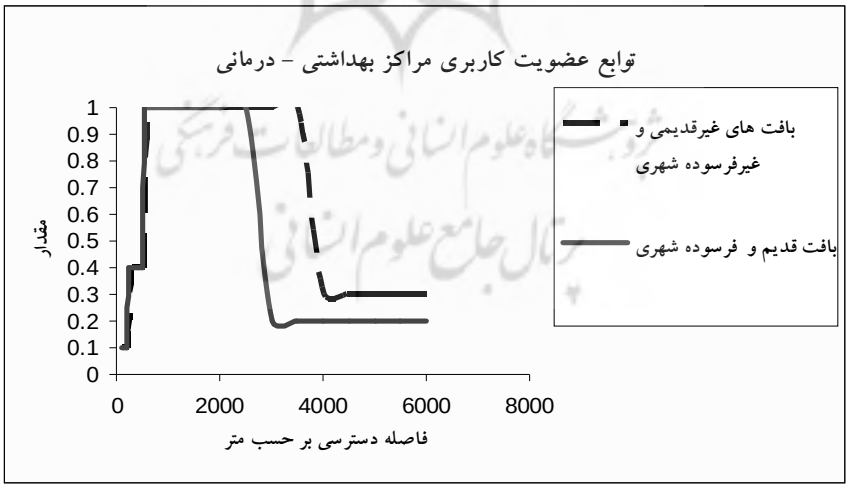
### ترکیب و تلفیق لایه ها و اطلاعات تهیه شده از ضوابط

داده‌ها و لایه‌هایی که در مراحل قبلی تهیه شدند، پس از وزن‌پذیری با روش AHP، در قالب مدل منطق فازی و استفاده از توابع عضویت که اکثراً بصورت کاربر مبنا بودند، ترکیب و تلفیق گردیدند. هدف استفاد از توابع عضویت برای هر معیار، اعمال وزن دهی تدریجی و پیوسته برای آن معیار می‌باشد (علی‌محمدی،۱۳۸۳). در واقع وزن هر پیکسل منوط به مقدار عضویت آن پیکسل در مجموعه فازی تعیین می‌گردد. بررسی رفتار معیارها و ضوابط نیز در دو قالب زمانی یا مکانی و با توجه به عملکرد آنها صورت گرفت. در تعریف مقادیر فاصله برای برخی از معیارها، فاصله دسترسی و عملکردی

مدنظر بوده است. به‌عبارتی دیگر صرف تکیه بر فاصله هندسی پدیده‌ها بدون در نظر گرفتن عملکرد آنها نمی‌توانست اهداف تحقیق را برآورده سازد. در ذیل دو نمونه از این فرایند در دو قالب متفاوت زمانی مربوط به عارضه کاربری تجاری (شکل ۴) و مکانی مرتبط با عارضه کاربری مراکز بهداشتی- درمانی (شکل ۵) توام با درجات عضویت فازی کاربر مبنا، ارائه شده است.

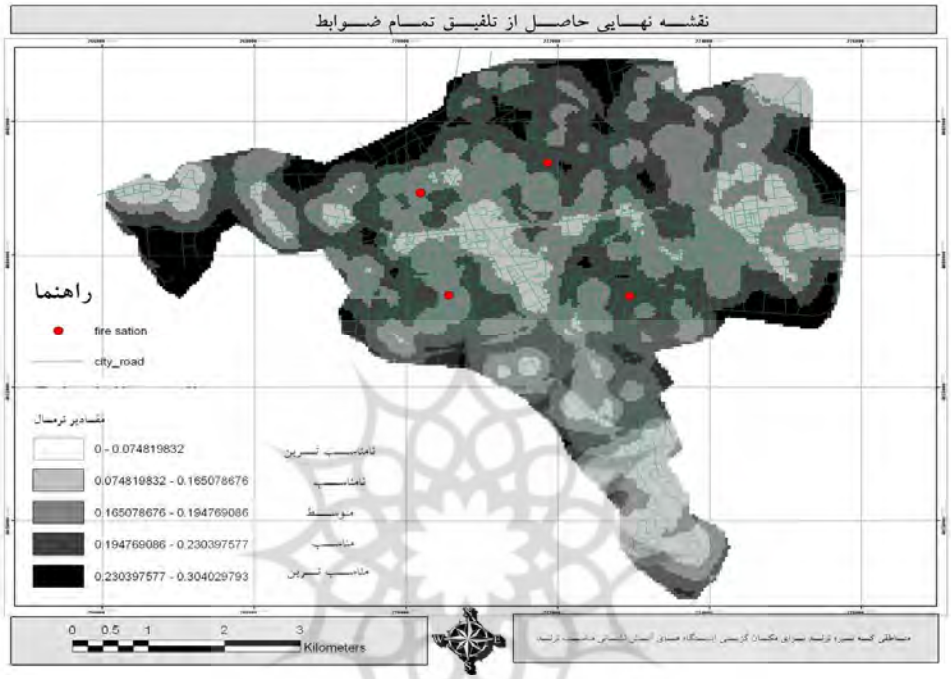



**شکل ۴- تابع عضویت کاربر مبنای فازی عارضه کاربری تجاری**




**شکل ۵ - تابع عضویت کاربر مبنای فازی عارضه کاربری تجاری**

حاصل ترکیب ضوابط کاربری‌ها با توجه به نوع همسایگی آن‌ها، در شکل ۶ نشان داده شـده اسـت. در این شکل مناطق تیره تر برای مکان گزینی ایستگاه‌ها مناسب‌تر می‌باشند.



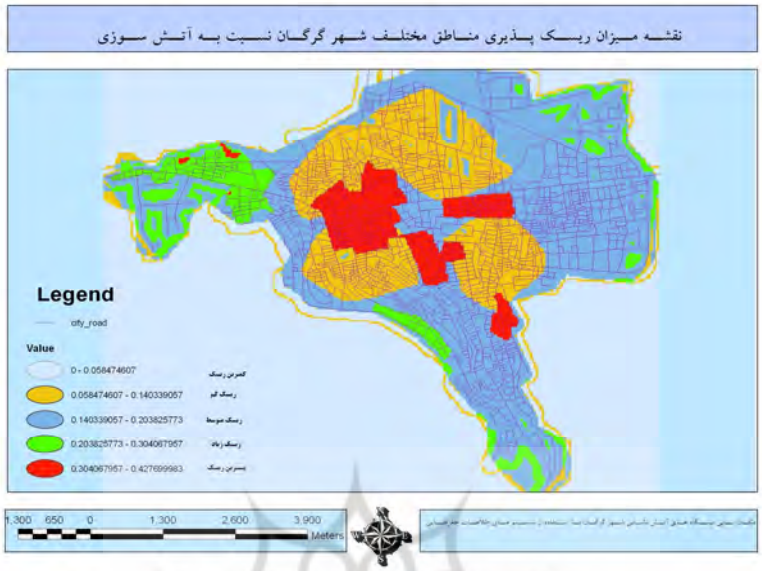

**شکل ۶- شکل حاصل از تلفیق کاربری‌های شهری**

شکل۶، حاصل ترکیب و تلفیق ضوابط مرتبط با کاربری‌های مختلف، با اعمال اوزان منطقی می‌باشند. اما صرف تکیه بر نتایج این شکل، عملاً نمی‌تواند کارآیی لازم را جهت مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش نشانی داشته باشد. بنابراین ضروری به نظر می‌رسید که در ابتدا، میزان ریسک مناطق مختلف شهر نسبت به وقایع مرتبط با فعالیت ایستگاه‌ها مشخص شود. بدین‌منظور، پس از شناسایی معیارها و ضوابط موثر در تهیه نقشه ریسک پذیری مناطق مختلف شهر، به تهیه نقشه ریسک شهر در برابر حوادث آتش سوزی پرداخته شد. برای تهیه این نقشه از معیارهایی همچون جنس و مواد ساختمان، فاصله بین ساختمان‌ها، فاصله از راه‌ها، فاصله زمانی از ایستگاه‌های آتش نشانی در دو بافت قدیم و فرسوده شهری و همچنین غیر قدیمی و غیر فرسوده و فاصله دسترسی از پمپ بنزین و محل‌های ذخیره سوخت، استفاده گردید (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۸۵) لازم به

ذکر است که مدل وزن دهی مورد استفاده، AHP و تابع مورد استفاده نیز فازی کاربر مبنا بوده است. جدول ۲، چگونگی ارتباط موارد فوق را در تهیه نقشه ریسک ارائه می‌نماید.

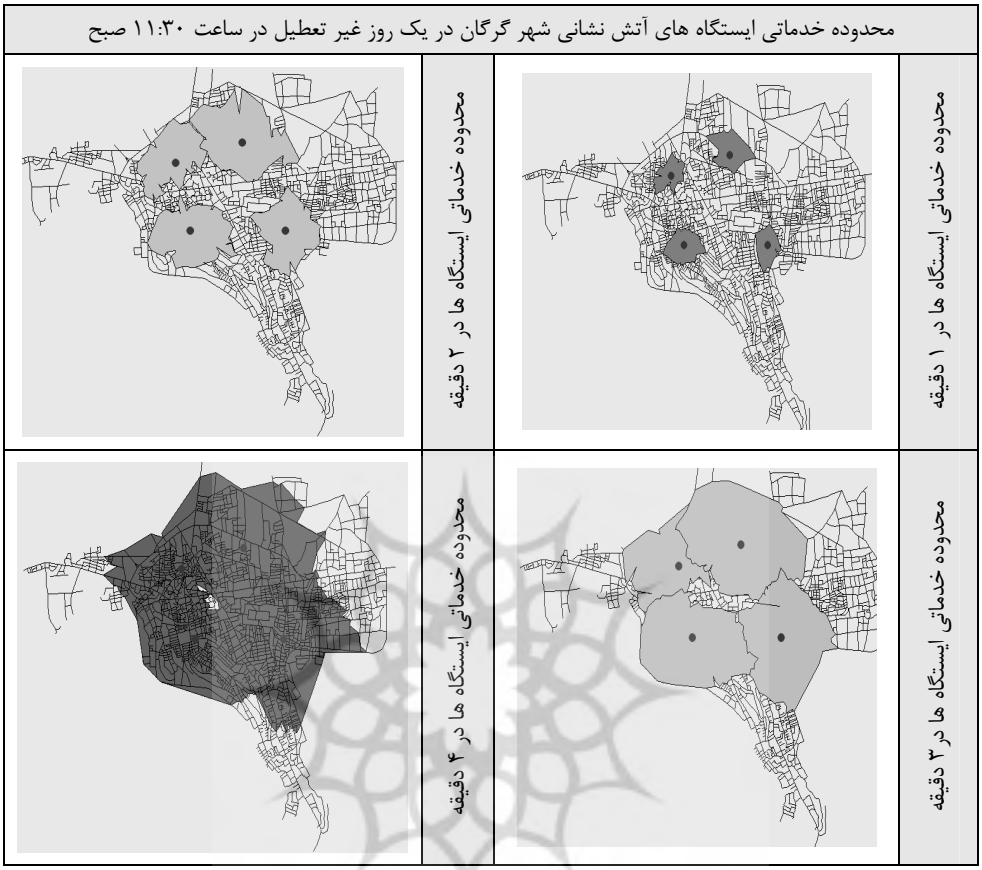
**جدول ۲- لایه‌ها و اوزان مورد استفاده جهت بررسی میزان ریسک آتش سوزی شهر گرگان**

| ردیف | لایه | مضمون | وزن درون گروهی | وزن برون گروهی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | جنس و مواد ساختمان ها | چوبی و خشتی | ۱۰ | ۱۰ |
| | | مخلوط | ۵ | |
| | | آجری | ۲ | |
| ۲ | فاصله بین ساختمان ها | کمتراز ۱ متر | ۱۰ | ۴ |
| | | بین ۱ تا ۲ متر | ۶ | |
| | | بیشتر از دو متر | ۴ | |
| ۳ | فاصله از جاده و راه ها | بیشتر از ۱۵۰ متر | ۱۰ | ۴ |
| | | ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر | ۷ | |
| | | ۵۰ تا۱۰۰ متر | ۴ | |
| | | کمتر از ۵۰ متر | ۱ | |
| ۴ | فاصله زمانی از ایستگاه های آتش نشانی در بافت های غیر فرسوده و غیر قدیمی | بیشتر از ۱۰ دقیقه | ۱۰ | ۶ |
| | | ۷ تا ۱۰ دقیقه | ۹ | |
| | | ۵ تا ۷ دقیقه | ۸ | |
| | | ۴ تا ۵ دقیقه | ۷ | |
| | | ۳ تا ۴ دقیقه | ۵ | |
| | | ۲ تا سه دقیقه | ۳ | |
| | | کمتر از ۲ دقیقه | ۱ | |
| ۵ | فاصله زمانی از ایستگاه های آتش نشانی در بافت قدیم و فرسوده شهری | بیشتر از ۵ دقیقه | ۱۰ | ۷ |
| | | ۴ تا ۵ دقیقه | ۹ | |
| | | ۳ تا ۴ دقیقه | ۷ | |
| | | ۲ تا سه دقیقه | ۵ | |
| | | کمتر از ۲ دقیقه | ۲ | |
| ۶ | فاصله از تاسیسات خطرناک مثل پمپ بنزین و محل های ذخیره سوخت | کمتر از ۵۰ متر | ۱۰ | ۶ |
| | | ۵۰ تا ۱۰۰ متر | ۶ | |
| | | ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر | ۴ | |
| | | بیشتر از ۱۵۰ متر | ۲ | |



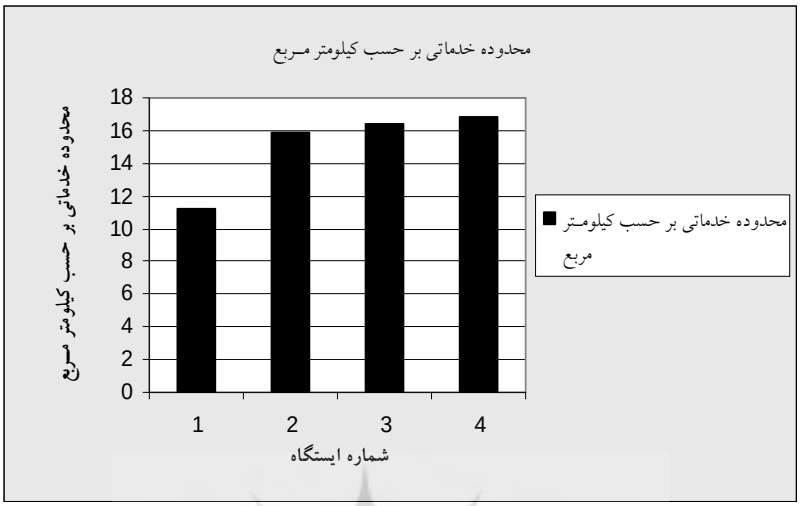

**شکل ۷- میزان ریسک‌پذیری مناطق مختلف شهر در برابر آتش سوزی**

یکی دیگر از تحلیل‌هایی که قبل از تهیه نقشه خروجی، بعنوان ماحصل تحقیق، مورد نیاز بود، تعیین محدوده خدماتی ایستگاه های موجود بود. پس از ایجاد شبکه شهری، عملیات آنالیز شبکه در قالب تعیین محدوده خدماتی ایستگاه‌های موجود، در سیکل‌های زمانی ۱ تا ۴ دقیقه صورت گرفت. نتایج حاصل از این تحلیل، کمک زیادی به مکان‌یابی ایستگاه‌ها نمود؛ زیرا مناطق مختلف شهر، از نظر میزان برخورداری از خدمات ایستگاه‌ها، از یکدیگر تمیز داده شدند. مناطقی از شهر وجود دارند که در حیطه پوشش هر ۴ ایستگاه، در فاصله زمانی ۴ دقیقه‌ای واقع شده اند. در حالیکه بعضی از مناطق، حتی در قلمرو عملکردی ۴ دقیقه‌ای یک ایستگاه هم قرار نمی‌گیرند. محدوده عملکردی هر ۴ ایستگاه آتش نشانی، در ساعت ۱۱:۳۰ صبح روز غیر تعطیل در شکل ۸ مشاهده می‌شود.

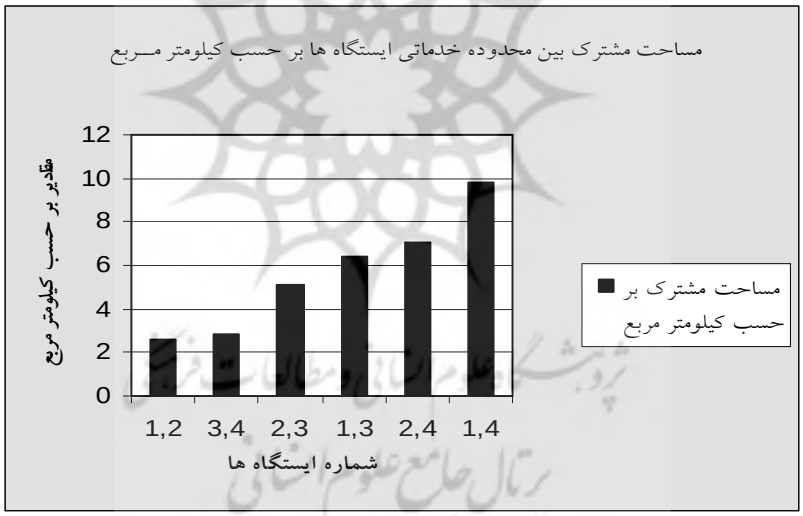



**شکل ۸- محدوده خدماتی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان**

پس از تعیین محدوده عملکردی ایستگاه‌ها، مقدار مساحت تحت پوشش هر یک از ۴ ایستگاه موجود در قالب شکل ۹ نمایش داده شده است. در شکل ۱۰ نیز مساحت محدوده خدماتی مشترک بین آن‌ها را بر حسب کیلومترمربع ارائه گردیده است.

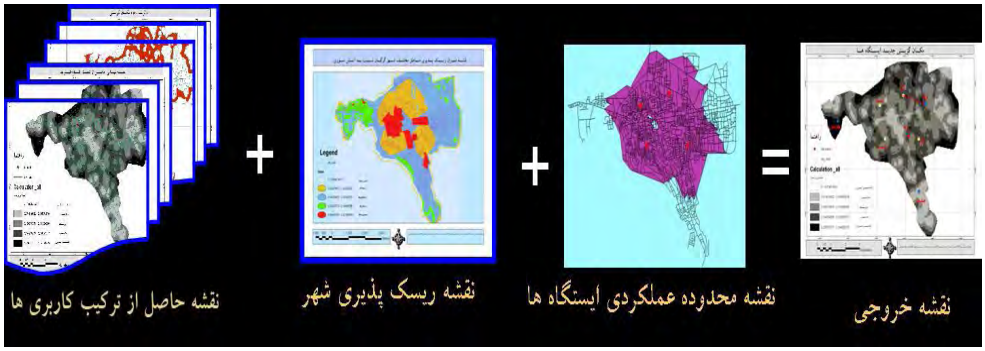



**شکل ۹- مساحت محدوده خدماتی ایستگاه بر حسب کیلومترمربع**



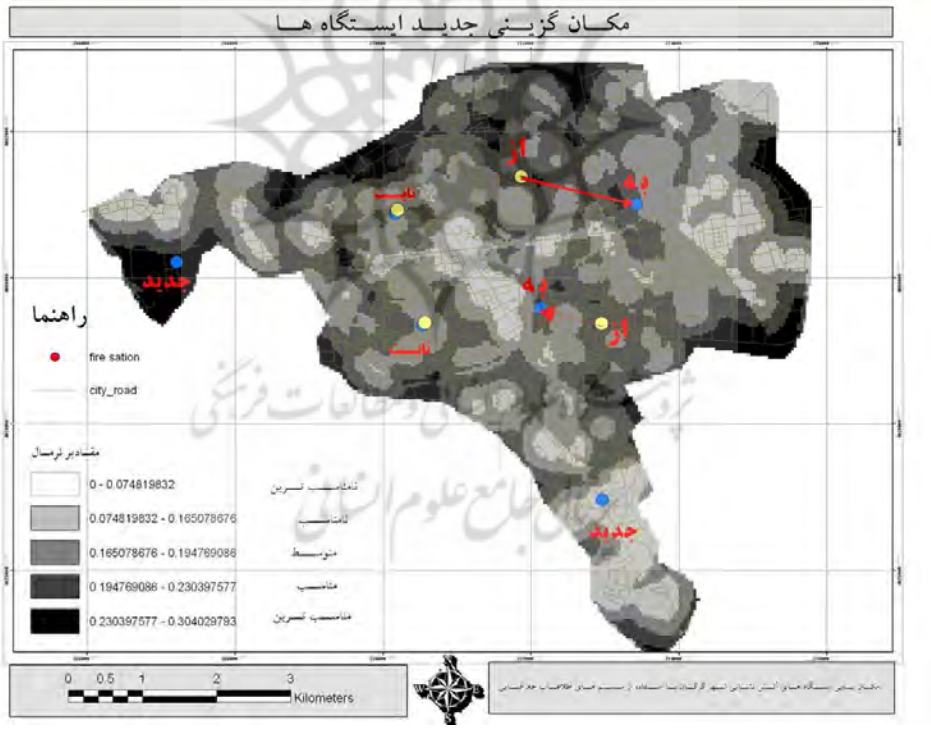

**شکل ۱۰- مساحت مشترک محدوده خدماتی ایستگاه‌ها بر حسب کیلومتر مربع**

به هرحال، همانگونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد، پس از بررسی مناطق دارای اولویت مکان گزینی ایستگاه‌ها (شکل ۶) و همچنین میزان ریسک‌پذیری مناطق مختلف (شکل۷) و بررسی حوزه خدماتی هر یک از ایستگاه‌ها (شکل ۸)، شکل ۱۲ به‌عنوان خروجی بدست آمده است.




**شکل ۱۱- چگونگی تهیه نقشه خروجی**

در مکان‌یابی جدید، حداکثر سعی در جهت پوشش خلاها، با کم کردن از میزان همپوشی ایستگاه‌ها و تغییر مکان آن‌ها انجام گرفت.




**شکل ۱۲- مکان‌های پیشنهادی ایستگاه‌های آتش نشانی**

**بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها**

ماشین‌های آتش نشانی، مجاز به عبور از خیابان‌های یک طرفه می‌باشند؛ اما با توجه به بررسی‌های میدانی، عملاً در بسیاری از مسیرها، به‌دلیل کم بودن عرض خیابان‌های شهر گرگان، استفاده از خیابان‌های یک طرفه در خلاف مسیر حرکت، برای ماشین‌های آتش نشانی، مقدور نمی‌باشد.

با توجه به بررسی‌های میدانی انجام گرفته و با توجه به نتایج حاصل از شکل ۸، به‌علت وجود همپوشی‌های بالای مراکز خدماتی ایستگاه‌ها و خلاءهای پوشش در برخی از نقاط دیگر، ۴ ایستگاه موجود، از نظر تعداد کافی نمی‌باشند.

با توجه به شکل ۱۲، همانگونه که ملاحظه می‌شود، ۶ ایستگاه برای شهر گرگان پیشنهاد شده است. از بین ایستگاه‌های موجود، مکان ایستگاه‌های ۱ و ۳ مناسب تشخیص داده شده‌اند. اما در مکان‌یابی جدید، مکان ایستگاه‌های ۲ و ۴ به موقعیت‌های جدید منتقل گردیده‌اند. هیچ ابنیه‌ای در هر دو مکان پیشنهادی تاکنون (۱۳۸۵) ساخته نشده است.

ماشین‌های ایستگاه‌های آتش نشانی موجود، علی رغم احاطه شدن بخش مرکزی شهر با ساختمان‌های بسیار آسیب پذیر در برابر حوادث، عملاً نمی‌توانند در کمتر از ۵ دقیقه خود را به این محل (بخش مرکزی شهر) برسانند. بنابراین لازم است تا نسبت به بهسازی و نوسازی این بخش از شهر در اسرع وقت اقدام گردد.

مقدار مساحت محدوده عملکردی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر گرگان که در قالب طراحی شبکه شهری در محیط GIS بدست آمد (شکل ۹) با واقعیت زمینی (ارزیابی سیستم بوسیله ماشین‌های آتش نشانی در دو روز غیر تعطیل و در شرایط تقریباً برابر با هنگام وقوع حادثه) مطابقت خوبی را نشان می‌دهد که می‌تواند حاکی از نقش بالای GIS در مدل سازی پدیده‌های پیچیده زمانی و مکانی باشد. در اینجا ذکر این نکته نیز لازم است که مسیر حرکت ماشین‌های آتش نشانی نیز، با استفاده از GIS و عملیات آنالیز شبکه بر مبنای مسیری با کمترین زمان ممکن بین ایستگاه و محل حادثه، تعیین گردیده است.

اگر بخشی از فرایند کنترل چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، بخصوص در موقع امداد رسانی، در اختیار رانندگان ماشین‌های آتش نشانی باشد، فرایند امداد رسانی در زمان سریع‌تری به انجام خواهد رسید. بدین‌صورت که اگر یک سنسور با شعاع حساسیت ۵۰ متری بر روی چراغ‌های راهنمایی و یک سنسور دیگر با خصوصیات مشابه بر روی ماشین‌های آتش نشانی نصب گردد، در این هنگام، با توجه به وجود همپوشی در شعاع حساسیت بین دو سنسور، عملاً کنترل چراغ راهنمایی و رانندگی می‌تواند در اختیار راننده ماشین آتش نشانی قرار گرفته و در انجام فرایند امداد رسانی، از نظر زمانی تا چندین ثانیه صرفه جویی گردد.

استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند در شبیه‌سازی بهنگام شبکه حمل و نقل شهری موثر باشد که این امر زمان امدادرسانی حوادث مرتبط با ایستگاه‌های آتش نشانی را کاهش می‌دهد. استفاده از این روش برای مطالعات آتی، پیشنهاد می گردد.

استفاده از روش سلول‌های خودکار برای ارزیابی و بررسی دقیق تر مسیر توسعه آتی شهر، می‌تواند قابلیت‌های GIS را در جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی بمنظور استفاده در زمان‌های طولانی‌تر، نشان دهد. پیشنهاد می‌شود تا در مطالعه‌ای جداگانه، به بررسی مسیر توسعه آتی شهر گرگان با استفاده از این روش پرداخته شود. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور تولید توابع عضویت منطق فازی پیشنهاد می‌گردد.

## منابع


بهبهانی، ح. قهرمانی، ح. امینی، ب. و احمدی‌نژاد، م. ۱۳۷۳. مهندسی ترافیک (تئوری و کاربرد)، انتشارات سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران.

پرهیزگار، اکبر. ۱۳۷۶. ارائه الگوی مناسب مکان گزینی مراکز خدمات شهری با تحقیق در مدلها و GIS شهری، پایان نامه دکترا دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

پوراسکندری، عباس. ۱۳۸۰. سنجش توزیع فضایی سوانح آتش سوزی در شهر با استفاده از GIS، مطالعه موردی شهر کرج، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری.

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. ۱۳۸۵. دستورالعمل تهیه طرح جامع ایمنی در برابر حریق، تهران. وزارت کشور

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان. ۱۳۸۳. گزارش اقتصادی- اجتماعی استان گلستان، معاونت آمار و اطلاعات.

شرکت نفت و گاز پارس. ۱۹۹۳. استاندارد ساخت و ساز برای ایستگاه های آتش نشانی. واحد ایمنی، بهداشت و محیط زیست.

علیمحمدی سراب، عباس. ۱۳۸۳. سیستم های اطلاعات جغرافیایی. جزوه درسی، گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی.

قریب، فریدون. ۱۳۷۶. شبکه ارتباطی در طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران.

Cowdale. Alan C. 2003. *Simulation Modeling in Support of Emergency Fire-fighting in Norfolk*. Royal Air Force Waddington.

Bolton, V., and Stewart, T.J. 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated approach. Boston*: Kluwer Academic Publishers.

Environment Systems Research Institute Inc. ESRI, 1998. *ArcView Network Analysis- Optimum Routing*, Closest Facility and Service Area Analysis.

Evans, D. 2004. *Investigation of Active Fire Protective Systems Project 4. Building and Fire Research Laboratory.* National Institute of Standards and Technology. U.S. Dept. of Commerce.

Frank, A.U. 2003. *Pragmatic Information Content-how to Measure the Information in a Route Descriptio*n. In Duckham, M., Goodchild, M.F., Worboys, M.F., eds.: Foundations in Geographic Information Science. Taylor & Francis, London (2003). 47-68.

Haithcoat, Tim. 2006. *Vector GIS*. University of Missouri, Columbia.

LI, X. and Yeh, A.G. 2005. *Integration of Genetic Algorithm and GIS for optimal Location Search.* International Journal of Geographic Information Science, vol.19, No. 5, PP. 581-601.

Longly, P.A. et al. 1999. *Geographical Information Systems*. Second edition. Wiley: Chichester.

Malczeweski, J. 1999. *GIS and Multi Criteria Decision Analysis*. 1st edition. John Wiley & Sons INC. 392 Pages.

Morini, D. 1999. *Aerial Fire Fighting. Dipartmento Protezino Civile-COAU.*

Mudd, L. 1987. Airport Rescue and Firefighting Station Building Design. U.S. Department of Transportation.

Roy, B. 1996. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding Dordreckt*. Kluwer Academic Publishers.

Shapiro, J., J., W., and Nir, D. 1992. *Level Graphs and Approximate Shortest Paths Algorithm.* Networks 22 (1992) 691-717.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی