

## مکان‌یابی ساخت پناه‌گاههای شهری با رویکرد پدافند غیرعامل

علی سعیدی<sup>۱</sup>، مجتبی داودی<sup>۲</sup> و حسن حسینی‌امینی<sup>۳</sup>

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۱/۱۱، تاریخ تایید: ۱۳۹۶/۴/۲

### چکیده

امروزه پدافند غیرعامل اهمیت زیادی در زمینه نظامی و مدیریت شهری دارد؛ چراکه با پیاده‌سازی اقدامات پیشگیرانه طبق دستورالعمل‌های آن می‌توان تا حد زیادی از خسارات وارد آمده از حمله دشمن کاست. یکی از اقدامات مهم در این زمینه ساخت پناه‌گاه در سطح شهر به منظور کاهش تلفات انسانی در زمان بحران است. ساخت پناه‌گاه دارای ملاحظات و قوائدیست که یکی از این ملاحظات، مکان‌یابی پناه‌گاه‌هاست که در نقاطی از شهر واقع شوند که بیشترین افراد ممکن قادر باشند در زمان مناسب به آنجا برسند. در این پژوهش، مکان‌یابی پناه‌گاه شهری با رویکرد پدافند غیرعامل و با استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. ابتدا از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی معیارها استفاده شد، سپس نقشه‌های معیار تولید شده با استفاده از توابع منطق فازی، فازی‌سازی و در انتها، نقاط به الگوریتم TOPSIS وارد شده تا ارزیابی و اولویت‌بندی شوند.

در این پژوهش، ۳۹ لایه اطلاعاتی شهر زاهدان گردآوری و در ۱۵ معیار دسته‌بندی شد. معیار «فاصله از مراکز حساس و مهم» و «فاصله از مراکز با عملکرد پشتیبانی» به ترتیب با ۲۳ و ۱۳ درصد بیشترین وزن؛ و «فاصله از حریم راه‌آهن» و «شیب زمین» به ترتیب با ۱ و ۱ درصد کمترین وزن را دارند. پس از اجرای زنجیره پردازشی روی معیارها، لایه خروجی تولید شد و نقشه نهایی مکان‌یابی پناه‌گاه شهری ایجاد شد. نتایج نشان می‌دهد که اکثر مناطق شرق و شمال و تا حدودی مرکز شهر برای احداث پناه‌گاه نامناسب هستند، چراکه چندین عامل منفی مانند بافت فرسوده‌ی شهر، مراکز خطرناک و صنعتی، گسل، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و بخشی از خطوط انتقال فشار قوی برق همگی در شرق و شمال شهر متمرکز شده و باعث تشدید یکدیگر شده‌اند و باعث شده تنها منطقه غرب و جنوب شهر (و چند منطقه کوچک در شرق و جنوب‌شرقی شهر) برای احداث پناه‌گاه مناسب تشخیص داده شوند.

کلیدواژه‌گان: پدافند غیرعامل، پناه‌گاه، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، TOPSIS

۱. عضو هیئت علمی و دانشیار دانشگاه جامع امام حسین<sup>(ع)</sup>، (نویسنده مسئول)، asaidi40@gmail.com

۲. کارشناسی ارشد مهندسی عمران - نقشه‌برداری - GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، مدرس دانشگاه، مربی مرکز مطالعات پدافند غیرعامل، amini1388@yahoo.com

## مقدمه

## بیان مسئله

یکی از مباحث مهم در برنامه‌ریزی دفاع غیرعامل، مسئله طراحی و ساخت جان‌پناه‌ها و پناهگاه‌های شهری است. براساس تعریف موجود در مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان، پناهگاه به‌مکان اسکان موقتی اطلاق می‌شود که در مقابل تهدیدات متعارف (بمباران) نسبت به ساختمان‌های معمولی از ایمنی و پایداری به مراتب بالاتری برخوردار است. در این پژوهش، مسئله مکان‌یابی ساخت جان‌پناه‌های شهری بررسی می‌شود.

در طراحی پناهگاه‌های شهری اینکه در چه مکانی ساخته شوند بسیار مهم است، چراکه باید بیشترین بهره‌وری و بازده ممکن را داشته باشد و از جان مردم در مواقع بحران حفاظت کند. این امر نیازمند این است که عوامل مختلف در مکان‌یابی آن در نظر گرفت شود تا در مواقع بحران بیشترین جمعیت ممکن با بیشترین سرعت ممکن از آن استفاده کنند (حسینی، سیدمجیدی، ۱۳۹۰: ۱۳). این عوامل شامل؛ فاصله از خیابان‌ها، فاصله از مراکز جمعیتی مهم، شیب و ... می‌باشد که در قسمت‌های بعدی به‌همراه الگوریتم و روش تجزیه تحلیل و مکان‌یابی مناسب بررسی می‌شود.

باتوجه به شرایط خاص کشور از لحاظ بلایای طبیعی و نیز تهدیدهای موجود از کشورهای همسایه که عموماً رابطه نزدیک با دشمنان کشور دارند باید همیشه احتمال وقوع جنگ را در نظر داشت و آمادگی‌های لازم را کسب نمود که یکی از آن‌ها در نظر گرفتن مکان‌هایی به‌عنوان پناهگاه برای مردم در سطح شهر است. همچنین ساخت و احداث پناهگاه‌های جدید باید در نظر گرفته شود و لذا نیاز است که طی یک تحقیق، عوامل موثر در مکان‌یابی بهینه پناهگاه‌های شهری شناسایی شده و ضریب ارزش و اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین گردد. سپس با استفاده از الگوریتمی مناسب نسبت به ترکیب این عوامل و تهیه نقشه نقاط مناسب برای احداث پناهگاه اقدام شود تا به برنامه‌ریزان در این زمینه کمک شود تا بهترین بازده و بهره‌وری برای این مسئله به‌دست بیاید.

## مروری بر تحقیقات پیشین

محمدپور و زرغامی در سال ۱۳۹۳ الزامات مکان‌یابی تاسیسات شهری را از دیدگاه پدافند غیرعامل بررسی و معرفی نموده‌اند. آن‌ها مدل‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در مکان‌یابی تاسیسات شهری را به‌صورت مختصر بررسی کرده‌اند و ۴ مدل منطق بولین، همپوشانی شاخص، منطق فازی و وزن‌های نشانگر را معرفی کردند. همچنین، ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی و برنامه‌ریزی تاسیسات زیربنایی شهری را بیان نموده‌اند که شامل تاسیسات آب و فاضلاب، تصفیه‌خانه‌های آب، تاسیسات گازی، تاسیسات الکترونیکی، مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مخابرات و جهت توسعه شهر بوده است. این پژوهش از نوع توصیفی بوده و در آن به‌بیان کلیاتی درباره مکان‌یابی تاسیسات شهری (و در یک قسمت مختصراً جان‌پناه‌ها و پناهگاه‌ها) پرداخته شده است (محمدپور، علی و زرغامی، سعید، ۱۳۹۳).

شیعه و همکاران در سال ۱۳۹۲ به تعبیه مکانی پناهگاه‌های شهری با استفاده از اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهر سرخورد پرداخته‌اند. در راستای توجه به اصل پدافندی پراکندگی در توزیع کاربری‌ها و همچنین رعایت عدالت فضایی بیشتر در توزیع کاربری‌ها، مقیاس محله به‌عنوان مناسب‌ترین مقیاس برای تعبیه مکانی پناه‌گاه انتخاب شده است. معیارهای تأثیرگذار بر انتخاب محل مناسب برای پناهگاه از طریق مطالعات اسنادی استخراج شده است؛ در ادامه با روی هم‌گذاری لایه‌های امکانات و محدودیت‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی، دو گزینه یکی به‌صورت زمین بایر و دیگری دارای کاربری مذهبی جهت استقرار پناهگاه پیشنهاد شده است. سپس به‌منظور تصمیم‌گیری نهایی، با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، گزینه زمین بایر به‌عنوان مناسب‌ترین مکان برای استقرار پناهگاه شهری انتخاب شد (شیعه و همکاران، ۱۳۹۲).

صفاریان و حبیب در سال ۱۳۹۳ به تبیین مبانی نظری طراحی پناهگاه در مقیاس محله‌های شهری پرداخته‌اند. آن‌ها ویژگی‌های پناهگاه‌ها را از لحاظ فاکتورهای معماری بررسی کردند و در بخشی نیز به عوامل موثر در مکانیابی آن پرداخته‌اند. آن‌ها سه معیار دسترسی سریع و آسان در حداقل زمان ممکن، عدم قرارگیری در همجواری تاسیسات و تجهیزات مهم از دیدگاه دشمن، و عدم همجواری با کاربری‌های خطرناک (که موجب گسترش دامنه آسیب‌ها شود) را پیشنهاد دادند. آن‌ها راهکار «مکانیابی پناهگاه در مراکز پرجمعیت با دسترسی‌های متعدد و متنوع» را برای عامل اول، راهکار «دور کردن کلیه تاسیسات و تجهیزات نظامی از پناهگاه‌های شهری و یا مکانیابی پناهگاه به دور از آن‌ها» برای عامل دوم و راهکار «دور کردن کلیه تاسیسات، تجهیزات و کاربری‌هایی که انهدام آن‌ها موجب گسترش آتش‌سوزی (مانند پمپ بنزین‌ها) و یا سقوط آوار آن‌ها (دکل‌های مخابراتی) موجب افزایش آسیب‌ها می‌شود» را برای عامل سوم پیشنهاد دادند (صفاریان، پیام و فرح حبیب، ۱۳۹۳).

خزایی و روستایی حسین‌آبادی در سال ۱۳۹۵ مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری با استفاده از سامانه‌های جغرافیایی در منطقه یک شهرداری تهران انجام داده‌اند. در این پژوهش، بر مبنای تهدیدات ناشی از حملات موشکی و بمباران هوایی و ضرورت احداث پناهگاه چندمنظوره شهری برای جمعیت پویا، ۱۵ معیار اصلی تأثیرگذار بر مکانیابی شناسایی و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی شدند. در مرحله بعد پس از تهیه نقشه‌های رقومی مربوط به معیارهای موثر، مکانیابی پناهگاه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است. براساس نتایج به‌دست آمده در منطقه یک شهرداری تهران، ۲۰۸ محدوده جهت احداث پناهگاه‌های چندمنظوره شهری دارای شایستگی مناسب و بسیار مناسب می‌باشند (خزایی و روستایی حسین‌آبادی، ۱۳۹۵).

#### اهداف و پرسش‌های پژوهش

هدف نهایی تولید نقشه بهترین نقاط ساخت پناهگاه‌های شهری؛ زیرهدف‌ها عبارتند از: ۱. ارائه و معرفی جامع عوامل و شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری؛ ۲. مدل‌سازی و وارد کردن لایه‌های مختلف عوامل موثر بر

مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری؛ ۳. انتخاب و تعریف یک الگوریتم مناسب برای مکان‌یابی؛ ۴. تولید نقشه بهترین نقاط ساخت پناهگاه‌های شهری.

پرسش‌ها: ۱. کلیه عوامل موثر بر مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری کدامند؟ ۲. ارزش و ضریب اهمیت هر کدام از این عوامل نسبت به بقیه عوامل چگونه است؟ ۳. کدامیک از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری مناسب هستند؟

### روش پژوهش

در این مقاله ابتدا داده‌های مرتبط به عوامل مختلف موثر در مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری جمع‌آوری شده و نقشه‌های معیار ایجاد می‌شود. سپس هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی وارد آنالیز فاصله اقلیدسی شده و فاصله هر نقطه شهر از آن فاکتور محاسبه می‌شود. بخش دیگری از مبانی علمی طرح مربوط به الگوریتم مورد استفاده است. روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولین گام در زنجیره پردازشی محسوب می‌شود که در آن وزن معیارهای مختلف مشخص می‌شود. سپس تمامی داده‌ها با استفاده از توابع Fuzzy Large و Fuzzy Small فازی‌سازی می‌شوند و در نهایت، از روش TOPSIS برای اولویت‌بندی نقاط و تهیه نقشه نهایی استفاده می‌شود.

### بحث اصلی

در این بخش روش پیشنهادی تشریح می‌شود و مدل توسعه‌یافته برای اجرای آن تشریح می‌شود. الگوریتم‌های موردنظر از میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتخاب شده و دلایل استفاده از آنها تشریح می‌شود. سپس مدل موردنظر تشریح شده و فرآیند داخل آن شامل ترتیب الگوریتم‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها و زنجیره‌ی پردازش بین آنها توضیح داده می‌شود. همچنین داده‌های موردنظر برای مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری معرفی می‌شوند.

**داده‌های مسئله:** قبل از توضیح درباره داده‌ها لازم است یک مفهوم تشریح داده شود. عامل‌ها به دو دسته عامل مثبت و عامل منفی تقسیم‌بندی می‌شوند. عامل مثبت عاملی است که هر اندازه مقدار (value) آن بیشتر باشد برای هدف مسئله مطلوب‌تر است (مانند فاصله از گسل). عامل منفی نیز عاملی است که هر اندازه مقدار آن کم باشد برای هدف مسئله بهتر است (مانند فاصله از خیابان‌های اصلی).

**۱ و ۲. جمعیت:** در طراحی پناهگاه باید دقت کرد که فاصله آن از مناطق پرجمعیت کمینه باشد. به عبارتی در یک کاربری هر چه جمعیت بیشتر باشد برای احداث پناهگاه مناسب‌تر است، بنابراین جمعیت یک عامل مثبت است. در این پژوهش دو زیرمعیار برای جمعیت در نظر گرفته شده است: جمعیت ایستا (ساکن) و جمعیت پویا. جمعیت ایستا داده‌های مربوط به سرشماری هستند که به صورت بلوک‌های جمعیتی ارائه شده‌اند. در مقابل، جمعیت پویا در واقع جمعیت در حال عبور و مرور در طول روز در مناطق شهری است. برای این زیرمعیار مراکز جاذب جمعیت در نظر گرفته شده است. مراکز حاذب جمعیت شامل مراکز خرید، هتل‌ها، پارک‌های عمومی ... می‌باشد.

۳. فاصله از معابر اصلی (جهت دسترسی): خیابان‌های اصلی شهر نقش مهمی در هدایت جمعیت در زمان بحران به سمت پناهگاه‌ها خواهند داشت و معابر کم عرض مانند کوچه‌ها در این امر اختلال ایجاد می‌کنند. در واقع عرض کم کوچه‌ها و معابر از نوع دسترسی محلی باعث ایجاد ازدحام در زمان بحران می‌شوند. بنابراین پناهگاه‌ها هر چه به معابر اصلی نزدیک‌تر باشند بهتر است و این عامل، عامل منفی در نظر گرفته می‌شود.

۴. فاصله از مراکز صنعتی و خطرناک: سازمان‌های مختلف مانند محیط‌زیست و غیره برای مراکز صنعتی و تولیدی، قوانین و مقرراتی را برای ساخت‌وساز آن‌ها و نیز رعایت حریم آنها در نظر می‌گیرند (مهندسين مشاور بافت شهر، ۱۳۸۶). مراکزى مانند پمپ‌های بنزین و گاز نیز که بالقوه خطرناک هستند و در زمان بحران مانند بمباران با خطر انفجار مواجه هستند، بنابراین دارای قوانین منع ساخت‌وساز تا محدوده‌ی خاصی از خود هستند که باید در هنگام ساخت پناهگاه به آن دقت کرد. همچنین برای مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری هر چه فاصله از مراکز صنعتی و خطرناک بیشتر باشد مطلوب‌تر است و این عامل یک عامل مثبت در نظر گرفته می‌شود.

۵. فاصله از بافت فرسوده شهر: این ساختمان‌ها به دلیل ضعف در ساختار سازه که از قدیمی بودن مصالح به‌کار رفته و عدم رعایت آیین‌نامه‌های ایمنی سرچشمه می‌گیرد همواره در برابر بحران‌های مختلف (طبیعی مانند زلزله و غیرطبیعی مانند حمله موشکی) آسیب‌پذیر بوده و حتی به سازه‌های موجود در اطراف نیز آسیب می‌زنند. بنابراین در ساخت پناهگاه نیز باید تا حد امکان فاصله ایمنی رعایت شود. بنابراین این عامل نیز عاملی مثبت است.

۶. فاصله از آثار تاریخی و فرهنگی: آثار تاریخی در همه کشورها ارزش بالایی دارند و تلاش‌های زیادی برای حفظ آن‌ها انجام می‌شود. آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز شهری نیز رعایت فاصله طولی و ارتفاعی را نسبت به این مراکز الزامی کرده است (ضوابط و معیارهای استقرار صنایع، ۱۳۸۰). بنابراین فاصله بیشتر برای احداث پناهگاه مطلوب است و این عامل نیز عاملی مثبت است.

۷. فاصله از ایستگاه قطار و مترو: در صورت طولانی‌تر شدن بحران و نیاز به حضور زیاد افراد در پناهگاه‌ها، لازم است که مواد موردنیاز (غذا، دارو، ...) آن‌ها از طریق شبکه حمل‌ونقل ریلی تامین شود (حسینی، سیدمجیدی، ۱۳۹۰: ۲۵). راه‌آهن یک روش سریع برای جابه‌جایی در زمان بحران است. این عامل نیز یک عامل منفی است و هر چه فاصله کمتر باشد بهتر است.

۸. فاصله از گسل: وجود گسل عامل خطرناکی برای مناطق شهری به‌حساب می‌آید و ساخت‌وسازهای شهری باید دور از گسل‌ها صورت گیرد. حال اگر در زمان بحران و حمله دشمن پناهگاه در مکانی باشد که نزدیک گسل باشد شرایط را خطرناک‌تر می‌کند (خزایی و روستایی حسین‌آبادی، ۱۳۹۵: ۶). بنابراین این شاخص مثبت است و هر چه فاصله از گسل بیشتر باشد بهتر است.

۹. فاصله از رودخانه‌ها و آب‌های سطحی: مکان ساخت پناهگاه‌ها باید از مسیر آب رودخانه‌ها و کانال‌ها به دور باشد چرا که اگر در زمان بحران، آب نیز به داخل پناهگاه نشت کند بحران عمیق‌تر می‌شود و کارایی پناهگاه کاهش می‌یابد. بنابراین این عامل نیز مثبت است و هر چه این فاصله بیشتر باشد مطلوب‌تر است.

۱۰. شیب زمین: شیب زمین نیز همیشه در ساخت‌وسازهای شهری در نظر گرفته می‌شود و دلیل آن افزایش هزینه‌ها در ساخت سازه‌ها و البته کاهش امنیت و استحکام کلی سازه می‌باشد (تعاریف و مفاهیم استاندارد بخش فرهنگ و هنر، ۱۳۸۶: ۳۲). از آنجایی که پناه‌گاه‌ها باید عوامل ایمنی در آن‌ها به‌شدت رعایت شود بنابراین شیب عاملی منفی است و هر چه شیب کمتر باشد مطلوب‌تر است.

۱۱. فاصله از خطوط انتقال انرژی: خطوط انتقال برق، گاز و آب (و نیز خطوط ارتباطات) از شریان‌های حیاتی زندگی شهری هستند. در زمان بحران نیز این خطوط مورد حمله قرار می‌گیرند تا عرصه بر ما تنگ شود. همچنین بروز بحران در کنار این خطوط بویژه خطوط برق و گاز مانند آتش‌سوزی و انفجار بسیار خطرآفرین می‌باشد. بنابراین باید از این خطوط حداکثر فاصله ممکن تا رعایت کرد. این عامل نیز عاملی مثبت است.

۱۲. فاصله از حریم خطوط راه‌آهن: راه‌آهن کارایی مهمی بویژه در زمان بحران دارد. طبق آیین‌نامه‌های موجود برای ساخت و سازه‌های شهری یک حریم در اطراف راه‌آهن در نظر گرفته می‌شود (اباذرلو، سجاد، ۱۳۹۰: ۶). برای احداث پناهگاه نیز باید این حریم رعایت شود و بنابراین هر چه فاصله از این حریم بیشتر باشد بهتر است، این عامل نیز مثبت است.

۱۳. فاصله از آب‌های زیرزمینی: همانند آب‌های سطحی، قنات‌ها و آب‌های زیرزمینی نیز برای ساخت پناهگاه مشکل‌آفرین می‌شوند و نشت آب به پناه‌گاه باعث تشدید بحران می‌شود. همچنین نزدیکی به آب‌های زیرزمینی باعث نفوذ رطوبت به پناهگاه می‌شود و در درازمدت باعث تخریب سازه آن می‌شود و نیز روی دمای آن تاثیر نامطلوب می‌گذارد. بنابراین این عامل نیز مثبت است و هر چه فاصله از آب‌های زیرزمینی بیشتر باشد بهتر است.

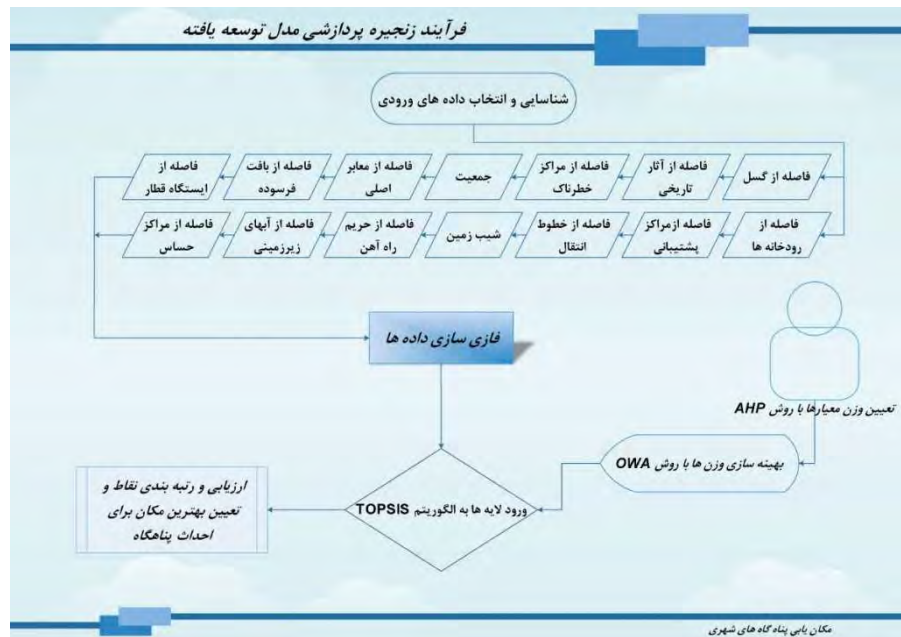
۱۴. فاصله از مراکز حساس و مهم: مکان‌هایی وجود دارند که در زمان حمله، مورد نظر دشمن است. ایستگاه‌های پلیس، پادگان‌های ارتش و سپاه، ارگان‌های مهم شهری، ... در این دسته هستند. بنابراین برای ساخت پناهگاه بهتر است که فاصله از این مراکز زیاد باشد. این عامل نیز مثبت است و هر چه فاصله بیشتر باشد بهتر است.

۱۵. فاصله از مراکز با عملکرد پشتیبانی: مراکز درمانی، آموزشی و فرهنگی دارای عملکرد پشتیبانی دارند. مهم‌ترین آن‌ها بیمارستان‌ها می‌باشند که باید به پناه‌گاه نزدیک باشند. ابتدا به دلیل وجود جمعیت قابل توجه در بیمارستان‌ها و دوم به دلیل امدادسانی به جمعیت موجود در پناه‌گاه‌ها که اگر کسانی در پناه‌گاه نیاز به درمان داشتند به سرعت به بیمارستان منتقل شوند. این عامل منفی خواهد بود و هر چه این فاصله کمتر باشد بهتر است.

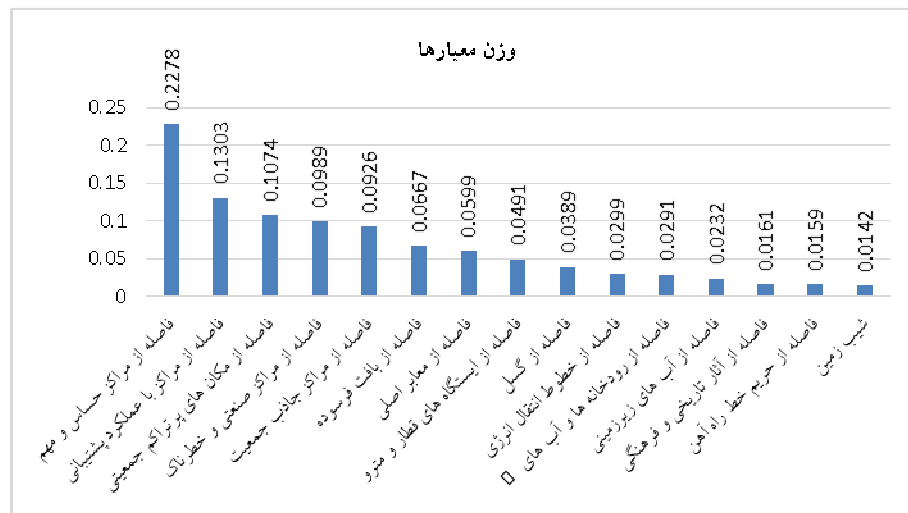
مدل توسعه یافته: مدل در نظر گرفته شده در این پژوهش یک روش ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره هر یک مزایا و معایبی دارند. اما برای نتیجه‌گیری بهتر و تطبیق بیشتر نتایج با واقعیت موجود در دنیای واقعی می‌توان این روش‌ها را با یکدیگر ترکیب کرده و یک راه‌حل کارآمد که می‌تواند ضریب اطمینان بیشتری برای صحت نتایج ارائه کند را توسعه داد. بنابراین یک زنجیره‌ی پردازشی از این الگوریتم‌ها ساخته می‌شود که فلوچارت مراحل فرآیند در شکل ۱ دیده می‌شود.

۱. وزن‌دهی معیارها: برای وزن‌دهی داده‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده می‌شود. در این روش معیارها به صورت زوجی نسبت به یکدیگر مقایسه و ارزش‌دهی می‌شوند و پس از تحلیل این مقایسات و محاسبات وزن نهایی لایه‌ها استخراج می‌شود (Saaty, T. L., 1980). البته می‌توان با مطالعه و بررسی در متون گذشته و پژوهش‌های مشابه دیگران از

وزن‌هایی که آن‌ها به‌کار گرفته‌اند استفاده نمود. در این پژوهش، نیز از مقاله آقای دکتر صفا خزایی و سعید حسین‌آبادی روستایی برای وزن‌دهی معیارها الهام گرفته شد و از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی معیارها استفاده شده است، به‌همین دلیل از همین وزن‌ها در این بخش استفاده می‌شود. مقادیر وزن‌ها به شرح زیر است (خزایی و حسین‌آبادی، ۱۳۹۵: ۹):



شکل ۱: فرآیند زنجیره پردازشی در مدل توسعه یافته



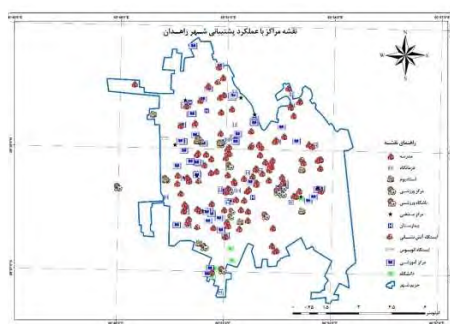
شکل ۲: وزن معیارها (خزایی و حسین‌آبادی، ۱۳۹۵: ۹)

۲. فازی‌سازی لایه‌ها: پس از تعیین لایه‌ها و وزن‌دهی نوبت به فازی‌سازی لایه‌ها می‌رسد. فازی‌سازی اعداد به معنای تبدیل آن‌ها از اعداد ارزشی و قطعی به اعداد فازی می‌باشد (Zadeh, L.A., 1965). فازی‌سازی به شیوه‌های مختلفی

قابل انجام است، به این منظور نیز فرمول‌ها و توابع مختلفی ارائه شده است. فازی‌سازی می‌تواند به طریق مستقیم صورت گیرد و یا با استفاده از الگوریتم‌ها یا عبارتهای منطقی انجام شود. در این پژوهش برای فازی‌سازی معیارهای مثبت از تابع Fuzzy Large (داده‌های ورودی با مقدار بیشتر، ارجحیت بیشتر) و برای معیارهای منفی از تابع Fuzzy Small (داده‌های ورودی با مقدار کمتر، ارجحیت بیشتر) استفاده می‌شود.

۳. اولویت‌بندی نقاط و ارزیابی با TOPSIS: پس از فازی‌سازی لایه‌ها هر کدام در مقدار وزن خود که با روش AHP تعیین شده‌اند ضرب می‌شوند و نقشه‌های معیار فازی‌سازی شده به‌دست می‌آیند. در مرحله بعد این نقشه‌ها وارد الگوریتم TOPSIS می‌شوند. در این روش پس از مشخص شدن گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی در هر معیار، فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی مشخص شده و در نهایت، یک مقدار بعنوان شاخص ارزیابی برای هر گزینه به‌دست می‌آید (Hwang and Yoon, 1981). بر طبق روش گفته شده نقاط شهر از نظر مناسب بودن برای احداث پناهگاه اولویت‌بندی می‌شوند و در نهایت نقشه پهنه‌بندی بهترین نقاط برای احداث پناهگاه تولید می‌شود.

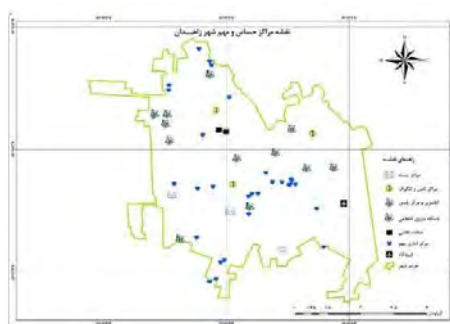
پیاده‌سازی: شهر زاهدان در استان سیستان و بلوچستان به‌دلیل موقعیت استراتژیک خود به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. این استان بخاطر استقرار در مرز با کشور پاکستان همواره درگیر حملات تروریستی و قاچاق‌چیان بوده است. شهر زاهدان علاوه بر اینکه در نزدیکی مرز واقع شده است مرکز استان نیز می‌باشد و به‌دلیل جمعیت بالا و وجود زیرساخت‌های مهم و ادارات اصلی استان جایگاه ویژه‌ای در این پژوهش پیدا کرده است. به‌دلیل تعدد تصاویر نقشه‌های لایه‌های ورودی مسئله تنها به نمایش ۴ لایه از ۱۵ موجود بسنده می‌کنیم.



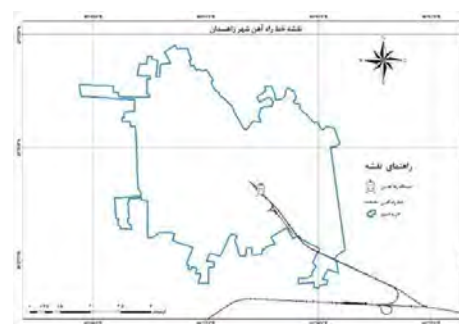
شکل ۴: مراکز با عملکرد پشتیبانی



شکل ۳: بلوک‌های جمعیتی شهر زاهدان

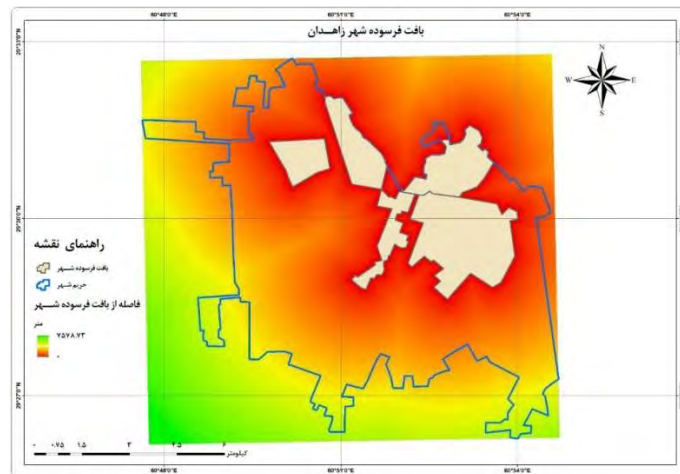


شکل ۶: مراکز حساس و مهم شهر زاهدان

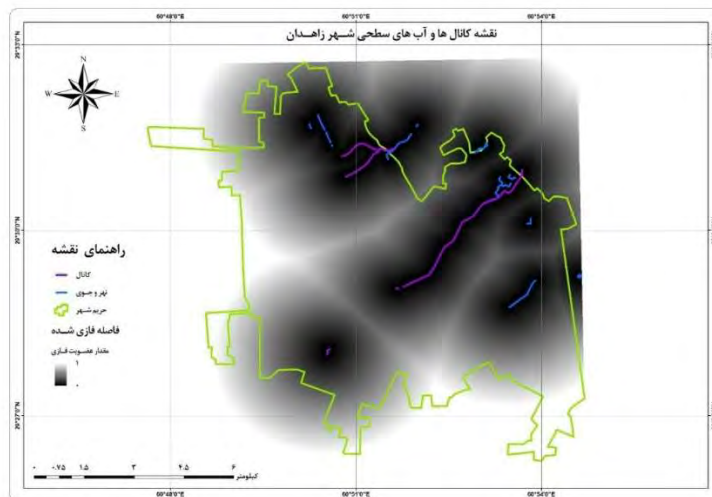


شکل ۵: خط و ایستگاه راه‌آهن شهر زاهدان

بجز لایه جمعیت ایستا (که مستقیماً فازی می‌شود)، ۱۴ لایه دیگر وارد آنالیز فاصله می‌شوند که یک نمونه از آن در شکل مشاهده می‌شود.

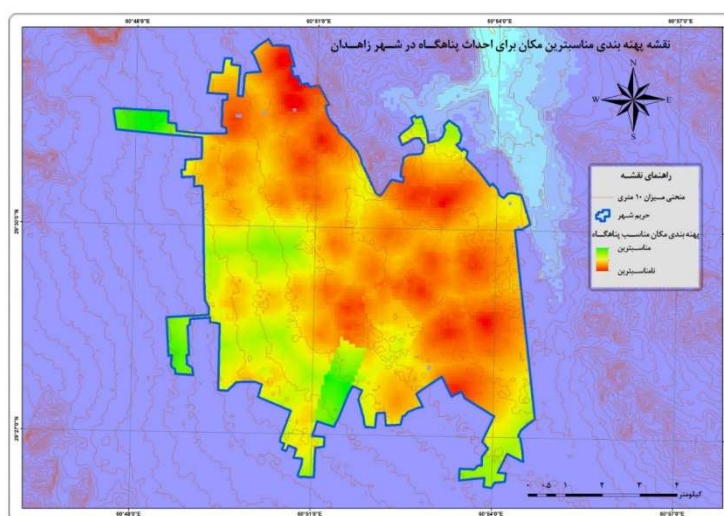


همانطور که اشاره شد پس از اجرای آنالیز فاصله روی ۱۴ لایه (بجز لایه جمعیت)، همگی لایه‌ها فازی‌سازی می‌شوند. در این قسمت یکی از ۱۵ لایه‌ی فازی‌سازی شده در شکل ۸ مشاهده می‌شود.



در مراحل قبلی داده‌ها آماده شده و رسترهای فاصله تولید شده‌اند و سپس فازی شده‌اند. وزن هر معیار نیز مشخص شده است. در این مرحله نقاط شهر باید با توجه به مقدار در هر معیاری که دارند و وزن‌های مربوطه ارزیابی شده، یک مقدار به‌عنوان ارزش نهایی برای مناسب بودن برای احداث پناهگاه به‌خود اختصاص دهند تا نسبت به یکدیگر مقایسه شوند و بهترین نقاط برای احداث پناه‌گاه مشخص شود.

همانطور که اشاره شد در روش TOPSIS نقاط با توجه به ایده‌آل‌های مثبت و منفی در هر معیار مقایسه و ارزیابی می‌شوند و در نهایت با ارزش‌دهی و رتبه‌بندی می‌شوند. نقشه نهایی مکان‌یابی نقاط برای احداث پناهگاه در شکل ۹ مشاهده می‌شود.



شکل ۹: نقشه نهایی پهنه‌بندی مکان مناسب برای احداث پناهگاه شهری

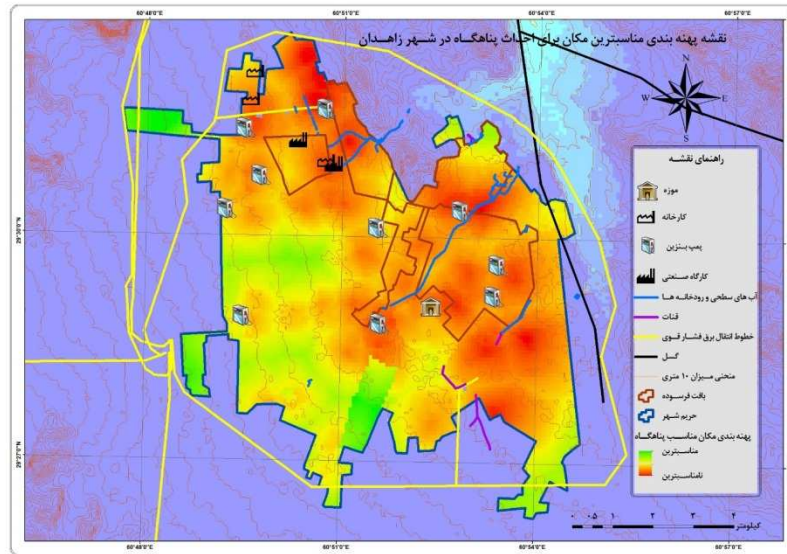
### نتیجه‌گیری

همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود اکثر مناطق شرق و شمال شهر برای احداث پناهگاه نامناسب هستند. تنها مناطق غرب و جنوب شهر البته مناطق کوچکی در شمال شرق و جنوب شهر برای ساخت پناهگاه مناسب تشخیص داده شده‌اند. دلیل نامناسب تشخیص داده شدن بخش بزرگی از شهر این است که چندین عامل با تاثیر نامطلوب برای احداث پناهگاه در شرق و شمال شهر واقع شده‌اند و به دلیل تمرکز چندین عامل در یک منطقه، یکدیگر را تشدید کرده‌اند.

این عامل‌ها شامل بافت فرسوده شهر، مناطق خطرناک و کارخانه‌ها، آب‌های سطحی و رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی، گسل نزدیک شهر، موزه تاریخی شهر، قسمتی از خط انتقال فشار قوی برق (برای برق‌رسانی به کارخانه‌های شمال شهر) و حریم راه‌آهن است که تمرکز اتفاقی همگی آنها در شرق و شمال شهر باعث نامناسب شدن این مناطق برای ساخت پناهگاه شده است. در این عامل‌ها به همراه نقشه پهنه‌بندی نهایی مشاهده می‌شود.

همانطور که مشاهده می‌شود تمرکز عوامل نامطلوب باعث نامناسب بودن شرق و شمال شهر شده است. البته دو منطقه کوچک‌تر شمال شرقی و جنوب شرقی وجود دارند که در طیف مکان مناسب برای ساخت پناهگاه قرار دارند. همانطور که مشاهده می‌شود تنها یک پمپ‌بنزین در غرب شهر وجود دارد و عوامل منفی در غرب شهر وجود ندارند. لازم به ذکر است که عوامل منفی و مثبت دیگر تقریباً به‌طور منظم در شهر پراکنده شده‌اند. در شکل ۴، مراکز با عملکرد

پشتیبانی، شکل ۵، خط و ایستگاه راه‌آهن شهر زاهدان و شکل ۶، مراکز حساس و مهم شهر زاهدان مشاهده می‌شوند.



شکل ۱۰: نقشه تحلیلی تاثیر عوامل نامطلوب بر بهینه‌بندی مکان احداث پناه‌گاه

از این‌رو، مسئولین شهر زاهدان باید توجه مضاعفی به وضعیت شهر نمایند چراکه علاوه بر برنامه‌ریزی برای احداث پناهگاه برای زمان بحران، باید با اقدامات موثر، تمرکز عوامل نامطلوبی که اشاره شد را از شرق و شمال شهر بزدایند.

### کتابشناسی

۱. ابادرلو، سجاد (۱۳۹۰)، انتخاب الگوی بهینه پناهگاه اضطراری چند منظوره با استفاده از روش AHP، مطالعه موردی شهر کاشمر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر؛
۲. حسینی، سیدمجتبی (۱۳۹۰)، مکان‌یابی پناهگاه‌های عمومی و چندمنظوره شهری (با رویکرد پدافند غیرعامل) مطالعه موردی منطقه ۶ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان؛
۳. خزایی، صفا؛ حسین‌آبادی روستایی، سعید (۱۳۹۵)، مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران). فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل سال هفتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ (پیاپی ۲۸)، ۱-۱۲؛
۴. شیعه، اسماعیل؛ صداقت‌نیا، سعید؛ حیدرزاده، احسان (۱۳۹۲)، تعیین مکانی پناهگاه‌های شهری با استفاده از اطلاعات نظام جغرافیایی (GIS) و فن تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی: شهر سرخورد. همایش معماری پایدار و توسعه شهری، تهران؛
۵. صفاریان، حبیب؛ حبیب، فرح (۱۳۹۳)، تبیین مبانی نظری طراحی پناهگاه در مقیاس محله‌های شهری. دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، دانشگاه تهران، تهران؛
۶. عزیزپور، ملکه، توانسنجی محیط طبیعی و توسعه فیزیکی شهر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۷۵؛

۷. محمدپور، علی؛ ضرغامی، سعید (۱۳۹۳)، الزامات مکانیابی تأسیسات شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل. دوره ۲۳، شماره ۹۰، تابستان ۱۳۹۳، صفحه ۸۹-۹۳.
۸. معاونت فرهنگی، تعاریف و مفاهیم استاندارد بخش فرهنگ و هنر، انتشارات سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری کشور، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۶؛
۹. معاونت محیط زیست انسانی، ضوابط و معیارهای استقرار صنایع، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست کشور، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۰.
۱۰. مهندسین مشاور بافت شهر، طرح تفصیلی منطقه یک شهر تهران، انتشارات شهرداری منطقه یک تهران، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۶.
11. Hwang, C.L., Yoon, K., (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag;
12. Saaty, T.L., (1980), *the Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York, NY, 437 pp;
13. Zadeh, L.A. (1965), "Fuzzy sets". *Information and Control*. 8 (3): 338-353.