

تحلیل و ارزیابی مکانی تأسیسات شبکه آبرسانی شهری با رویکرد دفاع غیرعامل (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه آب منطقه ۲۲ تهران)

علی سعیدی^۱؛ مصطفی خیراندیش^۲؛ افشین جلالی فراهانی^۳

۱- دانشیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

واژگان کلیدی	چکیده
پدافند غیرعامل، مکان‌یابی، شبکه آبرسانی، تصفیه‌خانه	به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل در سطوح مختلف برنامه‌ریزی شهری، راهکاری به‌منظور کاهش خطرپذیری در برابر خطرات احتمالی می‌باشد که متأسفانه به آن توجه چندانی نشده است. در این تحقیق قسمت‌هایی از منطقه ۲۲ شهر تهران جهت احداث تصفیه‌خانه مد نظر قرار گرفت که پس از بررسی وضع موجود در این منطقه و همچنین بررسی مدل‌های مکان‌یابی، به تلفیق و ترکیب داده‌ها پرداخته شد و در نهایت نقشه مناسب زمین برای احداث تصفیه‌خانه در پنج پهنه بهینه به دست آمد و مکان‌ها در پنج دسته وزن‌دهی طبقه‌بندی شدند. پس از بررسی نهایی، از میان شاخص‌های موجود در مکان‌یابی، شیب و کاربری اراضی از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. در مرحله نهایی قسمت‌هایی از شهر که با اولویت بسیار مناسب قرار داشتند، به‌عنوان مناسب‌ترین مکان برای احداث تصفیه‌خانه (عمدتاً شمال، غرب، بخش‌هایی مرکز و جنوب) تشخیص داده شد.

برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهری در کشور نیست، بلکه لازم است با استخراج اصول معماری و شهرسازی منطبق بر رویکرد پدافند غیرعامل برای وضع موجود چاره‌ای اندیشیده شود. تأسیسات آبرسانی شهری یکی از شریان‌های حیاتی کشور است که در معرض تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت قرار دارد. تهدیداتی مانند سیل، زلزله، طوفان‌های شدید، تهاجمات نظامی، حملات تروریستی و بیوتروریستی و... که به درجات مختلف، تلفات مالی و جانی را در پی خواهد داشت. بایستی اهمیت آب در شرایط بحران درک شده و برای حفاظت از آن برنامه‌ریزی استراتژیک صورت گیرد.

۱- مقدمه
ضرورت مکان‌یابی تأسیسات شهری در همه ادوار تاریخ مهم بوده است. به‌خصوص در عصر ما این ضرورت مهم‌تر می‌نماید. با کمی بررسی متوجه می‌شویم که متأسفانه اغلب شهرهای کشور بدون توجه به اصول پدافند غیرعامل طراحی و برنامه‌ریزی شده‌اند، از سوی دیگر وجود طیف وسیع تهدیدات نظامی و وجود منابع پرارزش در کشور باعث گردیده تا توجه بیش از پیش معطوف رویکرد پدافند غیرعامل گردد، شایان ذکر است تخریب شهرها برای بازسازی آنها با رویکرد پدافند غیرعامل امری ناممکن است، اما این موضوع به‌منزله توقف و عدم به‌کارگیری این اصول در

مناسب، همواره به‌عنوان نخستین و مهم‌ترین گام در فرآیند پدافند غیرعامل مطرح بوده و مستلزم رعایت اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل می‌باشد، اذعان داشت تا بر اساس محدودیت‌ها و قابلیت‌های مورد نیاز طرح نسبت به انتخاب مکان مناسب اقدام شود. به اعتقاد ایشان، مکان‌یابی را می‌توان آغازی بنیادین در اقدام‌های اساسی پدافند غیرعامل منطبق با اهداف امنیتی کشور را مورد توجه قرار داد.

در سال ۱۳۸۸، سهامی در کتاب «آمایش و مکان‌یابی» معقول‌ترین و صلح‌آمیزترین روش دفاعی که باعث کاهش خسارات مالی به تأسیسات حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی شده را پدافند غیرعامل دانسته و از آنجا که یکی از مهم‌ترین اهداف آمریکا، کشور ایران می‌باشد، لزوم توجه به حفظ سرمایه‌های ملی در حوزه‌های مختلفی نظیر دفاع، صنعت، انرژی و... دو چندان می‌شود. لذا، آمایش دفاعی - امنیتی باید در جهت تحقق اهداف و مأموریت‌ها و راهبرد دفاع بوده و یکی از الزامات و مقتضیات امنیت و دفاع در آمایش سرزمین ایران، ایمن‌سازی و رعایت اصول مربوط به پدافند غیرعامل در بازسازی صنایع و نقاط راهبردی و تأسیسات مهم می‌باشد.

در سال ۱۳۹۲، علی حیدری در مقاله خود با موضوع بررسی مکان تصفیه‌خانه شهرک صنعتی بروجن از منظر پدافند غیرعامل بیان می‌کند که با توجه به اهمیت تأسیسات آبرسانی، گاهی در عملیات تخریبی و خرابکاری دشمن، این تأسیسات به‌عنوان مراکز استراتژیک مورد هدف قرار می‌گیرند که ممکن است منجر به آسیب جدی به جامعه و گاهی ایجاد بحران‌های امنیتی شود. برای مقابله با این موضوع، انجام مهندسی پدافند غیرعامل در تأسیسات آبی پیشنهاد شده است.

۲- مبانی نظری

۲-۱- پدافند غیرعامل

دفاع تدابیری است که برای مقاومت در مقابل حملات سیاسی، نظامی، اقتصادی، اجتماعی و روانی و یا فناوری توسط یک یا چند کشور مؤتلف اتخاذ می‌شود (FEMA426: 2003: 21). دفاع بر دو نوع است: عامل و غیرعامل. دفاع غیرعامل به‌گونه‌ای از دفاع بدون استفاده از

مهندسی پدافند غیرعامل، ضمن شناسایی و تحلیل تهدیدات، بررسی نوع سلاح مورد استفاده در حملات، میزان آسیب‌پذیری ناشی از انفجارات در فضای معماری ساختمان و زیرساخت‌های شهری را تجزیه و تحلیل کرده و راهکارهای ممکن برای جلوگیری یا کاهش آسیب‌پذیری را با به‌کارگیری اصول طراحی دفاعی و با سازمان‌دهی و ترکیب مناسب توده و فضا، تشریح می‌نماید (خیراندیش و فشارکی، ۱۳۹۳، ۲۱).

مصون‌سازی تصفیه‌خانه‌ها و کاهش آسیب‌پذیری آنها در برابر تهدیدات ضرورتی انکارناپذیر است. این مهم با لحاظ کردن پدافند غیرعامل و اصول و معیارهای آن عملی می‌شود. از این رو به دست آوردن شاخص‌های مکان‌یابی و تطبیق آن با شرایط موجود می‌تواند الزامات و اقداماتی که می‌بایست در مکان‌یابی و احداث تصفیه‌خانه مذکور رعایت نشده را نمایان و راهکارهای مناسب جهت مصون‌سازی تصفیه‌خانه را ارائه نماید.

سؤالات تحقیق:

- مکان‌یابی تأسیسات حیاتی و حساس آبرسانی شهری با رویکرد پدافند غیرعامل در کدام نقطه از منطقه ۲۲ شهر تهران مناسب است؟
 - شاخص‌ها و معیارهای مکان‌یابی تصفیه‌خانه‌ها جهت کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدات احتمالی چیست؟
- در ادامه به پیشینه تحقیق اشاره می‌شود:

در سال ۱۳۹۳، خیراندیش در کتاب اصول و معیارهای مهندسی دفاع غیرعامل در تأسیسات آبرسانی شهری به بررسی نقش و تبیین روش‌های مهندسی دفاع غیرعامل در تأسیسات آبرسانی شهری می‌پردازد. همچنین بیان می‌دارد که امروزه مهندسی پدافند غیرعامل، به‌عنوان یک نیاز مهندسی، برای کاهش تأثیر عملیات دشمن و در نتیجه کاهش آسیب‌پذیری تأسیسات، تجهیزات و نیروی انسانی و تأمین امنیت پایدار تأسیسات آبرسانی شهری از قبیل سدها، خطوط انتقال، تصفیه‌خانه‌ها، چاه‌های آب، ایستگاه‌های پمپاژ، مخازن ذخیره و شبکه‌های توزیع در برابر تهدیدات مطرح می‌گردد.

در سال ۱۳۹۳، شمسانی زفرقندی در کتاب «مقدمه‌ای بر آمایش سرزمین و مکان‌یابی» با بیان اینکه مکان‌یابی

در مکان‌یابی مراکز حیاتی و حساس، انتخاب مطلوب و بهینه محل با امکان داشتن شرایط مناسب برای توسعه آینده به‌گونه‌ای باید باشد که علاوه بر عوامل عمومی، اصول پدافند غیرعامل نیز رعایت شود (PCCIP, 2010: 61). مکان‌یابی مطلوب را می‌توان مهم‌ترین اقدام پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری مراکز حیاتی و حساس محسوب نمود زیرا اگر در مرحله صفر پروژه طراحی، احداث و تأسیس مراکز حیاتی و حساس عوامل و معیارهای ذی‌ربط دفاعی و امنیتی از قبیل حداکثر استفاده از عوارض طبیعی، آمایش سرزمینی، رعایت پراکندگی، پرهیز از انبوه و حجیم‌سازی، مقاوم‌سازی اولیه و غیره رعایت، نظارت و کنترل گردد، از بروز بسیاری از مشکلات پیچیده و هزینه‌بر جلوگیری به عمل خواهد آمد. از آنجایی‌که اولین هدف موردنظر دشمن در حمله و تهاجم نظامی، مراکز و زیرساخت‌های حیاتی، حساس و مهم کشور مورد تخاصم است، لذا مکان‌یابی این مراکز نیازمند مطالعات علمی دقیق و ساختاریافته‌ای است که باید عوامل متعددی چون شرایط آب و هوایی، راه‌های دسترسی، شیب و توپوگرافی زمین در گزینش این‌گونه مکان‌ها لحاظ نماید. علاوه بر این عوامل این‌گونه مراکز باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که الزامات پدافند غیرعامل را نیز برآورده سازند (Abazarlou, 2013: 81).

۲-۳- مکان‌یابی زیرساخت‌ها

مطابق ماده ۲۰۱ (بند ک) از سند برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران، دولت موظف است به‌منظور تقویت بنیه دفاعی کشور و ارتقاء توان بازدارندگی نیروهای مسلح و حفاظت از تمامیت ارضی و امنیت کشور و آمادگی در برابر تهدیدات و حفاظت از منافع ملی، انقلاب اسلامی ایران و منافع حیاتی کشور و هوشمندسازی سیستم‌های دفاعی، اصول پدافند غیرعامل را در طراحی و اجرای تأسیسات زیربنایی و ساختمان‌های حساس و شریان‌های اصلی و حیاتی کشور (جهت پیشگیری و کاهش مخاطرات ناشی از سوانح غیر طبیعی) رعایت نماید.

در مکان‌یابی زیرساخت‌ها، انتخاب مطلوب و بهینه محل با امکان داشتن شرایط مناسب برای توسعه آینده به‌گونه‌ای باید باشد که علاوه بر عوامل عمومی، اصول پدافند غیرعامل نیز

جنگ‌افزار گفته شده و مکمل اصلی دفاع همه‌جانبه کشور می‌باشد (Ghazanfari, 2012: 101). با اقدامات پدافند غیرعامل تلاش می‌شود تأثیرات آسیب‌پذیری‌ها در کشور به کمینه ممکن کاهش یابد. رویکرد اصلی در این زمینه، مقابله با تهدید یا مدیریت تهدید است. این کار باید به‌گونه‌ای انجام پذیرد که تأثیر تهدید بر کشور به حداقل برسد (Abazarlou et al., 2016: 134).

دفاع برای بقای انسان‌ها و ایجاد امنیت الزامی است. دفاع غیرعامل یعنی دفاع با کمترین مدیریت یا دفاع غیرفعال، دفاع عامل حرکتی عکس‌العملی و واکنشی است، بنابراین در مواقع غافلگیری دفاع غیرعامل به‌طور ذاتی باید جوابگو باشد. از آنجا که عموماً در تهاجمات، مخصوصاً تهاجمات اولیه، حمله‌ی هوایی غافلگیرکننده صورت می‌گیرد، بنابراین دفاع غیرعامل، مجموعه تمهیداتی است که انسان را در برابر این شوک در امان نگه می‌دارد (Mashhadi & Amini, 2014: 51). آمایش سرزمین ابتدا مفهوم دفاعی دارد و سپس مفهوم توسعه ای پیدا می‌کند ولیکن در بسیاری از کشورها آمایش سرزمین و طرح‌های ملی با اولویت توسعه انجام می‌گیرد و به مفهوم دفاع کمتر پرداخته می‌شود که این امر باعث گسترش عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر تهدیدات دشمن می‌شود (Jay, 2019: 77).

۲-۲- مکان‌یابی و اهمیت آن در پدافند غیرعامل

یکی از اقدامات اساسی و عمده آمایش با رویکرد پدافند غیرعامل، انتخاب مکان مناسب برای اماکن حیاتی و حساس می‌باشد (Neufville, 2010: 48) و تا آنجا که ممکن است باید از ایجاد تأسیسات حیاتی و حساس در دشت‌های مسطح یا نسبتاً هموار اجتناب نمود زیرا تأسیسات احداث شده در چنین محل‌هایی را نمی‌توان از دید دشمن مخفی نگاهداشت و همچنین ایجاد چنین مراکزی در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌های اصلی، کنار سواحل دریا، رودخانه‌ها و نزدیکی مرزها موجب سهولت شناسایی و هدف‌یابی آسان آنها توسط دشمن می‌گردد (Eskandari, 2013: 21). سه موضوع عمده که می‌بایست در مکان‌یابی به آن توجه خاص مبذول گردد عبارت از مأموریت، پراکندگی، شکل عوارض و محیط است (Jalali, 2011: 106).

یک کاربرد خاص لحاظ می‌گردد. در گذشته ماهیت مکان‌یابی زیرساخت‌ها اغلب بر اساس دو معیار فنی و اقتصادی شکل می‌گرفت و امروزه با توجه به گسترش علوم و افزایش حساسیت‌ها به‌ویژه در زمینه عوامل زیست‌محیطی، برای مکان‌یابی انواع تأسیسات می‌بایست ده‌ها و گاهی صدها عامل مختلف به‌طور هم‌زمان مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۳- روش تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق، استفاده از اسناد و متون کتابخانه‌ای، مراجعه به سایت‌ها و مقالات معتبر داخلی و خارجی و همچنین استفاده از پرسش‌نامه و نظر خبرگان با بهره‌گیری از مدل‌های مرتبط در زمینه‌های مکان‌یابی تصفیه‌خانه‌ها با رویکرد پدافند غیرعامل می‌باشد. از این‌رو می‌توان این تحقیق را از نوع کاربردی و با روش توصیفی-تحلیلی دانست. در نهایت تلاش می‌گردد تا با استفاده از مبانی نظری موجود در ارتباط با مقوله مکان‌یابی شبکه آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل همچنین با استفاده از مدل *AHP*، نرم‌افزارهای *ARCGIS* و *SPSS*، معیارهایی در جهت تحلیل و ارزیابی وضع موجود شبکه آبرسانی که تصفیه‌خانه مورد مطالعه می‌باشد، به دست آورد. در این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری، ارزیابی و مقایسه‌ی نتایج به‌دست‌آمده از طریق پرسشنامه، از مقیاس فاصله‌ای طیف لیکرت استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل: کارشناسان حوزه طراحی و معماری با حداقل تحصیلات کارشناسی و حداقل ۵ سال سابقه کاری، کارشناسان حوزه آبرسانی شهری با حداقل تحصیلات کارشناسی و حداقل ۵ سال سابقه کاری و کارشناسان و صاحب‌نظران حوزه پدافند غیرعامل با حداقل تحصیلات کارشناسی ارشد و حداقل ۳ سال سابقه کاری می‌باشند، همچنین ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها شامل اسناد و مدارک، پرسشنامه و بازدید میدانی می‌باشد. در این پژوهش تعداد کل جامعه آماری که از دانش و تجربه کافی در زمینه مورد پژوهش برخوردار بودند، حدود ۳۰ نفر برآورد شده‌اند که بر اساس جدول مورگان، حجم نمونه برابر ۲۸ نفر تعیین شد و ابزار تحقیق (پرسشنامه) در بین آنها توزیع شد. روش نمونه‌گیری نیز در این پژوهش، روش نمونه‌گیری هدفمند بوده است.

رعایت شود (پیردشتی و کمری، ۱۳۹۲). مکان‌یابی مطلوب را می‌توان مهم‌ترین اقدام پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری مراکز حیاتی و حساس محسوب نمود، زیرا اگر در مرحله صفر پروژه طراحی، احداث و تأسیس مراکز حیاتی و حساس عوامل و معیارهای ذی‌ربط دفاعی و امنیتی از قبیل حداکثر استفاده از عوارض طبیعی، آمایش سرزمینی، رعایت پراکندگی، پرهیز از انبوه و حجیم‌سازی، مقاوم‌سازی اولیه و... رعایت، نظارت و کنترل گردد؛ از بروز بسیاری از مشکلات پیچیده و هزینه‌بر جلوگیری به عمل خواهد آمد. از آنجایی که اولین هدف موردنظر دشمن در حمله و تهاجم نظامی، مراکز و زیرساخت‌های حیاتی، حساس و مهم کشور مورد تخصص است، لذا مکان‌یابی این مراکز نیازمند مطالعات علمی دقیق و ساختاریافته‌ای است که باید عوامل متعددی چون شرایط آب و هوایی، راه‌های دسترسی، شیب و توپوگرافی زمین در گزینش این‌گونه مکان‌ها لحاظ نماید. علاوه بر این عوامل این‌گونه مراکز باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که الزامات پدافند غیرعامل را نیز برآورده سازند.

نگاهی اجمالی به مکان‌یابی صحیح اولیه بعضی مراکز حیاتی، حساس (نظامی، اقتصادی، ارتباطی و نیروگاه‌ها و...) مؤید این نظر است که مکان‌یابی صحیح فواید ذیل را دربر خواهد داشت (پورمحمدی، ۱۳۸۷):

- آسیب‌پذیری را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- وضعیت پدافندی مناسبی ایجاد می‌نماید.
- دشمن را در حمله با محدودیت مواجه و ابتکار عمل را از وی سلب می‌کند.
- نیاز به تسلیحات پدافندی را تقلیل می‌دهد.
- صرفه‌جویی قابل توجهی را در حفظ سرمایه‌های ملی به دنبال دارد.

بر این اساس لازم است ضمن برنامه‌ریزی مناسب در رفع نواقص تأسیسات و مراکز حیاتی و حساس احداث شده قبلی، در مکان‌یابی مراکز حیاتی و حساس آتی که با سرمایه‌های کلان و قابل توجهی احداث خواهند شد، به اساسی‌ترین اصول دفاع غیرعامل عنایت ویژه‌ای مبذول شود.

در واقع، مکان‌یابی زیرساخت‌ها یکی از بخش‌های آمایش سرزمین بوده و یک فرآیند پیچیده است که در آن طیف وسیعی از فاکتورها و معیارها جهت تعیین مکان مناسب برای

۳-۱- روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP = Analytical Hierarchy Process)

این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به علت ماهیت ساده و در عین حال جامعی که دارد مورد استقبال مدیران و کاربران مختلف واقع شده است (قدسی‌پور، ۱۳۹۱، ۲۸).

همچنین فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد.

۳-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

عبارت است از سامانه سازمان‌یافته‌ای متشکل از سخت‌افزار، نرم‌افزار، نیروهای متخصص و مدل‌های طراحی شده که جهت اخذ، ذخیره‌سازی، نمایش، پردازش، بهنگام‌سازی، بازیافت، تجزیه و تحلیل و ارائه اطلاعات زمین مبنا با اشکال جغرافیایی که هدف نهایی آن استفاده از اطلاعات به دست آمده جهت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری و یا تصمیم‌سازی هر چه صحیح‌تر و با تدبیر است (ابهری، ۱۳۸۶: ۳۱).

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱- تعیین معیارهای مؤثر منتخب جهت تصمیم‌گیری

تعداد ۱۵ شاخص به‌عنوان شاخص‌های نهایی برای این تحقیق

انتخاب شدند که شامل شاخص‌های طبیعی (سنگ‌شناسی، شیب، کاربری ارضی، گسل، اختلاف ارتفاع نسبت به شهر، تراکم جمعیت)، حرایم و دسترسی (فاصله از منابع و مخازن آب، فاصله از تصفیه‌خانه‌های موجود، فاصله از مراکز تولید و انتقال انرژی (برق، نفت، گاز)، فاصله از مراکز پشتیبانی و درمانی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از جاده‌های اصلی و حمل‌ونقل، فاصله از صنایع و کارخانه‌ها) و شاخص‌های پدافند غیرعامل (فاصله از مراکز نظامی، فاصله از مراکز حیاتی، حساس و مهم) می‌باشد.

۴-۲- محاسبه ضریب اهمیت شاخص‌ها

به منظور مقایسه شاخص‌های مؤثر در مکان‌بایی به منظور تعیین ضرایب اهمیت آن، از میانگین هندسی قضاوت‌های ۴۰ نفر از صاحب‌نظران و کارشناسان ذی‌ربط بر اساس مقایسات زوجی تک‌تک معیارها، استفاده گردیده است که نتایج آن بر اساس مقادیر ترجیحات آقای ال ساعتی (مقادیر در بازه ۱ تا ۹)، به دست آمد. بر اساس محاسبات نرم‌افزار مربوطه، ضریب ناسازگاری (CR: Consistency Ratio)، ۰/۰۳ عدد به دست آمده است که یعنی ناسازگاری در قضاوت‌های صورت گرفته بسیار کم و دقت نظرسنجی بالا بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان ضریب اهمیت به ترتیب به شاخص‌های گسل، شیب و سنگ‌شناسی و کمترین میزان ضریب اهمیت به ترتیب به شاخص‌های فاصله از صنایع و کارخانه‌ها، فاصله از مراکز نظامی و فاصله از جاده‌های اصلی و حمل‌ونقل اختصاص یافته است. خلاصه نتایج به شرح شکل (۱) است.



شکل ۱- ضریب اهمیت معیارها منبع: Author, 2023

۴-۳- ارزش‌گذاری و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل *AHP*

همان‌طور که اشاره شد در پژوهش حاضر جهت محاسبه وزن شاخص‌ها از تکنیک *AHP* استفاده گردید. خروجی حاصل از نرم‌افزار *Expert choice* در جدول ۱ برای هر یک از شاخص‌ها نمایش داده شده است.

جدول ۱- وزن شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش.

شاخص	وزن نهایی
کاربری اراضی	۰,۱۲۳۵
سنگ‌شناسی	۰,۰۴۱۲
شیب	۰,۲۰۴۹
فاصله از گسل	۰,۰۵۲۰
تراکم جمعیتی	۰,۰۴۲۸
فاصله از مراکز نظامی	۰,۰۸۲۱
اختلاف ارتفاع	۰,۱۲۲۳
فاصله از مراکز حیاتی	۰,۰۲۴۹
فاصله از رودخانه	۰,۰۳۶۴
فاصله از جاده	۰,۰۵۸۵
فاصله از مراکز پشتیبانی	۰,۰۵۷۴
فاصله از خطوط انتقال انرژی	۰,۰۴۸۸
فاصله از تصفیه‌خانه	۰,۰۳۷۸
فاصله از منابع آب	۰,۰۳۹۲
فاصله از صنایع و کارخانه‌ها	۰,۰۲۷۶

۵- نتایج و یافته‌ها

۵-۱- وزن‌دهی معیارهای مکان‌یابی نمونه مورد مطالعه

اگرچه این معیارها می‌تواند با توجه به مؤلفه‌های اثرگذار در انتخاب مکان مناسب برای تصفیه‌خانه متفاوت باشد ولی در این پژوهش از پانزده معیار شامل: ۱- کاربری اراضی، ۲- سنگ‌شناسی، ۳- شیب، ۴- فاصله از گسل، ۵- تراکم جمعیت، ۶- فاصله از مراکز نظامی، ۷- اختلاف ارتفاع از شهر، ۸- فاصله از مراکز حیاتی، ۹- فاصله از رودخانه، ۱۰- فاصله از جاده، ۱۱- فاصله از مراکز پشتیبانی، ۱۲- فاصله از خطوط انتقال انرژی، ۱۳- فاصله

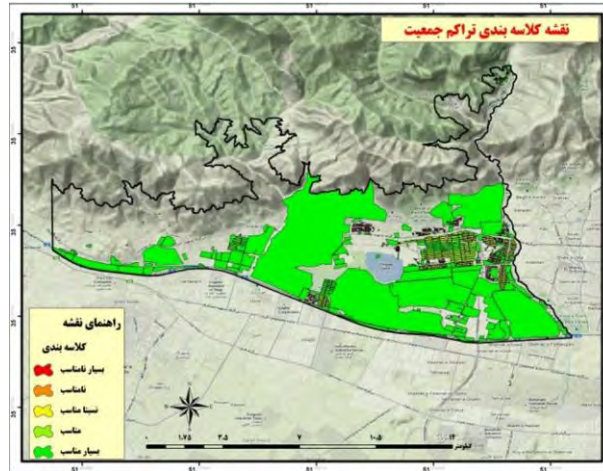
از تصفیه‌خانه شماره ششم، ۱۴- فاصله از منابع و مخازن آب و ۱۵- فاصله از صنایع پر خطر استفاده شده است. در ادامه برای هر یک از معیارهای مذکور نقشه‌های فاصله‌ای تهیه گردید. در مرحله بعد هر یک از نقشه‌ها در چندین کلاس طبقه‌بندی مجدد شده و با توجه به تأثیر آنها در مکان‌یابی به هر یک ارزشی بین ۱ (بدترین ارزش) تا ۹ (بهترین ارزش) اختصاص یافت.

احداث تصفیه‌خانه فاضلاب معمولاً با در نظر گرفتن عوامل و معیارهای مختلفی صورت می‌گیرد، اهمیت و دامنه اثر این معیارها در تعیین مکان نهایی تصفیه‌خانه فاضلاب تأثیرگذار است. به همین منظور معیارهای فوق و تأثیر هر کدام از این معیارها در انتخاب مکان یا مکان‌های مناسب مطالعه گردید.

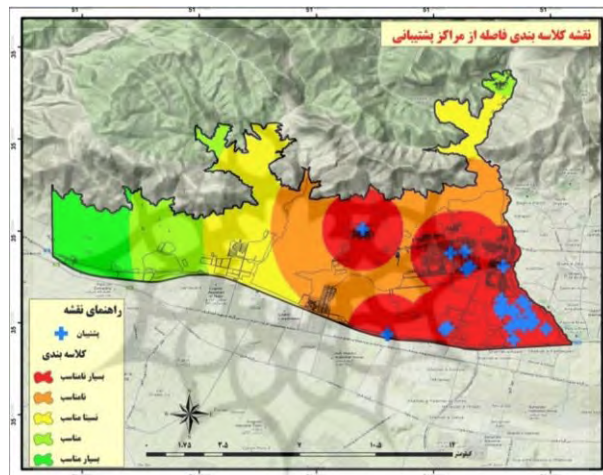
اعمال ضرایب و هم‌پوشانی لایه‌ها به منظور مکان‌یابی تصفیه‌خانه پس از به دست آوردن ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها، اکنون نوبت به تولید لایه‌ها در تناسب با شاخص‌ها می‌باشد. برای این منظور با توجه به استانداردهای موجود (توضیح داده شده در مراحل قبل) و نظرات کارشناسان لایه‌های اطلاعاتی تولید گردید و با تولید لایه‌های اطلاعاتی و اعمال ضرایب اهمیت معیارها و هم‌پوشانی لایه‌ها، نقشه‌های ترکیبی هر معیار به دست آمد. شکل‌های ۲ تا ۱۲ نقشه‌های استاندارد شده لایه‌ها را جهت هم‌پوشانی نهایی در مکان‌یابی تصفیه‌خانه در سیستم اطلاعات جغرافیایی *GIS* نشان می‌دهد.

۵-۲- تلفیق معیارهای وزن‌دار و تهیه نقشه مکان‌یابی تصفیه‌خانه

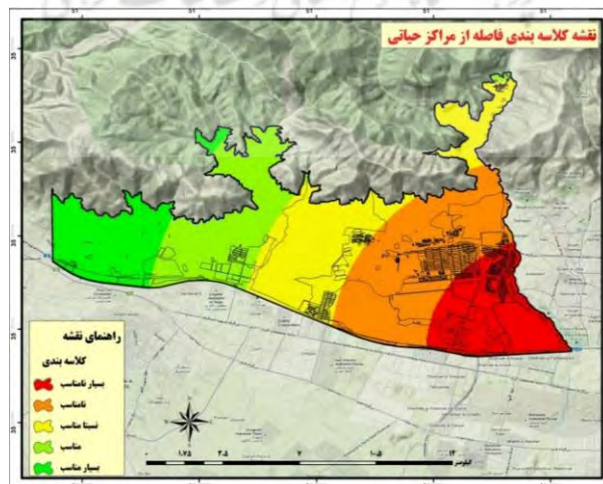
اکنون پس از به دست آوردن نقشه‌های استانداردسازی شده و وزن‌دهی با استفاده از روش *AHP*، نوبت به برهم‌نهی نقشه‌های کلاسه‌بندی شده و ایجاد یک پهنه‌بندی مطلوب جهت مشخص کردن مکان‌های استقرار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ شهر تهران می‌رسد. برای این منظور ۱۱ نقشه کلاسه‌بندی شده در مراحل پیشین هم‌پوشانی شدند و نقشه نهایی تولید شد. شکل زیر پهنه‌بندی استقرار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل ۲- فاصله و ارزش گذاری از تراکم جمعیت.

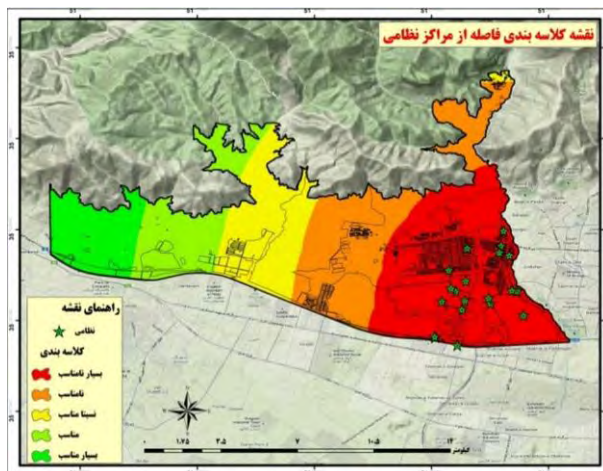


شکل ۳- فاصله و ارزش گذاری از مراکز پشتیبانی

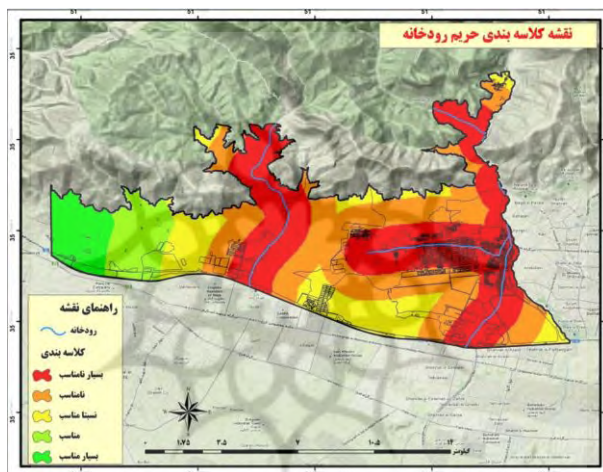


شکل ۴- فاصله و ارزش گذاری از مراکز نظامی.

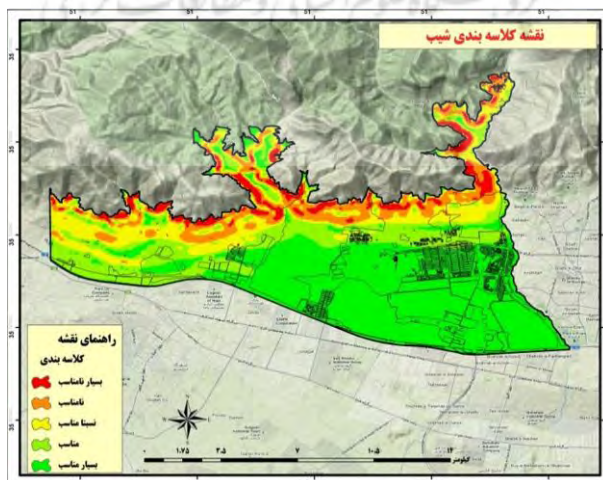
تحلیل و ارزیابی مکانی تأسیسات شبکه آبرسانی شهری با رویکرد دفاع غیرعامل (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه آب منطقه ۲۲ تهران)



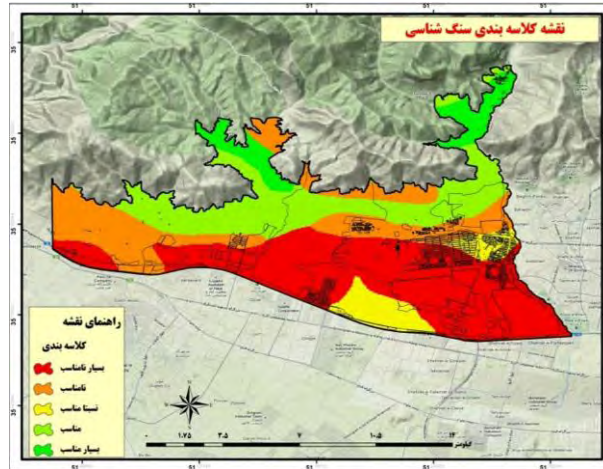
شکل ۵- فاصله و ارزش گذاری از مراکز حیاتی.



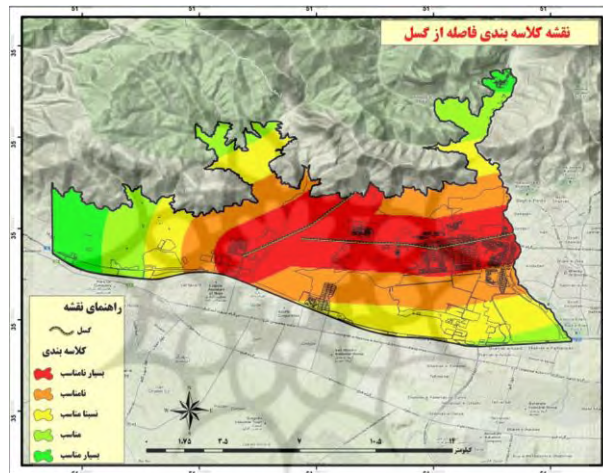
شکل ۶- فاصله و ارزش گذاری از شیب.



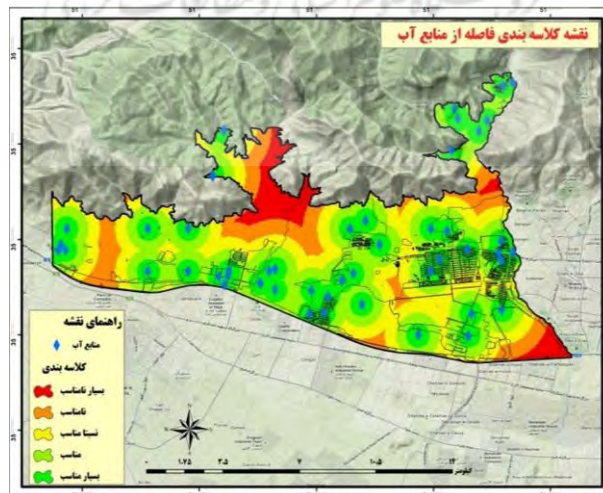
شکل ۷- فاصله و ارزش گذاری از رودخانه.



شکل ۸- فاصله و ارزش گذاری از خطوط گسل.

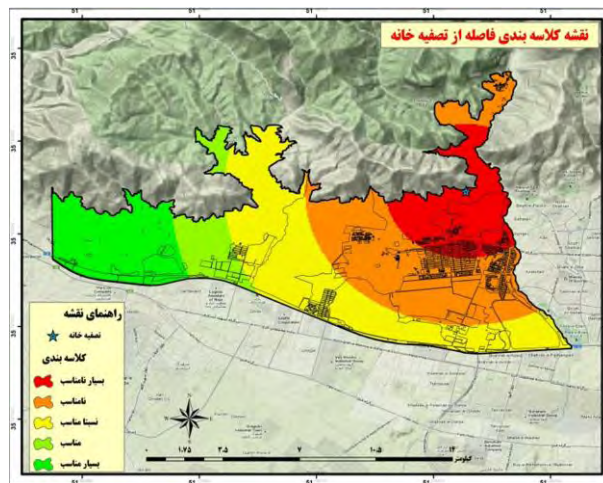


شکل ۹- فاصله و ارزش گذاری از سنگ شناسی.

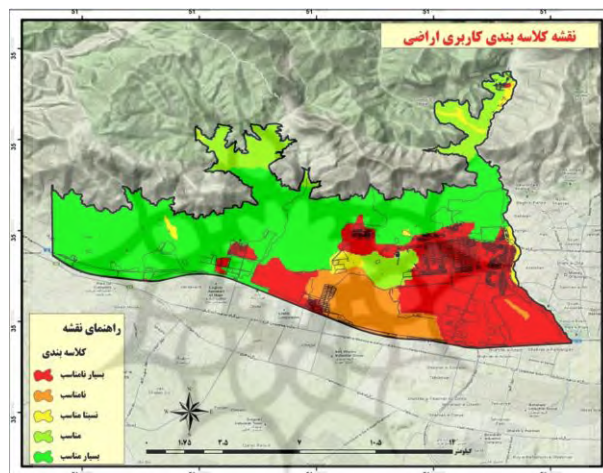


شکل ۱۰- فاصله و ارزش گذاری از تصفیه خانه.

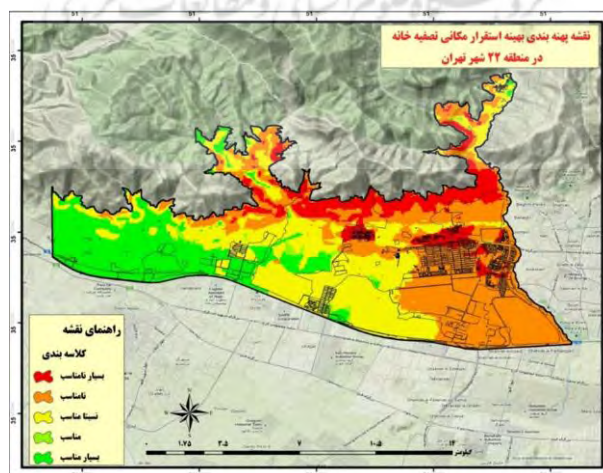
تحلیل و ارزیابی مکانی تأسیسات شبکه آبرسانی شهری با رویکرد دفاع غیرعامل (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه آب منطقه ۲۲ تهران)



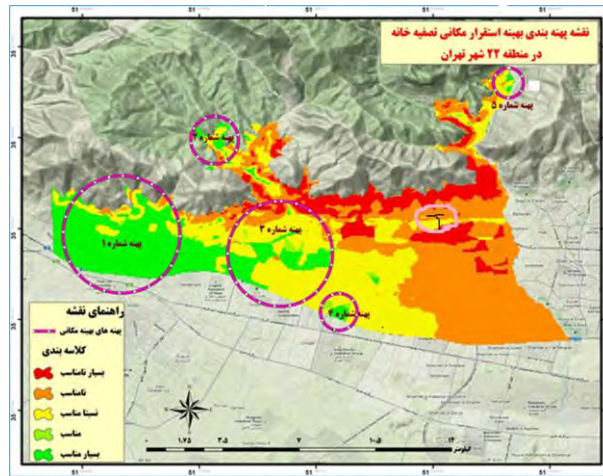
شکل ۱۱- فاصله و ارزش گذاری از منابع آب.



شکل ۱۲- فاصله و ارزش گذاری از کاربری اراضی.



شکل ۱۳- پهنه بندی پهنه مکان استقرار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ شهر تهران.



شکل ۱۴- پهنه‌های بهینه مکان استقرار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ شهر تهران.

دانشگاه گرمدره؛ در بخش شمال غربی پهنه شماره ۲ مناطقی در قالب دره چشمه، انار دره و ازلیک؛ در بخش مرکزی منطقه ۲۲ شهر تهران پهنه شماره ۳ در قالب باغ گیاه‌شناسی ملی؛ در جنوب در قالب پهنه بهینه مکانی شماره ۴ پارک جنگلی چیتگر و در نهایت پهنه شماره در شمال شرق منطقه ۲۲ در قالب ناحیه کوهستانی سولقان.

در کل یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد با توجه به اینکه در انتخاب مکان بهینه برای احداث تصفیه‌خانه‌ها پارامترهای زیادی دخیل هستند، لذا تئوری‌های مکان‌یابی سنتی قادر به ترکیب تمامی این پارامترها در فرآیند مکان‌یابی نیستند. از طرفی، بی‌توجهی به این پارامترها در مکان‌یابی موجب هدر رفتن سهم قابل توجهی از منابع مادی و محیطی شده و لطمات سنگینی را بر مردم و مدیریت شهری تحمیل می‌کند. همان‌گونه که در طول این پژوهش مشاهده گردید، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، با دارا بودن قابلیت‌های تحلیلی فراوان در زمینه تحلیل‌های فضایی- مکانی، امکان تجزیه و تحلیل انواع اطلاعات و در حجم وسیع را فراهم می‌سازند و توان ترکیب کلیه پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز خدماتی را دارند. در این پژوهش نیز از توانایی‌های تحلیلی سیستم اطلاعات جغرافیایی و ابزارهای مکان‌یابی موجود در نرم‌افزار GIS (وزن‌دهی به معیارها) استفاده شد و روش مناسبی در امر مکان‌یابی تصفیه‌خانه تشخیص داده شد.

در این تحقیق به جهت بررسی‌های بیشتر و انجام تحلیل‌های مورد نیاز ضروری می‌نمود، نقشه خروجی کلاسه‌بندی و مشخصات آن دسته‌بندی گردند، بدین‌منظور با توجه به شکل، نقشه پهنه‌بندی بهینه مکان استقرار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ شهر تهران در پنج کلاس دسته‌بندی شدند:

کلاس (۱) پهنه با استقرار مکانی بسیار مناسب با رنگ (سبز تیره)، وزن کلاسه بین (۷,۹۰-۶,۲۷) و با مساحتی معادل ۶,۸۵ هکتار؛ کلاس (۲) پهنه با استقرار مکانی مناسب با رنگ (سبز روشن)، وزن کلاسه (۶,۲۷-۵,۸۱) و با مساحتی معادل ۱۳,۷۷ هکتار؛ کلاس (۳) پهنه با استقرار مکانی نسبتاً مناسب با رنگ (زرد)، وزن کلاسه (۵,۸۱-۵,۰۳) و با مساحتی معادل ۳۰,۵۶ هکتار؛ کلاس (۴) پهنه با استقرار مکانی نامناسب با رنگ (نارنجی)، وزن کلاسه (۴,۲۶-۵,۰۳) و با مساحتی معادل ۳۵,۰۷ هکتار و در نهایت کلاس (۵) پهنه با استقرار مکانی بسیار نامناسب با رنگ (قرمز)، وزن کلاسه (۴,۲۶-۳,۰۲) و با مساحتی معادل ۱۱,۴۸ هکتار.

با توجه به مشخصات فوق و نقشه مکان‌گزینی تصفیه‌خانه که در قالب شکل زیر نمایش داده شده است، در سطح منطقه ۲۲ شهر تهران پنج بهینه مکان‌یابی شده است که در بخش غربی پهنه شماره یک مناطقی از منتهی به محدوده بزرگراه شهید خرازی و پهنه اردستانی و شهرک

به‌تنهایی شاخص تعیین‌کننده نیست، لازم است سایر شاخص‌ها (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و زیرساختی) نیز در برنامه‌ریزی‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۵. ضروری است پروژه‌های تحقیقاتی با همکاری شرکت آب و فاضلاب کشور و سازمان پدافند غیرعامل از انجام گیرد.

۶. پیشنهاد می‌شود، هم‌زمان با اجرای یک طرح تأسیسات زیربنایی و مهم نظیر تأسیسات جانبی تصفیه‌خانه آب، فضای سبز مناسبی به‌منظور استتار طراحی شود.

۷. طراحی ساختار مدیریت بحران و تجهیز و راه‌اندازی اتاق مدیریت بحران در مدیریت‌های مرکز تصفیه‌خانه آب ضروری به نظر می‌رسد.

۸. در خصوص مسائل پدافند غیرعامل می‌بایست با اقدام‌های مناسب سیاسی، بهره‌گیری از فناوری ارتباطات، سامانه‌های اطلاعات ماهواره‌ای، دوربین‌های مدار بسته و تکنیک‌های نوین کاربردی، تصفیه‌خانه آب را در برابر تهدیدهای طبیعی و اقدام‌های خرابکارانه ایمن نمود.

– تهیه و تدوین «دستورالعمل طرح فعالیت اضطراری» تصفیه‌خانه آب

– تهیه و تدوین «سامانه طبقه‌بندی پتانسیل خطر» تصفیه‌خانه آب

– تدوین دستورالعمل پدافند غیرعامل برای طرح‌های در حال مطالعه

– انجام بازرسی‌های تفصیلی ایمنی سدها و بازرسی منظم ادواری

– انجام رزمایش برای طرح‌های در حال بهره‌برداری

– ادامه فعالیت‌های مناسب در راستای بهره‌برداری و کنترل ایمنی از تصفیه‌خانه آب

تهیه شناسنامه کامل تصفیه‌خانه آب به‌منظور تعیین وضعیت پدافند غیرعامل آنها، اعم از نقاط قوت و ضعف، انجام شود و در نهایت برای رفع نقاط ضعف آنها برنامه‌ریزی لازم با راهکارهای مناسب ارائه شود.

پس از بررسی وضع موجود تأسیسات و کارکردهای وابسته به آن در منطقه ۲۲ شهر تهران و همچنین بررسی مدل‌های مکان‌یابی و به‌خصوص لایه‌های شاخص همپوشانی وزن‌ها و چگونگی آنها در شرایط فعلی، به تلفیق و ترکیب داده‌ها پرداخته شد و پس از تلفیق لایه‌ها، برای هر یک از آنها نقشه مستقل تهیه شد و در نهایت نقشه مناسب زمین برای احداث تصفیه‌خانه‌ها در پنج پهنه بهینه به دست آمد و مکان‌ها در پنج دسته وزن‌دهی طبقه‌بندی شدند. در مرحله نهایی قسمت‌هایی از شهر که با اولویت بسیار مناسب قرار داشتند به‌عنوان مناسب‌ترین مکان برای احداث تصفیه‌خانه (عمدتاً شمال، غرب، بخش‌هایی مرکز و جنوب) در جهت رفع توزیع مراکز تصفیه آب در سطح منطقه ۲۲ شهر تهران و جلوگیری از تمرکز این مراکز در مرکز شهر تشخیص داده شد. لیکن تصفیه‌خانه موجود مطابق شکل در مکان نامناسب می‌باشد.

۶- پیشنهادها

۱. از آنجا که شاخص پدافند غیرعامل، اولویت اول مکان‌یابی تصفیه‌خانه آب را به خود اختصاص داده، ضروری است مطالعات حوزه پدافند غیرعامل و ایمن‌سازی برای کلیه تصفیه‌خانه آب در دستور کار برنامه‌ریزان به‌ویژه کمیته پدافند غیرعامل وزارت نیرو قرار گیرد. ضمن آنکه، از مکان‌یابی تصفیه‌خانه آب، بدون ملاحظات پدافند غیرعامل اجتناب گردد.

۲. با توجه به مطالعه انجام‌شده، سایت شماره ۱ با مشخصات مربوطه از میان سایت‌های پیشنهادی جهت احداث تصفیه‌خانه آب پیشنهاد می‌شود.

۳. پژوهش حاضر، ملاک عمل جهت مکان‌یابی تصفیه‌خانه آب با رویکرد پدافند غیرعامل توسط مهندسان مشاور و کارشناسان وزارت نیرو قرار گیرد.

۴. نظر به اینکه اصول پدافند غیرعامل در مکان‌یابی محور تصفیه‌خانه آب همواره به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در کنار شاخص فنی تصفیه‌خانه آب مطرح بوده و

۷- مراجع

ابهری، م. (۱۳۸۶). مدیریت بحران نظامی. دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

برنافر، م. و افرادی، ک. (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۲: ۱۷۹-۱۶۱.

بهشتی، م. (۱۳۹۴). توسعه و بهبود شاخص‌های پدافند غیرعامل در سامانه‌های انتقال آب شرب برای مواجهه با شرایط اضطرار (حملات تروریستی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. بنیاد نخبگان نیروهای مسلح.

حیدری، ع. و همکاران (۱۳۹۲). بررسی مکان تصفیه‌خانه شهرک صنعتی بروجن از منظر پدافند غیرعامل. همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین.

خیراندیش، م. و فشارکی، ج. (۱۳۹۳). اصول و معیارهای مهندسی دفاع غیرعامل در تأسیسات آب‌رسانی شهری. تهران، انتشارات تایماز.

دریجانی، ا. (۱۳۹۱). شاخص‌های مؤثر بر مکان‌یابی سدهای مخزنی با رویکرد پدافند غیرعامل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل. دانشکده و پژوهشکده پدافند غیرعامل. دانشگاه جامع امام حسین (ع).

روستایی، س. (۱۳۹۲). پایان‌نامه: بهبود فرایند مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران. دانشگاه امام حسین (ع).

سهامی، ح. (۱۳۸۸). آمایش و مکان‌یابی. انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

شمسایی زفرقندی، ف. (۱۳۹۱). مقدمه‌ای بر آمایش سرزمین و مکان‌یابی. انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (ع).

قدسی‌پور، ح. (۱۳۹۱). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی. تهران. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

کامیابی، س. و همکاران (۱۳۹۵). ارزیابی ایمنی فضای شهری با تأکید بر شاخص‌های پدافند غیرعامل با استفاده از روش.

کرباسیان، م. و همکاران (۱۳۹۱). طرح‌ریزی و مکان‌یابی واحدهای صنعتی بر مبنای پدافند غیرعامل. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

کمیته پدافند غیرعامل وزارت آموزش و پرورش (۱۳۹۰). مبانی، اصول و شیوه‌های پدافند غیرعامل. تهران: انتشارات مدرسه.

محمدپور، ع. و زرغامی، س. (۱۳۹۳). الزامات مکان‌یابی تأسیسات شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل. فصلنامه جغرافیایی (سپهر)، شماره ۹۰: ۸۹.

Fema426 (2003). Reference Manual to Mitigation Potential Terrorist Attacks against Buildings, Federal Emergency Management Agency, USA.

Ghazanfari, Mostafa, (2012). Investigating the vulnerability of inner-city metro stations (case example: Valiasr metro station), master's thesis in the field of passive defense, Amash and Passive Defense University Complex, Malik Ashtar University of Technology, Tehran (in Persian).

تحليل و ارزيايى مكاني تاسيسات شبكه آب رسانی شهري با رويکرد دفاع غيرعامل (مطالعه موردی: تصفيه خانه آب منطقه ۲۲ تهران)

Abazarlou, Sajjad, Baghersad, Mansour, Poori Rahim, Ali Akbar (2016). Identifying hazards and modeling the vulnerability of cities with a passive defense approach, Publications of the Iranian Scientific Association of Passive Defense, First Edition, Tehran (in Persian).

Mashhadi, Hassan, Amini Varki, Saeed (2014), Compilation and presentation of a model for evaluating threats, vulnerability and risk analysis of critical infrastructures with an emphasis on passive defense, period 4, Special Issue of Non-active Defense Week 94, pp 69-85 (in Persian).

Neufville de, Richard (2010). Management of multi-airport systems: a development strategy, technology and policy program, massachusetts institute of technology, Cambridge, USA

Eskandari, Mohammad, Omidar, Babak, Tavakoli Thani, Mohammad Sadeq (2013). Analysis of the damage of vital arteries by considering the effects of dependence due to targeted attacks, a case study of the water and electricity network in an urban area, crisis management biannual, special Inactive Defense Weekly, pp. 30-19 (in Persian).

Jalali Farahani, Gholamreza (2011). An introduction to the method and model of estimating threats in passive defense, Institute of Printing and Publishing of Imam Hossein University (in Persian).

PCCIP (2010). Critical Foundation: Protecting America's Infrastructures.

