

## ارزیابی و ارائه الگوی بهینه مکان‌یابی به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

رسول حیدری<sup>۱</sup> - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران  
مسلم رستمی - استادیار گروه جغرافیا، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۰۳

### چکیده

توزیع و مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روز افزون به امر ایمنی در شهرها و آرایه تمهیداتی در زمینه پیشگیری و مقابله با حوادث مختلف از اهمیت و نقش حیاتی برخوردار است. لذا هدف اصلی از انجام این پژوهش ارزیابی و ارائه الگوی بهینه مکان‌یابی به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS در شهر کرمانشاه می‌باشد. این پژوهش از نوع کاربردی بوده و برای انجام آن از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. با توجه به وضعیت شهر کرمانشاه، برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، از معیارهای تراکم جمعیت، نزدیکی به شبکه معابر، شعاع پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، کاربری اراضی سازگار و کاربری اراضی ناسازگار در غالب مدل ترکیبی تحلیل فرآیند سلسله مراتبی (AHP) با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بخش زیادی از شهر کرمانشاه خارج از محدوده عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار گرفته است، به طوری که ۳۳/۵۴ درصد از جمعیت شهر کرمانشاه فاقد پوشش مناسب هستند، نتیجه حاصل از کاربرد مدل تلفیقی AHP و Arc GIS برای شناخت مکان مناسب برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر کرمانشاه بیانگر این واقعیت است که اولاً مدل به خوبی توانسته است با توجه به ۵ شاخص مورد استفاده در تحقیق، محدوده مورد مطالعه را به لحاظ نیاز به احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی اولویت‌بندی نماید. ثانیاً مناطقی که در اولویت اول برای مکان‌یابی قرار دارند در اطراف شهر کرمانشاه به خصوص در قسمت‌های شرق و شمال‌شرق قرار دارند که می‌توان با احداث ایستگاه‌های جدید در این مناطق کل شهر کرمانشاه را تحت پوشش قرار داد.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مکان‌یابی، GIS، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، کرمانشاه.

## ۱. مقدمه

یکی از اهداف مهم طراحان شهری، ایجاد محیط شهری است که در آن همه شهروندان به آسانی به خدمات شهری دسترسی داشته باشند (Lotfi and Koohsari, 2009: 417)، توزیع فضایی- مکانی مطلوب این خدمات با توجه به تحولات و تغییرات آینده شهری، موجب رضایت‌مندی شهروندان خواهد شد (Frank, 1972: 4). اگر این خدمات در مکان‌های مناسب و به اندازه کافی باشد از هزینه‌های اقتصادی و زمانی ساکنین به نحو محسوسی کاسته خواهد شد و لازمه این امر تحقیق و کنکاش علمی و کارشناسی است که باید از سوی سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف حمایت شود. امروزه توزیع بهینه کاربری‌ها و مراکز خدماتی مسأله‌ای است که اغلب اوقات برنامه‌ریزان با آن سر و کار دارند (Ahadnejad, 2007: 1) و یافتن مکان یا مکان‌های مناسب برای ایجاد یک فعالیت در حوضه جغرافیایی معین، جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی به ویژه در سطح کلان و ملی به شمار می‌آید. مکان‌های نهایی باید همه شرایط و قیود مورد نیاز را ارضاء نماید و عدم بررسی این شرایط و قیود قبل از اجرای چنین پروژه‌هایی نتایج نامطلوب فراوان به دنبال خواهد داشت (رامشت و عرب‌عامری، ۱۳۹۰: ۲). از این رو مکان‌یابی تسهیلات عمومی نمونه‌ای از سیاست دولت‌ها با درک منافع ناشی از صرفه‌جویی در استفاده از منابع، افزایش کارایی و هم‌افزایی خدمات به ویژه در هنگام وقوع بحران و حوادث است که چنین منافعی به خصوص برای دولت‌هایی که رشد سریع جمعیت را تجربه می‌کنند بسیار حیاتی است (Edmund, 2010: 687).

توزیع و مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روز افزون به امر ایمنی در شهرها و ارائه تمهیداتی در زمینه پیش‌گیری و مقابله با آتش‌سوزی و حادثه از اهمیت و نقش حیاتی در حفاظت از شهروندان در هنگام بروز حوادث مختلف برخوردارند (هادیانی و کاظمی‌زاده، ۱۳۸۹: ۱۰۰، خلیلی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱). در اکثر شهرهای بزرگ، تلفات مستقیم ناشی از آتش‌سوزی نسبتاً پایین است در حالی که به دلیل ترافیک سنگین خیابان‌ها و مشکلات دسترسی، زمان پاسخگویی فوری آتش‌نشانی طولانی شده و باعث افزایش تلفات می‌شود (Heru, 2011: 74) لذا محل استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی یک عامل مهم در قابلیت و توانایی ایستگاه‌ها در مقابله با آتش‌سوزی در شهرها می‌باشد. تعیین اینکه ایستگاه آتش‌نشانی در کجا استقرار یابد و در یک منطقه چه تعداد ایستگاه احداث شود، شاید مهم‌ترین تصمیماتی است که مسئولین با آن روبه‌رو هستند (علوی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۸). متأسفانه سیاست‌های کلی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران، سیاستی بدون برنامه خاص و مدون بوده است به گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده شهری، مهم‌ترین اصل خالی بودن زمین، بدون مالک بودن یا مواردی از این قبیل می‌باشد (ایمانی جاجرمی، ۱۳۷۵: ۵). این موضوع بر مکان‌یابی کلی ایستگاه‌ها در سطح شهرها تأثیرگذار بوده است و وضعیت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر کرمانشاه نیز از این قاعده مستثنی نبوده است، شهر کرمانشاه به مثابه مرکز اداری و سیاسی و اقتصادی استان کرمانشاه از نظر جمعیتی در صدر شهرهای استان جای دارد که این افزایش جمعیت در طول دهه ۶۵-۱۳۵۵ بیش از سایر مقاطع زمانی می‌باشد. اعمال سیاست‌های انبساطی جمعیت در سال‌های پس از انقلاب و موفقیت‌آمیز بودن این سیاست‌ها، کاهش میزان مرگ و میر جمعیت و نیز پیامدهای مهاجرتی جنگ تحمیلی و سکنی‌گزینی بخش اعظم مهاجران جنگی استان در این شهر از مهم‌ترین عواملی هستند که موجب رشد جمعیت شهر کرمانشاه شده است (طرح جامع شهر کرمانشاه، ۱۳۸۵: ۲) و این گسترش فضای کالبدی شهر که با عدم برنامه‌ریزی مناسب در خدمات‌رسانی مواجه بوده، نابسامانی‌هایی را نیز در زمینه خدمات عمومی از جمله دسترسی مناسب به ایستگاه‌های آتش‌نشانی به وجود آورده است. با توجه به جمعیت (در سال ۱۳۹۰ حدود ۸۵۱۴۰۵ نفر) و وسعت فعلی شهر، تنها ۸ ایستگاه آتش‌نشانی در حال حاضر مشغول انجام اطفاء و امداد و نجات به کل شهر در مساحتی حدود ۱۰۰۰۰ هکتار می‌باشند که به نظر می‌رسد با رعایت استانداردها این تعداد ایستگاه جواب‌گوی خدمات‌رسانی به کل شهر نبوده و در این زمینه کمبود جدی در شهر

احساس می‌شود که بایستی با توجه به معیارهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، به انتخاب مکان بهینه برای این مراکز در سطح شهر پرداخته شود تا با مکان‌یابی بهینه از اثرات توزیع نامطلوب آن جلوگیری کرد. بدیهی است خدمات‌رسانی به موقع و مطمئن توسط ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز مستلزم استقرار آن‌ها در مکان‌های مناسب می‌باشد که بتوانند در اسرع وقت و بدون مواجه شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری از یک طرف و با ایجاد حداقل آثار منفی بر روی زندگی ساکنان شهر از طرف دیگر به محل حادثه رسیده و اقدامات اطفاء یا امداد را به انجام برسانند. هدف اصلی از انجام این پژوهش ارزیابی و ارائه الگوی بهینه مکان‌یابی به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS در شهر کرمانشاه می‌باشد.

## ۲. مروری بر ادبیات تحقیق

### ۲-۱. پیشینه تحقیق

اولین کارهای مربوط به مباحث مکان‌یابی به وسیله لانهارد و وان‌تونن انجام شد (فرج‌زاده و رستمی، ۱۳۸۳: ۱۳۵). وان‌تونن مدل کلاسیک کشاورزی را برای مکان‌یابی مطرح کرد و لانهارد در سال ۱۸۸۲ از مثلث مکان‌یابی برای مکان‌یابی کارخانه استفاده کرد (پرهیزگار، ۱۳۷۶: ۱). کلبه نظریه‌ها با به کار گرفتن تکنیک‌های مختلف سعی می‌کنند عوامل موثر برای استقرار فضایی فعالیت‌های گوناگون شهری را بشناسند. مدل‌های مکان‌یابی به وسیله افراد متعدد در محیط‌های متعدد ارائه شده است که هر کدام با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیطی در زمان‌های متفاوت به کار گرفته شده‌اند (فرج‌زاده و رستمی، ۱۳۸۳: ۱۳۵). در مقیاس جهانی در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعات کمی صورت گرفته است و بیشتر توجه به مکان‌یابی مراکز خدماتی، تجاری و امثال آن‌ها معطوف بوده است (کریمی، ۱۳۸۷: ۲۳). در ذیل برخی از مطالعات انجام شده در جهان و ایران در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و موضوعات مشابه در قالب پیشینه تحقیقاتی ارائه می‌گردد:

والکر<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۵ به ارزیابی مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نیویورک پرداخت، هدف این مطالعه ارائه مدلی به مدیران و برنامه‌ریزان شهری برای مکان‌گزینی و ارزیابی مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی بود. او مدلی کامپیوتری را به شکل یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای این منظور طراحی کرده بود. رایدرا<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۵ با استفاده از یک مدل ریاضی پارامتری نشان داد که چگونه می‌توان منابع در دسترس برای مقابله با آتش‌سوزی را در سطح شهر توزیع نمود. کولمن و همکارانش<sup>۳</sup> در سال ۱۹۹۲ با استفاده از GIS به بررسی و ارزیابی کاربرد این تکنولوژی در سیستم حفاظت آتش پرداختند. در فوریه سال ۲۰۰۰، پروژه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، ویچیتا و کانزاس، تحت راهنمایی شرکت تری دینا به کمک GIS انجام گرفت. در سال ۲۰۰۵، لی و یه<sup>۴</sup> در مکان‌یابی سایت‌های خدماتی چند منظوره از الگوریتم ژنتیک در محیط GIS استفاده نموده‌اند. براساس نتایج حاصله از این تحقیق قابلیت الگوریتم ژنتیک در حل مسأله بهینه‌سازی مسائل با پیچیدگی بالا، در فضای پیوسته، بسیار تعیین کننده بوده است. در ایران نیز در زمینه مکان‌یابی با استفاده از GIS در سال‌های اخیر مطالعاتی صورت پذیرفته است که می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد:

در سال ۱۳۷۶، دکتر پرهیزگار ضمن مطالعه روش‌ها و الگوهای مکان‌گزینی مانند نظریه مکان مرکزی، مدل تاکسونومی عددی، مدل لاری و مدل‌های تصادفی، با مطالعه موردی در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی شهر تبریز توانایی GIS را نسبت به سایر مدل‌ها اثبات کرد. در سال ۱۳۸۵، عادل با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پژوهشی

1. Walker  
2. Rider  
3. Colman et al  
4. Li and Yeh

در مورد مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر گرگان انجام داده و پس از ارزیابی ایستگاه‌های موجود مکان‌های جدید را پیشنهاد می‌کند. در سال ۱۳۸۸، کیالی و عقیلی با استفاده از AHP و GIS به تحلیل و بررسی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر مشهد پرداخته‌اند. وطن‌پرست و همکاران در ۱۳۸۹ با استفاده از معیارهایی چون شعاع پوششی، تراکم جمعیت، نزدیکی به شبکه معابر و ریزدانی با استفاده از وزن‌دهی چندگانه در ترکیب لایه‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر مشهد را مکان‌یابی کردند. خلیلی و همکاران در سال ۱۳۸۸ به مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی در منطقه ۶ تهران با استفاده از مدل AHP و GIS پرداخته‌اند. خوارزمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به ارزیابی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز با بهره‌گیری از GIS پرداخته و از فاکتورهای جمعیت، شعاع عملکرد مفید، کاربری اراضی و شبکه معابر استفاده کرده‌اند.

## ۲-۲. مبانی نظری

### ۲-۲-۱. تعاریف

#### – ایستگاه‌های آتش‌نشانی

ایستگاه‌های آتش‌نشانی مکان‌هایی است 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 توسعه اقتصادی شهرها ایفا می‌نماید (پرهیزگار، ۱۳۸۳: ۶۹).

#### – مکان‌یابی

مکان‌یابی در علوم مربوط به زمین، عملیاتی است که طی آن فرد متخصص با ارائه نیازها، اهداف و اطلاعات وضع موجود به دیگر کارشناسان نظیر (ترافیک، اقتصاد، جامعه‌شناسی، روانشناسی، جغرافیا، زمین‌شناسی، هواشناسی، زیست‌شناسی) و جمع‌بندی آن‌ها در قالب نظرات و اهداف خود در پی دستیابی به بهترین انتخاب از انتخاب‌های موجود می‌باشد (رستگار، ۱۳۸۸: ۲۷). مکان‌یابی، فرآیند تصمیم‌گیری در دوره زمانی طولانی مدت است زیرا تعداد زیادی از شاخص‌های موجود باید آزمایش شود و نتیجه تصمیمات ممکن است ارزیابی گردند (پرهیزگار، ۱۳۷۶: ۵۸).

#### – کاربری زمین

کاربری زمین برای تأمین و تجزیه و تحلیل نحوه استفاده از زمین در وضع موجود و برای تهیه نقشه‌ای که در آینده شیوه استفاده از زمین را معین نماید استفاده می‌شود. به طور کلی کاربری زمین (Landuse) عبارت است از شناخت وضع موجود و پراکندگی انواع فعالیت‌های شهری مانند مسکونی، درمانی، معابر، آموزشی، تجاری، اداری، ورزشی و ... تعیین نسبت هریک از کاربری‌ها از کل مساحت شهر و اینکه هر یک از فعالیت‌ها در چه مقیاس و اندازه و به چه صورت در سطح شهر پراکنده شده‌اند، رابطه آن‌ها با یکدیگر چیست و تا چه حد این ارتباط منطقی و صحیح است (رضویان، ۱۳۸۱: ۳۳). ماهیت کاربری در زمین را به عنوان کالای تجدید ناپذیر، نیاز مبرم بشر، فضای زندگی، ارتباط تنگاتنگ با محیط زیست و محیطی امن، زیبا، سالم و برای آسایش می‌توان ذکر کرد (Chapin, 1978: 22).

## ۲-۲-۲. نظریه‌های موجود در زمینه مکان‌یابی

در زمینه مکان‌یابی و استقرار فعالیت‌ها، جغرافیدانان و اقتصاددانان مطالعاتی را انجام داده‌اند. سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران هر کدام به نحوی در پیدا کردن مکانی خاص، نگرش خاصی دارند. سرمایه‌گذاران در پیدا کردن مکان، فاکتور سود را در نظر می‌گیرند به طوری که سعی دارند که مکانی را پیدا کنند که بیشترین سود را به خود جذب کنند. از سوی دیگر

سیاست‌گذاران فعالیت‌هایی را به مناطق خود جذب می‌کنند که بیشترین تأثیر را در رشد اقتصادی و توسعه مناطق داشته باشد. در بسیاری از متون در مورد مکان‌یابی عواملی نظیر افزایش سود، تسهیل حمل و نقل، کالا، بازار و ... بیان شده است. نظریه‌های مکان‌یابی علیرغم تنوع گسترده در سه گروه کلی قابل تفکیک هستند:

### - نظریه‌های مکان‌یابی مبتنی بر حداقل کردن هزینه (لانهارد، وبر، هوور)

اولین نظریه مکان‌یابی تدوین یافته در چارچوب علمی به نام نظریه‌پرداز آن، آلفرد وبر، نظریه‌پرداز آلمانی بیان گردید و در تدوین نظریه‌های بعدی مکان‌یابی مورد استفاده فراوان قرار گرفت. این نظریه عمدتاً با هدف حداقل کردن هزینه‌ها، سه عامل مهم و عمده را در مکان‌یابی مطرح می‌کند: عامل حمل و نقل، نیروی کار و تجمع‌گرایی صنعتی که دو عامل اول از نظر ناحیه‌ای یا منطقه‌ای مطرح می‌شوند و عامل سوم یعنی تمایل به تجمع‌گرایی صنعتی در زمره عوامل محلی تلقی می‌شود.

لانهارد در سال‌های ۱۸۸۵-۱۸۸۲ میلادی، تئوری مکان‌یابی صنایع خود را مطرح نمود؛ اما چارچوب علمی این تئوری توسط وبر آلمانی در سال ۱۹۰۹ میلادی پایه‌ریزی شد. لانهارد با در نظر گرفتن دو موقعیت جغرافیایی عرضه مواد اولیه و یک موقعیت بازار فروش، مدل ساده مثلثی را برای مکان‌یابی بهینه صنایع، پیشنهاد می‌کند. مکان بهینه با در نظر گرفتن هزینه‌های حمل و نقل، بین رئوس مثلث و انجام محاسباتی نه چندان پیچیده حاصل می‌شود. هوور در سال ۱۹۴۸ تئوری‌های خود را به مکان‌یابی‌های صنعتی با فرض رقابت کامل بین تولید کنندگان و فروشندگان و تحرک کامل عوامل تولید معطوف کرد. تئوری هوور در مقایسه با تئوری وبر، هزینه‌ها را با روش واقع‌گرایانه‌تری به هزینه‌های حمل و نقل و هزینه‌های تولید (که هر کدام به اندازه کافی به زیر هزینه‌ها شکسته شده‌اند) تقسیم می‌کند. برای مثال، هزینه‌های حمل و نقل تنها متأثر از وزن و فاصله نبوده و براساس طول و جهت حمل و نقل نیز متغیر خواهند بود (پرهیزگار، ۱۳۷۶: ۱۳۸-۱۲).

### - نظریه‌های مکان‌یابی با تأکید بر تجزیه و تحلیل بازار (آگوست لوش)

بی‌توجهی نظریه‌های حداقل هزینه به عامل تقاضا و تفاوت‌های جغرافیایی اقتصادی در ظرفیت فروش نقاط گوناگون، منجر به شکل‌گیری نظریه تجزیه و تحلیل بازار گردید. این نظریه برای اولین بار توسط آگوست لوش اقتصاددان آلمانی در سال ۱۹۳۹ مطرح گردیده به نظر وی استقرار در نقطه حداقل هزینه الزاماً منتهی به ایجاد حداکثر نفع و سود نمی‌گردد بلکه واحدهای تولیدی می‌توانند با افزایش فروش و ایجاد درآمدهای اضافی برای خود به سود بیشتر دست پیدا کنند. به عقیده لوش، با افزایش فاصله و مسافت، میزان تقاضا کاهش می‌یابد به طوری که برای کالاهای فاسد نشدنی مانند مواد غذایی در فواصل دور تقاضا بسیار اندک می‌باشد. وی، سود یک بنگاه اقتصادی را در گرو تقاضای بازار مصرف می‌داند که دوری مکان آن از بازار مصرف می‌تواند باعث بالا رفتن قیمت و کاهش تقاضای بازار شود و اصولاً یکی از دلایل عدم موفقیت یک فعالیت را، مکان نامناسب آن به شمار می‌آورد (همان: ۱۳۸-۱۲).

### ۳-۲-۲. نظریه‌های مکان‌یابی براساس حداکثر کردن سود (گرینهارت)

به طور کلی ماهیت اصلی این نظریه‌ها معطوف به ادغام دو نگرش «حداقل کردن هزینه‌ها» و «حداکثر کردن درآمدها» از طریق گسترش وسعت بازار می‌باشد و طبق این نظریه مکان بهینه برای یک فعالیت اقتصادی، مکانی است که در آن علاوه بر این که هزینه‌ها در حداقل خود هستند درآمدها نیز بیشترین مقدار خود را داشته باشند و این نظریه نیل به اهداف دو نگرش قبلی را به صورت شروط لازم و نه حتماً کافی بیان می‌کند. یکی از نظریاتی که هدف اصلی مکان‌یابی را دستیابی به حداکثر سود می‌دانست و سعی در تلفیق دو نگرش فوق داشت توسط گرینهارت مطرح شد، وی برای نیل

به هدف، توجه به هزینه‌های حمل و نقل، هزینه‌های تولید در محل، عوامل مؤثر در کاهش و افزایش هزینه و درآمد را مد نظر قرار داد. گرینهارت معتقد بود که در بین این عوامل، هزینه‌های حمل و نقل بیش از عوامل دیگر در مکان‌یابی فعالیت‌های اقتصادی مؤثر است. شایان ذکر است که به طور کلی هیچ نظریه جامعی که بتواند تمامی تصمیمات مکانی یک شهر را توجیه کند وجود ندارد و تصمیمات مکانی شهرها توسط عوامل متعددی که هر یک اهداف و اولویت‌های متفاوتی دارند اخذ می‌شود (پرهیزگار، ۱۳۷۶: ۱۳۸-۱۲).

### ۳. روش‌شناسی تحقیق

با توجه به هدف اصلی تحقیق این پژوهش از نوع کاربردی بوده و از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. این پژوهش برآن است که با توجه به نگرش سیستمی به مناطق شهری به صورت یک کل و نه تعدادی اجزای غیر مرتبط به ارزیابی و تعیین مناسب‌ترین مکان برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در فضای شهری پرداخته شود. معیارهای متعددی جهت مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به استانداردهای جهانی ارائه گردیده است که می‌توان به شبکه راه‌ها، تراکم جمعیت، نوع استقرار ابنیه مسکونی، تجاری، اداری و دیگر کاربری‌های مهم شهری اشاره کرد (ESRI, 2007). در این پژوهش برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به وضعیت شهر کرمانشاه، معیارهای تراکم جمعیت که در این پژوهش بلوک‌های بالای ۱۵۰ نفر به عنوان بلوک با تراکم زیاد تعریف شده است (عزیزی، ۱۳۸۸: ۲۱۰)، نزدیکی به شبکه معابر، شعاع پوششی ایستگاه‌های آتش‌نشانی که شعاع نهایی هر ایستگاه ۱۷۰۰ متر در نظر گرفته شده است، کاربری اراضی سازگار شامل (کاربری مسکونی، تجاری، صنعتی، انبارها، فضای سبز و مناطق نظامی) و کاربری اراضی ناسازگار شامل (کاربری ورزشی، مذهبی، درمانی و آموزشی) انتخاب شده است (مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸: ۱۳۸). برای انجام این پژوهش در ابتدا پایگاه داده‌های مکانی به صورت نقشه و داده‌های توصیفی به صورت آمار و اطلاعات ایجاد شد و از بین روش‌های تصمیم‌گیری از مدل ترکیبی تحلیل فرآیند سلسله مراتبی (AHP) با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. در تحقیق حاضر علی‌رغم وجود برخی از استانداردهای لازم در ارتباط با وزن‌دهی معیارها، به جهت کاربردی‌تر شدن تحقیق و بومی‌سازی مقادیر اوزان با شرایط واقعی شهر کرمانشاه، نوعی تعدیل مقادیر با استفاده از نظرات کارشناسان انجام پذیرفت.

شیوه ارزیابی AHP در سال ۱۹۹۷ توسط ساعتی پایه‌گذاری گردید و کاربرد فضایی این مدل در قالب GIS توسط اوسوالد مارینیوی در سال ۲۰۰۷ بکار گرفته شد (Oswald Marinoni, 2007: 3). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی متکی بر قضاوت‌هاست (Whitaker 2001: 38). علاوه بر این استفاده از آن مستلزم ریاضیات دست و پا گیر نیست، بنابراین درک آن آسان است و می‌تواند هر دو داده کمی و کیفی را کنترل کند (Cengiz et al, 2003: 390). در حقیقت AHP یک روش جامع برای حل مشکلات تصمیم‌گیری است (Tolga, 2004: 90)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP چه در واقعیت و چه در تئوری، در فرایند حل مشکلات تصمیم‌گیری استراتژیک به کار گرفته شده است (Ossadnik, 1999: 578). به طور کلی می‌توان بیان کرد که روش AHP شامل سه گام اصلی می‌شود:

**۱. تولید ماتریس مقایسه دوتایی:** یک مقیاس اساسی را با مقادیر از ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار بکار می‌گیرد. البته مقادیر مربوط به مقایسه دو به دو می‌باید کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند (جدول ۱).

جدول ۱. مقیاس مقایسه دو تایی

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

منبع: قدسی‌پور، ۱۳۸۴

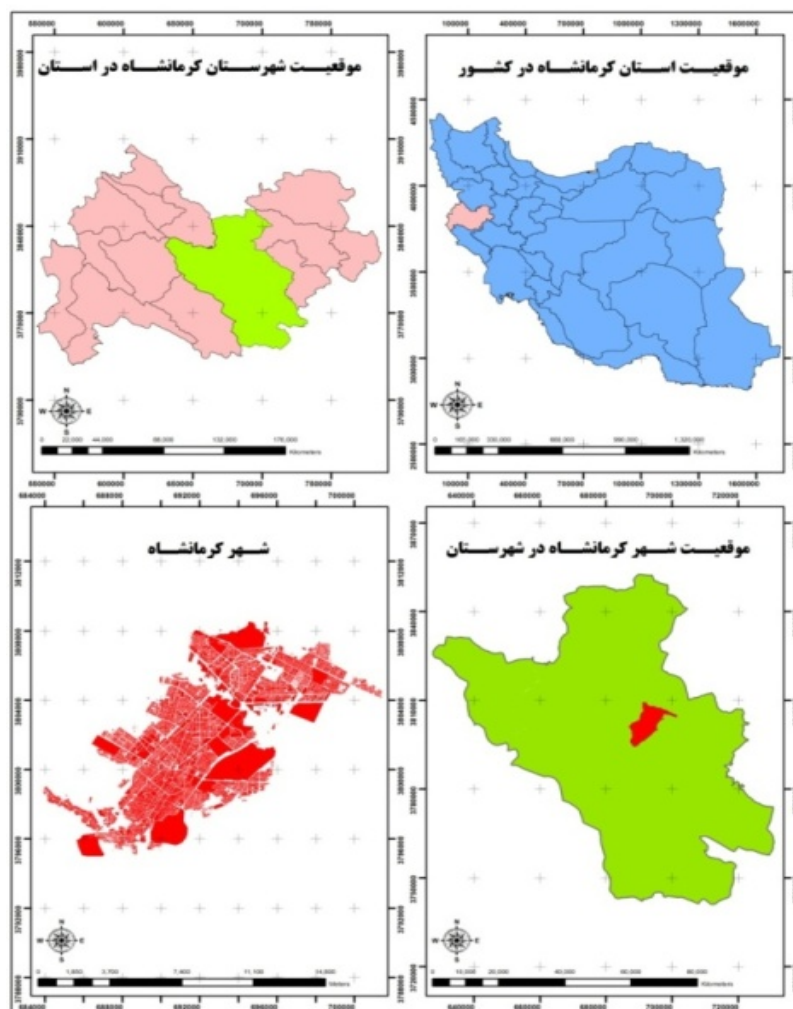
## ۲. محاسبه وزن‌های معیار<sup>۱</sup>.

### ۳. تخمین نسبت توافق.

## ۴. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهر کرمانشاه می‌باشد. این شهر مرکز استان کرمانشاه و در نیمه شرقی استان واقع شده است. (شکل ۱). ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۳۲۲ متر است. شهر کرمانشاه از سمت شمال و جنوب به ارتفاعات محدود گردیده و رودخانه قره‌سو که در دشت کرمانشاه جاری است، عملاً شهر را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌نماید. مساحت شهر بالغ بر ۱۰۰۰۰ هکتار می‌باشد که ۵۹۲۰/۲ هکتار آن یعنی در حدود ۶۱/۸۷ درصد، سهم سطوح خالص شهری و سطحی معادل ۳۶۴۸/۴ هکتار با ۱۲/۳۸ درصد، سهم سطوح ناخالص شهری است و براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰ جمعیت این شهر ۸۵۱۴۰۵ نفر می‌باشد (سال‌نامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۰). در حال حاضر در محدوده قانونی شهر کرمانشاه هشت ایستگاه آتش‌نشانی فعال هستند (جدول ۲).

۱. قابل ذکر است مراحل ب و ج، توسط ابزار AHP در محیط GIS محاسبه می‌گردد.



شکل ۱. موقعیت استان کرمانشاه، شهرستان و شهر کرمانشاه

(منبع: دفتر آمار و اطلاعات استانداری استان کرمانشاه)

جدول ۲. لیست اسامی ایستگاه‌های سازمان آتش‌نشانی شهر کرمانشاه

نام ایستگاه	آدرس	تاریخ تأسیس
ایستگاه مرکزی	خیابان سید جمال‌الدین	۱۳۱۶
ایستگاه نجات یک	خیابان ارشاد	۱۳۶۵
ایستگاه نجات دو	میدان ایثار	۱۳۶۱
ایستگاه نجات سه	میدان شهدا	۱۳۹۰
ایستگاه نجات چهار	میدان فردوسی	۱۳۶۲
ایستگاه نجات پنج	میدان دانشگاه	۱۳۶۵
ایستگاه نجات هفت	شهرک معلم، چهارراه رودکی	۱۳۸۷
ایستگاه نجات هشت	الهیه، نیش خیابان بنشن	۱۳۸۷

منبع: سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری کرمانشاه، ۱۳۹۲



## ۵. یافته‌های تحقیق

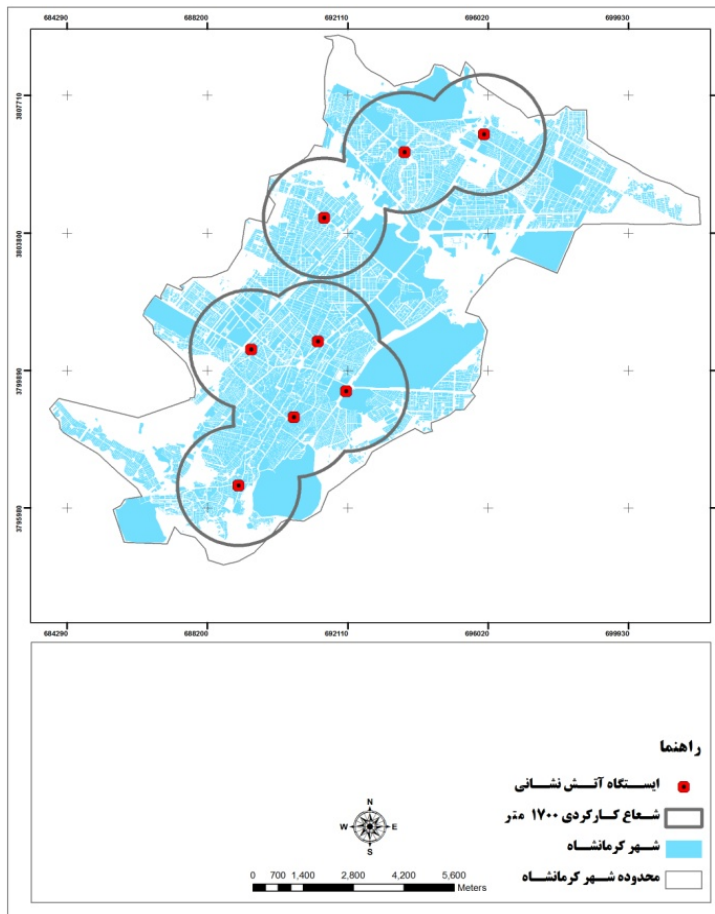
### ۱-۵. ارزیابی وضع موجود ایستگاه‌های آتش‌نشانی

براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ جمعیت شهر کرمانشاه حدود ۸۵۱۴۰۵ نفر بوده است که از این تعداد، ۶۶/۴۶ درصد تحت پوشش شعاع کارکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشند و ۳۳/۵۴ درصد فاقد پوشش مناسب هستند (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳. توزیع جمعیت و خانوار در شهر کرمانشاه با توجه به محدوده شعاع کارکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

تعداد (نفر)	درصد	تعداد (نفر)	درصد	جمعیت فاقد دسترسی	تعداد (نفر)	درصد	جمعیت دارای دسترسی
۸۵۱۴۰۵	۳۳/۵۴	۲۸۵۵۵۱	۶۶/۴۶	جمعیت فاقد دسترسی	۵۶۵۸۵۴	۶۶/۴۶	جمعیت دارای دسترسی
۲۴۲۳۱۱	۳۱/۶۵	۷۶۶۷۷	۶۸/۳۵	خانوار فاقد دسترسی	۱۶۵۶۳۴	۶۸/۳۵	خانوار دارای دسترسی

منبع یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳

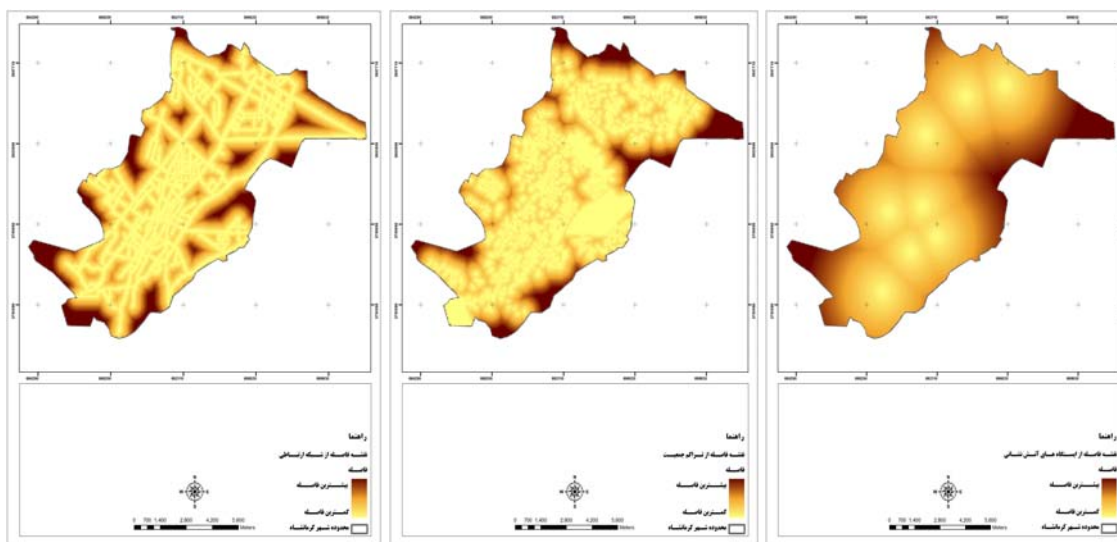


شکل ۲. پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی و محدوده تحت پوشش با شعاع ۱۷۰۰ متر

(منبع: بلوک‌های آماری شهر کرمانشاه و نگارندگان، ۱۳۹۳)

### ۲-۵. تهیه لایه‌های مورد نیاز (معیارها) برای مکان‌یابی در محیط GIS

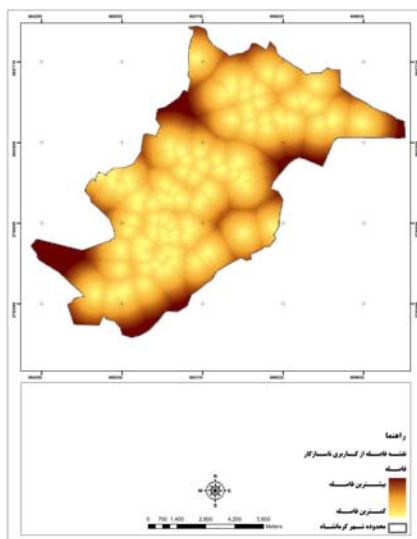
این مرحله فرآیندی است که شامل اخذ داده، تنظیم کردن و مستند سازی داده‌هاست. داده‌هایی که به سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شده، عبارتند از نقشه‌های رقومی کاربری اراضی وضع موجود و نقشه رقومی شده ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۰ شهر کرمانشاه می‌باشد که با استفاده از ابزار Spatial Analyst در محیط ArcGIS، لایه‌های جدیدی مانند: فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، فاصله از تراکم جمعیت بالا، فاصله از معابر شهری، فاصله از کاربری‌های سازگار و فاصله از کاربری‌های ناسازگار بدست آمده است (اشکال ۳-۷).



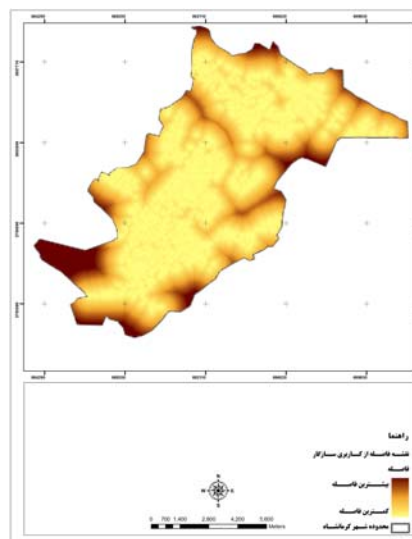
شکل ۵. فاصله از معابر شهری

شکل ۴. فاصله از تراکم جمعیت

شکل ۳. فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی



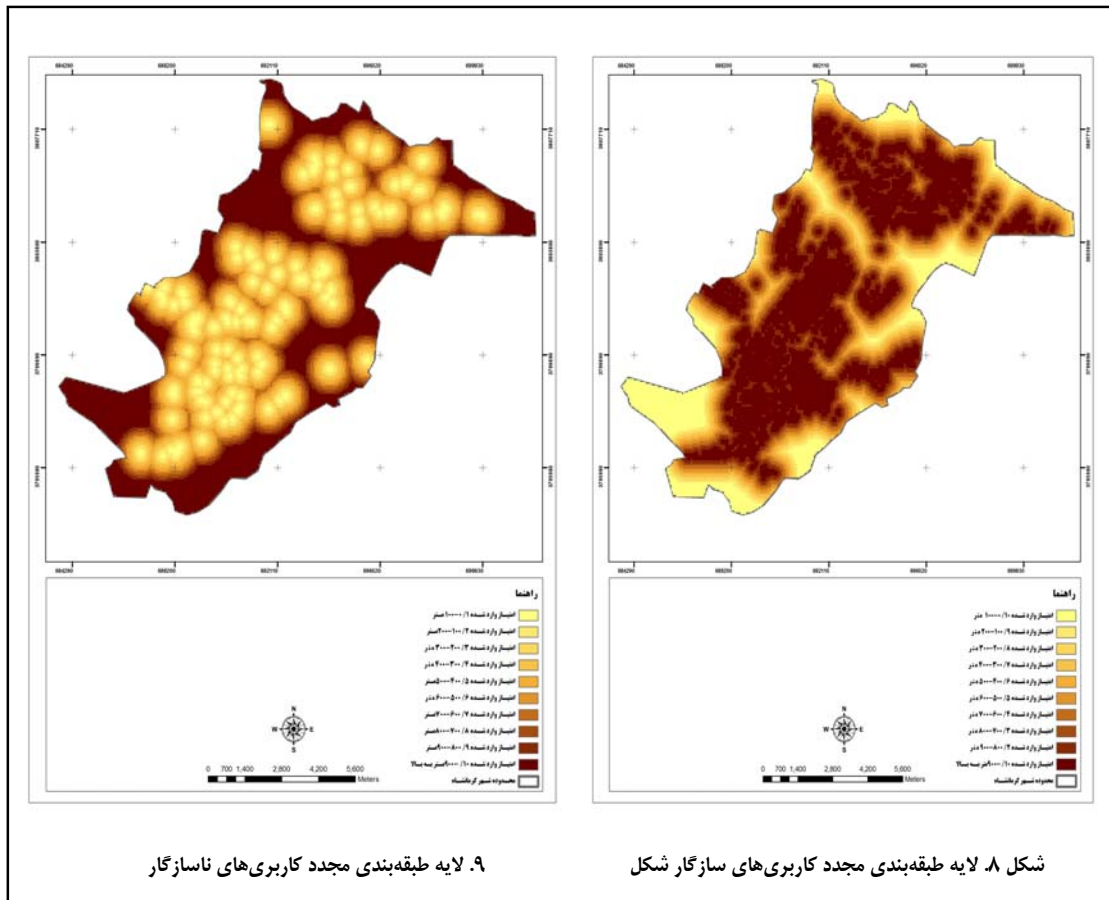
شکل ۷. فاصله از کاربری‌های ناسازگار



شکل ۳. فاصله از کاربری‌های سازگار

### ۳-۵. استانداردسازی لایه‌ها برای انجام تحلیل و شناسایی مکان بهینه

برای انجام این مرحله، ابتدا نقشه‌هایی که در مرحله قبل به دست آمده را به وسیله عملیات Reclassify در محیط GIS طبقه‌بندی مجدد کرده و به هر یک از لایه‌ها بر مبنای نقشه‌های فاصله و ارزشی که در فرآیند مکان‌یابی دارند از (۱۰-۱) ارزش جدیدی داده شده است. نمونه‌هایی از نقشه‌های طبقه‌بندی شده مجدد در ذیل آورده شده است (اشکال ۸ و ۹).



۹. لایه طبقه‌بندی مجدد کاربری‌های ناسازگار

شکل ۸. لایه طبقه‌بندی مجدد کاربری‌های سازگار شکل

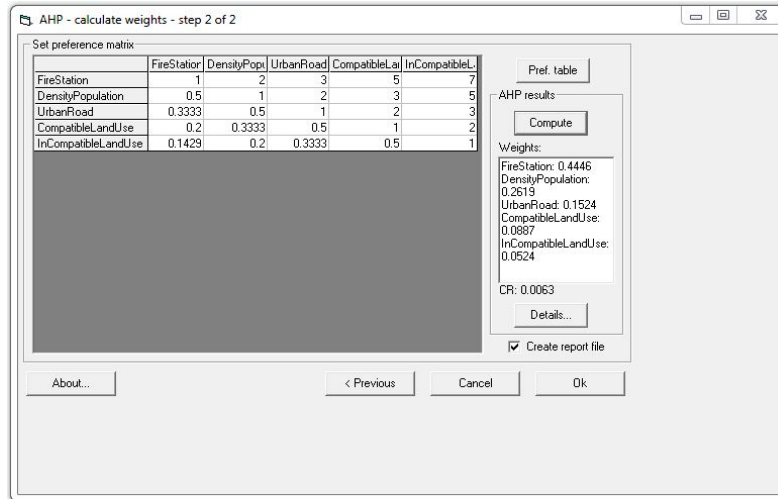
### ۴-۵. ارائه نقشه نهایی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی توسط مدل AHP در محیط GIS:

در این تحقیق با استفاده از نظر ۱۴ کارشناس، ابتدا تک‌تک معیارهای مورد بررسی را مقایسه نموده و میزان اهمیت نسبی هر جفت از معیارها را براساس میزان ارزش و اهمیت آن در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در یک ماتریس وارد کرده‌ایم. سپس عملیات محاسبه وزن‌ها و محاسبه نسبت توافق و ترکیب و تلفیق نهایی لایه‌ها، توسط ابزار AHP در محیط GIS انجام گرفته است، شایان ذکر است نسبت توافق (CR) برای داده‌های تحقیق  $0/0063$  بدست آمد و با توجه به این که کوچکتر از  $0/1$  است، نشان دهنده قابل قبول بودن نتیجه می‌باشد (اشکال ۱۰ و ۱۱). نتایج حاصل از وزن معیارها به شرح زیر بدست آمده است:

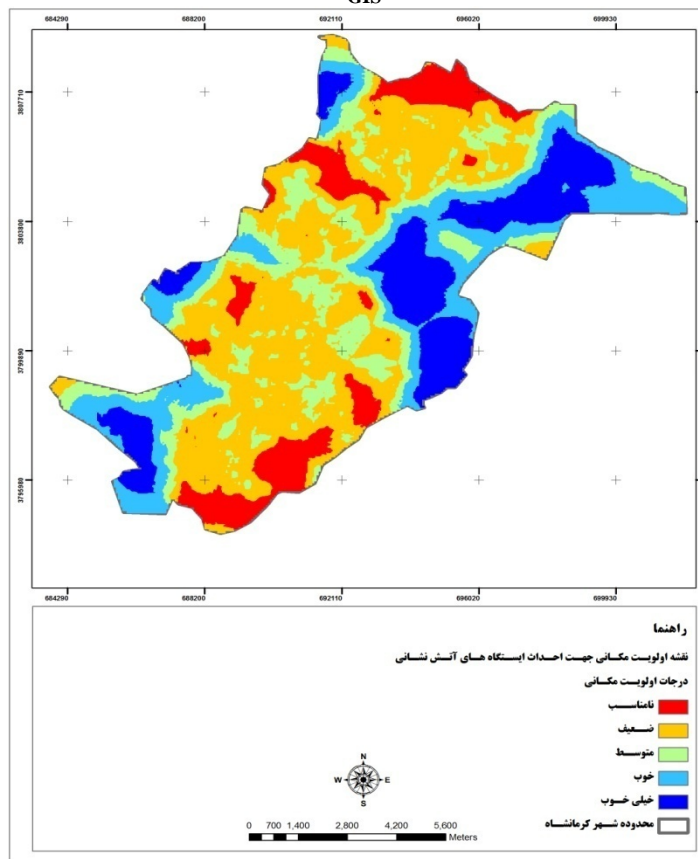
- فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود:  $(0/4446)$

- نزدیکی به تراکم جمعیتی:  $(0/2619)$

- نزدیکی به معابر: (۰/۱۵۲۴)
- نزدیکی به کاربری‌های اراضی سازگار: (۰/۰۸۸۷)
- فاصله از کاربری‌های ناسازگار: (۰/۰۵۲۴).



شکل ۱۰. نمایش ماتریس دودویی معیارها و وزن محاسبه شده با ابزار AHP در محیط GIS



شکل ۱۱. نقشه اولویت مکانی جهت احداث ایستگاه آتش‌نشانی در شهر کرمانشاه (منبع یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳)

شکل (۱۱) اولویت مکانی جهت احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر کرمانشاه را در پنج طیف نشان می‌دهد، اولویت مکانی با درجه خیلی خوب و خوب در اطراف شهر قرار گرفته‌اند و بیشترین محدوده با این درجات در قسمت شرقی شهر واقع شده است.

## ۶. نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش ارزیابی و ارائه الگوی بهینه مکان‌یابی به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS در شهر کرمانشاه می‌باشد. نتایج کلی نشان می‌دهد که تعداد ایستگاه‌های موجود برای خدمات‌رسانی مناسب به شهروندان کافی نبوده و قسمت‌های زیادی از شهر کرمانشاه خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار دارند همچنین در نقشه نهایی اولویت احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در پنج طیف در شهر کرمانشاه طبقه‌بندی گردید. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان مکان‌های استقرار و انتظار خودروهای آتش‌نشانی و امداد، از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند که نقش مهمی در تأمین ایمنی و آسایش شهروندان و توسعه اقتصادی شهرها ایفا می‌کنند. این امر مهم باعث می‌شود که اتخاذ فرآیندی صحیح برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی ضروری به نظر برسد همچنین تصمیم‌گیری علمی و کارآ، با توجه به اولویت‌بندی مسائل شهری، سبب افزایش میزان موفقیت طرح‌های شهری می‌گردد، هنگامی که با معیارها و شاخص‌های متنوع و متعددی جهت تصمیم‌گیری در سطح شهرها روبرو می‌شویم، استفاده از قابلیت مدل‌های چند معیاری می‌تواند تصمیم‌گیری را مناسب‌تر نماید. از این رو، در پژوهش حاضر از مدل AHP استفاده گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به بررسی‌های به عمل آمده از نحوه توزیع ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود در شهر کرمانشاه و نیز تعیین شعاع عملکردی استاندارد آن‌ها با به کارگیری روش بافرینگ، بخش زیادی از این شهر با وجود تراکم جمعیتی بالا خارج از محدوده عملیاتی ایستگاه‌های موجود بوده است، به طوری که ۳۳/۵۴ درصد از جمعیت شهر کرمانشاه فاقد پوشش مناسب هستند که دلیل آن کمبود و قرارگیری نامناسب ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای پوشش دادن کل فضای شهر کرمانشاه بوده است، نتیجه حاصل از کاربرد مدل تلفیقی AHP و Arc GIS برای شناخت مکان مناسب برای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر کرمانشاه بیانگر این واقعیت است که اولاً مدل به خوبی توانسته است با توجه به ۵ شاخص مورد استفاده در تحقیق، محدوده مورد مطالعه را به لحاظ نیاز به احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی اولویت‌بندی نماید و هدف تحقیق برآورده شده است. ثانیاً مناطقی که در اولویت اول برای مکان‌یابی قرار دارند در اطراف شهر به خصوص در قسمت‌های شرق و شمال‌شرق قرار دارند که می‌توان با احداث ایستگاه‌های جدید در این‌گونه مناطق کل شهر کرمانشاه را تحت پوشش قرار داد. این نتایج با مطالعات پرهیزگار (۱۳۷۶)، عادل (۱۳۸۵)، کیال و عقیلی (۱۳۸۸)، وطن‌پرست و همکاران (۱۳۸۹) و خوارزمی و همکاران (۱۳۹۱) همخوانی دارد. در پایان می‌توان این‌طور ادعا کرد که به کارگیری سیستمی یکپارچه متشکل از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در شهرهای بزرگ و پرجمعیت باشد.

## ۷. منابع

- ایمانی جاجرمی، حسین، ۱۳۷۵، مطالعه‌ای در باب ایجاد سازمان‌های مرکزی آتش‌نشانی کشور، وزارت کشور، انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری، تهران.
- پرهیزگار، اکبر، ۱۳۷۶، ارائه الگوی مناسب مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تحقیق در مدل‌ها و GIS، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. خلیلی، مرتضی، ۱۳۸۸، مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با بکارگیری مدل AHP در محیط GIS، هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز.
۴. خوارزمی، محمدرفعی، امامی، فیروزه، دلگشاسعدی، محمدحسن و امامی، رضا، ۱۳۹۱، ارزیابی، بهینه‌سازی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعاتی شهرستان شیراز)، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، تهران.
۵. رامشت، محمدحسین و عرب‌عامری، علیرضا، ۱۳۹۰، اولویت‌بندی نواحی شهری به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از دو روش تخصیص خطی و TOPSIS و با کمک تکنیک GIS (مطالعه موردی: شهر ماکو)، مجله علمی-تخصصی برنامه‌ریزی فضایی، سال اول، شماره اول، صص ۱۶-۱.
۶. رستگار، موسی، ۱۳۸۸، مکان‌گزینی صحیح فضاهای ورزشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل (AHP)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه زنجان، زنجان.
۷. رضویان، محمدتقی، ۱۳۸۱، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات منشی، تهران.
۸. عزیز محمدمهدی، ۱۳۸۸، تراکم در شهرسازی، اصول و معیارهای تعیین تراکم شهری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۹. علوی، سید علی، سالاروند، اسماعیل، احمدآبادی، علی و بسحاق، محمدرضا، ۱۳۹۱، تحلیل فضا-مکانی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی بر پایه مدیریت بحران با استفاده از روش تلفیقی MCDM و تحلیل شبکه، دو فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، شماره دوم، صص ۶۵-۵۷.
۱۰. فرج‌زاده، منوچهر و رستمی، مسلم، ۱۳۸۳، ارزیابی و مکان‌گزینی مراکز آموزش شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۸، شماره ۱، ۱۵۲-۱۳۳.
۱۱. قدسی‌پور، سید حسن، ۱۳۸۴، فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
۱۲. کریمی، بیراز، ۱۳۸۷، بررسی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز و مکان‌یابی بهینه آنها با استفاده از (GIS)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران.
۱۳. گزارشات سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری کرمانشاه، ۱۳۹۲.
۱۴. گزارشات طرح جامع شهر کرمانشاه، ۱۳۸۵، جلد دوم، مشخصات اجتماعی شهر کرمانشاه.
۱۵. معاونت برنامه‌ریزی استان کرمانشاه، ۱۳۹۲، سال‌نامه آماری استان کرمانشاه، سال ۱۳۹۱.
۱۶. مهندسین مشاور عرصه، ۱۳۷۸، پژوهشی درباره جایگاه و ابعاد حفاظت شهرها در برابر آتش‌سوزی، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری وزارت کشور.
۱۷. هادیانی، زهره و کاظمی‌زاد، شمس‌اله، ۱۳۸۹، مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قم، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره هفدهم، ۱۱۲-۹۹.

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. Cengiz, K, Ufuk, C, Ziya, U., 2003, **Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP**, Logistics Information Management 16 (6).

20. Chapin, F, Edward Sturtand, K., 1978, **Urban Land use planning**, Illinois, Illinois University Prees.

21. Edmund Zolnik, Julie Minde b, Debasree Das Gupta a, Sidney Turner., 2010, **Supporting planning to co-locate public facilities: A case study from Loudoun County**, Virginia, Journal of Applied Geography, vol 30, 687-696.

22. ESRI., 2007, **GIS for Fire Station Locations and Response Protocol**, White Paper, January. Available from <http://www.esri.com/library/whitepapers/gis-for-fire>.

23. Frank, S., 1972, **The New Town Story**. First edition. Macgibbon & Kee press, 345.
24. Heru Sufianto, Anthony R. Green., 2011, **Urban Fire Situation in In donesia**, journal of fire Technology, 74.
25. Lotfi, S. Koohsari, M., 2009, **Analyzing accessibility dimension of urban quality of life: where urban designers face duality between subjective and objective reading of place**, Journal of social indicators research, 94(2): 417-435.
26. Ossadnik, Wolfgang; Lange Oliver., 1999, **Theory and Methodology AHP-based evaluation of AHP-Software**, European Journal of Operational Research; No 118.
27. Oswald Marinoni., 2007, **Some word on the ansalis hierarchy process and provided ArcGIS extension**, [Http// www.tu- darmsadt. de/fb/geo/members/marinoni en.hm](http://www.tu-darmsadt.de/fb/geo/members/marinoni.en.hm).
28. Tolga, Ethem; Demircan, Murat Levent; Kahraman, Cengiz., 2005 **Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process**, Production Economics; No 97.
29. Whitaker, R., 2001, **Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process**, Creative Decisions Foundation, Pittsburgh, USA.