فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال نهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، (پیاپی ۳۴): صص ۶۰-۴۹

مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو براساس اصول پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: منطقه ۱۳ شهر اصفهان)

پدرام موسوی مبارکه[۱]، صفا خزائی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

در سیستم حمل‌ونقل شهری از طریق مترو، ایستگاه‌های متروی زیرزمینی به‌عنوان یکی از اجزای اصلی پیوند دهنده فضای زیرزمین و روی زمین به شمار می‌آیند. این جزء مهم به‌دلایل مختلف، به ویژه تجمیع مسافران در آن، همواره در معرض مخاطرات طبیعی و تهدیدات انسان‌ساخت قرار دارد. کاربری‌های چندگانه ایستگاه‌های مترو نیز چه در زمان صلح و چه در زمان بحران باعث افزایش درجه اهمیت کارکردی آنها گردیده است. بنابراین، یکی از اقدامات اساسی و عمده پدافند غیرعامل، انتخاب محل مناسب ایستگاه‌های مترو می‌باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از مطالعات اسنادی و تحقیقات کتابخانه ای، بازدیدهای میدانی و با انجام مصاحبه با ۳۵ کارشناس خبره، ۲۱ معیار و شاخص تاثیرگذار در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو شناسایی و دسته‌بندی شده است. سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن نسبی شاخص‌های شناسایی‌شده تعیین شده است. نمونه مطالعاتی در این پژوهش، ایستگاه‌های خط ۳ مترو در منطقه ۱۳ اصفهان می‌باشد. برای تولید و تحلیل نقشه همپوشانی وزن‌دار لایه‌های اطلاعات مکانی مربوط به شاخص‌های تاثیرگذار از سامانه ArcGIS استفاده گردیده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مکانیابی ایستگاه‌های تعیین‌شده بر اساس ملاحظات پدافند غیرعامل با مکان های تعییین‌شده ازنظر فنی منطبق است. همچنین، در این پژوهش مسیرهای دیگری برای مترو در منطقه ۱۳ براساس ملاحظات پدافند غیرعامل پیشنهاد شده است.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، ایستگاه مترو، پدافند غیرعامل، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.

۱- کارشناس ارشد دانشگاه جامع امام حسین (ع)
۲- استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، skhazai@ihu.ac.ir- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

احداث سیستم حمل‌ونقل مترو پس از گذشت ۱۵۰ سال از آغاز ورودش به ناوگان حمل‌ونقل درون شهری، در حال حاضر به یکی از اولویت‌های عمرانی شهرهای مختلف جهان مبدل شده است. هدف از احداث مترو، فراهم‌کردن حمل‌ونقل سریع و با ظرفیت بالا در مناطق موجود شهری با کمترین اثر بر تأسیسات و ساختمان‌های موجود بر روی سطح زمین در آن مناطق است. با مشخص‌شدن ارزش چندکارکردی متروهای زیرزمینی در طول جنگ‌های جهانی و بعد از آن، منجر به توجه بیشتر به توسعه آن گردید. استفاده به‌عنوان فضای پناهگاهی، فضایی امن جهت مراجعه شهروندان و تأمین نیازهایشان در شرایط جنگی و نیز محلی جهت ذخیره‌سازی اقلام ضروری چه در زمان بحران و چه در شرایط عادی ازجمله مهم‌ترین کارکردهای ایستگاه‌های مترو می‌باشد.

در داخل کشور نیز با افزایش روزافزون جمعیت کلان شهرهایی نظیر اصفهان و افزایش سفرهای درون شهری، احداث قطارهای شهری زیرزمینی بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته و اقبال عمومی به استفاده از این نوع سیستم حمل‌ونقل نیز به‌دلیل مزایای قابل توجه آن نسبت به انواع دیگر، گسترش یافته و این روند رو به فزونی است. در سیستم حمل‌ونقل شهری مترو، ایستگاه‌های متروی زیرزمینی، به‌عنوان یکی از اجزای اصلی این سیستم و پیونددهنده فضای زیر زمین و روی زمین این ناوگان حمل‌ونقل عمومی به شمار می‌آید. این جزء مهم به‌عنوان فضاهای عمومی در محیط شهری به دلایل مختلف و ازجمله تجمیع مسافران در آن از اهمیت و حساسیت بالایی برخوردار و همواره در معرض مخاطرات و تهدیداتی بوده که سوابق رخداد و خساراتهای سنگین ناشی از انواع آن‌ها (طبیعی و انسان‌ساخت)، مؤید این مطلب است. کاربری‌های چندگانه ایستگاه‌های مترو نیز، چه در زمان صلح و چه در زمان بحران باعث افزایش درجه اهمیت کارکردی آن گردیده است. از سوی دیگر، پدافند غیرعامل به‌عنوان یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در مقابل تهدیدات شناخته‌شده است و بدون شک هر اندازه اقدامات عمرانی صورت گرفته در مراحل طراحی، ساخت و بهره با اهداف پدافند غیرعامل همسو باشد، از میزان آسیب‌پذیری‌ها در برابر تهدیدات کاسته و افزایش پایداری را به‌دنبال خواهد داشت [۱].

یکی از اقدامات اساسی و عمده پدافند غیرعامل، انتخاب محل مناسب می‌باشد. مکان‌یابی فرایند پیچیده‌ای است که از طریق آن می‌توان براساس طیف وسیعی از شرایط تعیین‌شده و با توجه به منابع و امکانات موجود، بهترین محل مورد نظر را به‌منظور کاربرد خاصی تعیین کرد. مکان‌یابی در واقع تجزیه و تحلیلی توأمان اطلاعات فضایی و داده‌های توصیفی به‌منظور یافتن یک یا چند موقعیت با ویژگی‌های تعیین شده مورد نظر کاربر می‌باشد [۲].

براساس شواهد موجود و برابر بررسی‌های به‌عمل آمده در هر مکانی که ایستگاه‌های مترو به نحو مطلوب مکان‌یابی گردیده و بهره‌برداری مناسب گردند، موجب حفظ جان افراد و تجهیزات شده و این مهم نقش به‌سزایی در موفقیت در بحران‌های انسان‌ساخت (چه از لحاظ سرمایه انسانی و مادی و چه از لحاظ عملیات جنگ روانی) ایفاء نموده است و در صورت عدم مکان‌یابی صحیح در زمان بحران، موجب گسترش بحران و افزایش هزینه و خسارت های وارده می‌شود. در این تحقیق به شناسایی و ارزش‌گذاری معیارها و شاخص‌های مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو شهری براساس ملاحظات پدافند غیرعامل پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش، ابتدا روش‌شناسی تحقیق و سپس شاخص‌های موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو ارائه می‌شود. در ادامه، منطقه مورد مطالعه معرفی می شود و در انتها شاخص‌های موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو تشریح می‌گردند.

۲-۱- روش‌شناسی تحقیق

مکان‌یابی فرآیند پیچیده‌ای است که از طریق آن می‌توان براساس طیف وسیعی از شرایط تعیین‌شده و با توجه به منابع و امکانات موجود، بهترین محل مورد نظر را به‌منظور کاربرد خاصی تعیین کرد. مکان‌یابی در واقع تجزیه و تحلیلی توأمان اطلاعات فضایی و داده‌های توصیفی به‌منظور یافتن یک یا چند موقعیت با ویژگی‌های تعیین‌شده مورد نظر کاربر می‌باشد[۱]. همانند پژوهش‌های مشابه، فرآیند مکان-یابی ایستگاه‌های مترو از چهار مرحله تشکیل یافته است. گام نخست در فرآیند مکان‌یابی شناسایی عوامل و معیارهای موثر بر مکان‌یابی است. اصولاً عوامل و معیارهای موثر در مکان‌یابی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، اخذ نظر خبرگان وکارشناسان زیربط انجام می‌گیرد. در پژوهش حاضر، جامعه آماری مورد نظر ۳۵ نفر از کارشناسان و خبرگان در حوزه‌های مترو و پدافند غیرعامل می‌باشد و روش اخذ نظرات به صورت پرسشنامه‌ای می‌باشد. گام دوم در فرآیند مکان‌یابی

تعیین وزن یا ارزش نسبی عوامل و معیارها است. تاکنون روش‌ها و مدل‌های مختلفی برای وزن‌دهی پارامترها و عوامل تاثیرگذار بر مکان‌یابی ارائه گردیده است؛ اما در این خصوص، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1])، با توجه به ماهیت ساده و جامعی که دارد روش مناسب و متداولی می‌باشد[۳]. AHP براساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده‌شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. این روش، یک ابزار تصمیم‌سازی است که اجازه می‌دهد معیارهای کمی و کیفی، مالی و غیرمالی مطرح و تبادل میان آن‌ها صورت پذیرد. در این پژوهش از نرم‌افزار Expert Choice به منظور به‌کارگیری روش AHP استفاده شده است. گام بعدی درفرآیند مکان‌یابی، تهیه نقشه‌های مکانی متناسب با معیارها و عوامل موثر شناسایی شده می‌باشد. گام چهارم نیز پهنه‌بندی محدوده‌های مناسب مکان‌یابی از طریق روش‌های مرسومی نظیر همپوشانی وزن‌دار لایه‌های اطلاعات مکانی می‌باشد. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، یکی از ابزارهای مهم در تحلیل‌های مکانی برای حل مسئله مکان‌یابی می‌باشند. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار محبوب Arc GIS جهت تهیه نقشه‌های وزنی پارامترها و عوامل تأثیرگذار و نیز انجام تحلیل همپوشانی وزن‌دار نقشه‌ها استفاده شده است.

۲-۲- شاخص‌های موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو

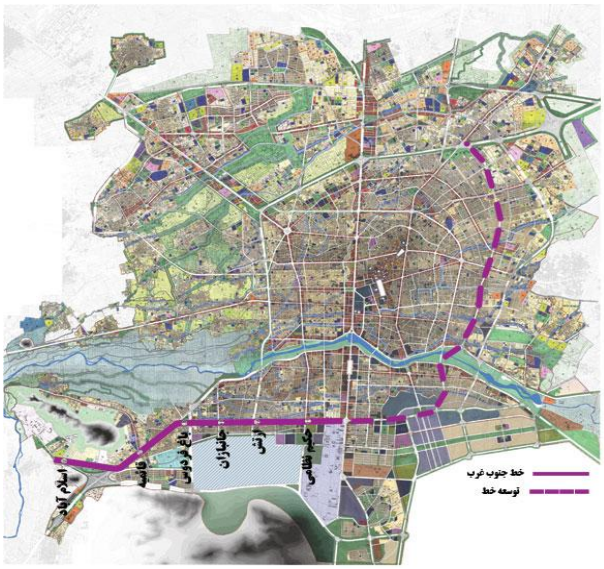
پس از بررسی منابع علمی در باب موضوع احداث و بهره‌برداری از ایستگاه‌های مترو با ملاحظات پدافند غیرعامل، ۲۱ شاخص به شرح جدول (۱) به‌عنوان شاخص‌های اولیه مکان‌یابی ایستگاه های مترو، شناسایی شدند.

۲-۳- منطقه مورد مطالعه

مسیر خط ۳ قطار شهری اصفهان مصوب جلسه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور می باشد. طول این مسیر حدود ۸/۸ کیلومتر از میدان آزادی شروع و با عبور از خیابان های دانشگاه، ارتش، بلوار کشاورز، کندور اتوبان ذوب آهن به بلوار شفق وارد شده و تا سه راهی عباسپور (شکل ۱) ادامه می‌یابد.

لازم به ذکر است با توجه به جانمایی ترمینال جنوب غرب در محل جدید در مجاورت کوه دنبه، ممکن است انتهای مسیر از این ترمینال نیز عبور نماید. این مسیر دارای شش یا هفت ایستگاه می‌باشد. مطالعات مرحله اول این خط در سال ۱۳۹۳ توسط مهندسین مشاور فربر آغاز گردیده است.

1- Analytical Hierachical Process



شکل (۱): مسیر خط ۳ مترو اصفهان [۴]

مطابق شکل (۲)، شهر اصفهان دارای ۱۵ منطقه می‌باشد (خوراسگان منطقه ۱۵ می باشد). در این پژوهش، ایستگاه‌های خط ۳ در منطقه ۱۳ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شکل (۲): نقشه مناطق اصفهان [۵]

۲-۴- شاخص‌های موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو

پس از بررسی منابع علمی مشخص گردید که شاخص‌های مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو با ملاحظات پدافند غیرعامل در چهار گروه (دسته کلی) قابل تفکیک هستند؛ که در ادامه به طور اجمال معرفی و تشریح می‌شوند.

الف) معیارهای جمعیتی

یکی از معیارهایی که نقش مستقیمی در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو ایفاء می‌نماید، جمعیت می‌باشد. جمعیت براساس تعاریف و مفاهیم ارائه‌شده به دو قسمت جمعیت ساکن و جمعیت پویا[1] دسته‌بندی می‌شود که با همین دسته‌بندی، زیر معیار "فاصله از مکان‌های پرتراکم جمعیتی" و "فاصله از مراکز جاذب جمعیت" را وارد محاسبات مکان‌یابی نموده است [۶].

ب) معیارهای کالبدی

در عرصه شهر، کاربری‌ها و عملکردهایی وجود دارد که خواه ناخواه در مکان‌یابی و استقرار ایستگاه‌های مترو تأثیرگذار هستند که از آن‌ها به‌عنوان معیارهای کالبدی نام برده می‌شود. درصورتی‌که به این کاربری‌ها و عملکردها اهمیت داده نشود، در هنگام بهره‌برداری مشکلاتی همچون عدم پوشش مناسب جمعیت مناطق آسیب‌پذیر، کاهش ضریب ایمنی، تداخل با سایر کاربری‌ها، عدم پیش‌بینی استمرار فعالیت در زمان بحران و در نهایت، عدم کارایی لازم را به دنبال دارد.

برمبنای شاخص کالبدی، زیر معیارهایی همچون: ۱- فاصله از مراکز صنعتی و محصولات خطرساز و ۲- فاصله از مناطق آسیب‌پذیر (بافت‌های فرسوده) شناسایی گردیده‌اند.

ج)معیارهای طبیعی و محیطی

همان‌طور که از ظاهر نام ایستگاه‌های مترو شهری پیداست، احداث ایستگاه‌های مترو شهری، در محیط شهری انجام می‌گیرد. همچنین، ایستگاه در ماهیت ذاتی خود بایستی یک فضای امن برای افراد و تجهیزات را به‌وجود آورد. لذا احداث ایستگاه در تقابل و تعامل با محیط پیرامونی طبیعی و انسان‌ساخت دارد که درصورت عدم برنامه‌ریزی مناسب در هنگام مکان‌یابی و احداث ایستگاه می‌تواند به شدت از کارایی ایستگاه کاسته و یا غیرقابل استفاده سازد. ازجمله عوامل تأثیرگذار طبیعی و خطوط انرژی و ارتباطی، معابر شهری و خطوط راه‌آهن و تأسیسات وابسته ازجمله عوامل تأثیرگذار انسان ساخت بر مکان‌یابی ایستگاه مترو شهری می‌باشند.

د)معیارهای عملکردی

هریک از کاربری‌های شهری دارای عملکردی هستند که در زمان صلح، دارای نقش و ویژگی‌های خاص خود می‌باشند اما در زمان وقوع بحران، بعضی از آن‌ها، در نظر عامل تهدیدکننده دارای اهمیت شده و در اصطلاح موقعیتی استراتژیکی و کلیدی به خود می‌گیرد که با ضربه‌زدن و نابودی آن، کشور دچار مشکلات اساسی خواهد گردید. به همین دلیل، احداث ایستگاه مترو در فاصله‌ای مناسب از عملکردهای مورد هدف دشمن مکان‌یابی شده تا بتواند از ایمنی قابل قبولی برخوردار باشد و همچنین در فاصله‌ای مناسب بتواند جمعیت اطراف این عملکردها را در برابر انفجار ناشی از حملات موشکی و بمباران هوایی، پناه دهد.

بعضی دیگر کاربری‌های شهری نیز در هنگام وقوع بحران، فاقد ارزش حمله بوده و می‌توان از آن‌ها برای پشتیبان برای ایستگاه مترو شهری استفاده نمود. چرا که به‌دلیل شرایط نامعلوم شهر در وضعیت بحران، بایستی از کاربری‌های مختلفی برای اخذ خدمات سکونتی و پشتیبانی جمعیت ساکن در ایستگاه و تجهیزات آن کمک گرفت.

۳- نتایج تجربی و بحث

در این بخش، ابتدا شاخص‌های اصلی موثر شناسایی‌شده در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو معرفی و سپس‌وزن نسبی آنها ارائه می‌شوند. در ادامه، نقشه‌های معیارها و زیرمعیارها در منطقه مورد مطالعه به تفکیک ارائه خواهد شد و در پایان، نقشه هم‌پوشانی وزن‌دار نهایی ارائه و تجزیه و تحلیل می‌شود.

۳-۱- شاخص‌های اصلی موثر شناسایی‌شده در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو

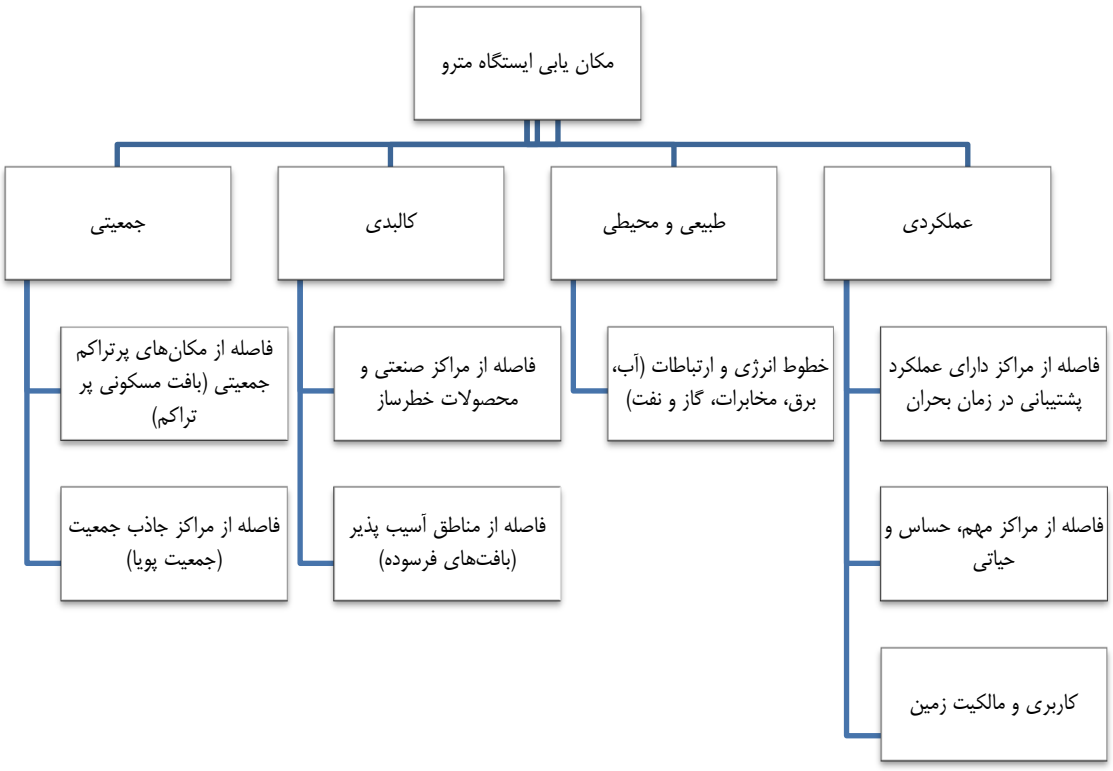
جهت شناسایی شاخص‌های اصلی موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو براساس چهار گروه معیارها، ۲۱ شاخص به‌عنوان شاخص اولیه مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو براساس نظرات ۳۵ نفر کارشناسان و صاحب‌نظران در حوزه پدافند غیرعامل و مترو که از طریق پرسشنامه اخذ شدند، اولویت‌بندی شدند و ۱۲ شاخص با میانگین شاخص وزنی بالاتر از ۶، (که در تحقیقات مشابه متداول است) مورد قبول قرار گرفتند. ضریب ناسازگاری[2] نظرسنجی انجام‌شده، عدد ۰/۰۳ به‌دست آمده که موید این است که ناسازگاری در قضاوت‌های صورت گرفته بسیار کم و دقت نظرسنجی بالا بوده است.

شکل (۳)، فرایند مکان‌یابی ایستگاه مترو را در این پژوهش نشان می‌دهد.

۱- در نقطه مقابل جمعیت ساکن، به جمعیت عابر در منطقه (اعم از ساکن همان منطقه و یا رهگذر از سایر مناطق شهر) که در حال تردد بوده و به پناهگاه خصوصی و یا نیمه خصوصی دسترسی ندارند، اطلاق می گردد.

جدول (۱): شاخص‌های اولیه مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو

ردیف	معیار و شاخص‌ها	توضیح	وزن نسبی
۱	فاصله از آثار باستانی و میراث فرهنگی- مذهبی	• جهت حفظ آثار تاریخی و فرهنگی	۱/۳۶
۲	فاصله از محل نگهداری مواد شیمیایی و خطرناک، صنایع خطرساز و مراکز آلاینده	• منظور مراکزی همچون مراکز صنعتی، تولیدی، جایگاه‌های عرضه سوخت (بنزین و گاز CNG,LPG) مراکز تصفیه‌خانه آب و ...	۷/۳۶
۳	فاصله از مراکز حیاتی حساس و مهم	• مراکز دارای طبقه‌بندی از نظر پدافند غیرعامل	۸/۶۳
۴	فاصله از مراکز نظامی	• مراکز نظامی سپاه، ارتش و نیروی انتظامی	۵/۵۴
۵	فاصله به فرودگاه‌ها و ایستگاه راه‌آهن	• فرودگاه و راه‌آهن	۵/۳۶
۶	فاصله از مراکز تصمیم‌گیری اداری- سیاسی	• مراکز اداری و سیاسی دارای طبقه‌بندی پدافند غیرعامل	۵/۶۳
۷	قیمت زمین و هزینه آماده‌سازی زمین	• جهت کاهش هزینه‌ها	۲/۷۷
۸	کاربری و مالکیت زمین	• تعیین نوع کاربری	۷/۴۵
۹	آب‌های زیرزمینی (قنات، چشمه، چاه، آب‌های زیرسطحی)	• جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی • افزایش ضریب ایمنی و استحکام بنا در مقابل نشست زمین در اثر ریزش دیواره قنات‌ها و چاه‌های آب	۰/۸۱
۱۰	مسیل، رودخانه، آب‌های سطحی و کانال فاضلاب	• جهت جلوگیری از نفوذ آب یا آب‌گرفتگی در مترو	۰/۸۱
۱۱	گسل‌ها	• تهدیدات احتمالی زلزله	۴/۸۱
۱۲	خطوط انرژی و ارتباطات (آب، برق، مخابرات، گاز و نفت)	• جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ضریب ایمنی	۶/۱۸
۱۳	حریم معابر شهری	• جهت رعایت حریم‌های بزرگراه و خطوط راه‌آهن سطحی در شهرها برای ساخت ایستگاه مترو	۰/۸۱
۱۴	فاصله از مناطق آسیب‌پذیر (بافت فرسوده شهری)	• نزدیکی مترو به بافت فرسوده شهر می‌تواند جان مردمی که در این مناطق زندگی می‌کنند و دارای پناهگاه در خانه خود نیستند را حفاظت نماید.	۸/۴۵
۱۵	فاصله از مراکز دارای عملکرد پشتیبانی در زمان بحران	• منظور مراکزی همچون مراکز امدادی، درمانی، آموزشی، ورزشی، گردشگری و جهانگردی، فرهنگی و خدماتی و ... جهت گرفتن پشتیبانی و حمایت‌های خدماتی و الزامات مورد نیاز جمعیت ساکن در ایستگاه‌های مترو	۸/۶۳
۱۶	رعایت شیب زمین	• جهت جلوگیری افزایش هزینه‌های شهرسازی در صورت شیب بالا • پیشگیری از احتمال پدیده روانگرایی خاک در شیب‌های تند • رفع دفع فاضلاب در شیب‌های نزدیک به صفر	۰/۸۱
۱۷	فاصله از مراکز جاذب شهری	• مراکز فعالیت، فضاهای عمومی شهر، پارک، بوستان، بازار، مراکز خرید، مراکز ورزشی، فرهنگی و هنری و ...	۶/۹
۱۸	فاصله از مکان‌های پرتراکم جمعیتی	• جهت پوشش‌دادن جمعیت ساکن در ناحیه‌های منطقه	۶/۹
۱۹	فاصله از ایستگاه‌های موجود مترو	• جهت توسعه شبکه زیرزمینی پناهگاه‌های شهری در آینده	۵/۶۳
۲۰	فاصله از ایستگاه BRT	• جهت اتصال به شبکه‌های حمل‌ونقل شهری	۳/۶۳
۲۱	میزان ترافیک	• جهت کاهش ترافیک منطقه	۴/۲



شکل (۳): فرایند مکان‌یابی ایستگاه مترو

در ادامه، ۱۲ شاخص اصلی موثر معرفی و طبقات ارزشی هریک در قالب زیرمعیارها تشریح می‌شوند:

❖ فاصله از مکان‌های پر تراکم

واضح است که استقرار ایستگاه مترو بایستی در مکانی صورت خواهد گرفت که از حیث جمعیتی دارای تراکم بیشتری باشد. جدول (۲) ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از مکان‌های پرتراکم جمعیتی را نشان می‌دهد.

جدول (۲): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از مکان‌های پر تراکم جمعیتی

ردیف	دسته‌بندی (میزان تراکم محله بر حسب نفر در هکتار)	ارزش	توصیف
۱	۶ -۰	۱	بسیار نامناسب
۲	۴۲-۷	۳	نامناسب
۳	۱۰۷-۴۳	۵	نسبتاً مناسب
۴	۱۳۳-۱۰۸	۷	مناسب
۵	۱۶۰-۱۳۴	۹	بسیار مناسب

❖ فاصله از مراکز جاذب جمعیت

در مناطق شهری، همواره مراکزی وجود دارند که محل تجمع ارادی و غیرارادی جمعیت کثیری از شهروندان شهر خواهند بود. پارک‌های عمومی، مراکز خرید، فروشگاه‌ها و بازارها، ورزشگاه‌های عمومی، مراکز گردشگری و سیاحتی، مراکز خدماتی و بسیاری از نقاط دیگر، مثال‌هایی از این نوع مراکز هستند که جذب‌کننده جمعیت شهری و منطقه‌ای و ناحیه‌ای می‌باشند. جدول (۳) ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از مراکز جاذب جمعیت را نشان می‌دهد.

جدول (۳): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از مراکز جاذب جمعیت

ردیف	دسته بندی (فاصله بر حسب متر)		ارزش	توصیف
۱	۱۷۷-۰		۹	بسیار مناسب
۲	۳۵۵-۱۷۷		۷	مناسب
۳	۵۳۲-۳۵۵		۵	نسبتاً مناسب
۴	۷۱۰-۵۳۲		۳	نامناسب
۵	۷۱۰ و بیشتر		۱	بسیار نامناسب

❖ فاصله از مراکز صنعتی و محصولات خطر ساز

مراکز صنعتی و تولیدی ازجمله مراکزی هستند که سازمان‌های مختلفی مانند حفاظت محیط زیست جهت حفظ زیستگاه‌های انسانی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کشور جهت حفظ سلامتی روحی و جسمی و سایر سازمان های ذی‌ربط، آیین‌نامه‌ها، مقررات و دستورالعمل‌های مختلفی را برای استقرار و فعالیت آن‌ها، وضع و به اجرا گذارده‌اند [۷]. همچنین مراکزی نظیر جایگاه‌های عرضه سوخت گاز و بنزین و مراکز تصفیه آب، نیز براساس دستورالعمل‌های ایمنی دارای حریم معینی از ابنیه و تاسیسات مجاور

خود می باشند [۸]. با عنایت به این‌که ایستگاه‌های مترو، یکی از کاربری‌هایی است که به صورت چندمنظوره در شهرها و آن هم برای زیست شهروندان در زمان بحران مکان‌گزینی و استقرار می‌یابد. از این‌رو، بایستی در فاصله‌ای مناسب و ایمن از مراکز صنعتی و تولیدی محصولات خطرساز قرار گرفته و احداث گردد. جداول (۵-۴) به ترتیب ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از جایگاه‌های عرضه سوخت بنزین و گاز و واحدهای صنعتی را نشان می‌دهد.

جدول (۴): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله ازجایگاه‌های عرضه سوخت بنزین و گاز

ردیف	دسته‌بندی (فاصله برحسب متر)	ارزش	توصیف
۱	۳-۰	۱	بسیار نامناسب
۲	۷-۳	۳	نامناسب
۳	۱۰-۷	۵	نسبتاً مناسب
۴	۱۰ و بیشتر	۷	بسیار مناسب

جدول (۵): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از واحدهای صنعتی

ردیف	دسته‌بندی (فاصله بر حسب متر)	ارزش	توصیف
۱	۲۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۲	۵۰۰-۲۰۰	۳	نامناسب
۳	۵۰۰ و بیشتر	۷	مناسب

❖فاصله از مناطق آسیب‌پذیر (بافت‌های فرسوده)

بافت‌های فرسوده که از آن به‌عنوان نقاط آسیب‌پذیر شهری در بحران‌ها یاد می‌شود، در زمان وقوع بحران به‌دلیل ماهیت قدیمی خود، دارای آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر بافت‌های دیگر بوده و درنتیجه میزان تلفات انسانی و خسارات مالی و ساختمانی بیشتری در آن متصور خواهد بود. از این‌رو، بایستی در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو با کاربرد دوگانه برای حفظ جان شهروندان این عرصه‌ها، نزدیکی به آن با توجه به میزان فرسودگی و آسیب‌پذیری مدنظر قرار گیرد [۶]. جدول (۶) ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از بافت‌های فرسوده را نشان می‌دهد.

جدول (۶): ارزش‌گذاری زیر معیارفاصله ازبافت‌های فرسوده

۱	۱۷۷-۰	۹	بسیار مناسب
۲	۳۵۵-۱۷۷	۷	مناسب
۳	۵۳۲-۳۵۵	۵	نسبتاً مناسب
۴	۷۱۰-۵۳۲	۳	نامناسب
۵	۷۱۰ و بیشتر	۱	بسیار نامناسب

❖فاصله از خطوط انرژی و ارتباطات (آب، برق، گاز، نفت، مخابرات)

منظور از خطوط انرژی، خطوط آب و برق و لوله‌های انتقال گاز و نفت می‌باشد و خطوط ارتباطاتی خطوط مخابراتی اعم از کابل‌های مسی و فیبر نوری است. خطوط انرژی و ارتباطات که به‌عنوان تاسیسات زیربنایی شهرها شناخته می‌شوند [۹]. دارای حریم ایمنی هستند که هرگونه ساخت و ساز و ایجاد ابنیه و تاسیسات دیگر که با عملکرد آن تداخل دارد، موجب کاهش ضریب ایمنی آن خواهد شد. ایستگاه‌های مترو شهری که به‌عنوان یکی از کاربری‌های شهری بوده و از لحاظ ایمنی بایستی در سطح قابل قبولی باشد، نیز می‌باید در فاصله‌ای مناسب از حریم خطوط مذکور، مکان‌یابی و احداث گردد [۱۰]. جداول (۹-۷) به ترتیب ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از خطوط لوله آب‌رسانی براساس آیین‌نامه حریم تأسیسات آبی [۱۰]، انتقال و توزیع نیروی برق و خطوط انتقال گاز را نشان می‌دهد.

جدول (۷): میزان حریم خطوط لوله آب‌رسانی [۱۰]

ردیف	قطر لوله (میلی‌متر)	میزان حریم لوله آب‌رسانی بر حسب متر از هر طرف نسبت به محور لوله
۱	کمتر از ۵۰۰	۳
۲	۸۰۰ – ۵۰۰	۴
۳	۱۲۰۰ – ۸۰۰	۵
۴	۱۲۰۰ به بالا	۶

جدول (۸): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از خطوط انتقال و توزیع برق

ردیف	دسته‌بندی (فاصله بر حسب متر)	ارزش	توصیف
۱	۲۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۲	۵۰-۲۰	۳	نامناسب
۳	۷۰-۵۰	۵	مناسب
۴	۵۷ و بیشتر	۷	بسیار مناسب

جدول (۹): میزان حریم خطوط انتقال گاز [۱۱]

قطر خارجی لوله (اینچ)	میزان حریم خطوط لوله بر حسب متر			
	نوع ساختمانی الف ضریب طراحی ۷	نوع ساختمانی ب ضریب طراحی ۶	نوع ساختمانی ج ضریب طراحی ۵	نوع ساختمانی د ضریب طراحی ۴
۴۸ الی ۵۶	۱۸۰	۱۶۰	۱۰۰	۳۰
۴۰ الی ۴۶	۱۴۰	۱۲۰	۹۰	۳۰
۳۲ الی ۳۸	۱۱۰	۹۰	۷۰	۳۰
۲۴ الی ۳۰	۸۰	۷۰	۶۰	۲۵
۱۸ الی ۲۲	۶۰	۵۵	۵۰	۲۵
۱۲ الی ۱۶	۵۰	۴۰	۴۰	۲۵
۶ الی ۱۰	۳۵	۳۰	۳۰	۱۵
۴ و پایین‌تر	۲۰	۲۰	۱۰	۱۰

❖ فاصله از مراکز مورد هدف دشمن (فاصله از مراکز مهم،حساس و حیاتی)

با توجه به تمرکز دشمن بر روی عملکردهای استراتژیک حیاتی، حساس و مهم، استقرار ایستگاه‌های مترو با کاربرد دومنظوره در مناطق شهری، بایستی در فاصله ایمن از مراکز مذکور جهت پایداری در مقابل آثار حملات دشمن درنظر گرفته شود. همچنین، هدف اصلی از استقرار ایستگاه با کاربرد دومنظوره پناهگاه، پناه‌دادن به افراد در محدوده مراکزی است که قطعاً مورد حمله واقع می‌گردند. جدول (۱۰) ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از عملکردهای استراتژیک مورد هدف دشمن را نشان می‌دهد.

جدول (۱۰): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از عملکردهای استراتژیک مورد هدف دشمن

ردیف	دسته‌بندی (فاصله برحسب متر)	ارزش	توصیف
۱	۵۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۲	۱۰۰-۵۰	۳	نامناسب
۳	۱۵۰-۱۰۰	۵	نسبتاً مناسب
۴	۲۰۰-۱۵۰	۷	مناسب
۵	۲۰۰ و بیشتر	۹	بسیار مناسب

❖ فاصله از مراکز دارای عملکرد پشتیبانی در زمان بحران

عملکرد های پشتیبانی در زمان بحران، کاربری‌هایی هستند که به دلیل ماهیت غیر استراتژیکی خود، تا حد زیادی در امان خواهند بود و مورد حمله و اصابت مستقیم قرار نمی‌گیرند. این عملکردها الزامات مورد نیاز جمعیت ساکن در ایستگاه‌های مترو را می‌توانند فراهم آورند. ازجمله این کاربری‌ها می‌توان به مراکز امدادی، مراکز درمانی، مراکز آموزشی، اماکن ورزشی، مراکز فرهنگی، مراکز گردشگری، جهانگردی، پذیرایی اشاره نمود [۱۲]. جداول (۱۳-۱۱) به ترتیب ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، بیمارستان‌ها، درمانگاه و مراکز بهداشتی را نشان می‌دهند.

جدول (۱۱): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی

ردیف	دسته‌بندی (فاصله برحسب متر)	ارزش	توصیف ارزش
۱	۱۰۰۰-۰	۹	بسیار مناسب
۲	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۷	مناسب
۳	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۵	نسبتاً مناسب
۴	۴۰۰۰-۳۰۰۰	۳	نامناسب
۵	۴۰۰۰ و بیشتر	۱	بسیار نامناسب

جدول (۱۲): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از بیمارستان‌ها

ردیف	دسته‌بندی (فاصله برحسب متر)	ارزش	توصیف ارزش
۱	۵۰۰-۰	۹	بسیار مناسب
۲	۱۰۰۰-۵۰۰	۷	مناسب
۳	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۵	نسبتاً مناسب
۴	۲۰۰۰-۱۵۰۰	۳	نامناسب
۵	۲۰۰۰ و بیشتر	۱	بسیار نامناسب

جدول (۱۳): ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از درمانگاه و مراکز بهداشتی

ردیف	دسته‌بندی (فاصله برحسب متر)	ارزش	توصیف ارزش
۱	۲۵۰-۰	۹	بسیار مناسب
۲	۵۰۰-۲۵۰	۷	مناسب
۳	۷۵۰-۵۰۰	۵	نسبتاً مناسب
۴	۱۰۰۰-۷۵۰	۳	نامناسب
۵	۱۰۰۰ و بیشتر	۱	بسیار نامناسب

❖ کاربری و مالکیت زمین

این عامل درخصوص تهیه زمین و انجام فعالیت‌های توسعه در آینده امری ضروری می‌باشد. جدول (۱۴) ارزش‌گذاری زیرمعیار فاصله از کاربری و مالکیت زمین را نشان می‌دهد.

جدول (۱۴): ارزش‌گذاری زیرمعیار کاربری و مالکیت زمین

ردیف	نوع کاربری و مالکیت زمین	ارزش	توصیف
۱	فضای سبز	۷	بسیار مناسب
۲	شهرداری و دولتی	۵	مناسب
۳	بخش خصوصی	۳	نامناسب
۴	آثار باستانی و نیروهای مسلح	۱	بسیار نامناسب

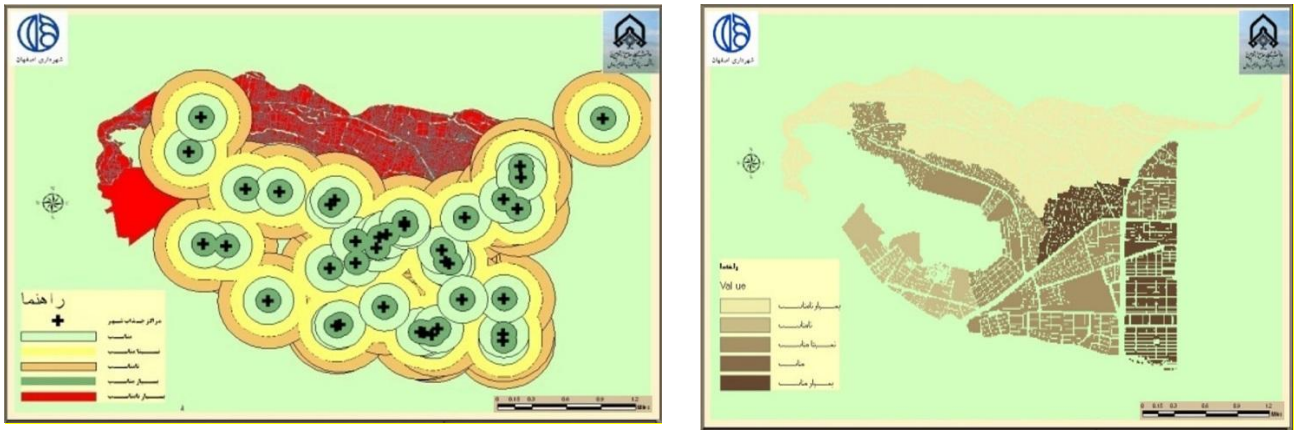
۳-۲- وزن نسبی معیارها

در جدول (۱۵) وزن نسبی معیارها که براساس نظرات تیمی از متخصصین حوزه‌های آب و فاضلاب، پدافند غیرعامل و به‌کارگیری روش AHP تعیین شده‌اند، نشان داده می‌شود. شایان ذکر است که در روش AHP، ابتدا معیارهایی که در اولویت‌بندی گزینه‌ها یا عواملی که بر میزان ارزش واقعی جزء اثرگذارند، مشخص می‌شود. سپس، هریک از آن‌ها نسبت به هم مقایسه می‌شوند و با تشکیل ماتریس‌های مربوطه و با استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی، نسبت به هم اولویت‌بندی می‌شوند. با توجه به جدول (۱۵)، بیشترین میزان ضریب

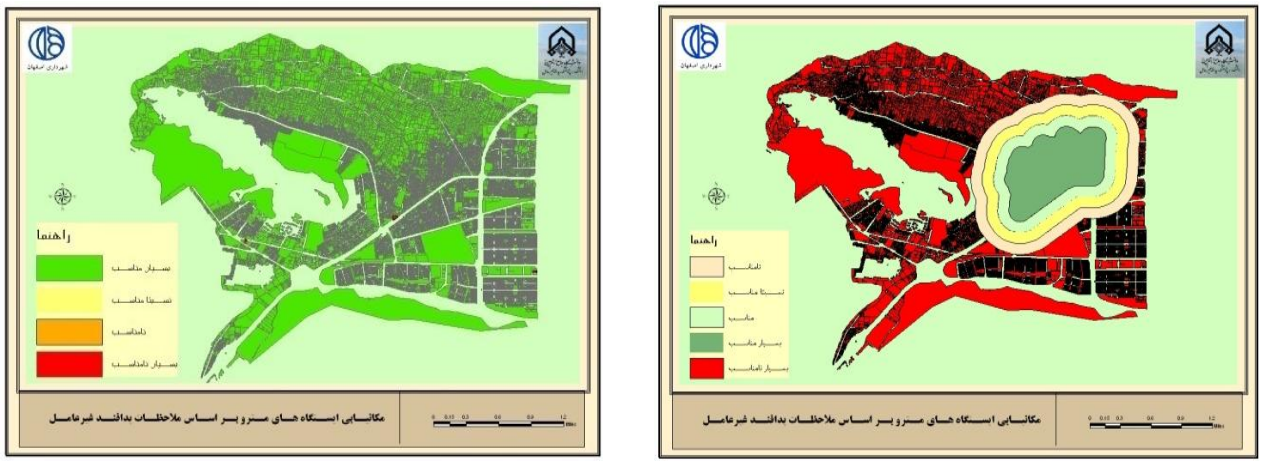
اهمیت به ترتیب به شاخص‌های فاصله از مراکز مورد هدف دشمن و فاصله از محل نگهداری مواد شیمیایی و خطرناک، صنایع خطرساز و مراکز آلاینده با مقادیر ۰/۳۰۶ و ۰/۲۴۴ و کمترین میزان ضریب اهمیت به ترتیب به شاخص‌های خطوط انرژی (آب، برق و گاز) و کاربری و مالکیت زمین با مقادیر ۰/۰۴۵ و ۰/۰۳۴ اختصاص یافته است. به منظور درک بهتر از میزان اهمیت شاخص ها، اولویت‌بندی معیارها به شرح جدول (۱۵) نشان داده شده است.

جدول (۱۵): اولویت‌بندی ضریب اهمیت معیارها براساس نتایج به‌دست‌آمده از ماتریس AHP

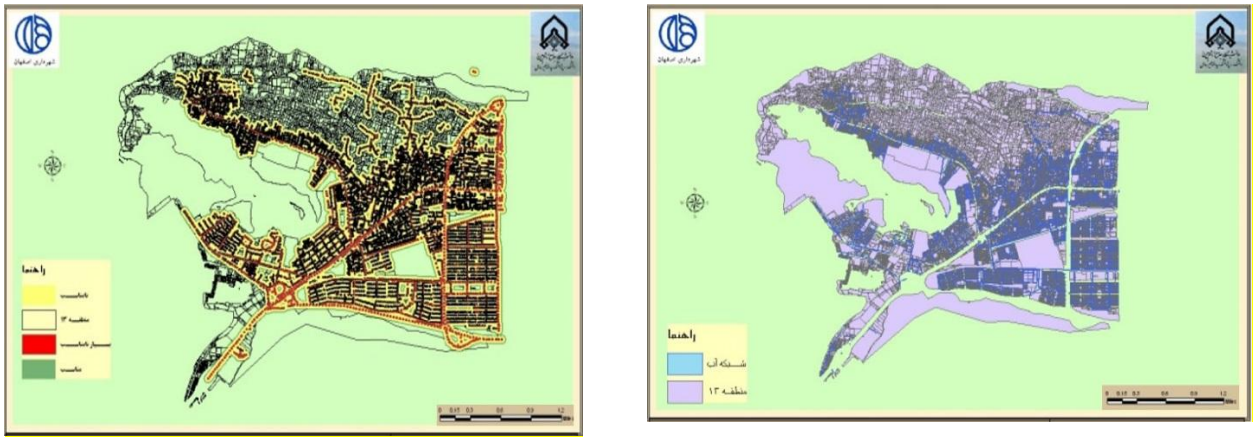
اولویت	شرح شاخص	ضریب اهمیت	اولویت	شرح شاخص	ضریب اهمیت
۱	فاصله از مراکز حیاتی حساس و مهم	۰/۳۰۶	۵	فاصله از مراکز دارای عملکرد پشتیبانی در زمان بحران	۰/۰۷۳
۲	فاصله از محل نگهداری مواد شیمیایی و خطرناک، صنایع خطر ساز و مراکز آلاینده	۰/۲۴۴	۶	فاصله از مناطق آسیب‌پذیر (بافت فرسوده شهری)	۰/۰۶۸
۳	فاصله از مکان‌های پرتراکم جمعیتی	۰/۱۲۸	۷	خطوط انرژی (آب، برق و گاز)	۰/۰۴۵
۴	فاصله از مراکز جاذب شهری	۰/۱۰۲	۸	کاربری و مالکیت زمین	۰/۰۳۴



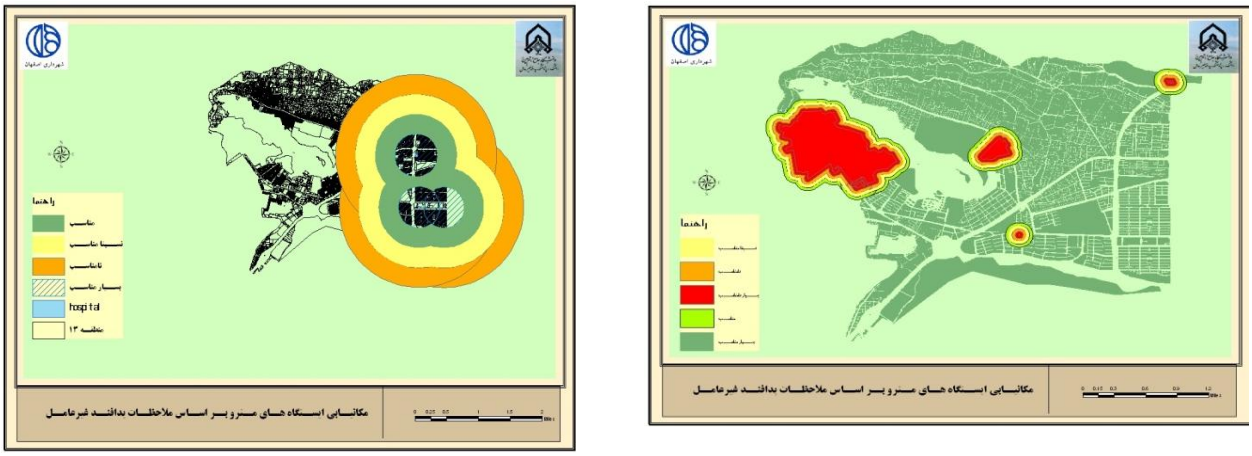
شکل (۴): فاصله از مراکز جاذب جمعیت- مناطق پر تراکم جمعیتی



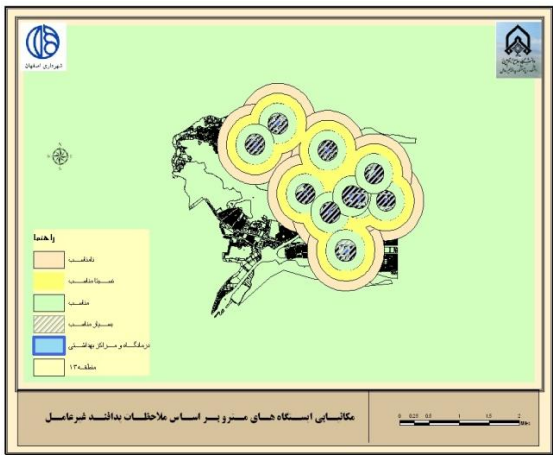
شکل (۵): فاصله از مناطق بافت فرسوده- جایگاه‌های عرضه سوخت بنزین و گاز



شکل (۶): فاصله ازخطوط آب و برق



شکل (۷): کاربری و مالکیت زمین

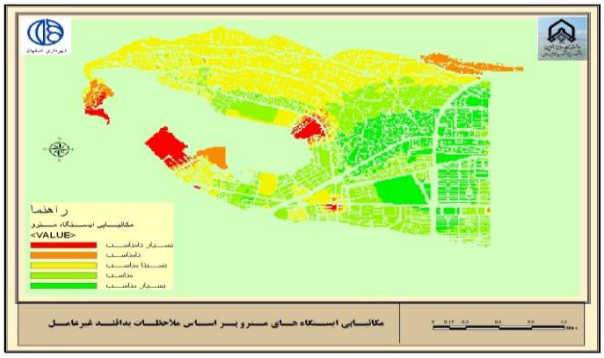


شکل (۸): فاصله ازمراکز امدای و پشتیبانی مدیریت بحران

۳-۴- هم‌پوشانی وزن‌دار نقشه‌ها

پس از به‌دست‌آمدن ضریب اهمیت معیارها و ایجاد لایه‌های اطلاعات مکانی پایه براساس کل معیارها، در مرحله بعد اعمال ضرایب هم پوشانی شاخص‌ها و ترکیب ۸ لایه شبکه‌ای و دستیابی به یک نقشه شبکه‌ای پایه به تفکیک مکان‌های مناسب و بسیار مناسب برای ایجاد ایستگاه‌های مترو با استفاده از نرم افزار ArcGIS اقدام گردید که

نتیجه آن در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل (۹): هم‌پوشانی معیارها و مکان‌یابی ایستگاه مترو شهری

همان‌گونه که در مطالب قبل ذکر گردید، یکی از فلسفه‌های احداث مترو در مناطق شهری، به عنوان نجات جان و پناه‌دادن افراد، به‌خصوص مناطق آسیب‌پذیر (بافت فرسوده) می‌باشد و با توجه به این‌که ایستگاه مترو در مسیر خیابان‌های اصلی می‌باشد، براساس شکل (۹)، بهترین مکان‌ها برای ساخت ایستگاه مترو در بلوار کشاورز می‌باشد که دلیل اصلی امتیاز بالا نزدیکی به بافت فرسوده منطقه ۱۳ می‌باشد. با توجه به این‌که اماکن متعلق به نیروهای مسلح و آثار باستانی و همچنین شعاع ایجاد خطر برای افراد و جمعیت پویا نزدیک اماکن دارای طبقه‌بندی (که احتمال حمله به آن‌ها وجود دارد) موجب گردیده است که مناطق نزدیک به نیروگاه، پایگاه‌های نظامی و ایستگاه تقلیل فشار جزء مناطق بسیار نامناسب است.

۴- نتیجه‌گیری

در سیستم حمل‌ونقل شهری مترو، ایستگاه‌های متروی زیرزمینی، به‌عنوان یکی از اجزای اصلی این سیستم و پیونددهنده فضای زیرزمین و روی زمین این ناوگان حمل‌ونقل عمومی به شمار می‌آید. بدون شک هر اندازه اقدامات عمرانی صورت‌گرفته در مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری با اهداف پدافند غیرعامل همسو باشد، از میزان آسیب‌پذیری‌ها در برابر تهدیدات کاسته و افزایش پایداری را به‌دنبال خواهد داشت. یکی از اقدامات اساسی و عمده پدافند غیرعامل، انتخاب محل مناسب می‌باشد. براساس شواهد موجود و برابر بررسی‌های به‌عمل‌آمده در هر مکانی که ایستگاه‌های مترو به نحو مطلوب مکان‌یابی گردیده و بهره‌برداری مناسب گردند، موجب حفظ جان افراد و تجهیزات شده و این مهم نقش به‌سزایی در موفقیت در بحران‌های انسان‌ساخت (چه از لحاظ سرمایه انسانی و مادی، چه از لحاظ عملیات جنگ روانی) ایفاء نموده است. درصورت عدم مکان‌یابی صحیح در زمان بحران، موجب گسترش بحران و افزایش هزینه و خسارت‌های وارده می‌شود. همان‌گونه که در تحقیق مشاهده گردید، براساس بررسی منابع علمی و نتایج به‌دست‌آمده از نظرسنجی، ۸ شاخص با عنوان معیارهای موثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو، شناسایی گردیدند که پس از انجام محاسبات ریاضی نتایج نظرسنجی، بیشترین میزان ضریب اهمیت به معیار "فاصله از مراکز حیاتی حساس و مهم" تعلق گرفت که این موضوع نشان از انطباق با واقعیت و از قبل قابل پیش‌بینی بود. ذکر این نکته حائز اهمیت است که به‌کارگیری روش‌های علمی همچون ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاری نظیر AHP، می‌تواند در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو، نقش موثری داشته باشد و این امکان را به تصمیم‌گیر بدهد تا با مقایسه و ارزیابی مکان‌های مختلف، بهترین گزینه‌ها را با توجه به معیارهای مختلف انتخاب نماید. از ویژگی‌های روش به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق، قابلیت تعمیم آن به سایر شهرهای کشور است، به این ترتیب که در تعیین معیارها بایستی با توجه به ویژگی‌ها و مشخصات همان شهر مورد مطالعه، انجام پذیرد. معیارهای شناسایی شده در این مقاله، به عنوان معیارهای غالب در محدوده شهرها بر مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو تاثیر می‌گذارد و ممکن است که با تغییر ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه، معیارهای یادشده اضافه یا کم شده و در چرخه فرآیند وارد می‌شوند و این یعنی روش‌هایی مثل AHP بسیار انعطاف‌پذیر هستند.

۵- مراجع

۱. غضنفری، مصطفی، آسیب شناسی ایستگاه‌های مترو در برابر تهدیدات انسان ساخت و ارایه راه‌کارهای کاهش آسیب‌پذیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۲.

۲. شمسایی زفرقندی، فتح الله، مقدمه‌ای بر آمایش و مکان‌یابی، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین علیه السلام، ص. ۲۰۷، ۱۳۹۱.

۳. قدسی پور، سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص. ۶، ۱۳۹۱.

۴. سازمان قطار شهری اصفهان و حومه، عنوان معرفی خطوط شبکه سه مترو اصفهان، مجله شبکه مترو اصفهان، ۱۳۹۴.

۵. شهرداری اصفهان، خدمات الکترونیکی شهرداری اصفهان، www.isfahan.ir،۱۳۹۶

۶. روستایی، سعید، بهبود فرایند مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام حسین (ع)، ۱۳۹۲.

۷. معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، ضوابط و معیارهای استقرار صنایع، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست کشور، ص. ۲۵، ۱۳۸۰.

۸. معاونت حفاظت و پیشگیری سازمان آتش‌نشانی، ضوابط و دستورالعمل‌های سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی در مورد ایمنی ساختمان‌های یزد، انتشارات سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری یزد، ص. ۷، ۱۳۹۰.
۹. پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو، استاندارد حریم خطوط هوایی- بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی، پژوهشگاه نیرو وزارت نیرو، ۱۳۸۲.
۱۰. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، آیین‌نامه حریم مخازن، تأسیسات آبی، کانال‌های عمومی آب‌رسانی، آبیاری و زه‌کشی، مجلس شورای اسلامی، ۱۳۷۱. http://rc.majlis.ir/fa/law/show114423/
۱۱. شرکت ملی نفت ایران، مقررات حریم خطوط لوله‌گازی ایران، http://igs.nigc.ir/stands/igs/c-sf-015.۱۳۹۳
۱۲. حبیبی، محسن. سرانه کاربری‌های شهری. انتشارات سازمان ملی زمین و مسکن، ۱۳۷۸.

Site Selection of Urban Subway Stations with Passive Defense Principles (A Case Study: Zone 13 of Isfahan City)

P. Mousavi Mobarake, S. Khazaei*

Abstract

Underground metro stations in the metro transport system are considered as one of the main components linking the underground and ground spaces. This important component is always exposed to natural hazards and human-made threats for various reasons, especially the aggregation of passengers in it. The multiple uses of metro stations, both during peacetime and in times of crisis, have also increased the degree of their functional significance. Therefore, one of the basic measures of passive defense is the selection of suitable metro stations. In the present study, using library studies, field visits, and interviews with 35 experts, 21 criteria for site selection of metro stations have been identified and categorized. Then, using the Analytical Hierarchy Process (AHP), the relative weights of the identified indices is determined. The sample of this study is Metro station 3 in Isfahan zone 13. The ArcGIS system has been used to generate and analyze the overlay map of the spatial information layers related to the effective criteria. The results of this study indicate that the location of the stations determined according to the passive defense principles corresponds to the places determined by the technical viewpoint. Moreover, in this study, other routes for subway in zone 13 are proposed based on passive defense principles.

Key Words: *Site Selection, Metro Stations, Passive Defense, Analytical Hierarchy Process*

* Imam Hossein University (skhazai@ihu.ac.ir)- Writer-in-Charge