فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال نهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٧، (پیاپی ٣٦): صص ١٥-١

مکان‌یابی پهنه‌های خطرپذیر بحران‌های کیفی شبکه آب‌رسانی شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP

نمونه مورد مطالعه: شبکه آب‌رسانی شهر تهران

امیرحسین عبدالله‌زاده[1*]، صادق شهریار[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

چکیده

شبکه آب‌رسانی شهری در معرض تهدیدات کمی و کیفی قرار دارد. این تهدیدات کیفی، شامل تهدیدات شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. وقوع بحران‌های کیفی شبکه آب‌رسانی شهری به‌صورت مستقیم در زندگی شهروندان تأثیرگذار می‌باشد و در مواقعی می‌تواند یک بحران فنی را تبدیل به بحران‌های اجتماعی و سیاسی کند. اولین گام در راه‌کار مهندسی پدافند غیرعامل شبکه آب‌رسانی شهری انتخاب پهنه‌های در معرض خطر می‌باشد. انتخاب مکان‌هایی با اولویت بالای خطرپذیری و مکان‌های مناسب نصب کنترل‌گرهای کیفی آب می‌باشد. این پژوهش در ۵ معیار کلی شامل خسارت به لوله‌ها، شیرها، قطع‌کننده‌ها، هدایت‌کننده‌ها؛ خسارت به مخازن و محل جمع‌آوری آب‌ها؛ انسان‌های ساکن و مستقر در مساکن؛ انسان‌های فعال و مستقر در محل کار و فعالیت و انسان‌های در حال جابه‌جایی و عبور و مرور شامل ۱۷زیرمعیار از قبیل سطح سرویس مناطق و مخازن، فاصله از خطوط انتقال و توزیع آب، همجواری با کنتاکت تانک، تصفیه‌خانه‌ها، مخزن زمینی، تلمبه‌خانه و مخزن هوایی، توزیع و تراکم جمعیت، کاربری‌های حساس، کارو فعالیت منطقه‌ای و خدمات شهری، فضای سبز، نزدیکی به خطوط مترو، شبکه بزرگراهی، شبکه ریلی، شبکه شریانی درجه یک و دو و ایستگاه‌های مترو به‌عنوان معیارهای موثر بر مکان‌یابی انتخاب شده است. با مقایسه دودویی در روش AHP که توسط ۳۰ نفر از کارشناسان انجام پذیرفته است با استفاده از تحلیل مکانی در محیط GIS از طریق تلفیق زیرمعیارها پهنه شهر تهران در پنج دسته بسیار بحرانی، بحرانی، اولویت کوتاه مدت، اولویت میان مدت و بدون اولویت تقسیم‌بندی شده است. در نهایت علاوه بر تحلیل کل شهر تهران سه پهنه به عنوان خطرپذیرترین نشان داده شده است.

کلیدواژه‌ها: شبکه آب‌رسانی شهری، بحران کیفی، پهنه آسیب‌پذیر، GIS، AHP

۱- پژوهشگر، دکتری شهرسازی دانشگاه تربیت مدرس- miraje2015@gmail.com - نویسنده مسئول
۲- پژوهشگر، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۱- مقدمه

امروزه اهمیت ونقش بسیار مهم شبکه آب‌رسانی شهری در کاهش اثرات بحران‌ها و یا تشدید بحران‌ها و حملات به شهرهای ما به‌عنوان توده‌های جمعیتی کاملا محسوس است. در ایران که درهر دهه بحران‌های متفاوتی را تجربه می‌کند، لزوم حفظ کارایی و مصون ماندن کیفیت شبکه آب‌رسانی شهری در برابر حملات شیمیایی و میکروبی امری ضروری می‌باشد. تخریب منابع آبی از قبیل چشمه‌ها، چاه‌ها، قنوات و شکسته شدن مخازن زمینی و هوایی و نیز شکسته شدن منابع آب آشامیدنی و لوله‌های فاضلاب و تخریب تاسیسات و تلمبه خانه‌ها که همواره با قطع برق همراه بوده مشکلات عدیده ای را هم برای ساکنین منطقه ایجاد می کند و هم به‌عنوان یک بحران مهم زیست محیطی حاصل از سوانح طبیعی برای دولت مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. کنترل دائمی کیفیت آب شبکه آب‌رسانی شهری از جمله مراحل مقدماتی مدیریت کیفیت آب می‌باشد. اولین گام در کنترل کیفیت شبکه آب‌رسانی نیز انتخاب مکان‌هایی برای استقرار سامانه‌های کنترل کیفیت آب می‌باشد. این پژوهش به‌دنبال مکان‌یابی نقاطی از شبکه آب‌رسانی شهری می‌باشد که بیشترین همجواری را با جمعیت ساکن و در حال فعالیت و مراکز حساس شهری را داشته باشد. شاخص‌های مکان‌یابی در دو حوزه اجزای شبکه آب‌رسانی و جمعیت ساکن و فعال در شهر تهران مورد ارزیابی قرارگرفته و ضمن وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از AHP در محیط GIS پهنه‌های شهر تهران اولویت بندی می‌گردد.

مسئله بحران‌های کیفی آب از مهمترین تاثیرات سوانح طبیعی است که گریبان‌گیر مردم و آسیب دیدگان می‌شود. این مسئله چه بعد از حادثه و چه در هنگام حادثه همواره سلامت مردم را تهدید می کند. چراکه کمبود آب و نفوذ آب‌های آلوده و فاضلاب به منابع آبی علاوه بر تاثیرات بهداشتی منجر به اشاعه بیماری‌های مهلک واگیردار آبی در منطقه می شود چراکه آب نقش مهمی در انتقال مستقیم و غیرمستقیم بیماری‌های میکروبی نظیر فلج اطفال، وبا، مالاریا، مسمومیت‌های شیمیایی و... دارد.

ضرورت و تهدید اصلی مبنای این پژوهش از آنجاست که علاوه بر موضوعات فنی و بحران های کیفی طبیعی شبکه آبرسانی شهری، این بحران های شبکه آب ممکن است ابعاد متفاوتی را به خود بگیرد. در این بین سوالات ذیل مطرح می‌گردد:

انواع بحران‌های شبکه آب‌رسانی شهری به چه میزان بر روی مدیریت شهری و دفاع غیر عامل موثر می‌باشد؟

بحران‌های انسان‌ساخت از چه نقاطی شبکه آب‌رسانی شهری را دچار بحران نموده و عوامل موثر بر آسیب‌پذیری این مکان‌ها کدام شاخص‌ها می‌باشند؟

کاهش تلفات و آسیب‌پذیری ناشی از این‌گونه تهدیدات از چه طریق امکان‌پذیر بوده و چه مکان‌هایی برای شناسایی آن وجود دارد؟

این موضوع که بحران‌های کیفی و کمی آب مورد ارزیابی واقع شود و انواع مسمومیت‌های بیولوژیکی و شیمیایی شناسایی شود، مستلزم نصب دستگاه‌ها و ابزارهای کیفیت‌سنجی آب می‌باشد. ابتدایی‌ترین گام در جهت نصب این دستگاه‌ها این است که این دستگاه‌ها در کجا نصب شود؟ تا بیشترین کارایی و هوشمندی را داشته باشد. انتخاب مکان‌های مناسب نصب دستگاه‌های کیفیت‌سنجی آب در این پژوهش دنبال می‌شود تا در پژوهش‌های آتی چگونگی استقرار کیفیت‌سنج‌های شبکه آب‌رسانی شهری مورد بررسی قرار گیرد.

۲- پیشینه پژوهش

در زمینه پدافند غیرعامل شبکه آب‌رسانی شهری مطالعات گسترده‌ای در ایران صورت پذیرفته است. به‌طور خلاصه اهم طرح‌های پژوهشی انجام‌شده در موضوع پدافند غیرعامل تأسیسات آب‌رسانی شهری به شرح زیر می‌باشد:

- تهیه اولین شرح خدمات مطالعات پدافند غیرعامل سد و تاسیسات در حال بهره‌برداری
- مطالعات مدیریت بحران آب تاسیسات تامین آب استان تهران
- مطالعات آسیب‌پذیری و مقاوم‌سازی ساختمان مرکزی ستاد آب منطقه‌ای تهران
- مطالعه آلودگی نفتی در منابع آب سطحی و نحوه جمع‌آوری آن
- ایجاد گروه تخصصی سیل و خشکسالی
- طرح مطالعاتی آسیب‌پذیری ساختگاهی سازه‌های اصلی تامین و انتقال آب استان
- طرح بررسی تأثیر زلزله بر منابع آب
- طرح مطالعه توده‌های لغزشی و ریزشی تأثیرگذار بر منابع آب
- طرح سیستم‌های هشدار آلودگی منابع آب
- طرح اطلاع‌رسانی و هشدار سریع
- طرح سیستم‌های هشدار سریع آلودگی منابع آب [۳-۱]

کریم‌زادگان و باقری [۴]، تاثیر پدافند غیرعامل در تاسیسات شهری را در تقاضای آب در هنگام وقوع زلزله مطرح

می‌کند و تامین کمیت آب و انواع مصارف آب در هنگام وقوع زلزله را بیان می‌کند.

حاجی ابراهیم زرگر و مسگری [۵]، ایجاد بحران در کیفیت آب را از جمله عوامل غیرطبیعی می‌دانند که ممکن است به سایر موضوعات نیز تسری یابد. سازمان پدافند غیرعامل کشور، مطالعات مکانی پدافند غیرعامل در تأسیسات آب‌رسانی شهری با اولویت‌بندی و سطح‌بندی موارد ذیل را در نظر می‌گیرد:

- شناخت و ارزیابی دارایی‌ها
- ارزیابی تهدیدات و آسیب‌پذیری‌ها و آنالیز ریسک
- تعیین سناریوی وقوع شرایط اضطراری
- تخمین آب مورد نیاز در مواقع ضروی
- شناسایی کلیه منابع آب جایگزین
- ارائه بسته راه‌کارهای مدیریت ریسک و برآورد اثربخشی آن‌ها
- تهیه برنامه مدیریت شرایط اضطراری
- مستندسازی و ارائه پرونده‌های علمی و فنی [۶]

همچنین طبق دستورالعمل سازمان پدافند غیرعامل آمده است که به‌منظور کاهش مخاطرات تاسیسات آب و فاضلاب که در مجاورت مناطق مسکونی قرار دارند می‌بایستی روش‌های ایمن و نوین گندزدایی به‌منظور جایگزین نمودن سامانه‌های کلرزن گازی جایگزین گردد. در جهت جایگزین نمودن سامانه کلرزن‌های گازی سامانه‌های الحاقی می‌بایستی مکان‌یابی گردند [۳-۱].

دستورالعمل ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی تصفیه‌خانه‌ها، مخازن آب زیرزمینی، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آب [۱]، ویژگی و استقرار عناصر شبکه انتقال و توزیع شبکه آب‌رسانی شهری را به‌همراه سطح سرویس مخازن به عنوان عوامل مکان‌گزینی استقرار کیفیت‌سنج‌های آب شهری بیان می‌کند.

در مقابل، شکیبامنش در مقاله ملاحظات پدافند غیرعامل در تاسیسات زیربنایی شهری کاربری زمین و مکان‌گزینی مناسب کاربری زمین و عوامل شهری و مکانی را به‌عنوان ملاحظات پدافند غیرعامل تاسیسات و زیرساخت‌های شهری بیان می‌کند و عناصر شبکه آب‌رسانی شهری را طرح نمی‌کند [۷].

انجم‌روز و قریش‌وندی، تهدیدات سد، خطوط انتقال، تصفیه‌خانه، مخازن آب و ایستگاه‌های پمپاژ و تله متری را به‌عنوان تهدیدات طرح‌های آب‌رسانی قلمداد می‌کند و شاخص‌هایی همچون همجواری با سد، مخزن، تصفیه‌خانه، مصرف‌کنندگان و عناصر شبکه انتقال را به‌عنوان محل‌های آسیب‌پذیر شبکه بیان می‌دارد. البته این شاخص‌ها به‌صورت مکانی سنجش نمی‌گردد و صرفا شاخص‌ها شرح داده می‌شود [۸].

شهریاری و حدادی ضمن برشمردن نقاط ضعف شبکه آب‌رسانی شهری بحران‌های کیفی شبکه آب‌رسانی شهری نقاط حیاتی و عناصر اصلی شبکه آب‌رسانی شهری را به‌عنوان عوامل اصلی در نظر گرفته و وضعیت حراست، استتار تاسیسات، حفاظت پیرامونی و الکترونیک و مخابراتی را برای هریک از تاسیسات شبکه آب‌رسانی شهر بروجرد بررسی می نماید [۹].

در این بین آنچه که در مطالعات و پژوهش‌های پیشین دیده می‌شود نمود مکانی این شاخص‌ها عمدتا ارزیابی نگردیده و جنبه مکانی پژوهش‌ها به‌صورت کلی بیان شده است. نوآوری این پژوهش در این است که به دنبال پیاده‌سازی شاخص‌های ارزیابی انتخاب محل مناسب و مکان‌گزینی دستگاه‌های کیفیت‌سنج آب برای مدیریت کیفیت آب شرب شهر تهران می‌باشد. علاوه‌بر این، این پژوهش در مقیاس وسیعی همچون شهر تهران به‌صورت موزاییکی و پیوسته صورت پذیرفته که جنبه نوآوری به خود گرفته است.

۳- مبانی نظری پژوهش

۳-۱- تاسیسات آب‌رسانی شهری

تاسیسات شبکه آب‌رسانی شهری به دو بخش شبکه جمع‌آوری و نگهداری و شبکه توزیع تقسیم می‌گردد. شبکه جمع‌آوری شامل کانال‌ها رودخانه‌ها، سدها و تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد. شبکه توزیع آب‌رسانی نیز شامل مخازن، پمپ‌ها و لوله‌ها و اتصالات می‌باشد. شبکه جمع‌آوری و شبکه توزیع به صورت متوالی به دنبال تامین آب مصرف‌کنندگان می‌باشد [۱۰]. انواع شبکه‌های توزیع آب به دو دسته کلی زیر قابل تقسیم می‌باشد:

الف- نحوه لوله‌گذاری

در این تقسیم‌بندی شبکه توزیع به سه دسته شاخه‌ای، حلقوی و مختلط تفکیک می‌شود.

ب) تقسیم‌بندی شبکه توزیع از نظر سیستم تأمین‌فشار:

جهت ایجاد جریان در یک شبکه توزیع و تأمین فشار لازم همواره سعی بر این است که از نیروی ثقل استفاده شود.

شبکه‌های ثقلی با توجه به سادگی طرح آن‌ها، در زمان بهره برداری از اطمینان بیشتری برخوردار می‌باشند. در صورتی که به دلایل گوناگون ایجاد شبکه ثقلی امکان‌پذیر نباشد، فشار لازم در شبکه توزیع آب توسط ایستگاه‌های پمپاژ تأمین می‌گردد.

در هر حال شبکه‌های توزیع از نظر تأمین فشار به انواع پمپاژ- ثقلی، پمپاژ مستقیم و پمپاژ مرکب تقسیم‌بندی می‌شود. استفاده از سیستم پمپاژ مستقیم با معایب زیادی همراه است. لذا در اغلب موارد جهت ایجاد یک سیستم مطمئن‌تر از مخازن مابین محل مصرف و ایستگاه پمپاژ استفاده می‌گردد، که مخزن تعبیه‌شده وظیفه کنترل فشار کار پمپ‌ها را عهده‌دار است. در این حالت پمپ‌ها برای حداکثر مصرف روزانه طراحی می‌شوند [۱۱].

۳-۲- مهندسی پدافند غیرعامل در تأسیسات آب‌رسانی شهری

مهندسی پدافند غیرعامل در تاسیسات آب‌رسانی شهری در وهله اول به دنبال کاهش خسارت‌ها و پیش‌گیری از بحران‌ها و خسارات ناشی از تهاجم و تخریب در شبکه آب‌رسانی شهری می‌باشد. علاوه‌بر این با توجه به این‌که آب و توزیع آب در عمده بحران‌ها و تهاجمات به‌عنوان عامل تسکین و آرام‌سازی بحران محسوب می‌شود، یکی از ابعاد پدافند غیرعامل شهری در پدافند غیرعامل شبکه توزیع آب شهری می‌باشد. در زمینه پدافند غیرعامل در شبکه توزیع آب شهری دو نوع بحران و تولید بحران در زمینه آب وجود دارد که شامل بحران‌های کمی و کیفی می‌باشد بحران‌های کمی شبکه آب‌رسانی شامل موارد ذیل می‌باشد:

کمبود آب و کاهش میزان دسترسی به آب منجر به بحران‌های متعدد می‌گردد. اثرات بحران آب در بخش‌های مختلف شامل موارد زیر می‌باشد:

کمبود آب شهری: نارضایتی، بیماری‌های جسمی و کاهش شرایط زیستی

کمبود آب بهداشتی: بیماری‌های فراگیر، فاجعه انسانی و کاهش شرایط زیستی

کمبود آب کشاورزی: کاهش اشتغال، کاهش درآمد، تخریب باغات و کاهش مواد غذایی

کمبود آب صنعتی: کاهش یا توقف تولیدات صنایع

کمبود آب زیست محیطی: تخریب جنگل‌ها و مرگ و میر حیوانات و کاهش شرایط زیستی [۷ و ۱۲]

تهدیدات شبکه آب‌رسانی شهری

با توجه به ویژگی‌های شبکه آب‌رسانی شهری، هر یک از این اجزاء یا کلیت شبکه در معرض تهدیدات قرار دارد. این تهدیدات ممکن است از منظر مصرف آب یا از نظر تامین آب باشد. این‌گونه تهدیدات از جمله تهدیدات سخت بوده که صرفا نارضایتی و ناآرامی مقطعی را به‌وجود می‌آورد. اما این تهدیدات ممکن است در جهت آلودگی آب و تروریسم بر اساس تزریق سم و ترور بیولوژیک صورت پذیرد. انواع بحران آب از نظر کیفیت منابع آب شامل بحران‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی می‌باشد. بحران‌های ناشی از آلودگی آب ممکن است در اثر حوادث دیگر طبیعی و غیر طبیعی مانند زلزله سیل جنگ تروریسم و بهره‌برداری نامناسب به‌وجود بیاید [۱۶].

سناریوهای مختلف تهدید در انواع بحران‌های کیفی شبکه آب‌رسانی شهری اهمیت داشته و عمده این سناریوها مبتنی‌بر مکان قابل تقسیم می‌باشد. از این حیث شاخص‌های مکان‌محور و معرف مکان از اولین گام‌های شناخت این سناریوها به شمار می‌رود.

۳-۳- عوامل و شاخص‌های مکانی موثر بر پدافند غیرعامل تاسیسات آب‌رسانی شهری

مطابق با آنچه که در شکل (۱) آمده است، اساس کار بحران‌های مکانی آب در شهرها بر دو نوع می‌باشد:

بحران‌ها و هزینه‌هایی که بر شبکه آب‌رسانی تحمیل می‌شود، از قبیل هدررفت آب، خرابی تأسیسات، از بین رفتن قطعات (لوله، شیر، هدایت‌کننده‌ها و ...) [۱۳].

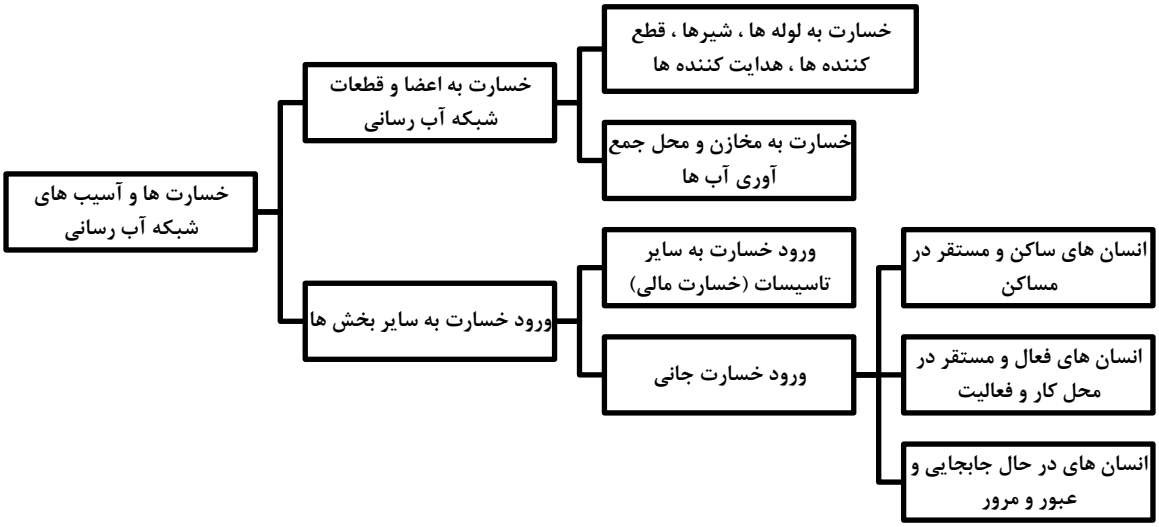
این بحران‌ها علاوه بر آسیب و خساراتی که به شبکه آب‌رسانی وارد می‌کند، بحران‌هایی در سایر شئون زندگی شهری به‌وجود می‌آورد. این آسیب‌ها خسارات زیادی را به سایر تأسیسات و به خصوص جان انسان‌ها وارد می‌آورد [۱۴].

با توجه به شکل (۱)، در این بین امروزه وقوع خسارت‌های ناشی از آسیب‌های طبیعی و غیرطبیعی با جنگ‌های نسل پنجم و ششم تلفیق شده و مدلی از جنگ نرم و سخت را تدارک دیده است. به نحوی که آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی و خوراک جنگ روانی و رسانه‌ای را نیز به وجود آورده و سناریوهای همسو و نیمه فعال را به سناریوهای فعال تبدیل می‌کند. بدین ترتیب در نتیجه وقوع بلایای طبیعی و انسانی، یک بحران اجتماعی و سیاسی رخ می‌دهد.

سیستم انتقال و توزیع آب به‌علت گستردگی زیاد آسیب‌پذیرترین بخش در مقابل حملات شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. بررسی حالات محتمل آلودگی در این سیستم‌ها به تعیین نحوه واکنش مناسب در برابر آلودگی، شناخت نقاط حساس و طراحی سیستم، پایش و جانمایی حسگرها کمک شایانی می‌کند [۱۳]. مهمترین روش‌های آلوده شدن یک سیستم تامین آب عبارت‌اند از:

- ورود آلودگی به منابع آب مانند نشت فاضلاب یا مواد نفتی به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی

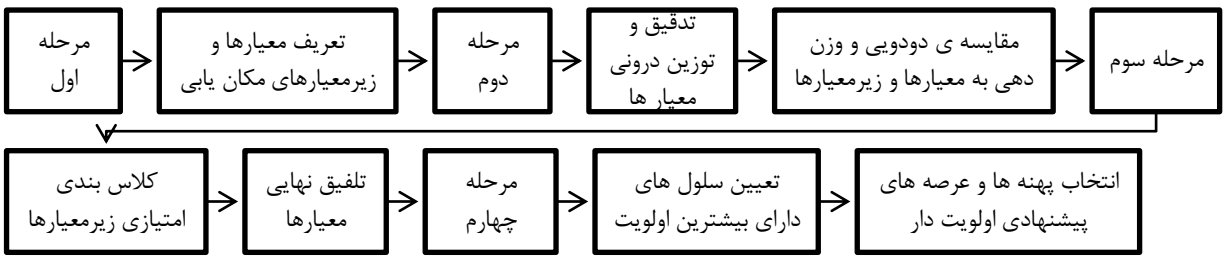
- تزریق آلاینده‌ها به مخازن و لوله‌های انتقال آب
- شکستگی لوله‌ها در اثر فرسودگی یا عملیات ساخت و ساز و ورود آب‌های آلوده به شبکه
- در مواقعی که فشارآب در شبکه توزیع کم باشد، تأمین آب مورد نیاز آتش نشانی از شبکه توزیع می‌تواند منجر به مکش آب‌های آلوده از خاک محیطی اطراف لوله‌های دارای نشت به درون شبکه شود [۱۳].



شکل (۱): انواع خسارت‌ها به شبکه آبرسانی شهری، تنظیم براساس [۱، ۲، ۶، ۱۳ و ۱۵]

۴- مکان‌یابی محل کیفیت‌سنجی شبکه آب‌رسانی شهری

با توجه به آنچه مطرح گردید، اولین گام در استقرار سامانه کیفیت‌سنجی آب شرب شهری مکان‌یابی این استقرار می‌باشد. شیوه این مکان‌یابی و مراحل اجرایی تحلیل در تحقیق پیش‌رو به شرح شکل (۲) می‌باشد.



شکل (۲): نمایش کلی روش اجرای تحلیل

۴-۱- مرحله اول

۴-۱-۱- تعریف معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی

با توجه به مباحث مطرح شده، و تبدیل بحران‌های فنی شبکه آب‌رسانی شهری به بحران‌های شهری و ملی، می‌توان نمود بیرونی بحران‌های شبکه آب‌رسانی در شهر و شاخص‌های تشدیدکننده آن را مطابق نمودار ذیل تقسیم‌بندی نمود (شکل ۳). انواع خسارت‌هایی که شبکه آب‌رسانی شهری ممکن است در شهرها به‌وجود بیاورد، در شکل (۳) تقسیم‌بندی شده است.

شکل (۳): عوامل موثر بر آسیب‌های شبکه آب‌رسانی شهری از نظر ویژگی‌های مکانی. تنظیم براساس [۱، ۲، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸و ۲۲]

باتوجه به آنچه بیان گردید، معیارهای این پژوهش مطابق با جدول (۱) زیر می‌باشد.

جدول (۱): شاخص‌ها و عوامل موثر بر تحلیل پهنه‌ها از نظر خسارت پدافند غیرعامل تأسیسات آب‌شهری

عوامل	معیارها	زیرمعیارها	امتیازبندی
انسان‌های فعال و مستقر در محل کار و فعالیت	جمعیت پهنه‌ها و نقاط جمعیتی با کاربری‌های مخصوص کار و فعالیت [۶]و[۷]و[۸]و[۱۳]و[۱۵]و[۲۵]و[۲۹]	کاربری کارو فعالیت منطقه‌ای و کاربری‌های حساس	پهنه‌های کار و فعالیت منطقه‌ای و منطقه مجاور به فاصله ۵۰ تا ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن
		کاربری خدمات شهری	فاصله تا کاربری خدماتی به میزان ۵۰ متر فاصله تا کاربری خدماتی به میزان ۲۵۰ فاصله تا کاربری خدماتی از ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا کاربری خدماتی از ۷۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا کاربری خدماتی بیشتر از ۷۵۰ متر
		فضای سبز	کاربری های فضای سبز مانع گسترش بحران بوده و نزدیکی به آن سبب کاهش بحران می‌شود. فاصله بیش‌تر از ۱۰۰ متر تا فضای سبز فاصله بین ۵۰-۱۰۰ متر تا فضای سبز فاصله کم‌تر از ۵۰ متر تا فضای سبز
انسان‌های در حال جابجایی و عبور و مرور	جمعیت، امداد و نجات (مترو بزرگراه شریانی اصلی) [۱]و[۲]و[۶]و[۷]و[۱۰]و[۱۴]و[۱۶]و[۲۰]و	نزدیکی به خطوط مترو	فاصله تا خطوط مترو کمتر از ۱۰۰ متر فاصله تا خطوط مترو بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا خطوط مترو ۵۰۰ تا۱۰۰۰ متر فاصله تا خطوط مترو بین ۱۰۰۰ تا۲۰۰۰ متر فاصله بیشتر از ۲۰۰۰ متر تا خطوط مترو

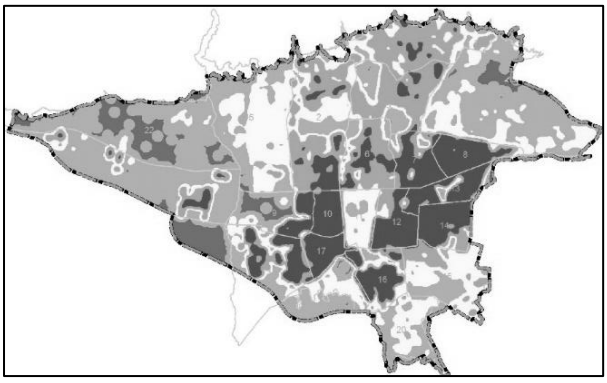
		نزدیکی به شبکه بزرگراهی	فاصله تا معبر به میزان ۵۰ متر فاصله تا معبر به میزان ۲۵۰ فاصله تا معبر از ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا معبر از ۷۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا معبر بیشتر از ۷۵۰ متر
		نزدیکی به شبکه ریلی	فاصله تا ریل به میزان ۵۰ متر فاصله تا ریل به میزان ۲۵۰ فاصله تا ریل از ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا ریل از ۷۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا ریل بیشتر از ۷۵۰ متر
		نزدیکی به شبکه شریانی درجه یک و دو	فاصله تا معبر به میزان ۵۰ متر فاصله تا معبر به میزان ۲۵۰ فاصله تا معبر از ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا معبر از ۷۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا معبر بیشتر از ۷۵۰ متر
		نزدیکی به ایستگاه‌های مترو	فاصله تا ایستگاه‌های مترو کمتر از ۱۰۰ متر فاصله تا ایستگاه‌های مترو بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا ایستگاه‌های مترو ۵۰۰ تا۱۰۰۰متر فاصله تا ایستگاه‌های مترو بین ۱۰۰۰ تا۲۰۰۰متر فاصله بیشتر از ۲۰۰۰متر تا ایستگاه های مترو
خسارت به لوله ها ، شیرها ، قطع کننده‌ها ،هدایت کننده‌ها	محل تجمع و تراکم لوله‌ها و هدایت کننده‌ها ، [۲]و[۶]و[۹]و[۱۲]و[۲۱]و[۲۲]و[۲۴]	سطح سرویس مناطق و خازن	مساحت سطح سرویس مناطق تصفیه خانه نسبت به پلاک‌ها
		خطوط انتقال آب اصلی	فاصله تا خطوط انتقال به میزان ۵۰ متر فاصله تا خطوط انتقال به میزان ۲۵۰ فاصله تا خطوط انتقال از ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا خطوط انتقال از ۷۵۰ تا ۵۰۰ متر فاصله تا خطوط انتقال بیشتر از ۷۵۰ متر
		خطوط توزیع	فاصله تا خطوط توزیع به میزان ۵ متر فاصله تا خطوط توزیع به میزان ۲۵ فاصله تا خطوط توزیع از۲۵ تا۵۰ متر فاصله تا خطوط توزیع از۷۵ تا۵۰ متر فاصله تا خطوط توزیع بیشتر از ۷۵ متر
		همجواری با کنتاکت تانک	فاصله تا کنتاکت تانک به میزان ۵۰ متر فاصله تا کنتاکت تانک به میزان ۲۵۰ فاصله تا کنتاکت تانک از۲۵۰تا۵۰۰ متر فاصله تا کنتاکت تانک از۷۵۰تا۵۰۰ متر فاصله تا کنتاکت تانک بیشتر از ۷۵۰ متر
خسارت به مخازن و محل جمع‌آوری آب‌ها	مخازن و منابع آب (مخازن هوای، زمینی، تعدیل کننده‌های آب) [۶]و [۱] و [۲] و [۹] و [۱۲]و[۱۳]و[۱۶]و[۱۷]و[۲۱]و[۲۵]و[۲۶]	همجواری با تصفیه خانه‌ها	فاصله تا تصفیه‌خانه به میزان ۵۰۰ متر فاصله تا تصفیه‌خانه به میزان ۲۵۰۰ فاصله تا تصفیه‌خانه از۲۵۰۰تا۵۰۰۰ متر فاصله تا تصفیه‌خانه از۷۵۰۰تا۵۰۰۰ متر فاصله تا تصفیه‌خانه بیشتر از ۷۵۰۰ متر
		همجواری با مخزن زمینی	فاصله تا مخزن به میزان ۵۰ متر فاصله تا مخزن به میزان ۲۵۰ فاصله تا مخزن از۲۵۰تا۵۰۰ متر فاصله تا مخزن از۷۵۰تا۵۰۰ متر فاصله تا مخزن بیشتر از ۷۵۰ متر

		همجواری با تلمبه خانه	فاصله تا تلمبه‌خانه به میزان ۵۰۰ متر فاصله تا تلمبه‌خانه به میزان ۲۵۰۰ فاصله تا تلمبه‌خانه از ۲۵۰۰تا ۵۰۰۰ متر فاصله تا تلمبه‌خانه از ۷۵۰۰تا ۵۰۰۰ متر فاصله تا تلمبه‌خانه بیشتر از ۷۵۰۰ متر
		همجواری با مخزن هوایی	فاصله تا مخزن هوایی به میزان ۵۰ متر فاصله تا مخزن هوایی به میزان ۲۵۰ فاصله تا مخزن هوایی از ۲۵۰تا ۵۰۰ متر فاصله تا مخزن هوایی از ۷۵۰تا ۵۰۰ متر فاصله تا مخزن هوایی بیشتر از ۷۵۰ متر
انسان‌های ساکن و مستقر در مساکن	جمعیت پهنه‌ها و نقاط جمعیتی با کاربری مسکونی [۱] و [۲] و [۴] و [۱۴] و [۱۹] و [۲۰] و [۲۱] و [۲۳]	توزیع و تراکم جمعیت	بیش از ۵۰۰ نفر در هکتار بین ۲۰۰-۵۰۰ نفر در هکتار بین ۱۰۰تا ۲۰۰ نفر در هکتار بین ۵۰ تا ۱۰۰ نفر در هکتار کمتر از ۵۰ نفر در هکتار فاقد جمعیت

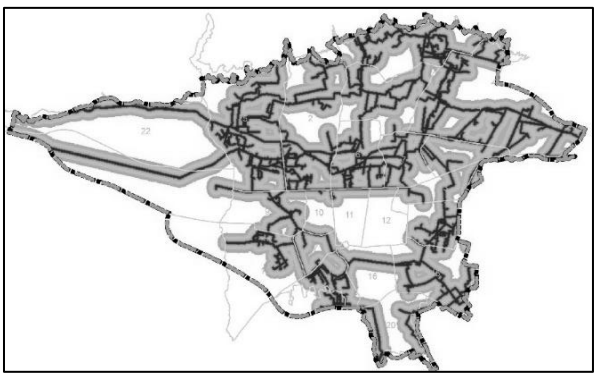
۴-۲- مرحله دوم

۴-۲-۱- تدقیق و توزین درونی معیارها

با توجه به آنچه گذشت، معیارهای پنج‌گانه مورد نظر را به تفکیک مورد بررسی و تدقیق قرار داده و برای هر یک ارزش‌گذاری لایه‌ای صورت می‌پذیرد. هر یک از این لایه‌ها تحلیل و در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰مطابق با شکل‌های (۱۹-۴) می‌باشند [۱۵].

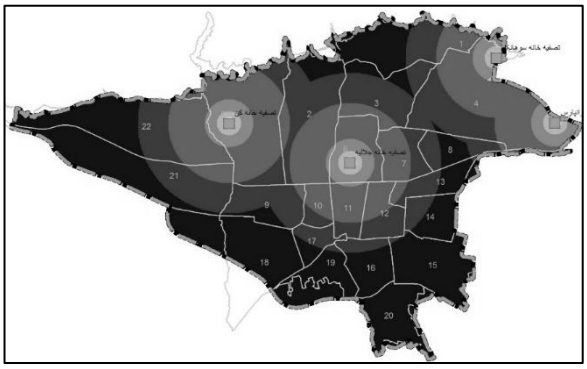


شکل (۴): تراکم پلاک در سطح سرویس مناطق و مخازن

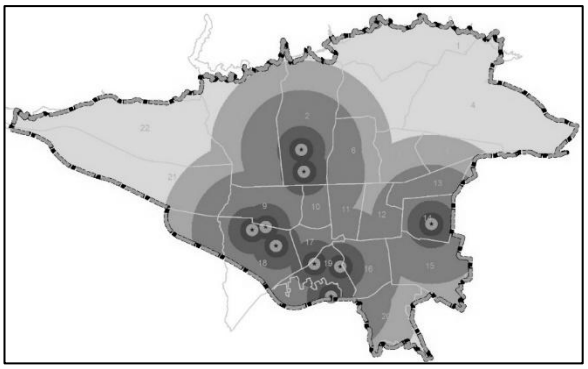


شکل (۵): تحلیل فاصله از خطوط اصلی انتقال آب

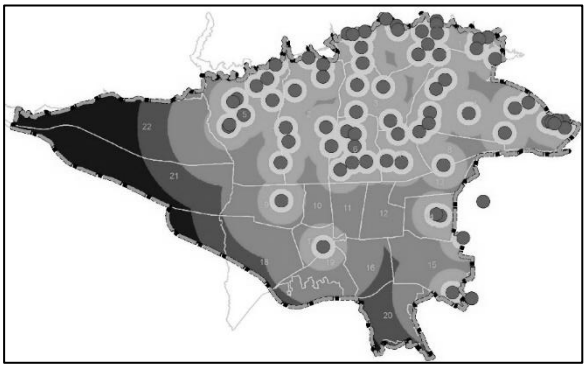
شکل (۶): تحلیل فاصله از تصفیه‌خانه



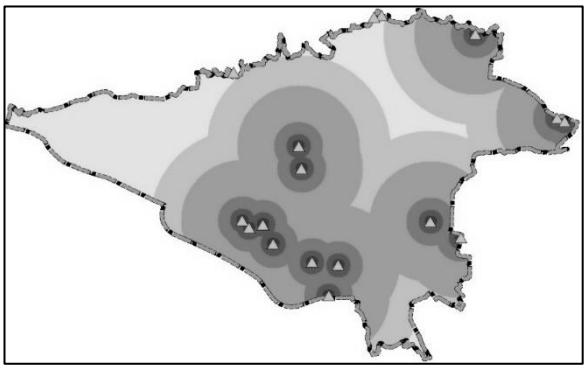
شکل (۷): تحلیل فاصله از تصفیه‌خانه



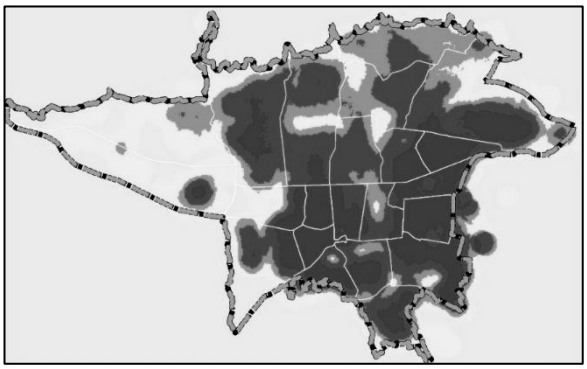
شکل (۸): تحلیل فاصله از پمپ‌های آب



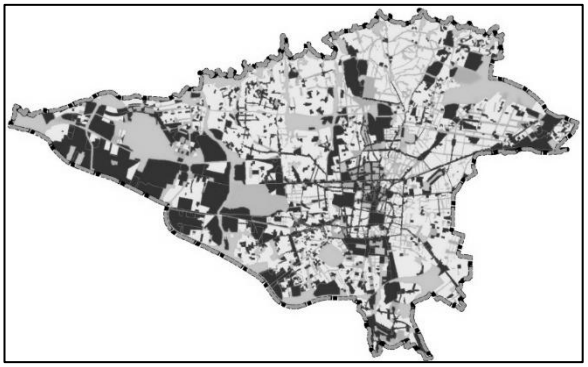
شکل (۹): تحلیل فاصله از مخازن ذخیره



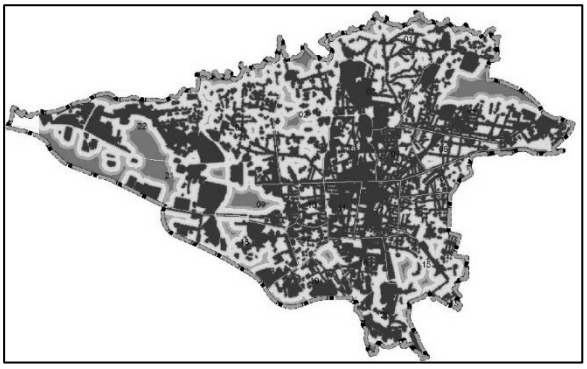
شکل (۱۰): تحلیل فاصله از مخازن هوایی



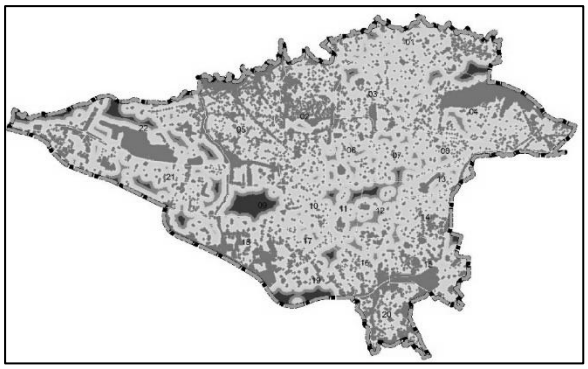
شکل (۱۱): تراکم جمعیتی شهر تهران



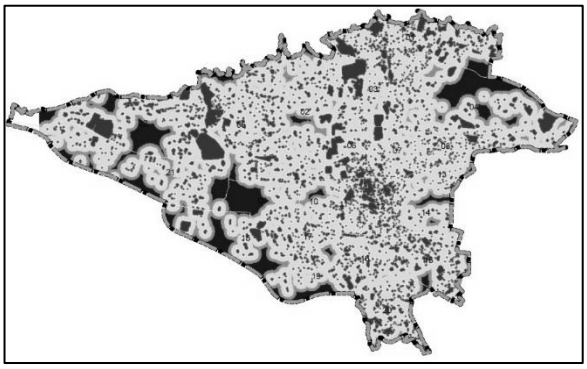
شکل (۱۲): تحلیل پهنه‌بندی شهر تهران



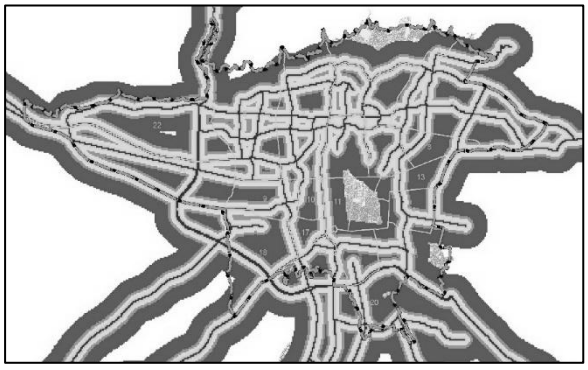
شکل (۱۳): تحلیل فاصله از عرصه‌های ویژه



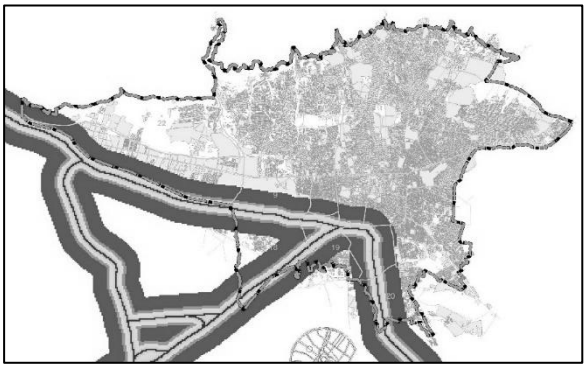
شکل (۱۴): تحلیل فاصله از فضای سبز



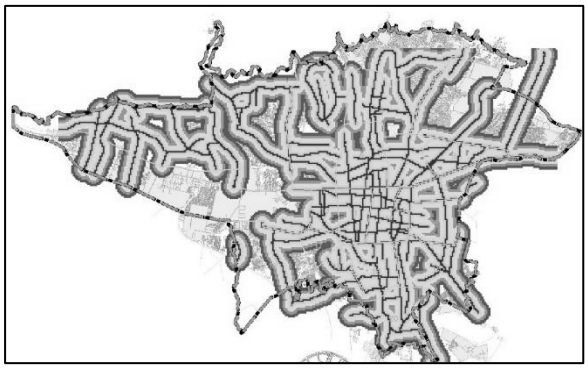
شکل (۱۵): تحلیل فاصله از پهنه‌های خدمات شهری



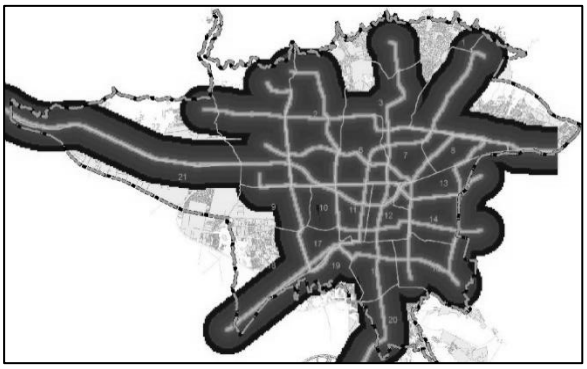
شکل (۱۶): تحلیل فاصله از شبکه بزرگراهی



شکل (۱۷): تحلیل فاصله از شبکه خطوط ریلی



شکل (۱۸): تحلیل فاصله از شبکه شریانی درجه یک و دو



شکل (۱۹): تحلیل فاصله از شبکه خطوط مترو

۴-۲-۲- مقایسه دودویی و وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها

پس از تدوین معیارها و عوامل، برای تحلیل وضعیت شاخص‌های مورد ارزیابی، رعایت یک گام ضروی است. تمام این معیارها در یک درجه قرار نداشته و باید تفاوت معیارها و زیر معیارها از طریق اعمال وزن برای هریک مشخص شود. همانطور که در ابتدای این پژوهش آمده است، مدل مورد استفاده در وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها، مدل سلسله مراتبی AHP می‌باشد. ابتدا به مقایسه دودویی معیارهای اصلی پرداخته و در نهایت زیرمعیارهای هر دسته نیز باهم مقایسه شده و وزن نهایی هر زیرمعیار از ضرب وزن معیار اصلی در زیر معیار به‌دست می‌آید.

مقایسه دودویی معیارها و زیرمعیارها با مشورت ۳۰ نفر از دانشجویان مقطع ارشد و دکتری رشته‌های شهرسازی، پدافند غیرعامل، آب و حرفه‌مندان این رشته‌ها در طیف ۹ کمیتی ساعتی به‌دست آمده است. با توجه به معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده مقایسه دودویی هریک و فرمی که به هریک از مصاحبه‌شوندگان داده شده است، سپس با توجه به جدول مقایسه دودویی (۲) معیارهای اصلی پژوهش، در ادامه ارائه شده است. همچنین ضریب سازگاری نیز برای این روش مورد استفاده قرار گرفته تا تدقیق بیشتری در روش صورت گیرد [۲۱ و ۲۵].

جدول (۲): مقایسه دودویی معیارها و ضرایب اهمیت و امتیاز استاندارد شده با روش AHP در معیارهای اصلی

ماتریس	فعالیت	جمعیت	شبکه توزیع	دسترسی	مخزن	مخزن وزن معیارها	امتیاز استاندارد شده
فعالیت	۱	۰/۱۴	۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵۵	۰/۰۸
جمعیت	۷	۱	۷	۵	۱	۳	۰/۴۳
شبکه توزیع	۰/۳۳	۰/۱۴	۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲۹	۰/۰۴
دسترسی	۳	۰/۲	۵	۱	۰/۳۳	۱	۰/۱۴
مخزن	۳	۱	۵	۳	۱	۲/۱۴	۰/۳۱

باتوجه جدول (۲)، می‌توان چنین اولویتی را برای معیارهای اصلی مکان‌یابی قائل شد، بدین‌صورت که از بیشترین تا کم‌اهمیت‌ترین معیارها عبارتند از: جمعیت، مخازن، دسترسی، فعالیت و شبکه توزیع.

پس از محاسبات انجام‌شده مربوط به معیارها، باید گزینه‌ها دو به دو با هم مقایسه شوند. در این پژوهش باتوجه به این‌که گزینه انتخابی محدود وجود ندارد، کل پژوهش در همه پهنه شهر تهران صورت می‌پذیرد. این ضرایب در جمع‌بندی و تلفیق لایه‌ها به کار برده می‌شود. لازم به ذکر است که برای کلیه‌ی ماتریس‌های مقایسه دودویی، سازگاری قضاوت‌ها انجام شده است، و در تمامی قضاوت‌ها مقدار CR کمتر از ۰/۱ می‌باشد.

۴-۳- مرحله سوم

۴-۳-۱- کلاس‌بندی امتیازی زیرمعیارها

با توجه به تعریف ۵ معیار، هفده زیرمعیار و در حدود یک صد لایه مورد بررسی و مشارکت داده شد. این لایه‌ها پس از تعریف و ارزش‌گذاری با یکدیگر تلفیق داده شد. همه‌ی این لایه‌ها در نرم‌افزار Arc GIS بااستفاده از منطق بولین و روی‌هم گذاری لایه‌ها، این تلفیق صورت پذیرفته است. همچنین در نرم‌افزار مربوطه، محدوده شهر تهران به‌عنوان محدوده مورد مطالعه به‌عنوان MASK اطلاعات تعریف شده و همه‌ی لایه‌ها باتوجه به حجم اطلاعات در سلول‌های ۵۰ متر در[1] ۵۰ متر مورد تحلیل قرار گرفته است.

ابتدا درون هر عامل، معیارهای مورد بررسی تلفیق قرار گرفته است. بدین‌شکل که لایه‌های موردنظر روی‌هم گذاری شده و شاخص را تشکیل داده و شاخص‌های مورد نظر هم پس از کلاس‌بندی ده‌گانه[2] روی‌هم گذاری‌شده تا امتیاز هر عامل به‌دست آید.

در این قسمت میانگین امتیاز همه زیرمعیارهای یک معیار، برای هر سلول مورد محاسبه قرار گرفته و به‌عنوان امتیاز نهایی آن سلول برای آن عامل در نظر گرفته می‌شود. این عمل توسط دستور cell statistic انجام پذیرفته است. همان‌گونه که امتیازبندی همه شاخص‌ها بین یک تا ده صورت گرفته است، امتیاز عوامل نیز از یک تا ده خواهد بود.

۴-۳-۲- تلفیق نهایی معیارها

مطابق با شیوه روی‌هم گذاری شاخص‌های درون هر عامل، این بار عوامل با یکدیگر تلفیق شده و داده‌های آن روی‌هم گذاری می‌گردد. با توجه به زمان محدود، وزن‌دهی به عوامل صورت نپذیرفته و وزن همه عوامل، یک در نظر گرفته شده است. این روی‌هم گذاری‌ها به دو روش صورت پذیرفته است. در روش اول امتیاز عوامل جمع گردیده شده است. در روش دیگر امتیاز سلول‌ها در هم ضرب شده است.

طبق جداول مقایسه دودویی ضریب هر یک از معیارها و زیرمعیارها تعیین و در امتیاز هر یک از سلول‌ها ضرب می‌شود. این عمل در دستور RASTER CALCULATOR فرمول نویسی می‌گردد.

۴-۴- مرحله چهارم

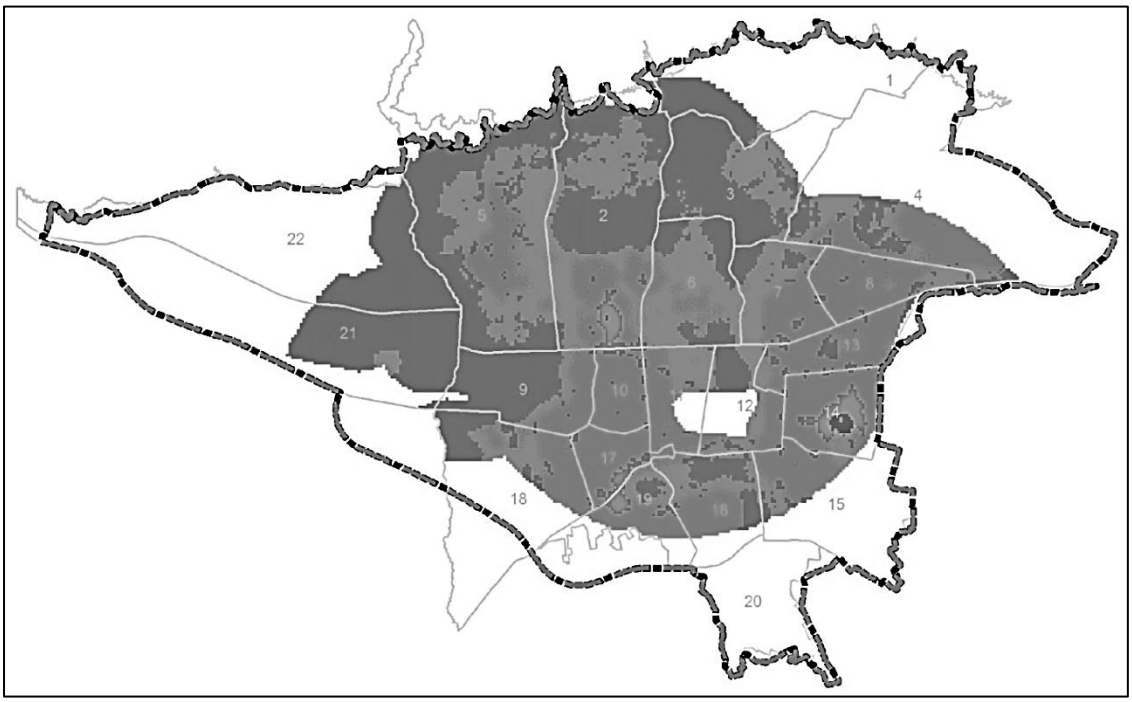
۴-۴-۱- تعیین سلول‌های دارای بیشترین اولویت

با توجه به تلفیق و روی‌هم گذاری عوامل، سلول‌ها امتیازبندی شده و بر اساس امتیاز از بیشتر به کمتر مرتب شده‌اند. پس ازآن امتیاز نهایی سلول‌ها دسته‌بندی گردیده‌اند. این دسته‌بندی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ پنج کلاس بسیار بحرانی، بحرانی، اولویت‌دار، نسبتا اولویت‌دار و اولویت کم مطابق شکل (۲۰) صورت پذیرفته است. این دسته‌بندی باتوجه به تعداد سلول‌ها صورت گرفته است، و هر دسته اولویت و بهینه بودن مکان‌ها را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که پس از انتخاب سلول‌های بهینه و معرفی آن، به خاطر امکان بروز خطا در برداشت اطلاعات و یا تغییرات آنی احتمالی در پهنه‌ها و هم‌چنین وسعت بسیار زیاد محدوده، سلول‌های انتخاب شده بایستی بازدید محلی (Local Observe) گردیده تا صحت اطلاعات و وضعیت محلی آن بررسی و تطبیق داده شود. اما به دلیل فرصت محدود، این کار به پژوهش‌های آتی موکول می‌گردد.

۱- این انتخاب ابعاد سلول‌های مورد تحلیل یکی از جهت حجم و توان تحلیل نرم‌افزار و از جهت دیگر باتوجه به اینکه مکان مورد نیاز حداقل یک هکتار می‌باشد، صورت گرفته است.

۲- باتوجه به این‌که جنس و نوع لایه‌ها متفاوت است، هر لایه بنابر آنچه در مبانی نظری مورد اشاره قرار گرفت، در سطوح مناسب، نسبتا مناسب و نامناسب ارزش‌گذاری شده و این ارزش‌گذاری در کلاس های ده‌گانه RECLASSIFY شده است. بدین صورت همه لایه‌ها یکسان‌سازی خواهند شد. و روی‌هم‌گذاری لایه‌ها و شاخص‌ها و عامل‌ها با ارزش‌های یک نوع صورت خواهد پذیرفت.



شکل (۲۰): پهنه‌بندی و مکان‌های دارای اولویت استقرار سامانه کیفیت‌سنج آب شهری

۴-۴-۲- انتخاب پهنه‌ها و عرصه‌های پیشنهادی اولویت‌دار

با توجه به پهنه‌های شناسایی‌شده در تلفیق لایه‌ها، پهنه‌های دارای اولویت نخست برگزیده و احصاء می‌گردد. سه نمونه از پهنه‌های مکان‌های دقیق این پهنه‌ها در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ به شرح شکل‌های (۲۳-۲۱) می‌باشد.

شکل (۲۱): پهنه‌های منتخب اولویت نخست استقرار سامانه کیفیت‌سنج آب- الف

شکل (۲۲): پهنه‌های منتخب اولویت نخست استقرار سامانه کیفیت‌سنج آب - ب

شکل (۲۳): پهنه‌های منتخب اولویت نخست استقرار سامانه کیفیت‌سنج آب - ج

۵- نتیجه‌گیری

مهندسی پدافند در شبکه آب‌رسانی شهری جنبه‌های مختلف آسیب‌پذیری شبکه جمع‌آوری و توزیع آب‌رسانی را متوجه خود می‌بیند. این شبکه شامل مخازن، لوله‌ها و اتصالات شبکه از محل جمع‌آوری تا محل توزیع می‌باشد. تهدیدات شبکه آب‌رسانی شهری شامل بحران‌های کمی و کیفی می‌باشد. بحران‌های کیفی از جمله ترورهای بیولوژیک و حملات شیمیایی می‌باشد. اولین راه مقابله با این تهدیدات محل‌های هدف این تهدیدات می‌باشد. این تهدیدات به اعضا و قطعات شبکه آب‌رسانی از جمله لوله‌ها و شیرهای قطع و هدایت کننده‌ها، خسارت‌های مالی و خسارت‌های جانی تهدیدکننده انسان می‌باشد. این تهدیدات انسانی خود را در عرصه‌های سکونت، کارو فعالیت، تردد و حرکت نشان می‌دهد. در این پژوهش بر اساس شاخص‌های مدنظر، ابتدا عرصه‌های مورد تهدید مکان‌یابی شده و بر اساس این شاخص‌ها با استفاده از تحلیل دودوییAHP این زیرمعیارها وزن‌دهی شده و معیارهای اصلی احصاء گردیده است. این ۱۷ زیرمعیار تبدیل به ۵ معیار اصلی گردیده و با استفاده از GIS، پهنه‌های شهر تهران ارزش‌گذاری شد. بر اساس این معیارها و وزن هریک، پهنه‌های شهر تهران ارزش‌گذاری شده و اولویت‌بندی می‌گردد.

با توجه به آنچه که در این پژوهش به آن اشاره شد، مکان‌هایی که دارای اولویت اول تا چهارم شناسایی شده‌است نیازمند کنترل بیشتر کیفیت آب بوده و دستگاه‌های کنترل کیفیت آب می‌بایستی در آن مکان‌ها نصب گردد. نصب دستگاه‌های کنترل میزان کلر موجود در آب، شناسایی انواع آلودگی‌ها و تغییر رنگ آب می‌تواند در این مکان‌ها تعبیه گردد و به محض شناسایی موارد بحرانی، به مرکز مدیریت و پدافند غیر عامل هشدار ارسال نماید.

نظارت و کنترل بر کیفیت آب شهر تهران از منظر پدافند غیرعامل می‌بایستی در همه پهنه‌ها وجود داشته باشد. لیکن این نظارت و کنترل نیازمند اولویت‌بندی در این زمینه‌ها بوده و مکان‌های با اولویت نخست می‌بایستی در اولویت کاری قرار گیرد.

همچنین این‌که در این پهنه‌ها می‌بایستی مخازن حفاظت ویژه و حساسه‌های آنلاین گزارش‌دهی نصب گردد. هرگونه حملات خرابکارانه و تهدید این لوله‌ها و مخازن، بیشترین تأثیر را در زندگی مردم شهر تهران دارد.

محدوده‌هایی که به صورت اولویت اول تا ششم معرفی گردیده است به صورت پایلوت می‌تواند محل نصب این حساسه‌ها باشد. با توجه به عوامل اصلی در نظر گرفته‌شده مثل جمعیت ساکن، جمعیت در حال تردد و جمعیت در حال فعالیت، این محل‌ها انتخاب شده است. این پهنه‌ها شامل محدوده خیابان ستارخان- حبیب الله، میدان امام حسین، خیابان آزادی- یادگار امام، خیابان آزادی- توحید، بزرگراه سعیدی- فتح، خیابان قیام، رسالت- استادحسن بنا می‌باشد.

۶- منابع

۱. موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، دستورالعمل ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی تصفیه‌خانه‌ها، مخازن آب زیرزمینی، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آب، ۱۳۹۳.

۲. شرکت آب و فاضلاب بروجرد، مطالعات طرح پدافند غیرعامل تأسیسات آب و فاضلاب شهر بروجرد، ۱۳۸۸.

۳. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهیه و تنظیم ضوابط بودجه‌ریزی حوزه مدیریت بحران پدافند غیرعامل آب و فاضلاب شهری،۱۳۹۳.

۴. کریم‌زادگان، رضا، باقری، حسین، آمادگی پدافند غیرعامل در تاسیسات آب شهری در مواجهه با تقاضای آب در شرایط بحرانی، کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

۵. حاجی ابراهیم زرگر، اکبر، مسگری هوشیار، سارا، پدافند غیرعامل در معماری، راه‌کاری جهت کاهش خطرپذیری در برابر سوانح، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی، ۱۳۸۶.

۶. خدابخش، محسن، دهقان نیری، محمود، امامیان، امیرحسین، شناسایی و رتبه بندی عوامل تاب‌آوری زنجیره تامین در شرایط بحرانی با رویکرد پدافند غیرعامل، فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، شماره۳۳، صص. ۳۶-۲۵ ،۱۳۹۷.

۷. شکیبامنش، امیر، ملاحظات پدافند غیرعامل در تاسیسات زیربنایی شهری، کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

۸. انجم‌روز، سیدبشارت، قریشوندی، اسد، ارائه مدل SBAGH براساس تئوری واردن در مهندسی پدافند غیرعامل تاسیسات آب‌رسانی، کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، ۱۳۹۴.

۹. شهریاری، مهرداد. حدادی، حبیب الله، اثرات استقرار سامانه‌های پدافند غیرعامل در تأسیسات آب و فاضلاب با رویکرد اثربخشی در مواقع بحران شهر بروجرد، کنفرانس بین المللی عمران و محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۹۴.

۱۰. بهزادفر، مصطفی، زیرساخت‌های شهری- آب‌رسانی و فاضلاب، انتشارات شهیدی، ۱۳۹۱.

۱۱. گروه مهندسی کویر، انواع شبکه توزیع آب، http://www.kavireng.ir/water

۱۲. اشرفی، مهدی، تهدید منابع آب با عوامل شیمیایی، فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، دانشگاه امام حسین(ع)، سال سوم شماره ۲، صص. ۵۶-۴۹، ۱۳۹۱.

۱۳. نظرپور، رضا، حیدری‌نیا، سعید، مرادپور، نبی، سنجش آسیب‌پذیری کالبدی اجتماعی شهر از منظر پدافند غیرعامل، فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، شماره۳۳، صص. ۹۰-۷۷، ۱۳۹۷.

۱۴. بوذری، سهیلا، زمین شناسی و کاربرد آن در پدافند غیرعامل، فصلنامه زمین، شماره ۲، ۱۳۸۸.

۱۵. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، گزارش نهایی طرح جامع تهران، وزارت مسکن و شهرسازی و شهرداری تهران، ۱۳۸۵.

16. J. Berry and P. H. Watson, "Sensor Placement in Municipal Water Work," Journal Water Resources Planning and Management, vol. 133, vol. 3, pp. 232-243, 2002.
17. R. F. Abler, "The National Science Foundation Center for Geographic Information and Analysis," International Journal of Geographic Information Systems, vol. 1, pp. 26-303, 1987.
18. I. Silverstein, "Overview of Event Detection Systems for water sentinel," Draft Version 1.0. U.S. Environmental Protection Agency Water Security Division, 2002.

۱۹. آل‌شیخ، علی‌اصغر، هلالی، حسین، طراحی و اجرای سیستم اطلاعات مکانی بر روی اینترنت برای شهر تهران، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک ۸۰، سازمان نقشه‌برداری کشور، صص. ۱۰۴-۹۸، ۱۳۸۰.

۲۰. خیرآبادی، احد، ستاره، علی اکبر، توکلی زاده، مژگان، مکان‌یابی با ملاحظات پدافند غیرعامل در GIS، همایش سامانه اطلاعات مکانی، ۱۳۸۸.

۲۱. سعیدی، علی، ایراندوست، علیرضا، ملاحظات پدافند غیرعامل در مکان‌یابی مراکز مذهبی با استفاده از روشAHP، فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، دانشگاه امام حسین(ع)، سال دوم، شماره ۴، صص. ۳۹-۵۱، ۱۳۹۰.

۲۲. سهامی، حبیب‌الله، آمایش و مکانیابی، دانشگاه مالک‌اشتر، ۱۳۸۶.

۲۳. فرج زاده، منوچهر، ارزیابی و مکان‌گزینی مراکز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS، فصلنامه مدرس، دوره هشتم، شماره ۱، ۱۳۸۲.

۲۴. فرزاد بهتاش، محمدرضا، آقابابایی، محمدتقی، مفاهیم پدافند غیرعامل در مدیریت شهری با تمرکز بر شهر تهران، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، تهران، ۱۳۹۰.

۲۵. قدسی‌پور، سید حسن، مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ سوم، ۱۳۸۱.

۲۶. مطیعی، همایون، کاربرد GIS در مهندسی سیلاب رودخانه‌های تهران، انتشارات سیاوش، ۱۳۸۳.

27. P. G. Jankowski, "Graphic information systems for Group Decision Making," Taylor &Francis, London, 2001.
28. H. Gimblett, "Geographic Information Systems and Agent-based Modeling Techniques," Oxford University Press, pp. 1-21, pp. 83-105, 2002.
29. H. Helali, "Design and Implementation of a Web GIS for the City of Tehran," Department of Geodesy and Geomatics Engineering K. N. Toosi University of Technology, Submitted thesis for degree of Master of Science, 2001.
30. C. D. Tomlin, "Geographic Information Systems and Cartographic Modeling," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.

Location of Risk Zones in Water Network Systems Quality Crisis With GIS, AHP Approach Case Study: Water Network Of Tehran

A. H. Abdollahzadeh[*], S. Shahriar

Abstract

Urban water distribution network is subject to quantitative and qualitative threats. Quality threats include chemical and biological threats. The crisis in quality of urban water network directly affects human life in three areas of residence, work and activity, and can turn a technological crisis into a social and political one. The first step in the passive defense engineering strategy of urban water supply network is identification of areas at risk; distinguishing places with high risk profiles and selecting appropriate locations for installing water quality controllers. This study spans these five general criteria: damages to pipes, valves, breakers, directors; damages to tanks and water reservoir locations; people living and settled in the local housing facilities; people active at the local workplace, commutating citizens and traffic. It consists of 17 sub-criteria such as levels of service of areas and reservoirs, the distance from water transmission and distribution lines, proximity to contact tanks, refineries, tank floors, pumping stations and air tanks, population distribution and density, sensitive applications, regional work and activities and municipal services, green space, proximity to subway, highway network, railway network, and a network of ways, metro stations and metro lines. The AHP binary method of comparison carried out by 30 researchers using GIS spatial analysis with combination of sub criteria Tehran zone is divided into five categories: super critical, critical, short-term priority, medium term priority and without priority. Finally, as well as analyzing Tehran completely, three zones are shown to be most risky.

Key Words: *water network systems, qualitative crisis, vulnerable region, GIS, AHP*

[*] Tarbiat Modares University- (miraje2015@gmail.com) - Writer-in-Charge