Archive of SID

فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۱۰، شمارهٔ پیاپی ۳۴، تابستان ۱۳۹۸
شاپای چاپی: ۶۷۳۵- ۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱- ۲۴۲۳
http://jzpm.miau.ac.ir

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب شهری در مقابل مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: منطقه یک آبفا شهر تهران)

رعنا نوروزی[۱]: کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی و ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
منیژه قهرودی تالی: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دریافت:۱۳۹۶/۱/۲۵ صص ۱۶۲- ۱۴۹ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۰

چکیده

مراکز شهری بعلت تراکم جمعیتی و به تناسب آن تراکم تأسیسات آبرسانی و گستردگی شبکه جمع‌آوری و دفع فاضلاب، برای مقابله با اثرات رویدادهای طبیعی خصوصاً سیل نیازمند مراقبت‌ها، مقاوم‌سازی‌ها و تمهیدات خاص خود می‌باشند. منطقه یک آبفا تهران شمالی‌ترین منطقه تهران به شمار می‌رود. این در حالیست که مهم‌ترین رودخانه‌هایی که سکونتگاه‌های شهر تهران و شریان‌های حیاتی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند و همواره یک عامل خطرساز از نظر سیلاب محسوب می‌شوند، رودخانه‌های شمال تهران می‌باشند، این رودخانه‌ها علی‌رغم میانگین دبی کم، از جریانات سیلابی نسبتاً بالایی برخوردار هستند که می‌تواند عامل ایجاد سیلاب‌های شدید در مناطق پایین‌دست گردند. روش تحقیق بر پایه روش توصیفی- تحلیلی و با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی صورت گرفت. در مراحل تحقیق، ابتدا زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقه تحقیق، تعریف شده و به روش AHP-FUZZY وزن دهی شدند و در نتیجه میزان تأثیر هرکدام برآسیب‌پذیری شاخص‌های موردنظر مشخص شده و با به کارگیری مدل TOPSISIS توزیع شدند. مدل‌سازی رواناب با استفاده از حداکثر بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی تهران می‌باشد که جهت برآورد ارتفاع رواناب گستره موردمطالعه از روش Arc CN-Runoff استفاده شد. نتایجی که در این پژوهش بدست آمد، روشن ساختند که منطقه یک تهران نسبت به چهارمنطقه دیگر آب و فاضلاب تهران با توجه به تجمع بالای تأسیسات با ارزش اقتصادی بالا (لوله فاضلاب و منهول)، تجمع بالای مراکز خطر (ایستگاه گاز و خطوط انتقال نیرو)، بافت فرسوده، شیب و تراکم جمعیت بالا، شرایط تأسیسات (از لحاظ قطر و عمق کارگزاری) مخصوصاً با توجه به اولویت شاخص هیدرولوژی و وجود چاه‌ها مخصوصاً مسیل‌های شمال تهران (درکه، دربند، ولنجک، مقصودبیک، جمشیدیه، دارآباد و لارک) که مانعی جهت جاگذاری تأسیسات به صورت مدفون و در عمق زیاد جهت محافظت و امنیت بیشتر می‌باشند و متغیرهای دیگر ریسک قابل‌توجهی دارد که هیچ‌گونه تمهیداتی برای دفع فاضلاب در شرایط بحرانی در کل منطقه یک آبفا حاصل نشده است و از این جهت زنگ خطری برای مسئولان و برنامه‌ریزان بلایای طبیعی است.

واژه‌های کلیدی: سیل، شبکه فاضلاب، منطقه یک آبفا، TOPSIS ، FUZZY_AHP.

[۱] . نویسنده مسئول: ra.norouzi@yahoo.com، ۰۹۳۹۳۹۲۵۷۳۷

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه:

شبکه جمع‌آوری فاضلاب، به دلایل امنیتی و محیط زیستی از مهم‌ترین شریان های حیاتی به شمار می‌آید. این شبکه به موجب پراکندگی و قرار گیری در سطح وسیعی از گستره زمین، در هنگام سیل در معرض آسیب های متعدد قرار می گیرند (رهگذر و همکاران،۱۳۹۳: ۱۲). مشکلات موجود در این شبکه‌ها زمانی بروز می‌کند که خطرات طبیعی و غیرطبیعی در سیستم رخ دهد و این شرایط با توجه به آسیب‌پذیر بودن سیستم می‌تواند خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراوانی را موجب شود. علل اهمیت شریان‌های حیاتی، سه ویژگی مهم شامل گستردگی زیاد، وابستگی عملکرد آن‌ها به یکدیگر و تشدید آسیب‌دیدگی به علت اثر متقابل آن‌ها با سازه‌های دیگر است (حسن نیا،۱۳۹۰: ۴۴) این در حالیست که عملکرد سازه‌های مدفون با سازه‌های غیرمدفون تحت سیل متفاوت است و بررسی آسیب پذیری سیل شبکه های جمع‌آوری فاضلاب به جهت حفظ بهداشت و نظافت عمومی از ملزومات همیشگی تأمین سلامت جامعه حتی پس از سیل‌ها و زلزله‌های مخرب است، آسیب پذیری شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت سیل، امکان آسیب های ثانویه ای همچون آلودگی محیط زیست و شیوع بیماری‌های عفونی ناشی از نشست و پس زدن فاضلاب از لوله‌ها و آدم روهای شبکه فاضلاب و تبدیل شدن آن به یک فاجعه زیست محیطی را فراهم کند (زارع و همکاران ،۲۰۱۰: ۳۴) به دلیل نقش بسزایی که خطوط لوله مدفون در چرخه اقتصادی کشور ایفا می‌کند، اهمیت پرداختن به مسئله آسیب پذیری شبکه فاضلاب در مقابل سیلاب های شهری را بیش از پیش نمایان می‌کند و همچنین مهم‌ترین سؤالاتی که در این پژوهش پاسخ داده می شود، این است که: عوامل اصلی آسیب پذیری شبکه آب و فاضلاب چیست؟ کدام منطقه آسیب پذیری بیش تری را متحمل می‌شود؟

پیشینه تحقیق:

با توجه به اینکه تاکنون در راستای موضوع مورد پژوهش کاری انجام نشده ولی در خصوص صدمات ناشی از سیلاب در شهرهای بزرگ پژوهش های متعددی صورت گرفته برخی از پژوهش‌های اخیر به اولویت بندی و تعیین روابط بین متغییرها با آسیب پذیری از طریق تحلیل های کمی و مدل های مقایسه ای اختصاص دارد که در بیشتر موارد مقایسه ها براساس نظرات کارشناسی و تحلیل ماتریسی انجام شده است (قهرودی تالی و همکاران،۱۳۹۱: ۴۲). آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) روش و تکنیک مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده را، که اغلب شامل داده ها و معیارها ی غیر قابل مقایسه اند،فراهم می آورد. موفقیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و MCDA درآنالیزهای خطرهای طبیعی (Rashed and weeks, 2003 ; Gamper, et al;2006.) و سایر مطالعات زیست محیطی(Dai, et al., 2001; Kolat, et al., 2006) قبلاً به اثبات رسیده است. از جمله‌ی این پژوهش‌ها: قهرودی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران اشاره کرد که اولویت‌بندی و تعیین روابط بین این متغیرها با آسیب‌پذیری از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت و بر اساس نظرات کارشناسی، ماتریسی به ابعاد ۶×۶ جهت تعیین وزن معیار متغیرها برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری ایجاد شد. نتایج تحلیل زونی نیز مناطق ۱۰ و ۲۲ به ترتیب بیشتری و کمترین آسیب‌پذیری را در برابر سیلاب دارند. رادمهر و عراقی نژاد(۱۳۹۲) در تعیین مناطق آسیب‌پذیر از سیلاب در حوضه آبخیز شهری تهران از روش تصمیم‌گیری مکانی فازی با تکیه‌بر تحلیل‌های مکانی و به‌کارگیری درروش تصمیم‌گیری چند معیاره شامل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش تاپسیس در محیط فازی به‌منظور در نظر گرفتن ابهامی در فرایند تصمیم‌گیری استفاده کردند که از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین ساختار فرایند تصمیم‌گیری و برآورد وزن نقشه‌های معیار و از مدل تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی نهایی زیر حوضه‌های واقع در حوضه آبخیز شهری تهران استفاده شد، در نهایت نتایج تحلیل حساسیت حوضه‌ها با اولویت اول را از نظر مطالعات کنترل سیلاب نشان داد. عنبری و تابش (۱۳۹۲) به محاسبه میزان پیامد وقوع شکست در شبکه های جمع آوری فاضلاب پرداختند در این مطالعه، میزان پیامدهای وقوع شکست با استفاده از عوامل مؤثر در هر یک از پیامدها محاسبه شده است. سپس با وزن دهی به هر یک از عوامل و به دست آوردن دسته بندی مربوط به آنها، فاضلابروهای مختلف موجود در شبکه مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس شدت پیامدها، دسته بندی شده‌اند. با ترکیب نتایج حاصل با احتمال وقوع هر یک از فاضلابروها در برنامه تحلیل ریسک، می‌توان ریسک مربوط به هر فاضلابرو را به دست آورده و با توجه به وجود محدودیت‌های

www.SID.ir

Archive of SID

بودجه‌ای، روند صحیحی را در برنامه بهره برداری و نگهداری شبکه اتخاذ نمود. روزبهانی و همکاران (۱۳۹۲) به تحلیل ریسک کمیت و کیفیت شریان‌های حیاتی شهری با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها پرداختند در این تحقیق مدل تحلیل ریسک سلسله مراتبی فازی برای در نظر گرفتن پیچیدگی ها و عدم قطعیت های حاکم بر این سیستم ها ارائه شد. گام‌های مختلف این مدل عبارت از شناسایی اجزای سیستم، شناسایی خطرات، دریافت اطلاعات مربوط به خطرات مختلف شامل احتمال وقوع، شدت وقوع و آسیب پذیری هر بخش از سیستم تحت تأثیر وقوع این خطرات به صورت فازی، و نهایتاً ترکیب ریسک بخش‌های مختلف و محاسبه ریسک نهایی سیستم و بخش های مختلف آن است. صادقی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی اثر سیل‌های سال ۱۳۹۱ بر روی شراین حیاتی ازجمله سیستم‌های تأمین و توزیع آب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ایران یکی از کشورهای سیل‌خیز دنیا است شریان‌های حیاتی کشور مثل سیستم توزیع آب آشامیدنی و خطوط تأمین برق کشور از جمله تسهیلات آسیب‌پذیر در مقابل سیلاب هستند بنابراین در برنامه‌های توسعه‌ای آتی این شریان‌ها و نحوه مواجهه باسیل‌ها باید مدنظر قرار گیرد. تهذیبی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی آسیب پذیری شبکه های انتقال آب با استفاده از روش خوشه بندی پرداختند که در نهایت نقشه بخش های آسیب پذیر شبکه تهیه و امکان ارائه ی راهکار مناسب برای کاهش پیامد های خرابی با توجه به آسیب اولیه فراهم شد. نوروزی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به آسیب پذیری فاضلاب شهری در مقابل سیلاب شهر تهران با استفاده از مدل FUZZY_AHPوTOPSIS پرداختندکه نتایج حاصل از تحقیق نشان داد، مسیل های شمال تهران به عنوان یکی از عوامل مهم درآسیب پذیری شراین حیاتی این منطقه هستند. زینگ [1]و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی و تعیین ریسک مخاطرات چندگانه با توجه به احتمالات پرداخته اند ودر نهایت ریسک مخاطرات (دارایی و شبکه شریان) را به صورت کمی به دست آورده اند.

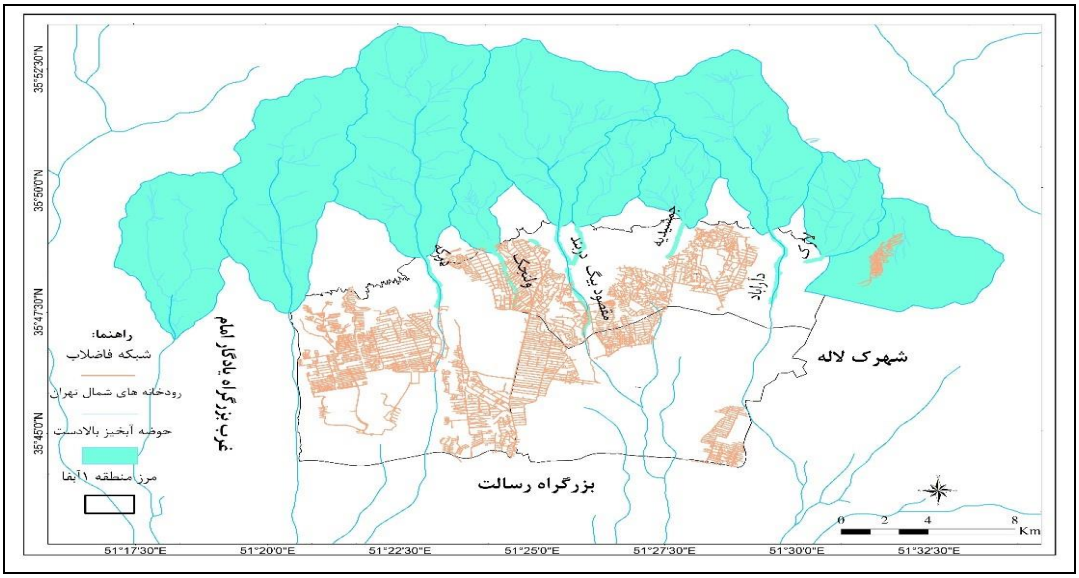
محدوده مورد مطالعه:

آب و فاضلاب منطقه یک تهران شامل پنج منطقه (۶و۱،۲،۳،۴) است که در موقعیت جغرافیایی ″۳۲ ′۲۰ °۵۱ تا ″۱۶ ′۳۲ °۵۱ طول شرقی و ″۱۱ ′۴۴ °۳۵ تا ″۵۰ ′۴۹ °۳۵ عرض شمالی در شمال تهران قرار گرفته است (مهندسین مشاور پارس آیند، ۱۳۹۳). محدوده عملیاتی منطقه یک آبفا تهران در حدود ۱۱۸/۵ کیلومترمربع می‌باشد که از شرق به بزرگراه امام علی (ع) و شهرک لاله، از غرب به بزرگراه یادگار امام و از جنوب به بزرگراه رسالت محدود می‌گردد و مجموعاً پنج منطقه شهرداری و ۱۰۹۰۰۰ مشترک را تحت پوشش دارد (مهندسین مشاور زمین تدبیر پدافند، ۱۳۹۳). نقشه محدوده خدمات‌رسانی آب و فاضلاب منطقه یک تهران در شکل (۱) نشان داده‌شده است که. جمعیت ساکن ۱۶۵۹۰۰۰ نفر با ۳۶۰۰۰۰ واحد مسکونی است که میزان آب مصرفی منطقه در یک سال ۱۴۰ میلیون مترمکعب است و ۳ ناحیه از استان تهران را دربرمی گیردو در راستای رودخانه های شمال تهران واقع شده هست که در هنگام وقوع رگبارهای شدید با توجه گسترش ساخت‌وساز شهری و افزایش سطوح با نفوذپذیری کم و یا غیرقابل نفوذ باعث کاهش نفوذ آب حاصل از بارش، افزایش رواناب، دبی‌های بزرگ‌تر، تغذیه کم‌تر آب‌های زیرزمینی و افزایش تغییرپذیری‌ها و سیلاب هایی را به دنبال دارد (نوروزی،۱۳۹۵: ۶۵).

[1] -Xing

www.SID.ir

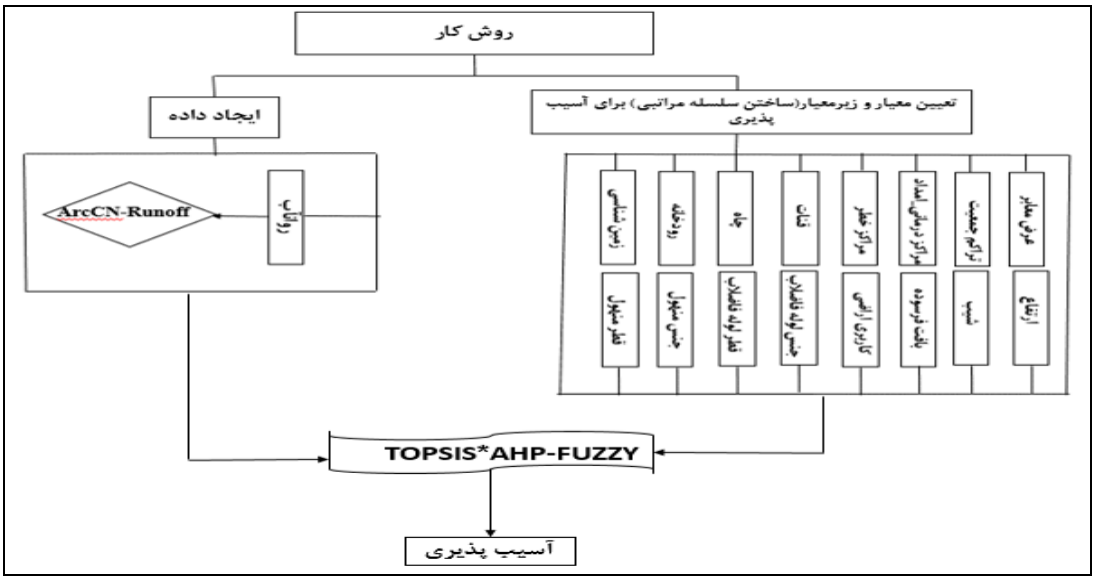
Archive of SID



شکل۱- نقشه محدوده خدمات‌رسانی فاضلاب منطقه ۱ آبفا و حوضه‌های بالادست- منبع: یافته های پژوهش،۱۳۹۵.

مواد و روش تحقیق:

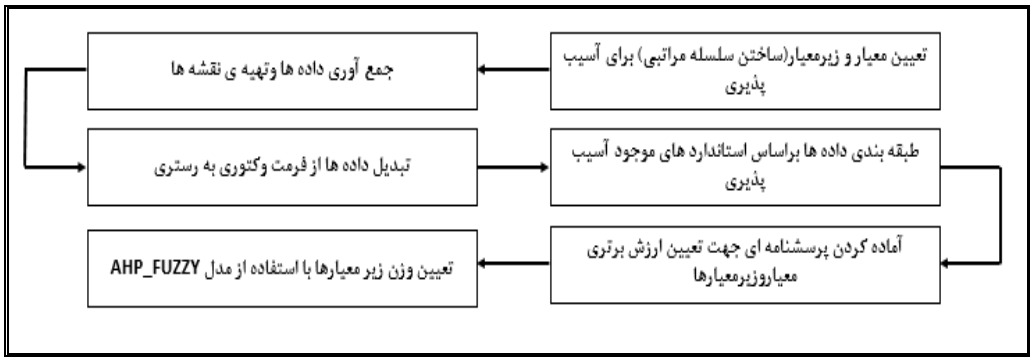
روش پژوهش توصیفی-تحلیلی، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی از طریق مدل ترکیبی FUZZY_AHP و TOPSIS پهنه‌بندی آسیب‌پذیری تأسیسات فاضلاب منطقه یک آب و فاضلاب کلان شهر تهران پرداخته شد. ازنظر روش‌شناسی، پژوهش حاضر شامل چهار مرحله اصلی می‌شود. مرحله اول شامل تعیین زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب منطقه ۱ آبفای شهر تهران می‌باشد (شکل ۲)؛ در ابتدا زیرمعیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب با استفاده از تهیه پرسشنامه و نظرات کارشناسان همسان‌سازی و اولویت‌بندی شدندو با استفاده از (جدول ۱) اعداد فازی مثلثی مقایسه و در مدل AHP-FUZZY وزن‌دهی شدند تا میزان تأثیر هر کدام بر متغیر هدف (آسیب‌پذیری شاخص فاضلاب) مشخص شود (جدول ۲).



شکل ۲- جریان شماتیک فرآیند انجام پژوهش و رسیدن به آسیب پذیری شبکه فاضلاب منطقه ۱ آبفای شهر تهران در مقابل سیلاب
منبع:مطالعه نویسندگان،۱۳۹۵.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مراحل انجام کار برای آماده سازی لایه زیرمعیارها با استفاده از AHP-FUZZY- (منبع:مطالعه نویسندگان،۱۳۹۵.

جدول ۱- اعداد و مقیاس های فازی

مقیاس فازی مثلثی	اهمیت زبانی	مقیاس فازی معکوس
(۱،۱،۱)	اهمیت دقیقا مساوی	(۱،۱،۱)
(۳/۲ ،۱،۱/۲)	اهمیت تقریبا مساوی	(۰/۶۶ ،۱ ،۲)
(۱ ،۳/۲،۲)	کمی مهم تر	(۰/۵ ،۰/۶۶ ،۱)
(۳/۵،۲،۲/۲)	مهم تر	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶)
(۲ ،۵/۲ ،۳)	خیلی مهم تر	(۰/۳۳ ،/۴ ،۰/۵)
(۵/۲ ،۳ ،۷/۲)	خیلی خیلی مهم تر	(۰/۲۹ ،۰/۰،۳۳/۴)

منبع: رنگزن و همکاران،۱۳۹۱.

جدول ۲- زیر معیارهای مؤثر در تهیه‌ی نقشه آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب خطر سیلاب منطقه‌ی یک آبفای تهران

	زیر معیار فاضلاب	نزدیکی تا گزینه ایده آل
شاخص هیدرولوژی	فاصله از قنات	۰/۲۴
	فاصله از چاه	۱
	فاصله از مسیل	۰/۷۶
شاخص فیزیکی	ارتفاع	۰/۲۵
	شیب	۱
	زمین‌شناسی	۰/۵۸
شاخص اقتصادی	عرض معابر	۰/۵۲
	بافت فرسوده	۰/۹۰
	کاربری اراضی	۰/۰۶
شاخص اجتماعی- سلامت	تراکم جمعیت	۰/۶۲
	فاصله از مراکز خطر	۰/۹۴
	فاصله از مراکز درمانی وامداد	۰/۲
شاخص شریان حیاتی	منهول	۰/۶۳
	لوله فاضلاب	۱

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان،۱۳۹۵.

مرحله دوم شامل استفاده از لایه زیرمعیارهای تهیه شده برای تهیه پنج معیار فیزیکی، هیدرولوژی، اجتماعی- سلامت، اقتصادی و شریان حیاتی است که این پنج معیار در قالب شاخص فاضلاب با هم ترکیب شدند؛ انجام این مرحله از پژوهش با بکارگیری مدل TOPSIS صورت گرفت. این روش‌ها بر اساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب می‌باشد که در رأس آن

www.SID.ir

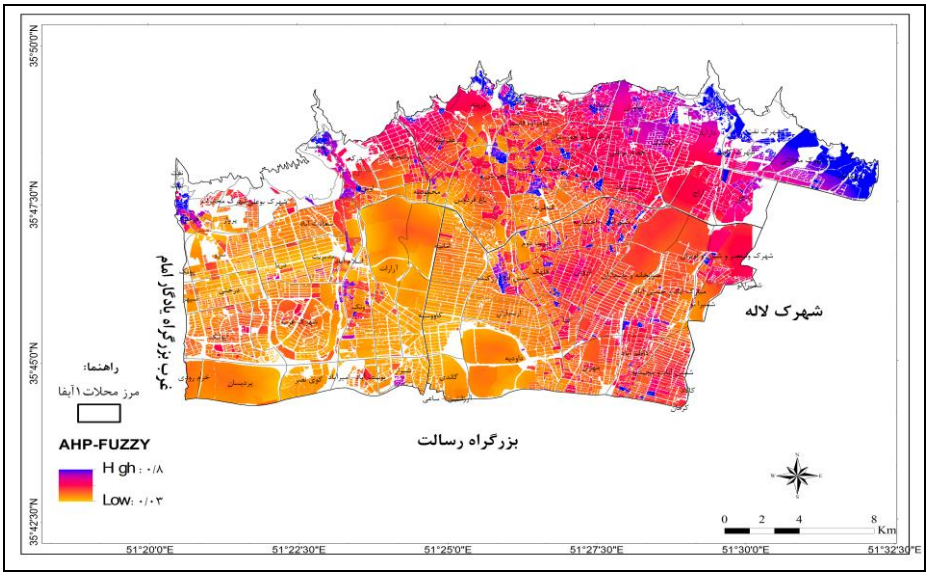
Archive of SID

هدف کلی قرار دارد. با استفاده از این لایه نقشه میزان آسیب‌پذیری منطقه یک آبفای تهران نیز آماده می‌شود. (شکل ۴ تا ۸) نقشه معیارهای مؤثر در شاخص فاضلاب است که در (جدول ۳) وزن‌دهی معیارها نشان داده شده است. وزن معیار شاخص فاضلاب برای عامل فیزیکی ۰/۵۷، هیدرولوژی ۰/۷۱، اقتصادی ۰/۲۳، اجتماعی - سلامت ۰/۷۱ و شراین حیاتی ۰/۰۵ محاسبه شده است؛ بنابراین عامل هیدرلوژی و اجتماعی- سلامت، فیزیکی، اقتصادی و شریان حیاتی به ترتیب بیش‌ترین وزن را در تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب دارد.

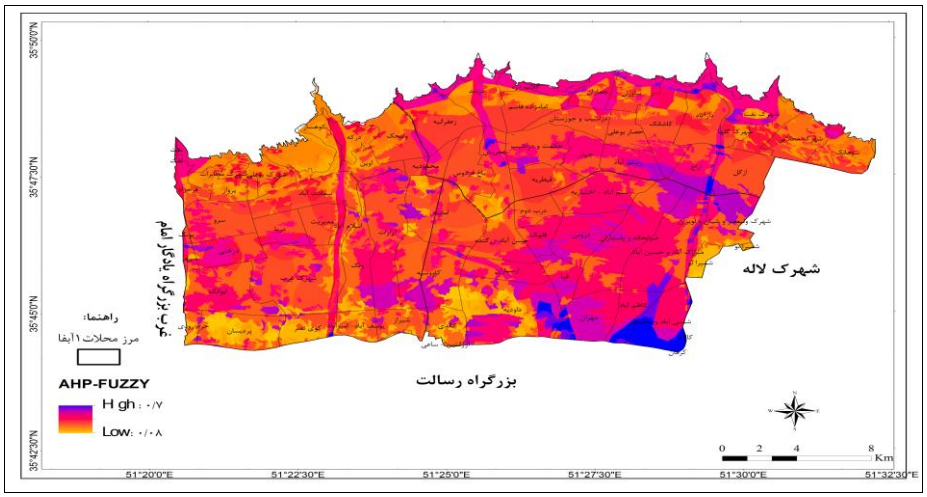
جدول ۳- وزن نسبی معیارهای مؤثر در تهیه نقشه آسیب پذیری خطر سیلاب با استفاده از مدل topsis

معیار	وزن نسبی
هیدرولوژی	۰/۷۱
فیزیکی	۰/۵۷
اقتصادی	۰/۲۳
اجتماعی - سلامت	۰/۷۱
شریان‌های حیاتی	۰/۰۵

منبع: مطالعات میدانی، ۱۳۹۶.



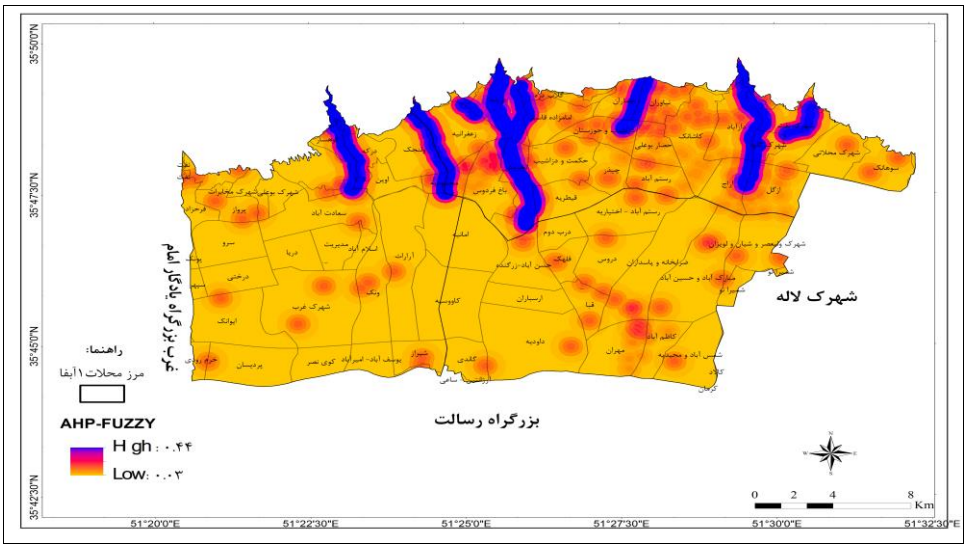
شکل ۴- نقشه معیار اقتصادی شاخص فاضلاب -منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.



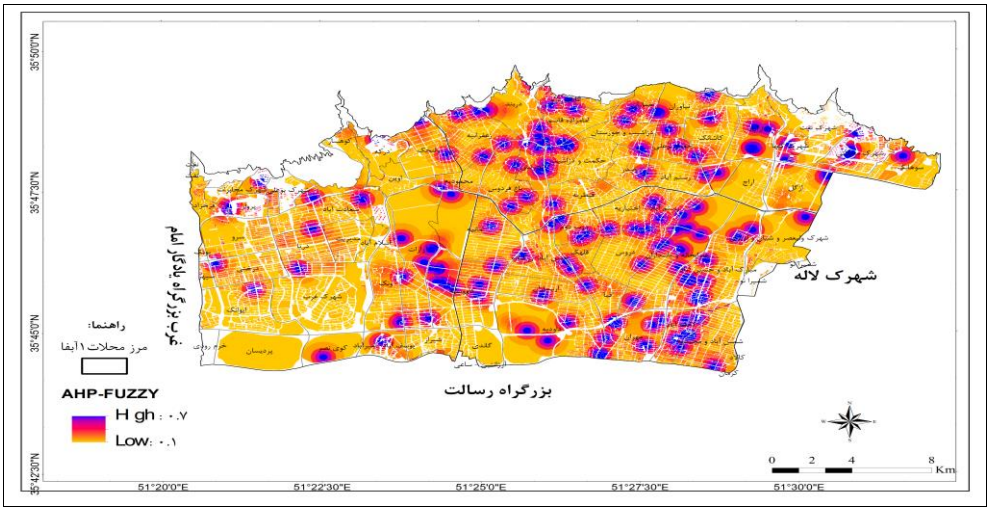
شکل ۵- نقشه معیار فیزیکی شاخص فاضلاب - منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.

www.SID.ir

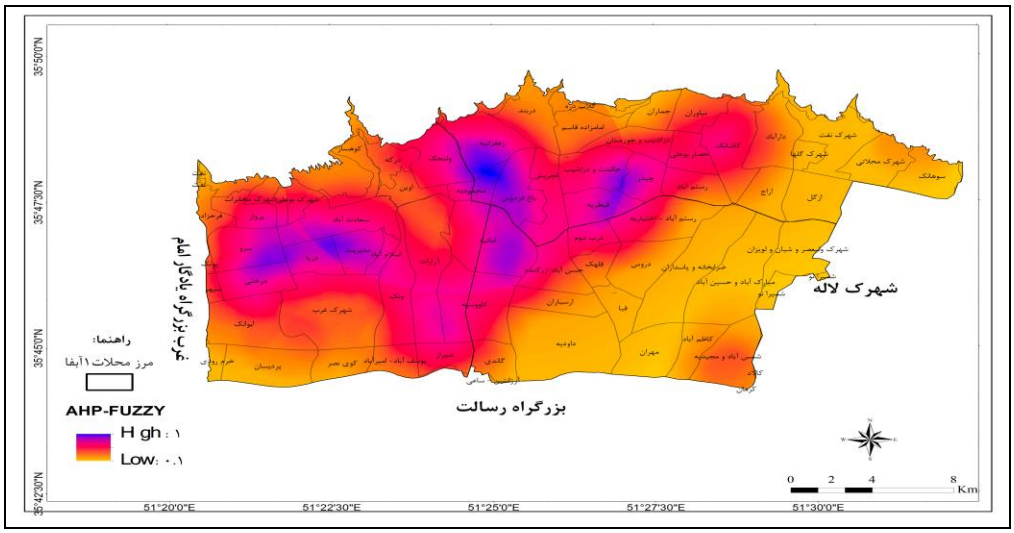
Archive of SID



شکل ۶- نقشه معیار هیدرولوژی شاخص فاضلاب - منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.



شکل ۷- نقشه معیار اجتماعی-سلامت شاخص فاضلاب- منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.



شکل ۸- نقشه معیار شریان حیاتی شاخص فاضلاب- منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.

www.SID.ir

Archive of SID

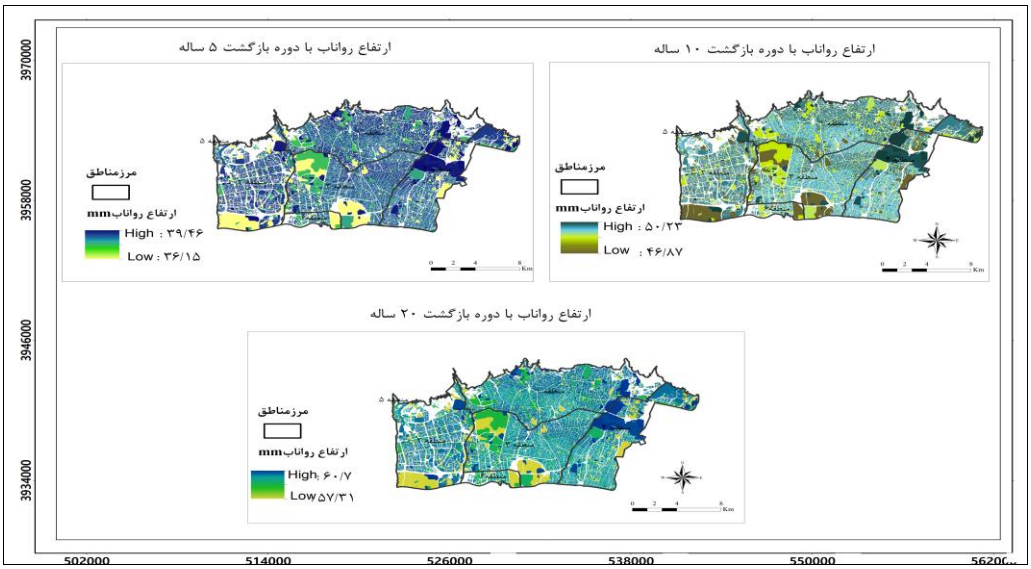
مرحله سوم پژوهش حاضر؛ شامل مدل‌سازی رواناب (شکل ۹) منطقه یک آبفای تهران با استفاده از حداکثربارش ۲۴ ساعته (داده‌های دوره آماری ۱۰ ساله از ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲) ایستگاه نیاوران طی سه سناریوی ۵، ۱۰ و ۲۰ ساله انجام می‌گیرد. بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی تهران می‌باشد. روش استفاده شده برای برآورد ارتفاع رواناب ArcCN-Runoff است که توسط ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب بر اساس روش SCS ارائه شده است و به محاسبه شماره منحنی، ارتفاع و حجم رواناب برای هر واحد مکانی می‌پردازد، با استفاده خاصیت سلولی شماره منحنی، رواناب برای هر پیکسل محاسبه شده و به واقعیت نزدیک‌تر است. آخرین مرحله پژوهش هم شامل تلفیق شاخص‌های آب و فاضلاب با رواناب حداکثر ۲۴ ساعته در سه سناریوی ۵، ۱۰ و ۲۰ ساله است تا نقشه‌های نهایی آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب منطقه ۱ آبفا بدست آید.

بحث و ارائه یافته‌ها:

در این پژوهش کلیه زیر معیارها در پنج شاخص فیزیکی، هیدرولوژی، اجتماعی- سلامت، اقتصادی و شریان حیاتی دسته بندی شدند که در شاخص فیزیکی سه زیر فاکتور شیب، ارتفاع و سنگ‌شناسی قرار گرفتند. . هر کدام از این میعارها با توجه به رابطه‌ای که کلاس‌های آن‌ها با آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب منطقه ۱ آبفا در برابر سیلاب دارند، در نظر گرفته شدند. در معیار شیب و ارتفاع رابطه معکوس در نظر گرفته شد زیرا در شیب بیش تر زهکشی آسان تر انجام می شود و در ارتفاع کمتر رواناب بیش تری دریافت می‌کنند. از نظر سنگ شناسی بیش ترین آسیب پذیری برای خاک‌های آبرفتی می باشد که توسط رواناب سریعتر جابجا می‌شود و کم‌ترین آسیب‌پذیری برای سنگ‌های آذرآواری و سنگ آهک بلورین می‌باشد که در بعضی قسمتهای این منطقه رخنمون دارد. در معیار هیدرولوژی فاصله از مسیل، چاه و قنات در نظر گرفته شده است. زیرا مشاهدات نشان داده است که در هنگام وقوع رواناب این محدوده ها بیشتر تخریب شده است و همچنین فروریزش و قطع شبکه فاضلاب و پس زدن فاضلاب را به دنبال داشته است. در شاخص اجتماعی– سلامت، تراکم جمعیت، فاصله از مراکز درمانی- امدادی و مراکز خطر در نظر گرفته شده است. بدیهی است که تراکم نسبی جمعیت میزان آسیب پذیری را افزایش می دهد، بویژه این تراکم در محدوده های خطر مثل نزدیکی ایستگاه‌های فشار شکن آب ،افزایش فشار گاز و تقویت برق باشد. از طرفی نزدیکی به مراکز درمانی - امدادی کمک‌رسانی را تسهیل می‌بخشد و می تواند آسیب پذیری جانی را کاهش دهد. در شاخص اقتصادی به زیر معیارهای کاربری اراضی، بافت فرسوده و شبکه‌ی معابر توجه شده است. زیرا بعضی از کاربری ها بویژه در شمال تهران، سبب کاهش نفوذپذیری و افزایش آسیب‌پذیری می‌شود. بافت فرسوده از نظر کاهش مقاومت در مقابل شدت رواناب و آبگرفتگی، آسیب پذیری را شدت می بشد و شبکه ی معابر با عرض بیشتر هم کمک به هدایت رواناب می کند و مانع از آبگرفتگی می شود و هم امکان دسترسی و کمک رسانی را فراهم می سازد. در شاخص شریان حیاتی درخصوص فاضلاب قطر و جنس لوله فاضلاب، قطر و جنس منهول در نظر گرفته شده است. از نظر جنس هرچه مقاومت و انعطاف مواد تشکیل دهنده بیشتر آسیب پذیری کمتر می باشد. مشاهدات نشان داده که جنس پلی اتیلن دارای آسیب پذیری کمتری می باشد. منهول های که جنس های ترکیبی (پلی اتیلن- بتنی) دارند نسبت به بقیه با آسیب‌پذیری کمتری مواجه می شوند. در خصوص قطر لوله فاضلاب و قطر منهول ،همیشه قطر های بیشتر آسیب پذیری کمتر را به دنبال دارند. نتایج حاصل از مدل‌سازی رواناب منطقه یک آبفای تهران (شکل۹) با استفاده از حداکثربارش ۲۴ ساعته (داده‌های دوره آماری ۱۰ ساله از ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲) ایستگاه نیاوران طی سه سناریوی ۵، ۱۰ و ۲۰ ساله نشان می‌دهد که با دوره بازگشت ۲۰ سال ارتفاع رواناب در منطقه ۱ به ۵۷ تا ۶۰ میلی متر می‌رسد. تقریباً دو برابر دوره بازگشت ۵ ساله قابل پیش بینی است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- نقشه ارتفاع رواناب با دوره بازگشت ۵،۱۰،۲۰ ساله- منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.

پهنه بندی آسیب پذیری و تحلیل آن:

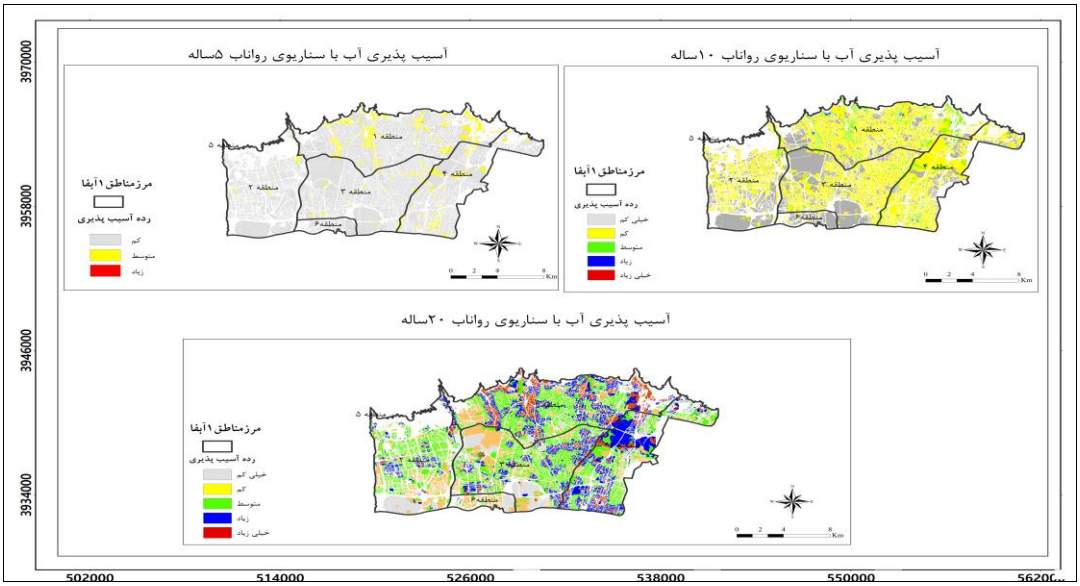
وزن‌های نسبی محاسبه شده برای معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری ضرایبی هستند که در تهیه این نقشه بکار گرفته شدند؛ این وزن‌ها (ضرایب) به‌عنوان میزان تأثیرگذاری هر معیار در ایجاد نقشه آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گرفتند. در نهایت لایه‌های بدست آمده از معیارها در مرحله قبل با تابع Raster Calculator بر اساس وزن‌های نهایی شاخص‌های فاضلاب (جدول ۳) را با هم ترکیب نموده و لایه آسیب‌پذیری شاخص‌های فاضلاب حاصل شد. به عبارتی نقشه آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شبکه توزیع فاضلاب در منطقه یک آبفای تهران به‌صورت تابعی از این ضرایب تعریف و از رابطه ۱ بدست آمد که در نهایت تلفیق شاخص‌های آسیب پذیری با رواناب حداکثر ۲۴ ساعته در سه دوره بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۰ ساله ، نقشه‌های نهایی آسیب‌پذیری شبکه فاضلاب منطقه ۱ آبفا (شکل ۱۰) تولید نمود. نقشه‌های اخیر بر اساس توزیع اعداد در یک هیستوگرام فرکانسی، طبقه‌بندی شدند؛ هر نقشه با توجه به دامنه اعداد در پنج رده با آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت که در جدول۵و ۴درصد پهنه های آسیب پذیر نیز نمایش داده شده است. رابطه(۱). آسیب پذیری فاضلاب :(هیدرولوژی*۰/۷۱)+(فیزیکی*۰/۵۶)+(اقتصادی*۰/۲۳)+(اجتماعی-سلامت *۰/۷۱)+(شراین حیاتی*۰/۰۵)

به‌طور کلی، با توجه به نتایج حاصل شده از نقشه و جدول آسیب‌پذیری شاخص فاضلاب در سه دوره بازگشت می‌توان گفت که نقشه آسیب‌پذیری فاضلاب (شکل ۱۰) می‌تواند بازتاب مناسبی از وضعیت‌های هیدرولوژی، اجتماعی، فیزیکی، اقتصادی و شراین حیاتی مناطق مختلف منطقه یک آبفای تهران در برابر آسیب‌پذیری منتج از سیلاب ارائه دهد. به طوریکه آسیب‌پذیرترین بخش‌های شهری بر شیب زیاد، فاصله از چاه ومسیل ها ، مراکز خطر و بافت فرسوده با تراکم جمعیتی بالا منطبق است که از علت‌های اصلی آسیب‌پذیر بودن این بخش‌ها در مقابل سیلاب می‌باشد. میزان آسیب‌پذیری تأسیسات فاضلاب منطقه یک آبفا بر مبنای وزن‌های محاسبه شده از روش سلسله مراتبی/ فازی و تاپسیس با استفاده از تحلیل زونی، نشان داد که منطقه ۱ (ناحیه ۱ آبفا) آسیب‌پذیرترین بخش‌های شهر در برابر سیلاب شهری بر اساس معیارهای شبکه فاضلاب هستندکه به طور پراکنده قسمت‌هایی از محلات شهرک گلها، شهرک نفت، دارآباد، کاشانک، نیاوران، حصار بوعلی، رستم آباد، حکمت و دزاشیب، دزاشیب و جوزستان، جماران، گلابدره، امامزاده قاسم، دربند و تجریش، زعفرانیه، ولنجک، چیذر، درکه، اوین، نیاوران و محمودیه را در بر می گیرد. بیشترین مساحت این محدوده را بافت ناپایدار با مراکز خطر بالا در برگرفته است که بیش‌ترین تعداد منابع زیرزمینی (چاه) را هم شامل می‌شود که در هنگام وقوع سیلاب‌های شدیدو به دنبال آن بالا آمدن سطح آب زیرزمینی یکی از آسیب‌های حاصل شده پس زدن آب

www.SID.ir

Archive of SID

در لوله‌های فاضلاب سبب سرریز شدن آدمروها، مخازن فضولات و چاه‌های فاضلاب می‌شودکه در راستای مسیل‌های بالادست دربند، دارآباد، جمشیدیه، مقصود بیگ، لارک، ولنجک، درکه قرار گرفته است و هرکدام به نوبه خود تهدید جدی و مهمی از نظر خطر سیلاب برای شبکه فاضلاب منطقه ۱ تلقی می‌شوند. درصورتی‌که مناطق ۶ و ۲ کم‌ترین آسیب‌پذیری را در برابر وقوع سیلاب شهری به لحاظ معیاری شبکه فاضلاب دارند؛ این مناطق مراکز خطر کم‌تر و تقریباً عاری از بلوک فرسوده بوده و تراکم پایین جمعیتی و درصد فضای سبز بالایی هم دارند که با وجود تجمع کمتر و جاگذاری تاسیسات در عمق بیشتر، آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب را بر مبنای معیارهای شبکه فاضلاب کاهش می‌دهند.



شکل ۱۰- نقشه آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب۵-۱۰- ۲۰ ساله- منبع:یافته های پژوهش،۱۳۹۵.

جدول ۴- درصد مساحت پهنه‌های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۵-۱۰-۲۰ ساله براساس نواحی منطقه ۱آبفا

پهنه‌های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۵ ساله				
درصد مساحت آسیب‌پذیری نواحی مناطق یک آبفا				
رده آسیب‌پذیری	ارزش	ناحیه۱	ناحیه۲	ناحیه۳
کم	۰-۰/۱	۹۳/۸۰	۸۴/۸۷	۹۷/۱۷
متوسط	۰/۱-۰/۲	۶/۲۰	۱۵/۱۱	۲/۸۳
زیاد	۰/۲<	-	۰/۰۲	-
پهنه های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۱۰ ساله				
خیلی کم	۰-۰/۱	۳۱/۷۹	۲۱/۵۸	۵۶/۹۲
کم	۰/۱-۰/۲	۶۱/۸۸	۶۳/۲۰	۴۰/۷۸
متوسط	۰/۲-۰/۳	۶/۲۹	۱۴/۷۸	۲/۲۳
زیاد	۰/۳-۰/۴	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۰۷
خیلی زیاد	۰/۴<	-	۰/۲	۰/۰۳
پهنه های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۲۰ ساله				
خیلی کم	۰-۰/۱	۱۳/۵۹	۸/۶۹	۲۷/۱۲
کم	۰/۱-۰/۲	۲۹/۳۵	۲۳/۴۶	۴۲/۱۶
متوسط	۰/۲-۰/۳	۴۰/۵۹	۴۱/۲۵	۲۵/۳۱
زیاد	۰/۳-۰/۴	۱۴/۲۴	۱۸/۶۱	۵۶/۴
خیلی زیاد	۰/۴<	۲/۲۵	۷/۹۹	۰/۸۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- درصد مساحت پهنه‌های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۵-۱۰-۲۰ ساله براساس مناطق ۱آبفا

پهنه‌های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۵ ساله						
درصد مساحت آسیب‌پذیری مناطق یک آبفا						
رده آسیب‌پذیری	ارزش	منطقه۱	منطقه۲	منطقه۳	منطقه۴	منطقه۴
کم	۰-۰/۱	۸۴/۱۵	۹۸/۵۷	۹۷/۲۷	۹۰/۸۷	۱۰
متوسط	۰/۱-۰/۲	۱۵/۸۳	۱/۴۳	۲/۸۳	۹/۱۳	-
زیاد	۰/۲<	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
پهنه های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۱۰ ساله						
خیلی کم	۰-۰/۱	۲۳/۹۲	۵۱/۲۹	۴۸/۱۹	۲۱/۳۴	۸۹/۲۳
کم	۰/۱-۰/۲	۶۰/۱۰	۴۷/۴۶	۴۵/۹۷	۶۹/۳۹	۱۰/۶۷
متوسط	۰/۲-۰/۳	۱۵/۴۵	۱/۴۴	۲/۸۹	۹/۱۹	۰/۱۰
زیاد	۰/۳-۰/۴	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۰
خیلی زیاد	۰/۴<	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
پهنه های آسیب‌پذیری فاضلاب در سناریوی با رواناب ۲۰ ساله						
خیلی کم	۰-۰/۱	۸/۷۰	۲۳/۳۶	۲۲/۸۳	۹/۴۱	۴۸/۳۵
کم	۰/۱-۰/۲	۲۶/۵۹	۴۲/۱۳	۳۷/۴۲	۲۰/۶۵	۴۵/۱۱
متوسط	۰/۲-۰/۳	۳۷/۴۲	۳۰/۷۰	۳۱/۸۹	۶۴/۴۰	۶/۱۹
زیاد	۰/۳-۰/۴	۱۸/۶۸	۳/۳۹	۶/۹۲	۲۰/۲۹	۰/۳۵
خیلی زیاد	۰/۴<	۸/۶۱	۰/۴۱	۰/۹۴	۳/۲۵	۰/۰۰

منبع: یافته های تحقیق، ۱۳۹۶.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها:

وقتی حادثه بزرگی همانند سیل در یک شهر روی می دهد به طور طبیعی تأسیسات آب و فاضلاب نیز همانند دیگر تأسیسات شهری در معرض آسیب قرار می گیرند. اگر چه آسیب پذیری بسیاری از این تأسیسات شهری کمتر است، ولی می-تواند علاوه بر صدمات و خسارات مستقیم وارده در ترکیب با دیگر تأسیسات و ابنیه، خطرات و خسارات ثانویه ای را بدنبال داشته باشد که شرایط بحرانی را حاصل کند. بطور کلی نتایجی که در این پژوهش بدست آمد، نتایج آسیب پذیری با مدل‌های AHP-FUZZY و TOPSIS روشن ساختند که منطقه یک (ناحیه ۲) آبفا ریسک قابل توجهی نسبت به مناطق دیگر دارد که آسیب پذیری بالای این منطقه با توجه به اولویت شاخص ها بیشتر ناشی از تجمع بالای تأسیسات با ارزش اقتصادی بالا (لوله فاضلاب و منهول)، تجمع بالای مراکز خطر (ایستگاه گاز و خطوط انتقال نیرو)، بافت فرسوده، شیب، تراکم جمعیت بالا، شرایط تأسیسات (از لحاظ قطر و عمق کارگزاری) و مخصوصاً با توجه به اولویت شاخص هیدرولوژی و وجود چاه ها مخصوصا مسیل های شمال تهران (درکه، دربند، ولنجک، مقصودبیک، جمشیدیه، دارآباد و لارک) که مانعی جهت جاگذاری تأسیسات به صورت مدفون و در عمق زیاد جهت محافظت و امنیت بیشتر می‌باشند، هستند؛ ازاین رو بیشتر تأسیسات این منطقه یا در عمقی کمتر از حالت عادی و یا به صورت روکار نصب شده است که زیان‌های ناشی از سیل مربوط به پوشیده شدن زمین از آب و نیز فشار خود آب است که سیل ممکن است لوله‌های آب یا فاضلاب را جابه‌جا کند. در یک مورد، ۵ کیلومتر از یک لوله ۹۰ سانتی‌متری آب را سیل با خود برده است که بر اساس اطلاعات منتشره در سایت آب و فاضلاب منطقه ۱ حدود ۷۸۰۰ فقره انشعاب فاضلاب در این منطقه وجود دارد. متأسفانه هیچ‌گونه تمهیداتی برای دفع فاضلاب در شرایط بحرانی و کنترلی برای تعیین دبی فاضلاب و سایر پارامترهای مهم مربوط به فاضلاب وجود ندارد. پس زدن آب در لوله‌های فاضلاب بیشتر در معرض صدمات سیل قرار می‌گیرندزیرا به علت اتصال غیر مجازآب راه باران به شبکه جمع آوری فاضلاب و همچنین اتصال کانال های آب سطحی شهرداری و با بالا آمدن سطح آب زیر زمینی (چاه هاو..) سبب نفوذ به داخل شبکه جمع آوری می شود ودر صورت بارش باران سنگین فاضلاب از منهول‌ها بیرون زده و در معابر جاری می‌شود که سبب سرریز شدن آدمروها، مخازن

www.SID.ir

Archive of SID

فضولات و چاه‌های فاضلاب می‌شود. به علت بالا آمدن سطح آب انواع زباله در نقاط مختلف پخش مـی‌شـوند کـه جمـع‌آوری و دفع آن‌ها مشکل مهمی ایجاد می‌کند. جمع شدن زباله و فضولات سبب افزایش مگس و جوندگان می‌شود و وجود باکتری‌هـا و میکروب های بیماری زا ناشی از پساب بیمارستان ها و صنایع در فاضلاب ها عاملی خواهد بود جهت شیوع بسیاری از بیماری-ها که مشکلات فوری و مهمی را به وجود می‌آورد و بالطبع نسبت به سایر مناطق ریسک بیشتری را شامل می شودو بـه گفتـه مسئولین فاضلاب با توجه به توپوگرافی منطقه شبکه های نزدیک زرگنده و دارآباد هنگام بارش و طغیان دچار پس زدگی شده اند که به علت بالا آمدن سطح آب انواع زباله در نقاط مختلف پخش می‌شـوند .ازطرفـی ممکـن اسـت تأسیسـات تصـفیه آب و تلمبه‌خانه‌ها زیرآب فروروند و گل‌ولای داخل تلمبه‌ها، موتورها و سایر تجهیـزات شـوند کـه ایـن امـر سـبب تعمیـرات گـران و وقت‌گیری خواهد شد. آسیب ساختمان‌های محافظ چاه‌ها و چشمه‌هـا ممکـن اسـت منجـر بـه آلـودگی آب آشـامیدنی شـودو تأسیسات تصفیه فاضلاب ولوله‌های خروج فاضلاب بیشتر در معرض صدمات سیل قـرار مـی‌گیـرد کـه بررسـی آسـیب پـذیری تأسیسات وابسته در تحقیقات بعدی مطئنان حائز اهمیت است در حالی که در مناطق پایین دست لولـه هـا ی فاضـلاب بـدون مانع با قطر زیاد در عمق بیشتر مدفون شده است که آسیب پذیری ناشی از سیلاب کمتـر خواهـد کـاهش خطرهـای ناشـی از سیل و بالطبع توسعه پایدار کشور تنها با ایمن سازی و مقاوم سازی ساختمان ها، شریان هـای حیـاتی و تأسیسـات زیـر بنـایی امکان پذیر می باشد. موارد ایمن سازی می باید بعنوان برنامه ای منسجم و با گام های اجرایی مشخص مورد توجه قرار گیرد و به صورت مرحله بندی و موضوع بندی به مورد اجرا گذارده شود. مهم ترین اقدامات در این راسـتا، اقـدامات پیشـگیرانه اسـت. بنابراین از هم اکنون در اجرای تأسیسات جدید، اعمال سیاست های سخت گیرانـه در جهـت بـه کـار گیـری مصـالح مرغـوب، استفاده از اتصالات مقاوم و قابل انعطاف و رعایت شرایط ایجاد مقاومت در مقابل سیل و دیگر بلایای طبیعی باید الزامی گردد.

قدردانی و تشکر

این مقاله از طرح پژوهشی «آسیب‌پذیری و تحلیل ریسک سیلاب در شبکه توزیع آب منطقه یک آب و فاضلاب تهران انجام شده است، استخراج گردیده »که با حمایت مالی سازمان آب و فاضلاب منطقه۱ است که بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

منابع و مآخذ:

۱. تهذیبی، کامبیز؛ نوری،مهدی؛ مشعوف، بیژن ونصیبی، مهدی، (۱۳۹۴): «ارزیابی آسیب پذیری شبکه های انتقال آب با استفاده از روش خوشه بندی»، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره هفتم،صص۹۷-۱۰۴.

۲. حسن نیا، احد و فکور،زهرا، (۱۳۹۰): «انواع روشهای مقاوم سازی لوله های مدفون، اولین کنفرانس ملی مدیریت بحران، زلزله و آسیب پذیری اماکن و شریانهای حیاتی»، تهران، وزارت کشور، سازمان مدیریت بحران کشور.

۳. رادمهر، احمدو عراقی نژاد، شهاب، (۱۳۹۳):«کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی فازی در تعیین مناطق آسیب‌پذیر از سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهری تهران)»، نشریه دانش و آب و خاک،ص ۱۱۵-۱۲۸.

٤. رنگزن،کاظم، منجزی، ناهید. فتقی زاده، ایوب ونیامدپو، ایوب، (۱۳۹۲):« شناسایی مکان های مناسب جهت احداث سدهای زیر زمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم گیری چند معیاره فازی در دشت بتوند ».استان خوزستان، فصلنامه سنجش از دور، صص۱-۱۳.

۵. روزبهانی،عباس و تابش، مسعود، (۱۳۹۲): «ارائه مدل خبره ارزیابی ریسک سیستمهای تامین و توزیع آب شهری مبتنی برآسیب پذیری اجزا با قابلیت درنظر گرفتن عدم قطعیت های موجود»، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. رهگذر، محمدعلی؛ زارع، محمدرضا وهاشمی فشارکی، سید محمد، (۱۳۹۳): «پیشنهاد شبکه هوشمند ارزیابی شاخص آسیب پذیری لرزه ای شبکه جمع آوری فاضلاب در بستر GIS(مطالعه موردی : شهرکرد)»، مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۶، شماره ۶، ، صفحه ۵-۱۵.

۷. صادقی،فاطمه؛ سلیمانی هرق، ابراهیم؛ شکری ،صمد و بابائی،جواد، (۱۳۹۲) :«برررسی اثرات سیل های سال ۱۳۹۱ برروی شریان های حیاتی کشور جمهوری اسلامی ایران»،کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE درشریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری.

www.SID.ir

Archive of SID

۸. عنبری، محمدجواد؛ تابش،مسعود، (۱۳۹۴): « محاسبه میزان پیامد وقوع شکست در شبکه های جمع آوری فاضلاب»، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.

۹. قهرودی تالی، منیژه؛ ثروتی، محمدرضا؛ صرافی، محمد؛ پورموسوی، سیدمحمد و درفشی، خه بات، (۱۳۹۱):« ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران»، فصلنامه علمی امداد و نجات، شماره ۳،صص۷۹-۹۳.

۱۰. نوروزی، رعنا، (۱۳۹۵): « آسیب پذیری و تحلیل ریسک سیلاب در شبکه توزیع آب منطقه یک آب و فاضلاب تهران».استادراهنمادکتر منیژه قهرودی.دانشگاه شهید بهشتی.صص۱-۲۲۱.

11. Norouzi,R ., Ghohroudi Tully,M., Derafshi.K.(2017). Urban Sewage vulnerability against floods (Case Study: Tehran Metropolitan Region 2). 3rd International Conference on Innovation in Science and Technology Germany, Berlin
12. Xing, L., 2008. "An Efficient Binary-Decision-Diagram-Based Approach for Network Reliability and Sensitivity Analysis". IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS. VOL. 38, NO. 1, JANUARY 2008.
13. Zare, M.R., Wilkinson, S., and Potangaroa, R.T. (2010). "Vulnerability of wastewater treatment plants and wastewater pumping stations to earthquakes." Disaster Planing and Management Conf. Cobra 2010, Rics and Dauphinek University, Paris, France.
14. Zhan, X and Huang, M. 2004. Arc CN- runoff: ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environ. Model Softward, v. 19, p. 875-879

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir