

مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با منطق فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

(مطالعه موردی: منطقه یک شهری بندرعباس)

بهرام حسین پور کوهشاهی (دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پردیس دانشگاهی قشم، دانشگاه

هرمزگان، بندرعباس، 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 تصویب: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

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 سلسله‌مراتبی (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 به دست 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 به منظور 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 معرفی شده است.

کلیدواژه‌ها: 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. ۶۳). 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 به‌عنوان 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 سلیق مدیریتی و مواردی از این دست بوده است؛ که از معایب بررسی آن‌ها در قالب سنتی می‌توان به عدم توانایی در به‌کارگیری همزمان کلیه پارامترهای مؤثر و زمان‌بر بودن اشاره کرد. حال آن‌که 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 قابل‌توجهی 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 داده‌ها، ضروری است. در واقع مکان‌هایی که به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شوند، باید تا حد امکان پاسخ‌گوی تغییرات آتی سیستم پویای شهری بوده و با انعطاف‌پذیری لازم، خدمات‌رسانی 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

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^۷ و الدرانلی^۸، ۲۰۰۴). تکنیک‌های تحلیل چند معیاری ابزار خوبی برای بررسی نمودن پدیده‌های پیچیده می‌باشد 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^۹، ۲۰۰۶). در نظر گرفتن مسأله مکان‌یابی به‌عنوان یک مسأله چند معیاره توسط بدری^{۱۰} (۱۹۸۸) مطرح شد. سپس چن متد هلی را برای مکان‌یابی ایستگاه‌ها در چین به کار گرفت (چی و آیزو^{۱۱}، ۲۰۰۳). از دیگر کارهای انجام گرفته شده در این زمینه می‌توان به تلفیق برنامه نویسی چند معیاره به همراه الگوریتم ژنتیک توسط یانگ^{۱۲} (۲۰۰۷) اشاره نمود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین سیستم‌های تصمیم‌گیری است که اولین بار توسط توماس ال ساتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تحلیل به‌عنوان یک تکنولوژی موثر جهت تعیین مکان بهینه استقرار تاسیسات از بین

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. پیشینه پژوهش و مبانی نظری

لاارهن^۱ و همکاران (۱۹۸۳) بحث به کارگیری توابع عضویت مثلثی را مطرح نمودند. سپس بالکی^۲ (۱۹۸۵) بیان کرد که می‌توان بردار اولویت‌ها را با استفاده از یک مجموعه مقایسات فازی به وسیله توابع دوزنقه‌ای استخراج نمود. بندر^۳ و همکاران (۱۹۸۹) رویکردی را برای استاندارد سازی اولویت‌های محلی معرفی نمودند. سپس چانگ^۴ (۱۹۹۶) روش نوینی بر پایه ارزش‌های تحلیل توسعه‌ای از مقایسات دودویی معرفی نمود. لی^۵ و همکاران (۱۹۹۹) تفکر مقایسه دودویی فاصله‌ای را ایجاد نمودند و در رابطه با سازگاری کلی در AHP بحث کردند. لئونگ^۶ و همکاران (۲۰۰۰) سازگاری و

7. Eldin
8. Eldrandaly
9. Markropoulou
10. Badri
11. Chi & Aizhu
12. Yang

1. Laarhoven
2. Buckley
3. Boender
4. Chang
5. Lee
6. Leung

استفاده از مدل AHP در محیط GIS پرداختند. با به کارگیری روش همپوشانی، معیارهای وزن دهی با هم تلفیق و مکان بهینه برای استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص شد. معرب و همکاران (۱۳۹۵، ص. ۲) در ارزیابی چند معیاره فضایی فازی با تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی برای مکان‌یابی پارک‌های شهری منطقه ۸ تهران، عملگر جمع به عنوان عملگر مناسب برای مکان‌یابی پارک و فضای سبز شناختند و به پنج طبقه، زمین‌های با تناسب خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی شد.

در کشور ایران، مراکز آتش‌نشانی و خدمات ایمنی عهده دار تأمین ایمنی شهرها در مقابل آتش‌سوزی و حوادث هستند، روند روزافزون و فرایند شهرنشینی و شهرگرایی، جامعه امروزی را با مسائل و پدیده‌های گوناگونی روبه‌رو ساخته است. یکی از مسائل مهم و اساسی در زندگی شهری که امروزه تمام شهرها بدون استثنا ناگزیر از اهمیت دادن و پرداختن به آن هستند، ایمنی در شهرهاست، چرا که زندگی شهری و تداوم آن نیازمند تأمین ایمنی می‌باشد. ایمنی یکی از شاخصه‌ها و مؤلفه‌های مهم و اساسی در زندگی شهری امروز محسوب می‌شود و شهر ایمن به عنوان یک شهر مطلوب همواره مدنظر برنامه‌ریزان و کارشناسان امور شهری قرار دارد. توجه به ایمنی شهروندان در کشورهای توسعه یافته یکی از اهداف مهم در طرح‌های توسعه شهری می‌باشد. در طرح‌های توسعه شهری ایران جایگاه خاصی به ایمنی اختصاص داده نشده و شاید تنها موارد مشخص، تعیین نقاطی برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین حریم‌ها و... می‌باشد. کمبود امکانات و تجهیزات خدمات‌رسانی

شاخص‌های چند معیاری استفاده شده است (یانگ^۱، ۲۰۰۲). این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل چند معیاره است که خصوصیات اصلی آن بر اساس مقایسه زوجی می‌باشد (نقائ^۲، ۲۰۰۵).

در ایران اولین اقدام برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی، در سال ۱۲۲۱ هجری شمسی در شهر تبریز با ایجاد یک واحد آتش‌نشانی انجام گرفت. به طور کلی سیاست ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه خاص و مدون بوده است (ذاکر حقیقی، ۱۳۸۲).

مشکینی و همکاران (۱۳۸۹، ص. ۱۰۰) به تحلیل فضایی - مکانی تجهیزات شهری و کاربست مدل تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS پرداختند. در این مطالعه به کمک تلفیق مدل تحلیل سلسله مراتبی و منطق ارزش‌گذاری لایه‌ها در GIS، مدلی برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی ارائه شد. هادیانی و کاظمی‌زاد (۱۳۸۹، ص. ۹۹) مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم با استفاده از تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS را انجام دادند؛ نتایج نشان می‌دهد که الگوی پراکنش ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر قم در وضع موجود از الگوی مناسبی برخوردار نیست و فاصله زمانی رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به آخرین نقطه‌ی منطقه تحت پوشش خود بیش از پنج دقیقه می‌باشد و یک سوم شهر را پوشش نمی‌دهد. زیاری و یزدان پناه (۱۳۹۰) به بررسی مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر آمل با

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 مشخص شده و به دلیل تفاوت در میزان تأثیرگذاری شاخص‌ها، با استفاده از تکنیک (AHP) مقایسه زوجی این مؤلفه‌ها توسط ۵۰ نفر از کارشناسان باتجربه در زمینه خدمات شهری انجام گردیده و وزن نهایی هر یک از آنها محاسبه شده است. در ادامه با توجه به تعداد معیارها، لایه‌های اطلاعاتی در محیط Arc GIS ایجاد شده 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.

شهری در زمینه ایمنی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به سبب دو ویژگی عمده «بعد زمانی» و «بعد مکانی» با بسیاری از نظریات مطرح علوم جغرافیایی سخت‌پند 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 آتش‌سوزی و نحوه عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی نشانگر آن است که محدودیت‌ها و نارسای‌های عمده‌ای در مکان‌گزینی و عملکرد مطلوب ایستگاه‌ها وجود دارد (علی‌آبادی، ۱۳۹۶، ص. ۱۲۳).

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲.۱. روش پژوهش

انتخاب مکان بهینه جهت استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیازمند شناسایی و تجزیه و تحلیل معیارها



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 بر گرفته 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 در خطر آتش‌سوزی قرار دارند. بر این اساس لزوم ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و امداد رسانی در این گونه 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 ۶۰۰ 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.

۲.۲.۴. 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. از این رو در مکان‌یابی ایستگاه جدید این اصل رعایت شد. ایستگاه‌های موجود نیز با فاصله‌ی 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 این گونه کاربری‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در جنوب منطقه و به‌ویژه در طول بلوار امام خمینی (ره) تراکم کاربری تجاری مشاهده می‌شود و

نیاز به تأمین ایمنی بیشتری احساس می‌شود به فواصل نزدیک‌تر به مراکز تجاری وزن بیشتری داده شد و فواصل دورتر، وزن کمتری گرفتند (شکل ۲).

۲.۲.۶. نزدیکی به شبکه ارتباطی

محل مناسب ایستگاه آتش‌نشانی معمولاً در محل تلاقی چند خیابان و در نقاطی تعیین می‌شود که حجم ترافیک مانع حرکت خودروها و تیم آتش‌نشانی نگردد. خیابان‌های دوطرفه و عریض منطقه را از سایر شبکه ارتباطی استخراج گردید. با توجه به هدف مطالعه، با افزایش فاصله از شبکه راه‌ها، مناطق وزن کمتری به خود اختصاص می‌دهند. شکل، فاصله از معابر اصلی را نشان می‌دهد. در این نقشه فواصل از معابر درجه یک در پنج کلاس تعریف شده که کلاس اول (۱۰۰ - ۰ متر) بیشترین ارزش را دارد. هر چه فاصله از شبکه ارتباطی درجه یک بیشتر شود، وزنی که به آن طبقه تعلق می‌گیرد، کمتر است

۲.۲.۷. لایه پوشش عملکردی ایستگاه‌های

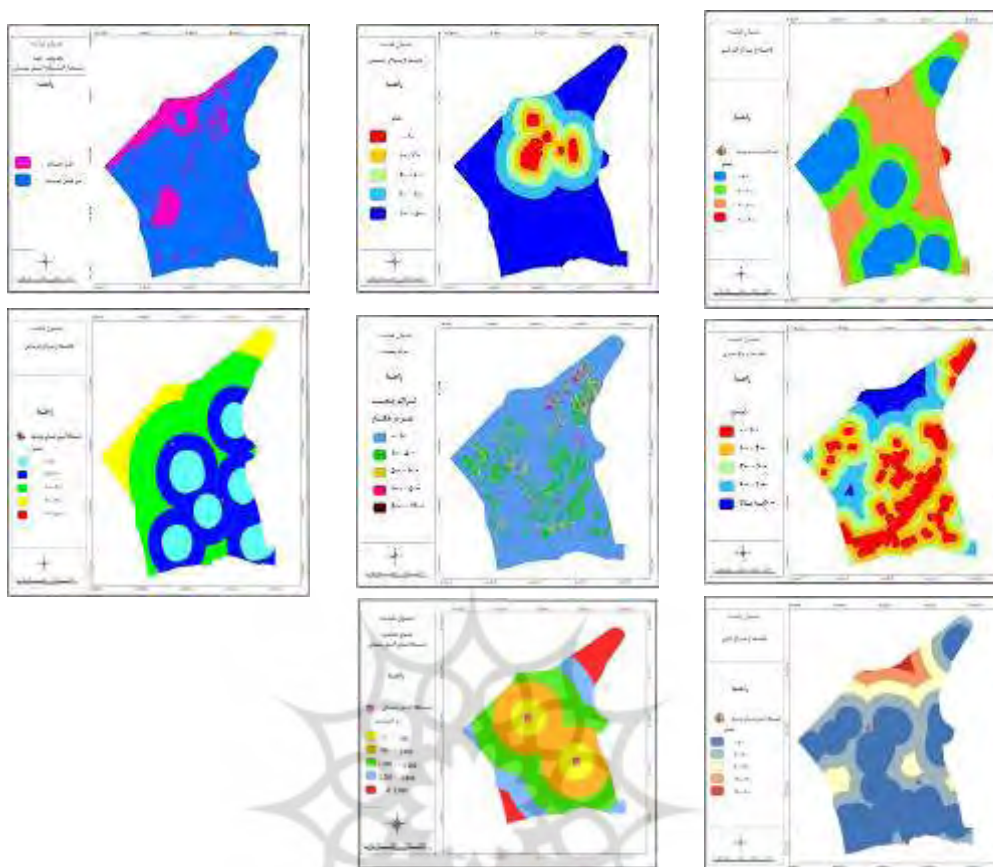
آتش‌نشانی موجود

مساحت مناطق مختلف شهری و شعاع عمل ایستگاه‌های آتش‌نشانی در برنامه‌ریزی استقرار ایستگاه‌ها از عوامل عمده به حساب می‌آید. استانداردهای جهانی شعاع پنج کیلومتر را برای هر ایستگاه پیش‌بینی می‌کنند و از طرف دیگر زمان رسیدن به مکان آتش‌سوزی را سه الی پنج دقیقه در نظر گرفته‌اند. از روش تحلیل شبکه (Network Analysis) برای تحلیل وضع موجود، توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بررسی شعاع عملکردی

آن‌ها و تعیین مناطقی که خارج از شعاع پوشش ایستگاه‌های موجود هستند استفاده می‌شود. در این روش ابتدا کلیه مسیرهای ارتباطی یا شبکه‌های دسترسی شهر در محیط Autodesk Map رقومی و تهیه شد. پس از ایجاد توپولوژی در محیط ArcGIS دارای اطلاعاتی مانند طول معابر، شناسه‌ها و رابطه فضایی بین خطوط شبکه ایجاد شد. در محیط GIS با استفاده از تحلیل Buffer شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی تعیین گردید. با توجه به شعاع عملکرد استاندارد در ایران برای رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل حریق با سرعت ۳۵ کیلومتر در ساعت را پنج دقیقه است که با این وجود هر ایستگاه ۲/۹ کیلومتر را پوشش می‌دهد. در منطقه یک دو ایستگاه وجود دارد که شعاع عملکرد آن‌ها در شکل (۲) آمده است.

۲.۲.۸. لایه محدودیت

برای تهیه لایه محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه، ابتدا تمام لایه‌هایی که امکان ایجاد محدودیت را داشتند به صورت بولین درآمدند، سپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه‌ها، لایه محدودیت حاصل شد. به دلیل سرو صدای ماشین‌های آتش‌نشانی هنگام انجام عملیات تا محدوده‌ی ۵۰۰ متری کاربری‌های آموزشی و اداری جزء منطقه ممنوعه در نظر می‌گیرند. در شکل ۲، نواحی دارای محدودیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۲. لایه‌های معیارهای مدل

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

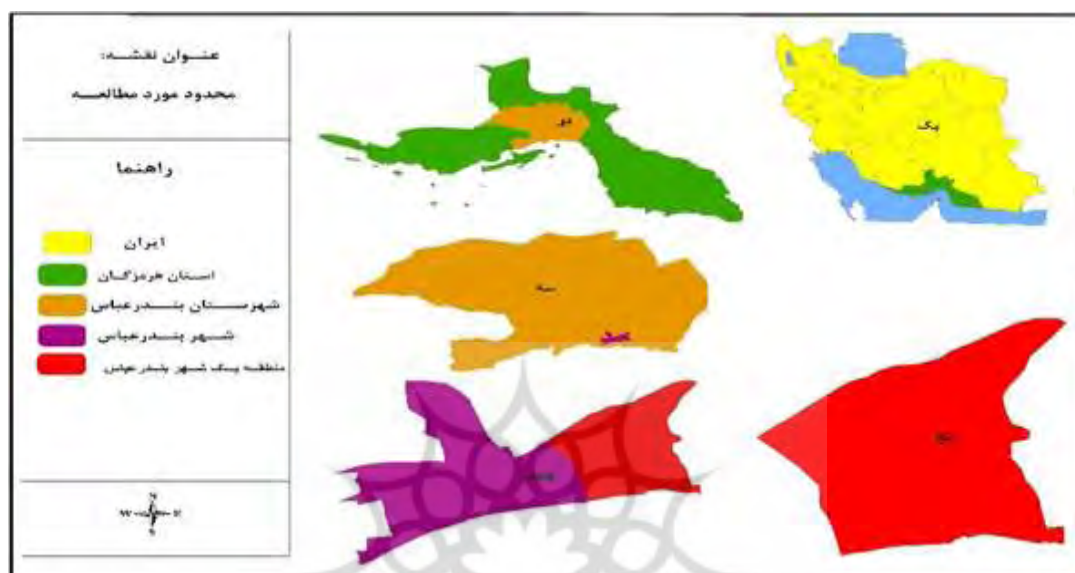
۲.۲. قلمرو جغرافیایی پژوهش

منطقه یک شهری بندرعباس در موقعیت جغرافیایی بین ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و در قسمت شرقی بندرعباس قرار گرفته 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 ۳۲/۱۹۶ مترمربع به کاربری فضای باز و بایر

اختصاص یافته است و کم‌ترین مقدار سرانه شهری هم با ۰/۲۷ مترمربع به کاربری اداری اختصاص یافته است. جمعیت منطقه یک شهر بندرعباس بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، دارای جمعیتی حدود ۱۷۵۲۷۷ نفر بوده که معادل ۴۰/۲۲ درصد از کل جمعیت شهر بندرعباس است. تعداد خانوارهای موجود در محدوده مورد مطالعه ۴۸۵۹۸ خانوار است. وضعیت اقلیمی شهر بندرعباس در گروه اقلیم گرم و قرار می‌گیرد. دمای هوای این شهر در گرم‌ترین روزها به ۵۱ درجه و در سردترین روزها به دو درجه سانتی‌گراد می‌رسد. منطقه یک با جمعیتی حدود ۱۷۵۲۷۷ نفر و ۱۵/۹۲ کیلومترمربع مساحت دارای دو

اطفایی سنگین و یک دستگاه خودرو اطفایی نیمه سنگین است. ایستگاه دوم در ضلع جنوب بلوار امام حسین (ع) مستقر است.

ایستگاه آتش‌نشانی است. یکی از ایستگاه‌ها بلوار امام خمینی نرسیده به چهارراه نخل ناخدا نبش خیابان داماهی واقع شده است. که دارای سه دستگاه خودرو



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 به منظور 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 از نظر اقتصادی و اجتماعی برای اجرا انتخاب می‌شوند. لذا معیارها و زیرمعیارهایی که به نوعی در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقش اساسی داشته و در پژوهش حاضر با استفاده از تکنیک AHP مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، در جدول (۱) نشان داده شده است.

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

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

ادامه جدول ۱

ویژگی نزدیکی ایستگاه‌های آتش‌نشانی	زیر معیار	معیار
نزدیکی به مراکز صنعتی به دلیل احتمال وقوع آتش‌سوزی	۱۰۰۰ به بالا، ۶۰۰-۱۰۰۰، ۳۰۰-۶۰۰ ۰-۱۰۰، ۱۰۰-۳۰۰	نزدیکی به مراکز صنعتی (متر)
نزدیکی به مراکز تجاری با تراکم در سطح شهر به دلیل نوع کالاهای موجود در آن‌ها	۱۰۰۰ به بالا، ۶۰۰-۱۰۰۰، ۳۰۰-۶۰۰ ۰-۱۰۰، ۱۰۰-۳۰۰	نزدیکی به مراکز تجاری (متر)
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.	۳۰۰۰-۵۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۰۰۰ ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰	نزدیکی به مراکز درمانی (متر)
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.	۳۰۰۰-۵۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۰۰۰ ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰	نزدیکی به مراکز آموزشی (متر)
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.	۱۷۰۰-۲۰۰۰، ۱۷۰۰-۱۳۰۰، ۱۳۰۰-۱۳۰۰ ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۹۰۰، ۹۰۰	نزدیکی به مراکز اداری (متر)
طبق استاندارد جهانی به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر یک ایستگاه آتش‌نشانی ضروری است.	۱۸۹۷۰-۵۰۰۰، ۵۰۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۰۰۰ ۰-۱۰۰، ۱۰۰-۵۰۰، ۵۰۰	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)
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 ($۲/۹ = ۳۵/۶۰ * ۵$)	۳۰۰۰-۵۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۰۰۰ ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰	شعاع عملکردی (متر)

۲.۳. محاسبه وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها

در این مرحله ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده از لحاظ میزان اهمیت نسبت به هدف پژوهش، توسط ۵۰ نفر از کارشناسان مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند (جدول ۲) و با گرفتن میانگین از

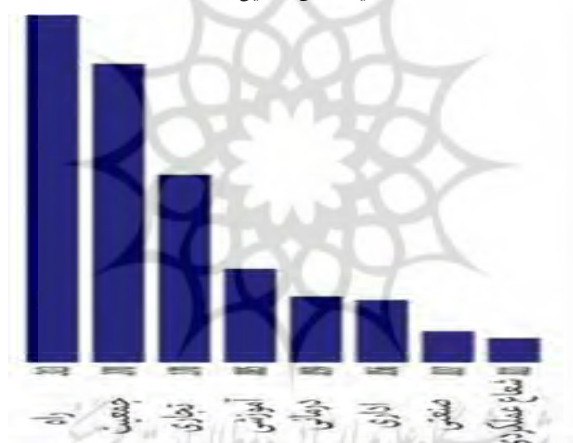
مقایسه‌ی انجام‌شده، مقایسات زوجی وارد نرم‌افزار می‌شود؛ که وزن هر معیار و زیرمعیار برحسب میزان تأثیرگذاری در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی مشخص گردید. جدول شماره (۳) وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها نمایش داده شده است. همچنین

در شکل ۴ 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	معیار اصلی	تراکم جمعیتی	مراکز تجاری	مراکز آموزشی	مراکز درمانی	مراکز اداری	مراکز صنعتی	شعاع عملکرد	وزن
معیار اصلی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۰/۳۱۳
تراکم جمعیتی	۱/۲	۱	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۰/۲۷۰
مراکز تجاری	۱/۳	۱/۳	۱	۳	۴	۵	۶	۸	۰/۱۷۰
مراکز آموزشی	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱	۲	۲	۴	۵	۰/۰۸۵
مراکز درمانی	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۲	۱	۲	۵	۴	۰/۰۵۹
مراکز اداری	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۲	۱/۲	۱	۳	۳	۰/۰۵۶
مراکز صنعتی	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۱	۲	۰/۰۲۷
شعاع عملکرد	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۰/۰۲۱

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)



شکل ۴. نمودار محاسبه وزن‌ها در نرم‌افزار Expert Choice

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

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

معیار	وزن نهایی معیار	زیر معیار	وزن نهایی معیار	معیار	وزن نهایی معیار	زیر معیار	وزن نهایی معیار
فاصله از شعاع عملکرد (متر)	۰/۰۲۱	۰ - ۵۰۰	۰	نزدیکی به مراکز تجاری (متر)	۰/۱۷۰	۰ - ۱۰۰	۰/۳۶
		۵۰۰ - ۱۰۰۰	۰/۱۲			۱۰۰ - ۳۰۰	۰/۲۸
		۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۰/۲			۳۰۰ - ۶۰۰	۰/۲
		۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۰/۳۲			۶۰۰ - ۱۰۰۰	۰/۱۲
		۳۰۰۰ - ۵۰۰۰	۰/۳۶			۱۰۰۰ به بالا	۰/۰۴

ادامه جدول ۳

وزن نهایی زیر معیار	زیر معیار	وزن نهایی معیار	معیار	وزن نهایی زیر معیار	زیر معیار	وزن نهایی معیار	معیار
۰/۳۶	۰ - ۱۰۰	۰/۲۷	نزدیکی به مراکز صنعتی (متر)	۰/۰۴	۰ - ۱۰۰	۰/۲۷۰	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)
۰/۲۸	۱۰۰ - ۳۰۰			۰/۱۲	۱۰۰ - ۵۰۰		
۰/۲	۳۰۰ - ۶۰۰			۰/۲	۵۰۰ - ۱۰۰۰		
۰/۱۲	۶۰۰ - ۱۰۰۰			۰/۲۸	۱۰۰۰ - ۵۰۰۰		
۰/۰۴	۱۰۰۰ به بالا			۰/۳۶	۵۰۰۰ - ۱۸۹۷۰		
۰/۳۶	۰ - ۱۰۰	۰/۳۱۳	نزدیکی به شبکه ارتباطی اصلی (متر)	۰/۰۴	۰ - ۵۰۰	۰/۰۵۹	فاصله از مراکز درمانی (متر)
۰/۲۸	۱۰۰ - ۲۰۰			۰/۳۶	۵۰۰ - ۱۰۰۰		
۰/۲	۲۰۰ - ۳۰۰			۰/۲۸	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰		
۰/۱۲	۳۰۰ - ۵۰۰			۰/۲	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰		
۰/۰۴	۵۰۰ به بالا			۰/۱۲	۳۰۰۰ - ۵۰۰۰		
۰	۰ - ۵۰۰	۰/۰۵۶	نزدیکی به مراکز اداری (متر)	۰	۰ - ۵۰۰	۰/۰۸۵	فاصله از مراکز آموزشی (متر)
۰/۴	۵۰۰ - ۱۰۰۰			۰/۴	۵۰۰ - ۱۰۰۰		
۰/۲۸	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰			۰/۲۸	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰		
۰/۲	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰			۰/۲	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰		
۰/۱۲	۳۰۰۰ - ۵۰۰۰			۰/۱۲	۳۰۰۰ - ۵۰۰۰		

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.

۳.۴. فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی

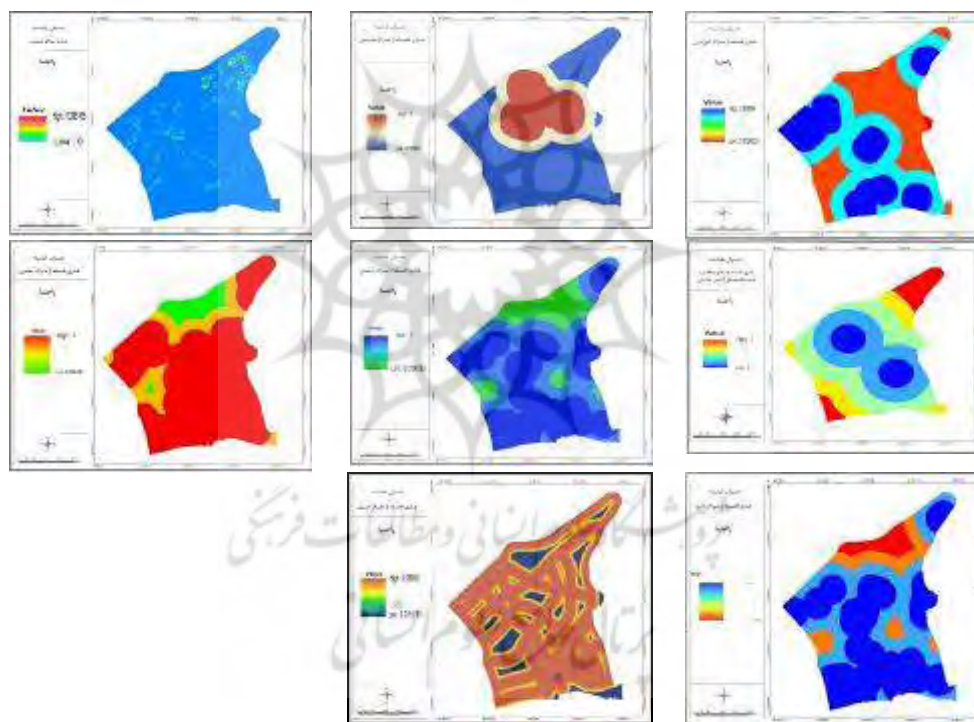
جهت به دست آوردن نقشه‌های فازی در نرم‌افزار ArcGIS10 در قالب تحلیل Fuzzy Member از ابزار Spatial Analyst Tools استفاده گردید. ابتدا برای هر یک از لایه‌های موجود، نقشه فاصله تهیه شد. نوع تابع عضویت لایه‌ها از نوع خطی

است. به دلیل اینکه از تغییرات فاصله جهت پیدا کردن مکان مناسب استفاده می‌شود؛ بنابراین لایه به‌دست آمده، 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 ۴ 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 ۴. نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

ردیف	نام معیار (لایه نقشه)	نوع تابع فازی	نام تابع فازی
۱	فاصله از مراکز آموزشی (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۲	فاصله از مراکز اداری (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۳	فاصله از مراکز صنعتی (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۴	فاصله از مراکز درمانی (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۵	تراکم‌های جمعیتی (نفر در هکتار)	افزایشی	J- Shape
۶	فاصله از مراکز تجاری (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۷	فاصله از شبکه ارتباطی (متر)	کاهشی	Sigmoidial
۸	فاصله از شعاع عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی (متر)	افزایشی	Sigmoidial

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)



شکل ۵. نقشه‌های فازی لایه‌ها

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

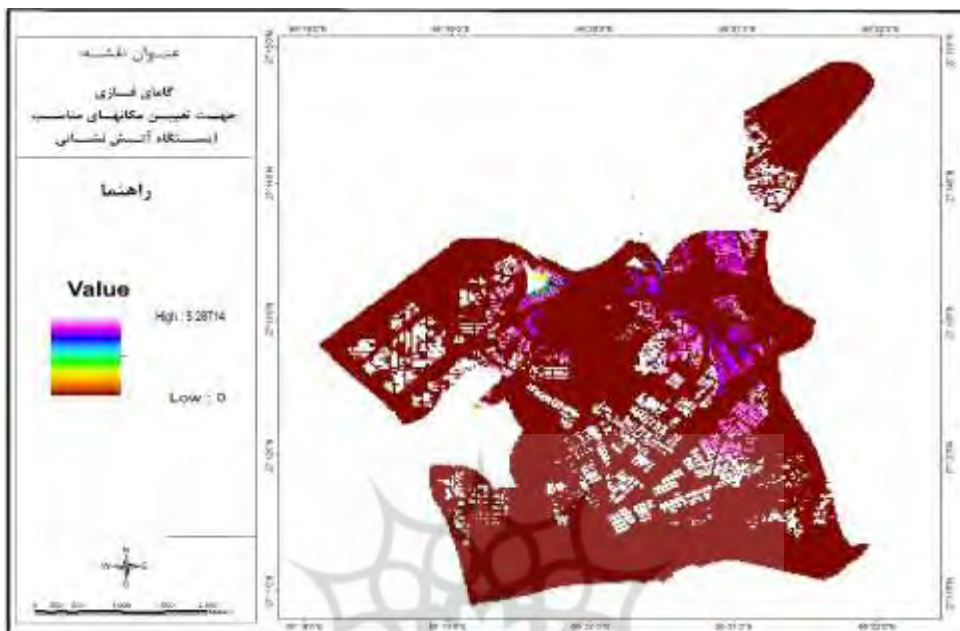
۳.۵. عملگر فازی گاما

این عملگر از حاصل ضرب عملگرهای ضرب و جمع فازی به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود. در رابطه (۵) عددی بین صفر تا یک می‌باشد. انتخاب صحیح و آگاهانه γ بین صفر و یک، مقادیری را در

خروجی به وجود می‌آورد که نشان‌دهنده سازگاری قابل‌انعطاف میان گرایش‌های کاهشی ضرب فازی و گرایش‌های افزایش جمع فازی می‌باشد.

نقشه خروجی عملگر فازی گاما (شکل ۶) نتایج مشابه عملگر فازی AND را ارائه می دهد.

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



شکل ۶. نقشه عملگر گامای فازی

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۳)

۳.۷. تعیین مناطق مستعد

همان‌طور که مشاهده می شود، مکان‌های معرفی شده برای ایجاد ایستگاه‌های آتش نشانی جدید به صورت پراکنده و در ابعاد مختلف با عملگر فازی گاما، AND و همچنین شاخص همپوشانی ارائه شده است. از آن جا که زمین اختصاص یافته برای ایجاد ایستگاه‌های آتش نشانی جدید باید از نظر مساحت قطعی 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 پرسش‌گیری شرطی مکان‌های با ابعاد کوچک‌تر از ۱۵۰۰ مترمربع که کارایی لازم را ندارند، از نقشه حذف شده‌اند و مناطق مساعدتر و

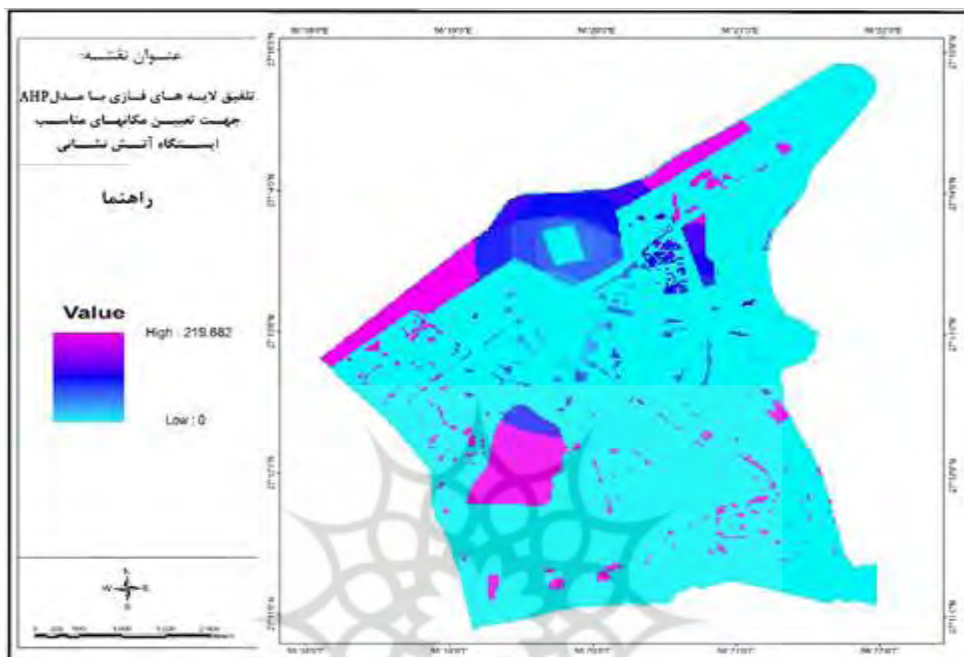
۳.۶. ترکیب لایه‌های اطلاعاتی فازی و اعمال

ضرایب نهایی مدل AHP

در مرحله نهایی، باید همه لایه‌های فازی شده باهم ترکیب گردند تا نقشه نهایی حاصل شود. کلیت کار به این صورت است که کلیه لایه‌های اطلاعاتی فازی شده باهم ترکیب شده و سپس ضریب و ارزش نهایی هر عنصر که در مدل AHP تعیین شده است را به این لایه‌ها اعمال می‌گردد. در نهایت از ترکیب ضرایب و لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های مستعد جهت ایجاد ایستگاه آتش نشانی ساخته می‌شود. نقشه خروجی ترکیبی از طیف‌های رنگی مختلف است که هر رنگ نشانگر درجه‌ای از اهمیت منطقه برای ایجاد ایستگاه آتش نشانی است (شکل ۷).

یک به‌عنوان مکان‌های پیشنهادی معرفی شده است (شکل ۸).

بهینه‌تر مشخص شدند. با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی در نهایت تعدادی مکان در شمال شرقی، غرب و جنوب غربی منطقه



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)

۴. نتیجه گیری

استفاده از روش‌های سستی 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 تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های متعددی است. شاخص‌های مطرح در تحقیق حاضر شامل هشت پارامتر کالبدی و اجتماعی که اثر هر یک در ارتباط با مکان‌گزینی در قالب نقشه در محیط GIS ارائه گردیده است. لایه‌های اطلاعاتی در محیط ArcGIS ایجاد شده 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 سلسله‌مراتبی (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 مکان‌گزینی 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 معرفی شده برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید به‌صورت پراکنده و در ابعاد مختلف در نقشه‌های عملگر فازی گاما، AND و همچنین شاخص همپوشانی ارائه شده است. از آنجاکه زمین اختصاص یافته برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید باید از نظر 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 پرسش‌گیری شرطی مکان‌های با ابعاد کوچک‌تر از ۱۵۰۰ مترمربع که کارایی لازم را ندارند، از نقشه حذف شده‌اند 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 معرفی شده 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

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 مکان‌گزینی 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: پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پردیس دانشگاهی قشم، دانشگاه هرمزگان.
۴. خان احمدی، م.، عربی، م.، وفائی نژاد، ع.، و رضائیان، ه. (۱۳۹۳). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی 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 ۶ تهران، تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
۶. رهنما، م.ر.، و آفتاب، ا. (۱۳۹۳). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر ارومیه با استفاده از AHP و GIS، جغرافیا و توسعه، ۱۲ (۳۵)، ۱۶۵-۱۵۳.

(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 سلسله‌مراتبی و تلفیق آن با قابلیت‌های 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

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)، ۶ (۱۴)، ۷۴-۸۷.
۸. علی آبادی، ز. نسترن، م. پیرانی، ف. و شیخ زاده، ف. (۱۳۹۶). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تلفیقی AHP و GIS مطالعه موردی: منطقه ۳ اصفهان، نشریه اطلاعات جغرافیایی، ۲۶ (۱۰۳)، ۱۲۳-۱۳۶.
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 جغرافیایی انسانی، (۷۴)، ۹۱-۱۰۱.
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 مکان‌یابی پارک‌های شهری (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تهران). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸ (۴)، ۱-۲۰.
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)، ۵-۱۹.
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)، ۹۹-۱۱۲.
13. Badri, M.A. Mortagy, A.K, & Alsayed, C. A. (1998). A multi objective model for locating fire 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). A computer-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. *Expert Systems with Application*, 29(4), 889-899.
24. Yang, J., & Ping, S. (2002). Applying Analytic Hierarchy Process in Firms Overall Performance 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

