مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری، سال پنجم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، شمارهٔ پیاپی ۹

DOI: 10.22067/gusd.v5i2.62850

مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با منطق فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)
(مطالعه موردی: منطقه یک شهری بندرعباس)

بهرام حسین‌پور کوهشاهی(دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پردیس دانشگاهی قشم، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران)
bahram.kooshah@gmail.com
رسول مهدوی نجف آبادی (دانشیار مهندسی منابع طبیعی و ژئومورفولوژی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، نویسنده مسئول)
ra_mahdavi2000@hormozgan.ac.ir
ارشک حلی ساز (استادیار آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران)
holisaz@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸
صص ۱۶۳-۱۴۵

چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی اولویت‌های مکانی برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشد. مهم‌ترین مشکل در خدمات‌رسانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی منطقه یک شهر بندرعباس، ناکافی بودن تعداد ایستگاه‌های موجود و محدود بودن شعاع عملکردی آن‌ها است. در این راستا، شاخص‌های مطرح به ترتیب اولویت، شامل نزدیکی به پارامترهای شبکه ارتباطی، تراکم جمعیت، مراکز تجاری، مراکز صنعتی، مراکز آموزشی، مراکز اداری، مراکز درمانی و فاصله از پوشش عملکردی هستند. اثر هر یک در ارتباط با مکان‌گزینی در قالب نقشه در محیط نرم‌افزاری ارائه گردیده‌است. در این تحقیق از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فازی (Fuzzy) برای برآورد اهمیت نسبی هر یک از پارامترها استفاده گردید. سپس مقایسه زوجی و مقادیر ناسازگاری قضاوت‌ها محاسبه گردید که سطح قابل قبولی برابر با ۰/۰۶ به‌دست آمد. بعد از تعیین وزن معیارها در محیط نرم‌افزار، لایه‌های اطلاعاتی فازی سازی شده و با تحلیل همپوشانی لایه‌های فازی وزن دار مکان‌گزینی نهایی صورت گرفت. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های موجود در محدوده‌ی شهرداری منطقه یک با اولویت مکانی، جانمایی شده‌اند. مناطق اولویت‌دار جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی شامل قسمت‌هایی از شمال شرقی، شمال غربی، غرب و جنوب منطقه‌ی یک شهری می‌شود. قسمت‌های جنوبی و شمال غربی در حیطه‌ی شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود قرار دارد، اما مناطق غربی و شمال شرقی منطقه در خارج از عملکرد ایستگاه‌هاست. بنابراین نیاز به احداث دو ایستگاه جدید در این محدوده‌ها به‌منظور پوشش عملکردی کل منطقه‌ی یک شهری است. در نهایت با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی، تعدادی مکان با ابعاد مناسب در شمال شرقی و غرب منطقه یک شهری به‌عنوان مکان‌های پیشنهادی احداث ایستگاه جدید معرفی‌شده است.

کلیدواژه ها: ایستگاه‌های آتش‌نشانی،GIS، منطق فازی، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، منطقه یک شهرداری بندرعباس.

۱. مقدمه

۱.۱. طرح مسئله

از میان کاربری‌ها و خدمات موجود در شهر، توزیع و مکان‌یابی بهینه‌ی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل اهمیت و توجه روزافزون به امر ایمنی از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است (پوراسکندری، ۱۳۸۰، ص.۲). برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌های شهری مهم‌ترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن است. استفاده از روش‌های سنتی برنامه‌ریزی ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای خدمات‌رسانی، به معنای هدر رفتن کاغذ و زمان است؛ اما استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزاری در جهت ایجاد بانک اطلاعاتی مناسب و کارآمد عمل می‌کند (حسین‌پور کومشاهی، ۱۳۹۳،ص.٦۳). موجودیت شهرها عموماً با سرویس‌دهی و ارائه خدمات به ساکنان در محدوده قانونی و حریم شهرها آمیخته است. کاربری‌های امدادی با توجه به فعالیت‌هایی که بر عهده دارد نسبت به سایر خدمات شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ایستگاه‌های آتشنشانی به عنوان مکان‌هایی برای استقرار و انتظار خودروهای آتش‌نشانی و نجات، از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند که نقش مهمی در تأمین ایمنی و آسایش شهروندان و توسعه شهرها دارند. بنابراین مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین تعداد ایستگاه‌ها جهت پوشش مناسب شهر و خدمات‌دهی به شهروندان با توجه به خصوصیات و ویژگی‌های شهر و توان مالی و تدارکاتی موجود و پیش‌بینی توسعه امکانات آتی از اقدامات حیاتی و لازم در این زمینه می‌باشد (خان احمدی و همکاران، ۱۳۹۳، ص.۸۸). مکان‌یابی سنتی این ایستگاه‌ها بیش‌تر تابع مالکیت زمین و سلایق مدیریتی و مواردی از این دست بوده است؛ که از معایب بررسی آن‌ها در قالب سنتی می‌توان به عدم توانایی در به کارگیری همزمان کلیه پارامترهای مؤثر و زمان‌بر بودن اشاره کرد. حال آن که به دلیل تفاوت جنس و ماهیت شهرها از لحاظ قیمت اراضی، فشردگی فضا، تراکم جمعیتی و بافت و ساختار شهر، لزوم تدقیق شاخص‌ها به چشم می‌خورد و بی‌توجهی به این عوامل در مکانیابی موجب هدر رفتن سهم قابل توجهی از منابع مادی و از دست دادن حجم زیادی از منابع محیطی شده و صدمات سنگینی را به مردم و مدیریت شهری تحمیل می‌کند. بنابراین استفاده از فن‌آوری اطلاعات به‌خصوص سامانه اطلاعات مکانی برای تحلیل حجم وسیعی از داده ها، ضروری است. در واقع مکان‌هایی که به عنوان خروجی در نظر گرفته می شوند، باید تا حد امکان پاسخ‌گوی تغییرات آتی سیستم پویای شهری بوده و با انعطاف پذیری لازم، خدمات رسانی ایمنی شهر را جهت‌دهی نمایند(همان، ۱۳۹۳، ص. ۸۹).

با توجه به اینکه تاکنون اولویت‌های مکانی بر مبنای مدل برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه یک شهری بندرعباس مشخص نشده است؛ بنابراین قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت اطلاعات مکانی و ایجاد بستر مناسب برای تصمیم‌گیری، باعث گشته که در عملیاتی نظیر

اولویت مکانی ایستگاه‌های آتش‌نشانی توجه بسیاری را به خود جلب کند. در مطالعات جغرافیایی فرآیند تصمیم‌گیری به‌صورت نظام‌مند و سلسله‌مراتبی به کار گرفته می‌شود که یکی از بارزترین روش‌ها استفاده از مسائل مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چند معیار شامل مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه و چند شاخصه است. این مطالعه در نظر دارد دو هدف را دنبال کند؛

- مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از الگوریتم فازی و روش AHP، تلفیق الگوریتم‌های فازی و AHP
- شناسایی اولویت‌های مکانی برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی

۲. ۱. پیشینهٔ پژوهش و مبانی نظری

لارهون[1] و همکاران (۱۹۸۳) بحث به کارگیری توابع عضویت مثلثی را مطرح نمودند. سپس بالکی[2] (۱۹۸۵) بیان کرد که می توان بردار اولویت‌ها را با استفاده از یک مجموعه مقایسات فازی به وسیله توابع ذوزنقه ای استخراج نمود. بندر[3] و همکاران (۱۹۸۹) رویکردی را برای استاندارد سازی اولویت‌های محلی معرفی نمودند. سپس چانگ[4] (۱۹۹۶) روش نوینی بر پایه ارزش‌های تحلیل توسعه‌ای از مقایسات دودویی معرفی نمود. لی[5] و همکاران (۱۹۹۹) تفکر مقایسه دودویی فاصله‌ای را ایجاد نمودند و در رابطه با سازگاری کلی در AHP بحث کردند. لئونگ[6] و همکاران (۲۰۰۰) سازگاری و نحوه رتبه بندی در AHP فازی را به وسیله تحلیل سازگاری تحلیل نمودند. سیستم تحلیل سلسله مراتبی (AHP) دو ابزار اصلی AHP و GIS را در روشی به کار می‌گیرد که دخالت کاربر را با هر عنصر دیگر و نیز سطح مهارت مورد نیاز برای کار با کامپیوتر کاهش می‌دهد (الدین[7] و الدرانلی[8] ۲۰۰۴). تکنیک‌های تحلیل چند معیاری ابزار خوبی برای بررسی نمودن پدیده های پیچیده می باشد که به برنامه‌ریزی بهبود می‌بخشد. استفاده‌ی ترکیبی از GIS و تحلیل چند معیاری که به طور کلی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی نامیده می‌شود، برای بحث در مورد مسائل مکانی پیچیده به طور گسترده استفاده می‌شود و یک روش بسیار خوب برای تصمیم‌گیری می‌باشد (مارکروپولوس[9] ۲۰۰۶). در نظر گرفتن مسأله مکان‌یابی به‌عنوان یک مسأله چند معیاره توسط بدری[10] (۱۹۸۸) مطرح شد. سپس چن متد هلی را برای مکان یابی ایستگاه‌ها در چین به کار گرفت (چی و آیزو[11] ۲۰۰۳). از دیگر کارهای انجام گرفته شده در این زمینه می‌توان به تلفیق برنامه نویسی چند معیاره به همراه الگوریتم ژنتیک توسط یانگ[12] (۲۰۰۷) اشاره نمود. فرآیند تحلیل سلسه مراتبی یکی از کارآمد ترین سیستم‌های تصمیم گیری است که اولین بار توسط توماس ال ساتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تحلیل به عنوان یک تکنولوژی موثر جهت تعیین مکان بهینه استقرار تاسیسات از بین

1. Laarhoven
2. Buckley
3. Boender
4. Chang
5. Lee
6. Leung
7. Eldin
8. Eldrandaly
9. Markropoulose
10. Badri
11. Chi & Aizhu
12. Yang

شـاخص‌های چنـد معیـاری اسـتفاده شـده اسـت (یانـگ[1]،۲۰۰۲). ایـن روش ابـزاری قدرتمنـد و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفـی مسـائل چنـد معیاره اسـت کـه خصوصـیات اصـلی آن بـر اسـاس مقایسه ذوجی می‌باشد (نقای[2]، ۲۰۰۵).

در ایران اولین اقدام بـرای ایجاد ایستگاه‌های آتـش نشانی، در سال ۱۲۲۱ هجری شمسی در شـهر تبریـز بـا ایجاد یک واحد آتش‌نشانی انجام گرفت. بـه طـور کلی سیاست ایجاد ایستگاه‌های آتـش‌نشـانی در ایـران سیاستی بـدون برنامـه خـاص و مـدون بـوده اسـت (ذاکرحقیقی،۱۳۸۲).

مشـکینی و همکـاران (۱۳۸۹، ص. ۱۰۰) بـه تحلیل فضایی – مکانی تجهیزات شـهری و کاربسـت مدل تحلیل سلسله مراتبـی در محـیط GIS پرداختنـد. در این مطالعه به کمـک تلفیـق مـدل تحلیـل سلسـله مراتبی و منطـق ارزش‌گـذاری لایـه‌ها در GIS، مـدلی برای مکان‌یـابی ایسـتگاه‌های آتش‌نشـانی ارائـه شـد. هادیـانی و کـاظمی‌زاد (۱۳۸۹، ص.۹۹) مکـان‌یـابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم بـا اسـتفاده از تحلیـل شبکه و مدل AHP در محـیط GIS را انجـام دادنـد؛ نتایج نشان می‌دهد که الگـوی پـراکنش ایسـتگاه‌هـای آتش‌نشانی شهر قم در وضع موجود از الگوی مناسبی برخوردار نیست و فاصله زمانی رسـیدن خودروهـای آتش‌نشانی به آخرین نقطـه‌ی منطقـه تحـت پوشـش خود بیش از پنج دقیقه می‌باشد و یـک سـوم شـهر را پوشش نمـی‌دهـد. زیـاری و یـزدان پنـاه (۱۳۹۰) بـه بررسی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر آمل بـا اسـتفاده از مـدل AHP در محـیط GIS پرداختنـد. بـا به‌کارگیری روش همپوشانی، معیارهای وزن دهـی بـا هم تلفیق و مکـان بهینـه بـرای اسـتقرار ایسـتگاه‌های آتش‌نشانی مشخص شد. معـرب و همکـاران (۱۳۹۵، ص. ۲) در ارزیابی چند معیاره فضایی فازی با تحلیـل فرایند شبکه‌ای فازی برای مکان‌یابی پارک‌های شـهری منطقه ۸ تهران، عملگر جمع به عنوان عملگـر مناسـب برای مکان‌یابی پارک و فضای سبز شناختند و بـه پـنج طبقه، زمین‌هـای بـا تناسـب خیلـی خـوب، خـوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی شد.

در کشور ایران، مراکز آتش نشانی و خدمات ایمنی عهده دار تأمین ایمنی شهرها در مقابل آتـش سـوزی و حوادث هستند، روند روزافزون و فرایند شهرنشـینی و شهرگرایی، جامعه امـروزی را بـا مسـائل و پدیـده‌های گوناگونی روبه رو ساخته است. یکی از مسائل مهـم و اساسی در زندگی شهری که امروزه تمام شهرها بـدون استثنا ناگزیر از اهمیت دادن و پرداختن به آن هسـتند، ایمنی در شهرهاست، چرا که زندگی شـهری و تـداوم آن نیازمنـد تـأمین ایمنـی می‌باشـد. ایمنـی یکـی از شاخصه‌ها و مؤلفـه هـای مهـم و اساسـی در زنـدگی شهری امروز محسوب می شود و شهر ایمن به عنـوان یـک شـهر مطلـوب همـواره مـدنظر برنامـه‌ریـزان و کارشناسان امور شـهری قـرار دارد. توجـه بـه ایمنـی شهروندان در کشورهای توسعه یافته یکـی از اهـداف مهم در طرح‌های توسعه شهری می‌باشد. در طرح‌های توسعه شهری ایران جایگاه خاصی به ایمنی اختصاص داده نشده و شاید تنها موارد مشـخص، تعیـین نقـاطی برای ایجاد ایستگا ههای آتش‌نشانی و تعیین حریم‌هـاو ...می‌باشد. کمبود امکانات و تجهیزات خدمات‌رسانی

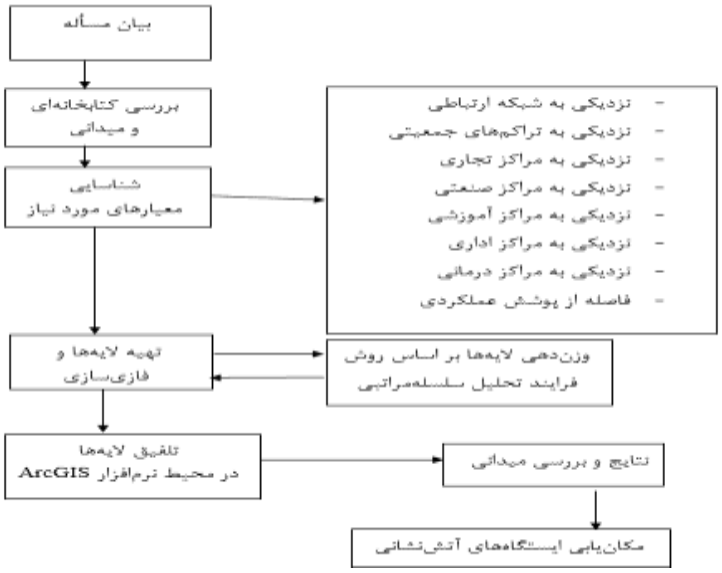
1. yang
2. nagai

شهری در زمینه ایمنی ایستگاه های آتش نشانی 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 به‌طور عام و خاص قابلیت تطبیق‌پذیری زیادی با موضوع دارد. مجموعه بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در مورد حوادث آتش سوزی و نحوه عملکرد ایستگاه‌های آتش نشانی نشانگر آن است که محدودیت‌ها و نارسایی‌های عمده‌ای در مکان گزینی و عملکرد مطلوب ایستگاه‌ها وجود دارد (علی آبادی، ۱۳۹۶،ص.۱۲۳).

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲.۱. روش پژوهش

انتخاب مکان بهینه جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیازمند شناسایی و تجزیه‌وتحلیل معیارها و شاخص‌های متعددی است. بنابراین در این پژوهش ابتدا معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی (بر اساس نظر کارشناسان و تحقیقات گذشته و داده‌های در دسترس) استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص‌شده و به دلیل تفاوت در میزان تأثیرگذاری شاخص‌ها، با استفاده از تکنیک (AHP) مقایسه زوجی این مؤلفه‌ها توسط ۵۰ نفر از کارشناسان باتجربه در زمینه‌ی خدمات شهری انجام گردیده و وزن نهایی هر یک از آن‌ها محاسبه‌شده است. در ادامه با توجه به تعداد معیارها، لایه‌های اطلاعاتی در محیط Arc GIS ایجادشده و نتایج حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، بهترین مکان‌ها را برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه یک شهر بندرعباس معرفی نموده است. مراحل چگونگی انجام کار و تجزیه و تحلیل اطلاعات را می‌توان در شکل (۱) خلاصه نمود.



شکل ۱. مراحل انجام کار و تجزیه و تحلیل اطلاعات

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

۲.۲. متغیرها و شاخص‌های پژوهش

۲.۲.۱. تراکم جمعیتی

احتمال وقوع حریق در مناطقی که دارای تراکم جمعیتی بالاتری هستند بیش از مناطق با تراکم جمعیت کمتر است. لایه تراکم جمعیت در سطح بلوک‌های شهری بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ تهیه گردیده است. شکل ۲، تراکم جمعیت در سطح منطقه یک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین پهنه تراکمی جمعیت را طبقه صفر تا ۱۰۰ نفر در هکتار را در برگرفته است. این طبقه بیشتر مناطق غیرمسکونی را شامل می‌شود. کمترین پهنه تراکمی جمعیت نیز طبقه ۵۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ نفر در هکتار را پوشش می‌دهد که شامل آپارتمان‌های چندین طبقه است

۲.۲.۲. نزدیکی به مراکز صنعتی

نواحی صنعتی و انبارها به علت وجود مواد اشتعال‌زا بیش از انواع کاربری‌ها درخطر آتش‌سوزی قرار دارند. بر این اساس لزوم ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و امدادرسانی در این‌گونه مناطق ضروری است. برای تهیه لایه مناطق صنعتی از نقشه کاربری اراضی استخراج گردید. در محیط ArcGIS با استفاده از تابع Buffer اقدام به تهیه حریم‌هایی در مجاور کاربری صنعتی شد. شکل ۲، فاصله از مراکز صنعتی منطقه یک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این مراکز در قسمت شمال منطقه واقع شده‌اند. در حال حاضر تنها یک ایستگاه آتش‌نشانی در این محدوده مستقر است.

۲.۲.۳. نزدیکی به مراکز اداری

ادارات دولتی از مجموعه کاربری‌هایی است که در ساعاتی از روز با پیک ترافیکی روبه‌رو هستند؛ بنابراین برای مجاورت ایستگاه با چنین کاربری‌هایی باید محدودیت‌های فاصله‌ای قائل شد. با استفاده از تابع Buffer اقدام به تهیه حریم‌هایی در اطراف کاربری اداری شد. به فواصل نزدیک‌تر به مراکز اداری وزن بیشتری داده شد و فواصل دورتر، وزن کمتری گرفتند. فاصله ایستگاه‌های منطقه یک تا مراکز اداری حدود ٦۰۰ الی ۸۰۰ متر است که نسبت به این کاربری به‌طور مناسب جانمایی شده‌اند. شکل (۲) نقشه فاصله از مراکز اداری و موقعیت ایستگاه‌های منطقه را نمایش می‌دهد.

۲.۲.٤. نزدیکی به مراکز آموزشی و درمانی

مراکز آموزشی و درمانی که نیاز به سکوت و آرامش دارند، نمی‌توانند در نزدیکی پایگاه آتش‌نشانی به فعالیت مناسب بپردازند. ازاین‌رو در مکان‌یابی ایستگاه جدید این اصل رعایت شد. ایستگاه‌های موجود نیز بافاصله‌ی ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از این مراکز قرار دارند (شکل ۲). فواصل نزدیک‌تر به این مراکز وزن کمتری داده شد و فواصل دورتر، وزن بیش‌تری گرفتند.

۲.۲.۵. نزدیکی به مراکز تجاری

با توجه به وجود کاربری‌های عمده تجاری در منطقه یک و هزینه‌هایی که این کاربری‌ها به بافت اعمال می‌کنند، وضع عوارض اختصاصی امداد و نجات بر روی این‌گونه کاربری‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در جنوب منطقه و به‌ویژه در طول بلوار امام خمینی (ره) تراکم کاربری تجاری مشاهده می‌شود و

نیاز به تـأمین ایمنـی بیشـتری احسـاس می‌شـود بـه فواصل نزدیک‌تر به مراکـز تجـاری وزن بیشـتری داده شد و فواصل دورتر، وزن کمتری گرفتند (شکل ۲).

۲.۲.٦. نزدیکی به شبکه ارتباطی

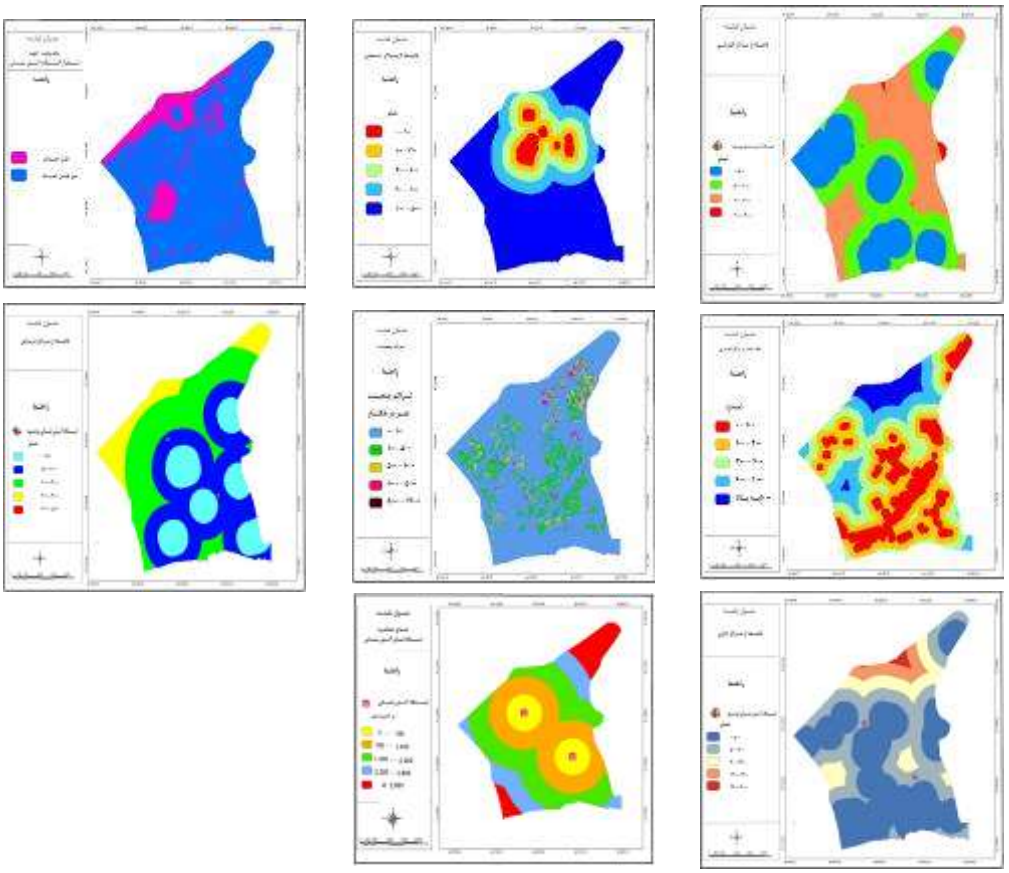
محل مناسب ایستگاه آتش‌نشانی معمولـاً در محـل تلاقی چند خیابان و در نقاطی تعیین می‌شود که حجم ترافیـک مـانع حرکـت خودروهـا و تـیم آتش‌نشـانی نگردد. خیابان‌های دوطرفه و عریض منطقه را از سـایر شبکه ارتباطی استخراج گردیـد. بـا توجـه بـه هـدف مطالعه، با افزایش فاصله از شـبکه راه‌هـا، منـاطق وزن کمتری به خود اختصاص می‌دهنـد. شـکل، فاصـله از معابر اصلی را نشان می‌دهد. در این نقشـه فواصـل از معابر درجه یک در پنج کلاس تعریف شده که کلـاس اول (۱۰۰ – ۰ متر) بیشـترین ارزش را دارد. هـر چـه فاصله از شبکه ارتباطی درجه یک بیشتر شـود، وزنـی که به آن طبقه تعلق می‌گیرد، کمتر است

۲.۲.۷. لایـه پوشـش عملکـردی ایسـتگاه‌های آتش‌نشانی موجود

مساحت مناطق مختلـف شـهری و شـعاع عمـل ایسـتگاه‌هـای آتش‌نشـانی در برنامـه‌ریـزی اسـتقرار ایسـتگاه‌هـا از عوامـل عمـده به‌حسـاب مـی‌آیـد. استانداردهای جهانی شعاع پـنج کیلـومتر را بـرای هـر ایستگاه پیش‌بینـی مـی‌کننـد و از طـرف دیگـر زمـان رسیدن به مکان آتش‌سوزی را سه الـی پـنج دقیقـه در نظـر گرفتـه‌انـد. از روش تحلیـل شـبکه (Network Analysis) برای تحلیل وضع موجود، توزیع فضـایی ایستگاه‌های آتش‌نشـانی و بررسـی شـعاع عملکـردی آن‌ها و تعیـین منـاطقی کـه خـارج از شـعاع پوشـش ایستگاه‌های موجود هسـتند اسـتفاده می‌شـود. در ایـن روش ابتـدا کلیـه مسـیرهای ارتبـاطی یـا شـبکه‌هـای دسترسی شهر در محـیط Autodesk Map رقـومی و تهیه شد. پس از ایجاد توپولـوژی در محـیط ArcGIS دارای اطلاعاتی مانند طول معـابر، شناسـه‌هـا و رابطـه فضایی بین خطوط شبکه ایجاد شد. در محیط GIS بـا استفاده از تحلیل Buffer شعاع عملکـرد ایسـتگاه‌های آتش‌نشانی تعیین گردید. با توجـه بـه شـعاع عملکـرد اسـتاندارد در ایـران بـرای رسـیدن خودروهـای آتش‌نشانی به محل حریق بـا سـرعت ۳۵ کیلـومتر در ساعت را پنج دقیقه است که بـااین‌وجود هـر ایسـتگاه ۲/۹ کیلـومتر را پوشـش می‌دهـد. در منطقـه یـک دو ایستگاه وجود دارد که شعاع عملکرد آن‌هـا در شـکل (۲) آمده است.

۲.۲.۸. لایه محدودیت

بـرای تهیـه‌ی لایـه محـدودیت‌های منطقـه موردمطالعـه، ابتـدا تمـام لایـه‌هایی کـه امکـان ایجـاد محدودیت را داشتند به‌صورت بولین درآمدند، سـپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه‌ها، لایـه محـدودیت حاصـل شـد. بـه دلیـل سـرو صـدای ماشـین‌هـای آتش‌نشانی هنگام انجـام عملیـات تـا محـدوده‌ی ۵۰۰ متـری کـاربری‌هـای آموزشـی و اداری جـزء منطقـه ممنوعه در نظر می‌گیرنـد. در شـکل ۲، نـواحی دارای محدودیت منطقه موردمطالعه نشان‌داده شده است.



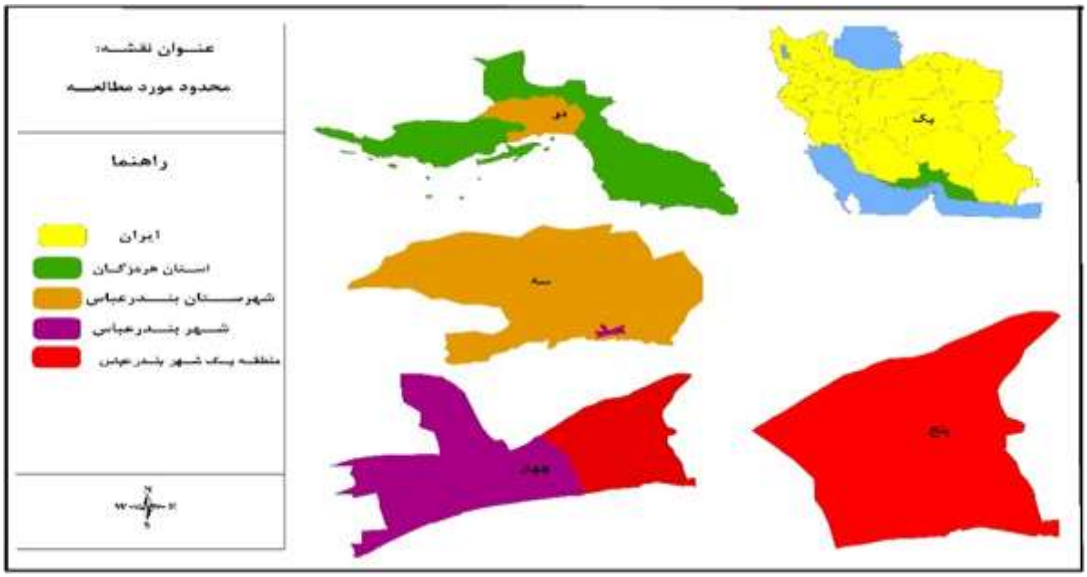
شکل ۲. لایه‌های معیارهای مدل

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

۲.۲. قلمرو جغرافیایی پژوهش

منطقه یک شهری بندرعباس در موقعیت جغرافیایی بین ٥٦ درجه و ۱۸ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است و در قسمت شرقی بندرعباس قرارگرفته است که از خور شیلات تا منتهی‌الیه شرق شهر (تأسیسات نیروی هوایی و فرودگاه) را شامل می‌گردد (شکل ۳). این منطقه دارای ۹ ناحیه و ۱۱ محله است. بر اساس اطلاعات دریافتی از شهرداری بندرعباس بیش‌ترین مقدار سرانه شهری منطقه یک در وضع موجود ۳۲/۱۹٦ مترمربع به کاربری فضای باز و باير اختصاص‌یافته است و کم‌ترین مقدار سرانه شهری هم با ۰/۲۷ مترمربع به کاربری اداری اختصاص‌یافته است. جمعیت منطقه یک شهر بندرعباس بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، دارای جمعیتی حدود ۱۷۵۲۷۷ نفر بوده که معادل ٤۰/۲۲ درصد از کل جمعیت شهر بندرعباس است. تعداد خانوارهای موجود در محدوده موردمطالعه ٤۸٥۹۸ خانوار است. وضعیت اقلیمی شهر بندرعباس در گروه اقلیم گرم و قرار می‌گیرد. دمای هوای این شهر در گرم‌ترین روزها به ٥۱ درجه و در سردترین روزها به دو درجه سانتی‌گراد می‌رسد. منطقه یک با جمعیتی حدود ۱۷۵۲۷۷ نفر و ۱٥/۹۲ کیلومترمربع مساحت دارای دو

ایستگاه آتش‌نشانی است. یکی از ایستگاه‌ها بلوار امام خمینی نرسیده به چهارراه نخل ناخدا نبش خیابان داماهی واقع‌شده است. که دارای سه دستگاه خودرو اطفایی سنگین و یک دستگاه خودرو اطفایی نیمه سنگین است. ایستگاه دوم در ضلع جنوب بلوار امام حسین (ع) مستقر است.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

۳. یافته‌های پژوهش

۳. ۱. معیارها و شاخص‌های مورد استفاده

انتخاب سنجه‌های مناسب به خصوص در امر مکان‌یابی بهینه برای انواع فعالیت‌ها در پهنه سرزمین به‌منظور سازمان‌دهی به ساختار فضای جغرافیایی، به ما این امکان را می‌دهد که مقایسه و انتخاب صحیحی بین گزینه‌ها یا آلترناتیوها به دست آوریم. معیار در برنامه‌ریزی رعایت اصل ضابطه یا قضاوت است. مسلماً بدون داشتن معیارهای اصولی و معین، ارزیابی طرح‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر ممکن نیست. یکی از مراحل مهم در فرایند برنامه‌ریزی، مرحله ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه است. در این مرحله محاسن و معایب طرح‌ها نسبت به هم سنجیده شده و بهترین آن‌ها ازنظر اقتصادی و اجتماعی برای اجرا انتخاب می‌شوند. لذا معیارها و زیرمعیارهایی که به‌نوعی در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقش اساسی داشته و در پژوهش حاضر با استفاده از تکنیک AHP مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند، در جدول (۱) نشان داده‌شده است.

جدول ۱. معیارها و زیر معیارهای مورد بررسی و ویژگی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

معیار	زیر معیار	ویژگی نزدیکی ایستگاه‌های آتش‌نشانی
نزدیکی به شبکه ارتباطی اصلی (متر)	۵۰۰ به بالا، ۵۰۰–۳۰۰، ۳۰۰–۲۰۰، ۲۰۰–۱۰۰، ۱۰۰–۰	نزدیکی به خیابان‌های اصلی با عرض بیشتر از ۱۵ متر

ادامه جدول ۱

معیار	زیر معیار	ویژگی نزدیکی ایستگاه‌های آتش‌نشانی
نزدیکی به مراکز صنعتی (متر)	۱۰۰۰ به بالا، ۱۰۰۰-۶۰۰، ۶۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۱۰۰، ۱۰۰-۰	نزدیکی به مراکز صنعتی به دلیل احتمال وقوع آتش‌سوزی
نزدیکی به مراکز تجاری (متر)	۱۰۰۰ به بالا ، ۱۰۰۰-۶۰۰، ۶۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۱۰۰، ۱۰۰-۰	نزدیکی به مراکز تجاری با تراکم در سطح شهر به دلیل نوع کالاهای موجود در آن‌ها
نزدیکی به مراکز درمانی (متر)	۵۰۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۰	نزدیکی به مراکز درمانی به دلیل جمعیت زیاد و شرایط فیزیکی این مراکز، اما به دلیل سروصدای حاصل از ماشین‌های آتش‌نشانی در مواقع امداد و ترافیک سنگین در مسیرهای ارتباطی نزدیک به این مراکز در مجاورت آن‌ها باید محدودیت فاصله قائل شویم.
نزدیکی به مراکز آموزشی (متر)	۵۰۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۰	در امر امداد و نجات نزدیکی به این مراکز ضروری است؛ اما به دلیل حجم ترافیکی در ساعات مشخصی از روز در نزدیکی این مراکز، به جهت اختلال در خدمات‌رسانی ایستگاه‌ها، باید محدودیت فاصله قائل شویم.
نزدیکی به مراکز اداری (متر)	۲۰۰۰-۱۷۰۰، ۱۷۰۰-۱۳۰۰، ۱۳۰۰-۹۰۰، ۹۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۰	این مراکز هم به دلیل جمعیت زیاد این مراکز و همچنین سروکار داشتن با ماده قابل اشتعال مثل کاغذ، باید ایستگاه‌های آتش‌نشانی در نزدیکی این مراکز مکان‌یابی شوند.
تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	۱۸۹۷۰-۵۰۰۰، ۵۰۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰، ۱۰۰-۰	طبق استاندارد جهانی به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه آتش‌نشانی ضروری است.
شعاع عملکردی (متر)	۵۰۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۰	استاندارد جهانی برای رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق را سه دقیقه در نظر می‌گیرد؛ اما استاندارد در ایران برای رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق پنج دقیقه است. برای تعیین شعاع عملکردی ایستگاه‌ها ابتدا باید سرعت مجاز خودروهای آتش‌نشانی در خیابان اصلی که ۳۵ کیلومتر در ساعت است را در زمان استاندارد ضرب نمود. هر ایستگاه ۲/۹ کیلومتر را پوشش می‌دهد (۵*۳۵/۶۰=۲/۹)

۳. ۲. محاسبه وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها

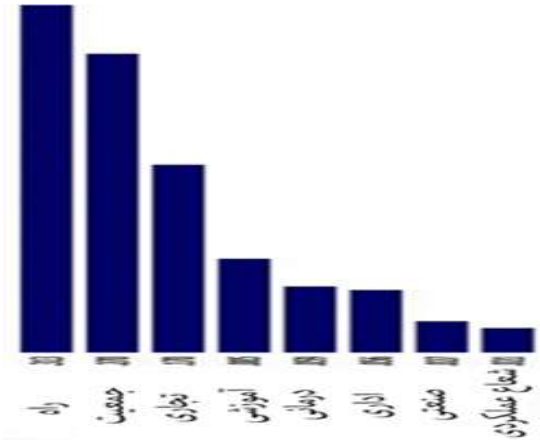
در این مرحله ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده ازلحاظ میزان اهمیت نسبت به هدف پژوهش، توسط ۵۰ نفر از کارشناسان مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند (جدول ۲) و با گرفتن میانگین از مقایسه‌ی انجام‌شده، مقایسات زوجی وارد نرم‌افزار می‌شود؛ که وزن هر معیار و زیرمعیار برحسب میزان تأثیرگذاری در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص گردید. جدول شماره (۳) وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها نمایش داده شده است. همچنین

در شکل ٤ نمودار وزن‌ها به همراه نرخ ناسازگاری در محیط نرم‌افزار Expert Choice آمده است.

جدول ۲. وزن دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه دوتایی

معیار	معابر اصلی	تراکم جمعیتی	مراکز تجاری	مراکز آموزشی	مراکز درمانی	مراکز اداری	مراکز صنعتی	شعاع عملکرد	وزن
معابر اصلی	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۰/۳۱۳
تراکم جمعیتی	۱/۲	۱	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۰/۲۷۰
مراکز تجاری	۱/۳	۱/۳	۱	۳	٤	٥	٦	۸	۰/۱۷۰
مراکز آموزشی	۱/٤	۱/٤	۱/۳	۱	۲	۲	٤	٥	۰/۰۸٥
مراکز درمانی	۱/٥	۱/٥	۱/٤	۱/۲	۱	۲	٥	٤	۰/۰٥۹
مراکز اداری	۱/٦	۱/٦	۱/٥	۱/۲	۱/۲	۱	۳	۳	۰/۰٥٦
مراکز صنعتی	۱/۷	۱/۷	۱/٦	۱/٤	۱/٥	۱/۳	۱	۲	۰/۰۲۷
شعاع عملکرد	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/٥	۱/٤	۱/۳	۱/۲	۱	۰/۰۲۱

ماخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)



شکل ٤. نمودار محاسبه وزن‌ها در نرم‌افزار Expert Choice

مأخذ: (یافته های تحقیق،۱۳۹۳)

جدول ۳. معیار و زیر معیارهای موردبررسی به همراه وزن نهایی آن‌ها

معیار	وزن نهایی معیار	زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	معیار	وزن نهایی معیار	زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار
فاصله از شعاع عملکرد (متر)	۰/۰۲۱	۰ – ٥۰۰	۰	نزدیکی به مراکز تجاری (متر)	۰/۱۷۰	۰ – ۱۰۰	۰/۳٦
		٥۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۱۲			۱۰۰ – ۳۰۰	۰/۲۸
		۱۰۰۰ –۲۰۰۰	۰/۲			۳۰۰ – ٦۰۰	۰/۲
		۲۰۰۰ – ۳۰۰۰	۰/۳۲			٦۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۱۲
		۳۰۰۰ – ٥۰۰۰	۰/۳٦			۱۰۰۰ به بالا	۰/۰٤

ادامه جدول ۳

معیار	وزن نهایی معیار	زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	معیار	وزن نهایی معیار	زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار
تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	۰/۲۷۰	۰ – ۱۰۰	۰/۰٤	نزدیکی به مراکز صنعتی (متر)	۰/۰۲۷	۰ – ۱۰۰	۰/۳٦
		۱۰۰ – ۵۰۰	۰/۱۲			۱۰۰ – ۳۰۰	۰/۲۸
		۵۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۲			۳۰۰– ٦۰۰	۰/۲
		۱۰۰۰ – ۵۰۰۰	۰/۲۸			٦۰۰–۱۰۰۰	۰/۱۲
		۵۰۰۰ – ۱۸۹۷۰	۰/۳٦			۱۰۰۰ به بالا	۰/۰٤
فاصله از مراکز درمانی (متر)	۰/۰۵۹	۰ – ۵۰۰	۰/۰٤	نزدیکی به شبکه ارتباطی اصلی (متر)	۰/۳۱۳	۰ – ۱۰۰	۰/۳٦
		۵۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۳٦			۱۰۰ – ۲۰۰	۰/۲۸
		۱۰۰۰ –۲۰۰۰	۰/۲۸			۲۰۰ – ۳۰۰	۰/۲
		۲۰۰۰ – ۳۰۰۰	۰/۲			۳۰۰ –۵۰۰	۰/۱۲
		۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۰/۱۲			۵۰۰ به بالا	۰/۰٤
فاصله از مراکز آموزشی (متر)	۰/۰۸۵	۰ – ۵۰۰	۰	نزدیکی به مراکز اداری (متر)	۰/۰۵٦	۰ – ۵۰۰	۰
		۵۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۰٤			۵۰۰ – ۱۰۰۰	۰/٤
		۱۰۰۰ –۲۰۰۰	۰/۲۸			۱۰۰۰ –۲۰۰۰	۰/۲۸
		۲۰۰۰ – ۳۰۰۰	۰/۲			۲۰۰۰ – ۳۰۰۰	۰/۲
		۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۰/۱۲			۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۰/۱۲

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

۳. ۳. مکان‌یابی با استفاده از منطق فازی

پارامترهای موجود در مکان‌یابی تا حدود زیادی ماهیت فازی دارند. برای این فاکتورها مجموعه‌های فازی تعریف می‌شود که در آن‌ها هر پیکسل به‌عنوان عضوی از این مجموعه با توجه به فاصله‌ای که از عارضه دارد درجه عضویت متفاوتی به خود می‌گیرد.

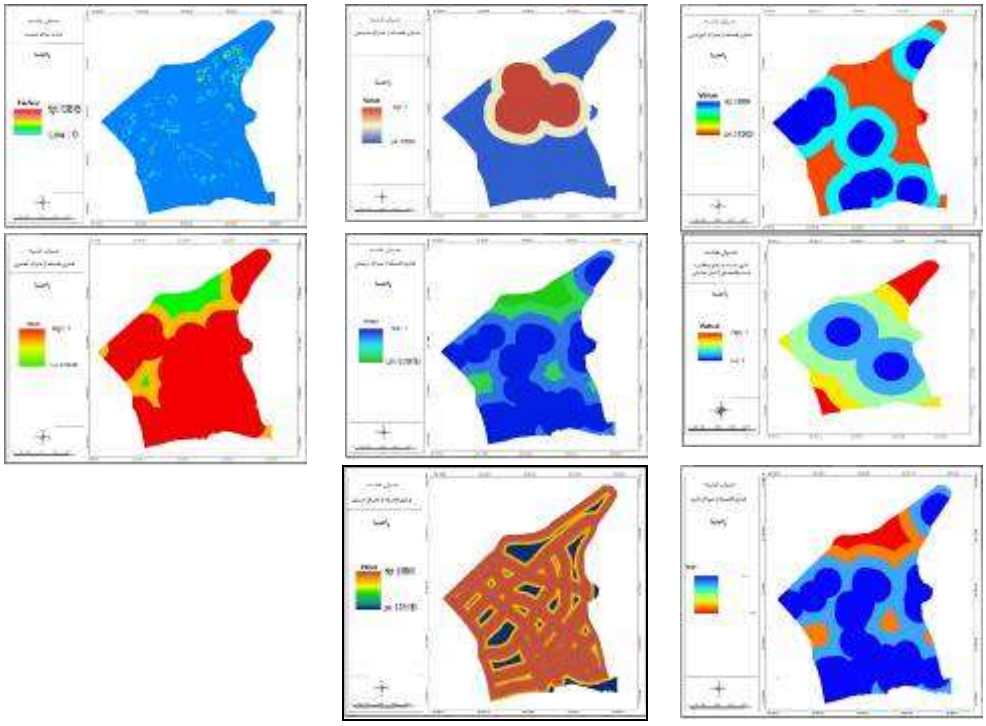
۳. ٤. فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی

جهت به دست آوردن نقشه‌های فازی در نرم‌افزار ArcGIS10 در قالب تحلیل Fuzzy Member shship از ابزار Spatial Analyst Tools استفاده گردید. ابتدا برای هر یک از لایه‌های موجود، نقشه فاصله تهیه شد. نوع تابع عضویت لایه‌ها از نوع خطی است. به دلیل اینکه از تغییرات فاصله جهت پیدا کردن مکان مناسب استفاده می‌شود؛ بنابراین لایه به‌دست‌آمده، لایه‌ای است که مقادیر لایه ورودی را به مقادیر بین صفر و یک تبدیل کرده است. در این صورت مناطقی که دارای درجه عضویت یک یا نزدیک به آن رادارند از ارزش بیشتری برخوردارند و بالعکس مناطقی که درجه عضویت صفر یا نزدیک به صفر می‌گیرند، کمترین ارزش رادارند. جدول ٤ انواع لایه‌های اطلاعاتی موردبررسی و نوع تابع مدل فازی مربوط به آن را نشان می‌دهد. در زیر نقشه‌های فازی این لایه‌ها آمده است (شکل ۵).

جدول ٤. نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

ردیف	نام معیار (لایه‌ی نقشه)	نوع تابع فازی	نام تابع فازی
۱	فاصله از مراکز آموزشی (متر)	کاهشی	Sigmodial
۲	فاصله از مراکز اداری (متر)	کاهشی	Sigmodial
۳	فاصله از مراکز صنعتی (متر)	کاهشی	Sigmodial
٤	فاصله از مراکز درمانی (متر)	کاهشی	Sigmodial
٥	تراکم‌های جمعیتی (نفر در هکتار)	افزایشی	J- Shape
٦	فاصله از مراکز تجاری (متر)	کاهشی	Sigmodial
۷	فاصله از شبکه ارتباطی (متر)	کاهشی	Sigmodial
۸	فاصله از شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی (متر)	افزایشی	Sigmodial

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)



شکل ٥. نقشه‌های فازی لایه‌ها

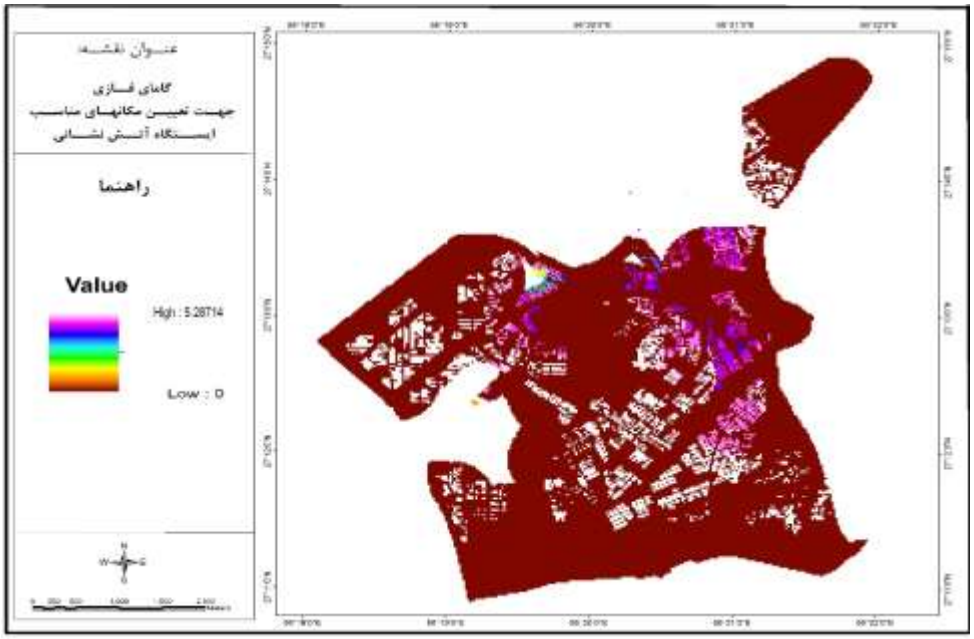
مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

۳. ٥. عملگر فازی گاما

این عملگر از حاصل‌ضرب عملگرهـای ضـرب و جمع فازی به‌صورت رابطه زیر تعریـف مـی‌شـود.در رابطه (٥) Yعددی بین صفر تا یک می‌باشـد. انتخـاب صحیح و آگاهانه Y بین صفر و یـک، مقـادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان‌دهنـده سـازگاری قابل‌انعطاف میان گرایش‌های کاهشی ضـرب فـازی و گرایش‌های افزایش جمع فازی می‌باشد.

نقشه خروجی عملگر فازی گاما (شـکل ٦) نتـایج مشابه عملگر فازی AND را ارائه می‌دهد.

$$m\ Combination = (Fuzzy\ Algebric\ Sum)^{Y} * (Fuzzy\ Algebric\ Product)^{1-Y}$$



شکل ٦. نقشه عملگر گامای فازی

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

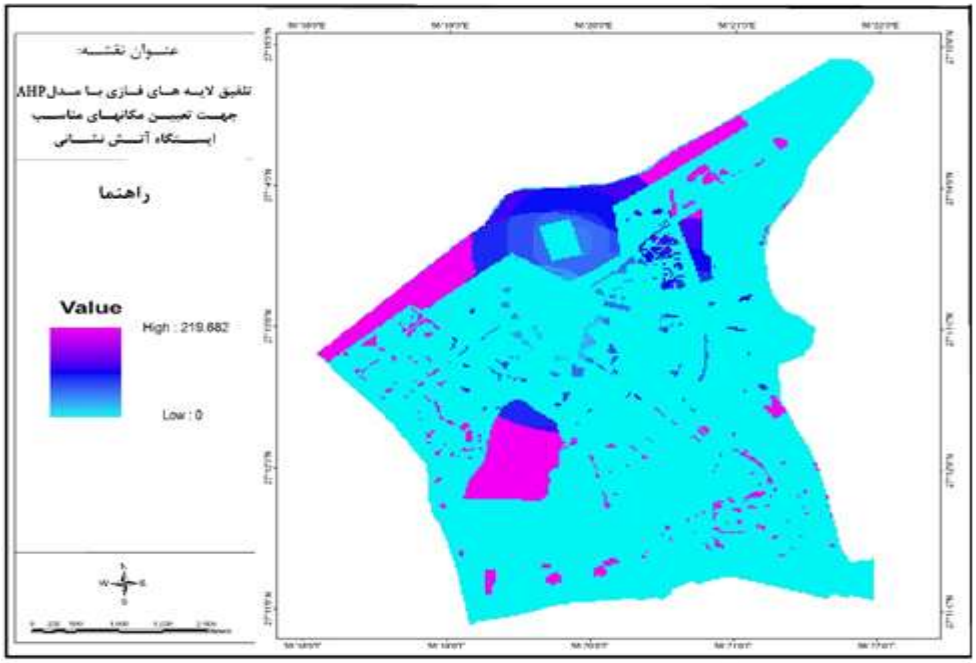
۳. ٦. ترکیب لایه‌های اطلاعاتی فـازی و اعمـال ضرایب نهایی مدل AHP

در مرحله نهایی، باید همه لایـه‌هـای فـازی شـده باهم ترکیب گردند تا نقشه نهایی حاصل شود. کلیـت کار به این صورت است که کلیـه لایـه‌هـای اطلاعـاتی فازی شده باهم ترکیب شده و سپس ضریب و ارزش نهایی هر عنصر که در مدل AHP تعیین‌شـده اسـت را به این لایه‌ها اعمـال مـی‌گـردد. در نهایـت از ترکیـب ضرایب و لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های مستعد جهـت ایجـاد ایسـتگاه آتش‌نشـانی سـاخته مـی‌شـود. نقشـه خروجی ترکیبی از طیف‌های رنگی مختلف است کـه هر رنگ نشانگر درجه‌ای از اهمیت منطقه برای ایجـاد ایستگاه آتش‌نشانی است (شکل ۷).

۳. ۷. تعیین مناطق مستعد

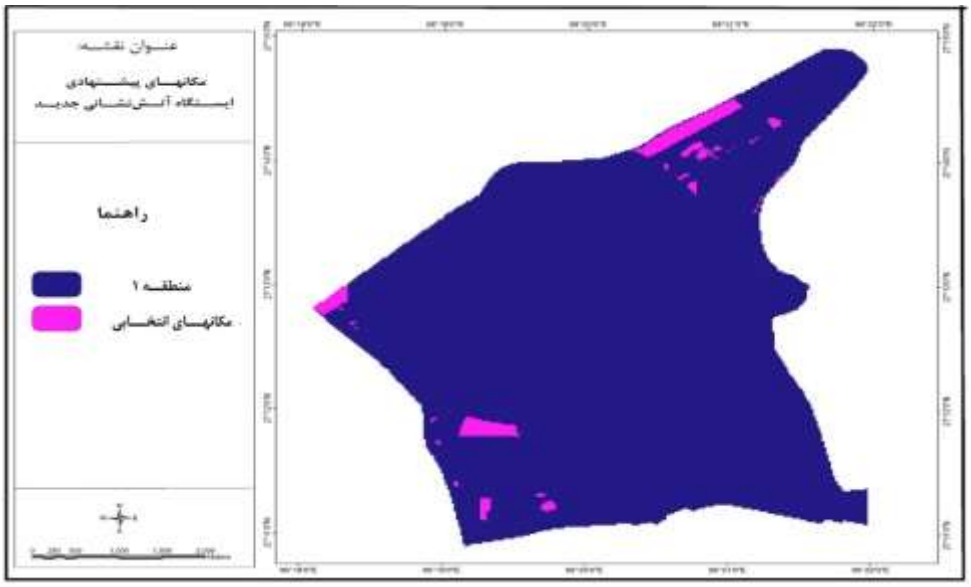
همـان‌طور کـه مشـاهده می‌شـود، مکان‌هـای معرفی‌شده برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدیـد به‌صورت پراکنده و در ابعاد مختلف با عملگـر فـازی گاما، AND و همچنین شاخص همپوشـانی ارائه‌شـده است. از آن‌جا که زمـین اختصـاص‌یافته بـرای ایجـاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید بایـد از نظـر مسـاحت قطعی تفکیکی در حد اسـتاندارد بـرای ایسـتگاه‌هـای کوچک ۱۵۰۰ مترمربع و برای ایسـتگاه‌هـای متوسـط ۳۰۰۰ مترمربع باشد، بنابراین با تبدیل نقشه نهـایی بـه وکتور با استفاده از پرسش‌گیری شرطی مکان‌هـای بـا ابعاد کوچک‌تر از ۱۵۰۰ مترمربـع کـه کـارایی لـازم را ندارند، از نقشـه حذف‌شـده‌اند و منـاطق مسـاعدتر و

بهینه‌تر مشخص شدند. با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی در نهایت تعدادی مکان در شمال شرقی، غرب و جنوب غربی منطقه یک به‌عنوان مکان‌های پیشنهادی معرفی‌شده است (شکل ۸).



شکل ۷. نقشه تلفیق لایه‌های فازی با مدل AHP

مأخذ:(یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)



شکل ۸. نقشه مکانمندی مناطق پیشنهادی جهت احداث ایستگاه آتش‌نشانی جدید

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

٤. نتیجه‌گیری

استفاده از روش‌های سنتی برنامه‌ریزی ایستگاه‌های آتش‌نشانی برای خدمات‌رسانی، به معنای هدر رفتن کاغذ و زمان می‌باشد؛ اما امروزه، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزاری در جهت ایجاد بانک اطلاعاتی مناسب و کارآمد عمل می‌کند. انتخاب مکان‌های بهینه جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیازمند شناسایی و تجزیه‌وتحلیل معیارها و شاخص‌های متعددی است. شاخص‌های مطرح در تحقیق حاضر شامل هشت پارامتر کالبدی و اجتماعی که اثر هر یک در ارتباط با مکان گزینی در قالب نقشه در محیط GIS ارائه گردیده است. لایه‌های اطلاعاتی در محیط ArcGIS ایجادشده و نتایج حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، بهترین مکان‌ها را برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه‌ی یک شهرداری بندرعباس معرفی نموده است. لذا در این تحقیق از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت برآورد اهمیت نسبی هر یک از پارامترها استفاده گردید و با تحلیل و همپوشانی لایه‌های فازی وزن‌دار در محیط GIS اقدام به تهیه نقشه نهایی مکان گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی گردید. از عملگر فازی AND و گامای فازی جهت اولویت‌بندی مکان‌های مناسب ایستگاه آتش‌نشانی استفاده شد. نقشه خروجی حاصل از این دو عملگر، نتایج مشابهی را ارائه می‌دهند. در بررسی نتایج مشخص شد که ایستگاه‌های موجود نیز در محدوده مناطق با اولویت مکانی جانمایی شده‌اند. مناطق اولویت‌دار جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی عبارتند از: قسمت‌هایی از شمال شرقی منطقه شامل شهرک توحید و مجتمع مسکونی شرکت نفت، شمال غربی شامل شهرک اندیشه، غرب و جنوب غربی منطقه یک شامل محله نایبند می‌شود. قسمت‌های جنوبی و شمال غربی در حیطه شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود قرار دارند اما مناطق غربی و شمال شرقی منطقه در خارج از عملکرد ایستگاه‌هاست. لذا نیاز به احداث دو ایستگاه جدید در این محدوده‌ها به‌منظور پوشش عملکردی کل منطقه یک می‌باشد. مکان‌های معرفی‌شده برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید به‌صورت پراکنده و در ابعاد مختلف در نقشه‌های عملگر فازی گاما، AND و همچنین شاخص همپوشانی ارائه‌شده است. ازآنجاکه زمین اختصاص‌یافته برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید باید ازنظر مساحت، قطعه‌ای تفکیکی در حد استاندارد برای ایستگاه‌های کوچک ۱۵۰۰ مترمربع و برای ایستگاه‌های متوسط ۳۰۰۰ مترمربع باشد، بنابراین با تبدیل نقشه نهایی به وکتور با استفاده از پرسش گیری شرطی مکان‌های با ابعاد کوچک‌تر از ۱۵۰۰ مترمربع که کارایی لازم را ندارند، از نقشه حذف‌شده‌اند و مناطق مساعدتر و بهینه‌تر مشخص شدند. با استفاده از محیط Google Earth و بازدیدهای میدانی در نهایت تعدادی مکان در شمال شرقی، غرب و جنوب غربی منطقه یک به‌عنوان مکان‌های پیشنهادی معرفی‌شده است. حال با توجه به انجام تحقیقات مشابه صورت گرفته توسط نظریان و کریمی (۱۳۸۸) و با توجه به معیارهای شعاع پوششی، تراکم جمعیت، نزدیکی به شبکه معابر

(دسترسی‌ها) و کاربری اراضی (همسایگی‌های سازگار و ناسازگار) به ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز با استفاده از GIS پرداختند. چنین نتیجه شد که تعداد ایستگاه‌های موجود شهر شیراز، بیش از نیمی از محدوده فعلی شهر خارج از شعاع پوشش استاندارد (سه تا پنج دقیقه) هستند و نیازمند به مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید می‌باشند؛ بنابراین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تلفیق آن باقابلیت‌های GIS، برای مناطقی که خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود بودند، ایستگاه‌های جدیدی مکان‌یابی شده است. همچنین زیاری و یزدان‌پناه (۱۳۹۰) به بررسی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر آمل با استفاده از مدل AHP در محیط GIS پرداختند. با به‌کارگیری روش همپوشانی، معیارهای وزن دهی باهم تلفیق و مکان بهینه برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص شد. علاوه بر چهار ایستگاه موجود، دو ایستگاه پیشنهاد می‌شود. که نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر با سایر محققان ذکر شده نتایج مشابهی داشته است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از جناب آقایان مهندس حمید مسلمی و رضا پرندین فاروجی دانشجویان دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشگاه هرمزگان به جهت تلاش مجدانه در تصحیح و ویرایش پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌نمایند.

کتابنامه

۱. پرهیزگار، ا. (۱۳۸۳). ارائه مدل و ضوابط مکان گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، جلد سوم. مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. تهران. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

۲. پور اسکندری، ع. (۱۳۸۰). *سنجش توزیع فضایی سوانح آتش‌سوزی در شهر با استفاده از GIS*، مطالعه موردی شهر کرج، تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. حسین پور کوهشاهی، ب. (۱۳۹۳). *مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با منطق فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی در یک محیط مکانمند (مطالعه موردی: منطقه یک شهری بندرعباس)*. هرمزگان: پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پردیس دانشگاهی قشم، دانشگاه هرمزگان.

٤. خان احمدی، م، عربی، م، وفائی نژاد، ع، و رضائیان، ه. (۱۳۹۳). مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی با با استفاده از تلفیق منطق Fuzzy و AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: ناحیه ۱ منطقه ۱۰ تهران). *نشریه سپهر*، ۲۳ (۸۹)، ۸۸-۹۸.

۵. ذاکر حقیقی افوشته، ک. (۱۳۸۲). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با GIS، مطالعه موردی منطقه ٦ تهران، تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

٦. رهنما، م.ر، و آفتاب، ا. (۱۳۹۳). مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی شهر ارومیه با استفاده از GIS و AHP ، *جغرافیا و توسعه*، ۱۲ (۳۵)، ۱٦۵-۱۵۳.

۷. زیاری، ی.، و یزدان پناه، س. (۱۳۹۰). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از مدل AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر آمل)، *چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی)*، ٦ (١٤)، ٨٧-٧٤.

۸. علی آبادی، ز.، نسترن، م.، پیرانی، ف.، و شیخ زاده، ف. (۱۳۹٦). مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از روش تلفیقی AHP و GIS مطالعه موردی :منطقه ۳ اصفهان، *نشریه اطلاعات جغرافیایی*، ۲٦ (۱۰۳)، ۱۳٦-۱۲۳.

۹. مشکینی، ا.، حبیبی،ک. و تفکری، ا. (۱۳۸۹). تحلیل فضایی-مکانی تجهیزات شهری و کاربست مدل تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: ایستگاه‌های آتش‌نشانی هسته مرکزی تهران)، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، (٧٤)، ١٠١-٩١.

۱۰. معرب، م.، کریمی،ک.، فروغی،ن.، و نیک زاد، و. (۱۳۹۵). تلفیق ارزیابی چند معیاره فضایی فازی با تحلیل فرایند شبکه ای فازی برای مکان یابی پارک های شهری(مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تهران).*فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، *۱۸* (٤)، ۲۰-۱ .

۱۱. نظریان، ا.، و کریمی، ب. (۱۳۸۸). ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر شیراز با استفاده از GIS، *فصلنامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*، *۱* (۲)، ۱۹-۵.

۱۲. هادیانی، ز.، و کاظمی‌زاد، ش. (۱۳۸۹). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر قم)، *جغرافیا و توسعه*، (۱۷)، ۱۱۲-۹۹.

13. Badri, M.A. Mortagy, A.K, & Alsayed, C. A. (1998). A multi objective model for locating fre station. *European Journal of Operational Research, 110*(18), 243-260.
14. Boender, C.G.E., & de Grann, J.G. Lootsma, F. (1989). Multicriteria decision analysis with fuzzy pairwise comparison. *Fuzzy Sets and Systems, 29(2), 133-143.*
15. Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems, 17*(3), 233-247.
16. Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research, 95*(3), 649-655.
17. Chen, C., & Ren, A. (2003). Optimization of fire station locations using computer. *Journal of Tsinghua University(Science and Technology, 43,*
18. Eldin, N., & Eldrandaly, K. A. (2004). Acomputer-aided system for site selection of major capital investment. *International Conference E-Design in Architecture Dhahran, Saudi Arabia,* Dhahran, Saudi Arabia.
19. Laarhoven, P. J. M., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems, 11*(1-3), 229-241.
20. Lee, M., Pham, H., & Zhang, X. (1999). A methodology for priority setting with application to software development process. *European Journal of Operational Research, 118*(2), 375-389.
21. Leung, L.C., & Cao, D. (2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research, 24*(1),102-113
22. Makropoulos, C. K., & Butler, D. (2006). Spatial ordered weighted averaging: Incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making. *Environmental Modelling & Software, 21*(1), 69-84.

23. Ngai, E. W. T., & Chan, E. W. C. (2005). Evolution of knowledge management tools using AHP. *Export Systems with Application, 29*(4), 889-899.
24. Yang, J., & Ping, S.*(*2002*).* Applying Analytic Hierarchy Process in Frims Overall Per Formation Evaluation: Case Study in China*. International Journal of Business, 7* (1), 29-46.
25. Yang, L., Jones, B. F., & Yang, S. H. (2007). A Fuzzy Multi-Objective Programming for Optimization of Fire Station Locations Through Genetic Algorithms. *European Journal of Operational Research, 181*(2), 903-915