

آسیب پذیری تأسیسات آب و فاضلاب شمال تهران در مقابل رواناب (منطقه یک آبفا)

منیژه قهرودی تالی*

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

شکور سلطانی

معاون بهره‌وری مصرف آب، وزارت نیرو

خه‌بات درفشی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

رعنا نوروزی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۶/۲- تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۷/۱۵)

چکیده

رواناب شهری از پدیده‌هایی است که اغلب سبب تخریب سازه‌های شهری می‌شود. سازه‌ها و تجهیزات سازمان آب و فاضلاب (آبفا) در منطقه یک تهران از جمله تجهیزات آسیب پذیرند که در پهنه شمالی تهران گسترده شده‌اند. محدوده اخیر به دلیل وسعت حوضه‌های بالادست، شیب زیاد و افزایش شدت و حجم بارش نسبت به سایر نواحی تهران، تسطیح زمین و ناتوانی مسیل‌ها در هدایت جریان آب با مشکل رواناب‌های شدید در هنگام بارندگی مواجه است. این پژوهش با استفاده از داده‌های رقمی ارتفاعی ۱۰ متر منطقه (DEM)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه خاک منطقه، آمار و داده‌های هواشناسی و هیدرومتری سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲، آمار جمعیت ۱۳۸۵، داده‌های مکانی از مراکز درمانی-امدادی (پایگاه امداد، آتش‌نشانی، پایگاه مدیریت بحران، مراکز درمانی و بیمارستان)، مراکز خطر (گاز، پمپ بنزین، خطوط برق، مخازن)، کاربری اراضی انجام گرفته است. در مراحل تحقیق، ابتدا زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب پذیری منطقه تحقیق، تعریف شده و به روش AHP-FUZZY وزن‌دهی شدند و در نتیجه میزان تأثیر هر کدام بر آسیب پذیری شاخص‌های مورد نظر مشخص شده و با به‌کارگیری مدل TOPSIS توزیع شدند. نتایج مطالعات نشان داد شاخص‌های تراکم مراکز خطر (ایستگاه گاز و خطوط انتقال نیرو)، بافت فرسوده، شیب، تراکم نسبی جمعیت، شرایط تأسیسات (از لحاظ قطر و عمق کار گذاشتن) و وجود مسیل‌های شمال تهران (درکه، دربند، ولنجک، مقصودییک، جمشیدیه، دارآباد و لارک) که مانع دفن تأسیسات در عمق زیاد به منظور محافظت و امنیت بیشتر است، در افزایش آسیب‌پذیری دخیل‌اند. همچنین مقایسه یافته‌ها آشکار کرد که در منطقه مرکزی و شمالی محدوده تحقیق که تراکم تأسیسات آبرسانی بیشتر است، در صورت رخداد حادثه فضایی مناسب برای استقرار تأسیسات آبرسانی اضطراری یافت نمی‌شود و در قیاس با آن در بخش‌های جنوبی این منطقه که تراکم تأسیسات آبرسانی کمتر است، فضاهای مناسب از جمله فضاهای سبز شهری بیشترند.

واژه‌های کلیدی: آب و فاضلاب، آسیب‌پذیری، رواناب، منطقه یک آبفا تهران.

مقدمه

شناسایی پدیده‌های مخاطره‌آمیز در جوامع انسانی از یک‌سو و شدت آسیب‌پذیری سازه‌های زیربنایی از سوی دیگر بیانی کاربردی از ماهیت دوگانه مخاطره است [۱۹]. تولید رواناب پدیده‌ای طبیعی است و تبدیل آن به سیلاب مخاطره‌ای طبیعی محسوب می‌شود، اما رواناب شهری پیش از آنکه مخاطره‌ای طبیعی باشد، پیامد پیشرفت افسارگسیخته جوامع متمدن است [۱۶]. از طرفی آنچه سبب تغییر یک پدیده طبیعی به مخاطره می‌شود، آسیب‌پذیری انسان و جوامع در برابر این مخاطره است [۲۳]. رواناب شهری از پدیده‌هایی است که بیشتر اوقات به تخریب سازه‌های شهری منجر می‌شود. سازه‌ها و تجهیزات سازمان آب و فاضلاب (آبفا) در منطقه یک تهران از جمله تجهیزات آسیب‌پذیر است که در پهنه شمالی تهران گسترده شده‌اند. این محدوده به دلیل وسعت حوضه‌های بالادست، شیب زیاد و افزایش شدت و حجم بارش نسبت به سایر نواحی تهران، تسطیح زمین و ناتوانی مسیل‌ها در هدایت جریان آب با مشکل رواناب‌های شدیدی در هنگام بارندگی مواجه است. مهم‌ترین تجهیزات آبفا که از رواناب تهران صدمه می‌بینند شامل شبکه لوله‌ها و شیرهای اتصال آب است که بخشی در سطح زمین و بخشی در نزدیک به سطح زمین قرار دارند که بررسی‌های میدانی آسیب‌پذیری آنها را در مقابل رواناب نشان داده است. همچنین به نقل از مسئولان آبفا استان تهران، امروزه سیل یکی از دغدغه‌های سازه‌های آب و فاضلاب استان تهران به‌شمار می‌رود که در پژوهش حاضر بررسی شده است.

رویکردهای جدیدتر در مطالعات سیلاب شهری در خصوص پیش‌بینی سیلاب در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر و محدوده کوچک‌تر است؛ در این زمینه کاتو^۱ با استفاده از مدل NWP^2 به پیش‌بینی سیلاب در باران‌های کمتر از یک ساعت و مقیاس مکانی ۲۰-۲ کیلومتر پرداخته است [۲۷]. زهکشی در شهرهایی با سیلاب‌های طولانی‌مدت یا گسترده اهمیت فراوانی دارد. برای مثال شهرهایی که با سونامی درگیرند، به‌طور معمول دچار سیلاب‌های طولانی‌مدت می‌شوند، مانند سیلاب طولانی‌مدت در شهر کوچی^۳ که بعد از زلزله نانکایی^۴ در ۱۹۴۶ اتفاق افتاد یا سیلاب گسترده در شهر ایشینوماکی^۵ بعد از زلزله بزرگ شرق ژاپن در ۲۰۱۱ [۲۵]. در کشورهایی که با کمبود داده در زمینه مسائل انسانی مواجه‌اند، در ارزیابی پتانسیل ریسک

-
1. Kato
 2. Numerical Weather Prediction
 3. Kochi
 4. the Nankai Earthquake
 5. Ishinomaki

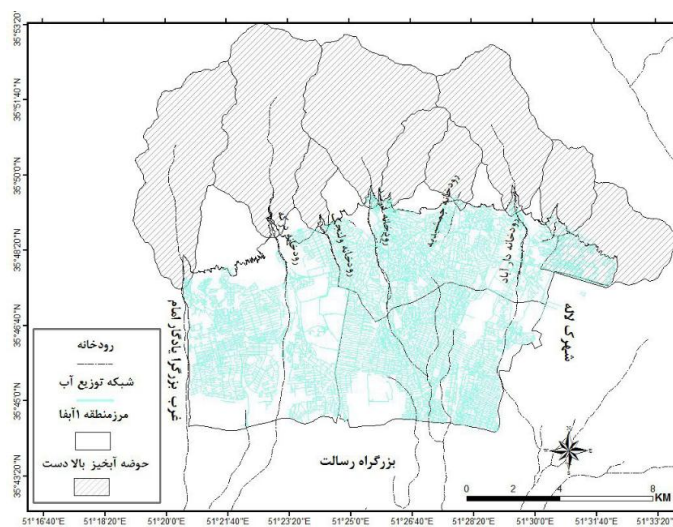
سیلاب در مناطقی که با مشکلات متعدد مواجه‌اند، این نوع مطالعات اغلب براساس نمونه‌گیری انجام می‌گیرد و شرایط به کل جامعه تعمیم داده می‌شود [۲۸].

در خصوص آسیب‌پذیری شبکه آب و فاضلاب در مقابل رواناب و سیلاب تحقیقات محدودی انجام گرفته و بیشتر به آسیب‌پذیری مخاطرات ناشی از زلزله و حرکات دامنه‌ای در زمینه دارایی و شبکه شریان پرداخته شده است [۲۹]. در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌های انتقال آب، تهیه نقشه بخش‌های آسیب‌پذیر شبکه و امکان معرفی راهکار مناسب برای کاهش پیامدهای خرابی نیز پژوهش‌هایی وجود دارد [۱]. در خصوص صدمات ناشی از سیلاب در شهرهای بزرگ پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. بخشی از پژوهش‌های اخیر به اولویت‌بندی و تعیین روابط بین متغیرها با آسیب‌پذیری از طریق تحلیل‌های کمی و مدل‌های مقایسه‌ای اختصاص دارد که در بیشتر موارد مقایسه‌ها براساس نظرهای کارشناسی و تحلیل ماتریسی انجام گرفته است [۱۴]. بیشتر تحقیقات در زمینه آسیب‌پذیری با چنین رویکردی اجرا شده است. استفاده از مدل‌هایی که متکی بر وزن‌دهی و اولویت‌بندی متغیرهایی از جمله فاصله از شبکه زهکشی، تجمع جریان، شیب، ارتفاع و اراضی ساخته‌شده و ساخته‌نشده‌اند و به خروجی‌های پهنه‌بندی و آسیب‌پذیری منجر شده است، در تحقیق‌های متعددی شایان تأمل است [۱۰، ۹، ۳]. تحلیل آسیب‌پذیری مخاطرات چندگانه شهری در مناطق تهران و تعیین درصد خرابی در ساختمان‌ها، با توجه به سطوح خرابی مختلف در مخاطرات مجزا و چندگانه و تعداد ساختمان‌های آسیب‌دیده نیز از جمله پژوهش‌ها در این زمینه است که نمونه‌های مشابه در مناطق روستایی نیز انجام گرفته است [۴]. در خصوص آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری با توجه به عوامل مداخله‌گر در شمال شهر تهران نشان داده شده است که نزدیکی به حریم مسیل‌ها، تسطیح زمین به دلیل ساخت‌وساز و نیز اجرای بزرگراه‌های متعدد در امتداد شرقی-غربی، ناهماهنگی مسیل‌ها با زهکشی طبیعی تهران، بافت فرسوده، سطوح شیب عمودی و ضریب انحنای تعیین میزان آسیب‌پذیری نواحی شهری دخالت می‌کند و نبود ساختار یکپارچه از داده‌های مکانی سیلاب، مدیریت رواناب شهری در تهران را با مشکل مواجه کرده است [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۵]. در این زمینه، پژوهش اخیر با تأکید بر دیدگاه جدید درک مخاطرات و مفهوم دوگانه آن [۱۸] برای تعیین نسبت خطر و میزان آسیب‌پذیری سازه‌های منطقه یک آب و فاضلاب تهران انجام گرفت.

منطقه تحقیق

محدوده آب و فاضلاب منطقه یک تهران گستره وسیعی از شمال تهران را شامل می‌شود، به طوری که شامل پنج منطقه شهرداری شمال تهران است و در موقعیت جغرافیایی $32^{\circ} 20'$

۵۱° تا ۱۶' ۳۲' ۵۱° طول شرقی و ۱۱' ۴۴' ۳۵° تا ۵۰' ۴۹' ۳۵° عرض شمالی قرار گرفته است. محدوده عملیاتی منطقه یک آبفای تهران در حدود ۱۱۸/۵ کیلومتر مربع است که از شرق به بزرگراه امام علی و شهرک لاله، از غرب به بزرگراه یادگار امام و از جنوب به بزرگراه رسالت محدود می‌شود و در مجموع ۱۰۹۰۰۰ مشترک را تحت پوشش دارد. نقشه محدوده خدمات‌رسانی آب و فاضلاب منطقه یک تهران در شکل ۱ نشان داده شده است. جمعیت ساکن این محدوده، ۱۶۵۹۰۰۰ نفر، تعداد واحدهای مسکونی ۳۶۰۰۰۰ واحد و مقدار آب مصرفی منطقه در یک سال ۱۴۰ میلیون متر مکعب است؛ گسترده بودن خطوط لوله مدفون به طول ۱۶۶۵ کیلومتر کلاف سردرگمی را تشکیل داده است. شمال تهران، به‌ویژه منطقه یک شهرداری شامل چندین رود دره و همچنین قله مرتفع است. برخی رود دره‌های کوچک که از شرق به غرب عبارت‌اند از تنگه کهنه دارآباد، دره جمشیدیه، گلاب‌دره، دربند، ولنجک و درکه. این منطقه با توجه به وجود مراکز و مشترکان خاص (آتش‌نشانی، دولتی عمومی، صداوسیما، مراکز بهداشتی و درمانی دولتی، مراکز بهداشتی و درمانی غیردولتی، نیروهای مسلح) از جمله مناطق پراهمیت از لحاظ امنیتی محسوب می‌شود که رواناب ناشی از این مسیل‌ها به‌عنوان مخاطرات طبیعی در این سیستم مطرح است. این شرایط با توجه به آسیب‌پذیر بودن این شبکه، ممکن است سبب خسارات اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی فراوانی شود؛ این مسئله لزوم توجه بیشتر به حوادث و خطرهای تهدیدکننده این سیستم عظیم را نمایان می‌کند [۲۱].



شکل ۱. محدوده تحقیق و حوضه‌های بالادست

داده و روش

این پژوهش با استفاده از داده‌های رقومی ارتفاعی ۱۰ متر منطقه (DEM)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه خاک منطقه، آمار و داده‌های هواشناسی و هیدرومتری سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲، آمار جمعیت ۱۳۸۵، داده‌های مکانی از مراکز درمانی- امدادی (پایگاه امداد، آتش نشانی، پایگاه مدیریت بحران، مراکز درمانی و بیمارستان)، مراکز خطر (گاز، پمپ بنزین، خطوط برق، مخازن)، کاربری اراضی، طی مراحل زیر انجام گرفت. در مرحله اول زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقه تحقیق، تعریف شده است. در این راستا زیرمعیارهای فوق با استفاده از پرسشنامه و نظر کارشناسان، تهیه و سپس همسان‌سازی و اولویت‌بندی شده و با استفاده از اعداد فازی مثلثی مقایسه شده است و به روش AHP-FUZZY وزن‌دهی شدند و در نتیجه شدت تأثیر هر کدام بر آسیب‌پذیری شاخص‌های مورد نظر مشخص شده است [۶]. در مرحله دوم با به‌کارگیری مدل TOPSIS زیرمعیارهای مورد نظر در پنج شاخص فیزیکی، هیدرولوژی، اجتماعی - سلامت، اقتصادی و شریان حیاتی توزیع شده‌اند. جدول ۱ زیرمعیارهای مؤثر و وزن نسبی معیارهای مؤثر در منطقه تحقیق را نشان می‌دهند.

جدول ۱. زیرمعیارهای مؤثر و وزن نسبی معیارهای مؤثر در منطقه تحقیق

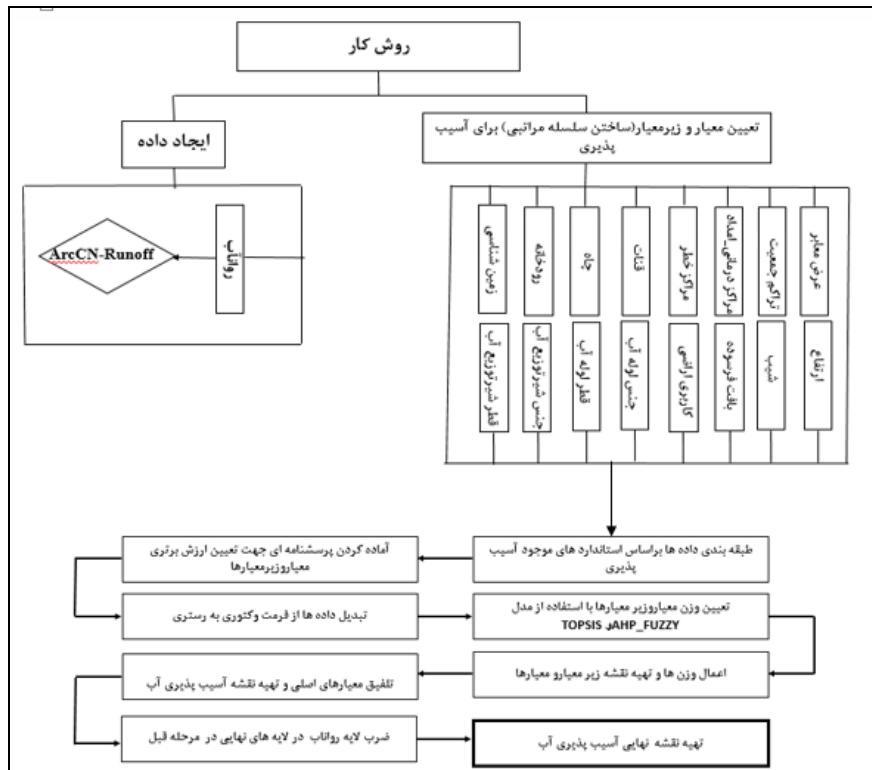
وزن نسبی	زیرمعیار آب	نزدیکی تا گزینه ایده‌آل
۰/۷۵	فاصله از قنات	۰/۲۴
	فاصله از مسیل	۰/۷۶
	فاصله از چاه	۰/۱
۱	ارتفاع	۰/۳۳۹
	شیب	۰/۹۶۷
	زمین‌شناسی	۰/۴۵۴
۰/۱۷	عرض معابر	۰/۵۱۷
	بافت فرسوده	۰/۹۰۱
	کاربری اراضی	۰/۰۶۴
۰/۳۳	تراکم جمعیت	۰/۸۷۸
	فاصله از مراکز خطر	۱
	فاصله از مراکز درمانی و امداد	۰/۱
۰/۰۴	شیر توزیع آب	۰/۸۸۳
	لوله شبکه توزیع آب	۰/۹۳۶

مرحله سوم شامل محاسبه رواناب منطقه تحقیق با استفاده از حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه نیوران طی سه دوره بازگشت پنج، ده و بیست ساله است. روش مورد استفاده برای برآورد ارتفاع رواناب ArcCN-Runoff است که ژانگ و همکاران به منظور تعیین ارتفاع و حجم رواناب با اقتباس از روش SCS معرفی کرده اند و با استفاده از خاصیت سلولی شماره منحنی و رواناب برای هر پیکسل محاسبه شده است [۳۰]. مقدار CN در نظر گرفته شده برای کاربری های مختلف براساس نفوذ رواناب محاسبه شده است، به طوری که کمترین میزان CN یعنی عدد ۷۴ برای فضای سبز و بیشترین میزان آن یعنی عدد ۹۵ مربوط به کاربری مسکونی است و بقیه بین این دو در نظر گرفته شده است. برآورد رواناب حوضه با استفاده از رابطه ۱ میانگین وزنی ارتفاع رواناب محاسبه شد. در این رابطه، Q_i عمق رواناب برای هر پلیگون (میلی متر)، A_i مساحت هر پلیگون (متر مربع) و A مساحت کل حوضه (متر مربع) است.

$$Q = \frac{\sum Q_i A_i}{A} \quad (1)$$

آخرین مرحله پژوهش شامل تلفیق معیارهای مورد نظر و رواناب حداکثر ۲۴ ساعته در سه سناریوی پنج، ده و بیست ساله است وزن های نسبی محاسبه شده برای معیارهای مؤثر به عنوان میزان تأثیر هر معیار در ایجاد پهنه های آسیب پذیر استفاده شده اند که با ترکیب مدل های AHP, Fuzzy, TOPSIS به دست آمده است. روش TOPSIS بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی کمترین فاصله را با ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را با ایده آل منفی دارد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایش یا کاهش می یابد، که گزینه ایده آل مثبت (+A) و ایده آل منفی (-A) است؛ سپس با استفاده از روش اقلیدسی اندازه جدایی فاصله گزینه نام با ایده آل ها محاسبه می شود. به این ترتیب که نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده آل ابتدا محاسبه و سپس براساس ترتیب نزولی CL_i گزینه های موجود رتبه بندی می شوند [۲۴]. نقشه نهایی برپایه چگونگی توزیع اعداد در یک هیستوگرام فرکانسی، طبقه بندی شده اند؛ هر نقشه با توجه به دامنه اعداد در پنج رده با آسیب پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. رابطه ۲ ضرایب معیارها را نشان می دهد. در شکل ۲، مراحل پژوهش به صورت نمودار نشان داده شده است.

$$\text{آسیب پذیری آب} = (\text{هیدرولوژی} \times 0.75) + (\text{فیزیکی} \times 1) + (\text{اقتصادی} \times 0.17) + (\text{اجتماعی} - \text{سلامت} \times 0.33) + (\text{شریان های حیاتی} \times 0.04) \quad (2)$$



شکل ۲. نمودار مراحل پژوهش

نتایج و بحث

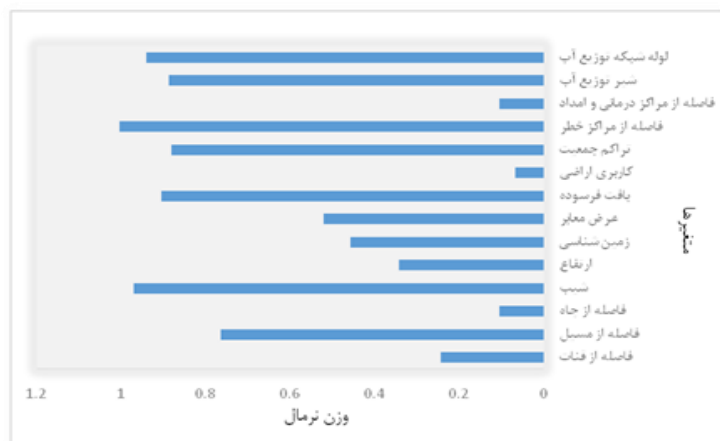
در این پژوهش، کلیه زیرمعیارها در پنج شاخص فیزیکی، هیدرولوژی، اجتماعی - سلامت، اقتصادی و شریان حیاتی دسته‌بندی شدند که در شاخص فیزیکی سه زیرمعیار شیب، ارتفاع و سنگ‌شناسی قرار گرفتند. هر کدام از این معیارها با توجه به رابطه طبقه آنها با آسیب‌پذیری سازه‌های مورد نظر در برابر رواناب در نظر گرفته شدند. در معیار شیب و ارتفاع رابطه معکوس در نظر گرفته شد، زیرا در شیب‌های تندتر، زهکشی آسان‌تر انجام می‌گیرد و ارتفاع کمتر، رواناب بیشتری دریافت می‌کند. از نظر سنگ‌شناسی بیشترین آسیب‌پذیری برای خاک‌های آبرفتی است که توسط رواناب سریع‌تر جابه‌جا می‌شوند و کمترین آسیب‌پذیری برای سنگ‌های آذرآواری و سنگ آهک بلورین است که در بعضی قسمت‌های این منطقه رخمون دارد. در معیار هیدرولوژی نزدیکی به مسیل‌ها، چاه‌ها و قنات‌ها در نظر گرفته شده است، زیرا مشاهدات

نشان داده است که در هنگام وقوع رواناب این محدوده‌ها بیشتر تخریب شده‌اند و همچنین فروریزش و قطع شبکه آب و فاضلاب را در پی داشته است. در شاخص اجتماعی-سلامت، تراکم جمعیت، فاصله از مراکز درمانی-امدادی و مراکز خطر در نظر گرفته شده است.

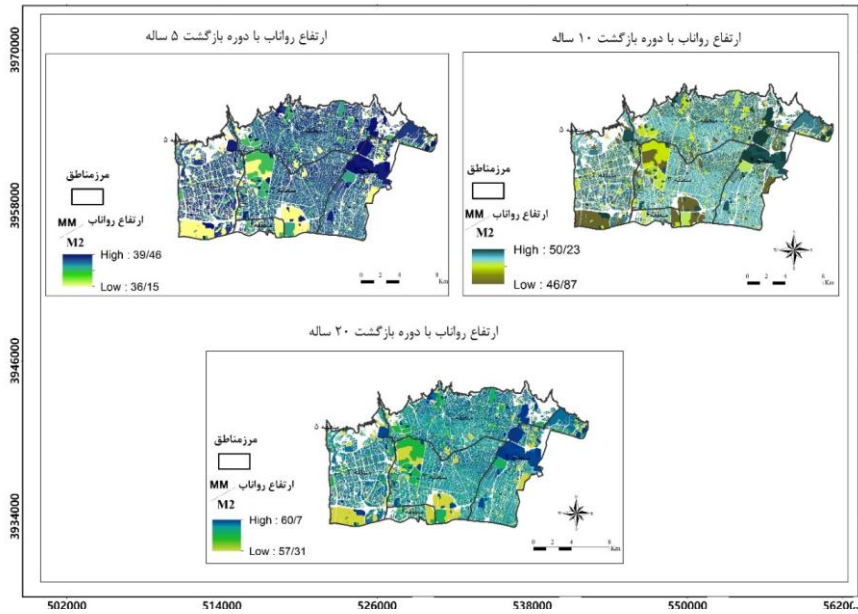
بدیهی است که تراکم نسبی جمعیت، آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد، به‌ویژه در محدوده‌های خطر مثل نزدیک ایستگاه‌های فشارشکن آب، افزایش فشار گاز و تقویت برق. از طرفی نزدیکی به مراکز درمانی-امدادی کمک‌رسانی را تسهیل می‌کند و آسیب‌پذیری جانی را کاهش می‌دهد. در شاخص اقتصادی به زیرمعیارهای کاربری اراضی، بافت فرسوده و شبکه معابر توجه شده است؛ زیرا بعضی از کاربری‌ها به‌ویژه در شمال تهران، سبب کاهش نفوذپذیری و افزایش آسیب‌پذیری می‌شود. بافت فرسوده از نظر کاهش مقاومت در مقابل شدت رواناب و آب‌گرفتگی، آسیب‌پذیری را شدت می‌بخشد و شبکه معابر با عرض بیشتر، هم به هدایت رواناب کمک می‌کند و مانع آب‌گرفتگی می‌شود و هم امکان دسترسی و کمک‌رسانی را فراهم می‌آورد. در شاخص شریان حیاتی جنس و قطر لوله‌های آب و قطر شیر توزیع آب و در خصوص فاضلاب قطر و جنس لوله فاضلاب، قطر و جنس منهول در نظر گرفته شده است. از نظر جنس هرچه مقاومت و انعطاف مواد تشکیل‌دهنده بیشتر باشد آسیب‌پذیری کمتر می‌شود. مشاهدات نشان داده است که جنس پلی‌اتیلن دارای آسیب‌پذیری کمتری است. در خصوص جنس شیر توزیع آب نیز هرچه مقاومت و انعطاف مواد تشکیل‌دهنده بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کمتر رخ می‌دهد؛ برای مثال شیرهای فشارشکن از این نظر مناسب‌ترند. در خصوص جنس منهول نیز مقاومت و انعطاف مواد تشکیل‌دهنده مهم است [۲]. منهول‌های با جنس‌های ترکیبی (پلی‌اتیلن-بتنی)، نسبت به بقیه با آسیب‌پذیری کمتری مواجه می‌شوند. در خصوص قطر لوله‌های آب، شیر توزیع آب، لوله فاضلاب و قطر منهول، همیشه قطرهای بیشتر آسیب‌پذیری کمتری را در پی دارند. شکل ۳، وزن نرمال آسیب‌پذیری شبکه آب و فاضلاب منطقه تحقیق در مقابل رواناب را نشان می‌دهند.

نتایج برآورد رواناب منطقه تحقیق نشان داده است که با دوره بازگشت بیست‌ساله ارتفاع رواناب به ۵۷ تا ۶۰ میلی‌متر می‌رسد و در حدود دوبرابر دوره بازگشت پنج‌ساله پیش‌بینی پذیر است. شکل ۴، ارتفاع رواناب با دوره‌های بازگشت پنج، ده و بیست‌ساله در منطقه تحقیق را نشان می‌دهد. شکل ۵، نقشه‌های نهایی آسیب‌پذیری شبکه آب و فاضلاب را نشان می‌دهد. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل شده از نقشه اخیر و جدول‌های آسیب‌پذیری در سه دوره بازگشت می‌توان گفت نقشه آسیب‌پذیری شبکه آب و فاضلاب می‌تواند بازتاب مناسبی از وضعیت‌های فیزیکی، هیدرولوژی، اجتماعی، اقتصادی و شریان‌های حیاتی مناطق مختلف منطقه تحقیق در برابر آسیب‌پذیری منتج از رواناب را ارائه دهد؛ به‌طوری که بیشترین آسیب‌پذیری بخش‌های شهری بر

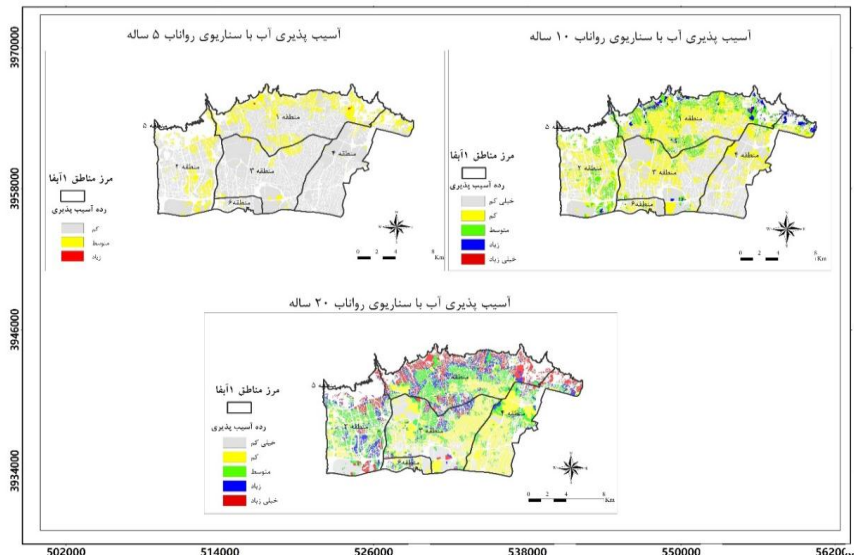
شیب زیاد، نزدیکی به مسیل‌ها، نزدیکی به مراکز خطر و بافت فرسوده با تراکم جمعیتی زیاد منطبق است. همچنین نتایج بیانگر این است که ارتفاع رواناب محدوده تحقیق، دامنه‌ای از ۳۶/۱۵ تا ۳۹/۴۶ میلی‌متر در دوره بازگشت پنج‌ساله، ۴۶/۸۷ تا ۵۰/۲۳ میلی‌متر در دوره بازگشت ده‌ساله و ۵۷/۳۱ تا ۶۰/۷ میلی‌متر در دوره بازگشت بیست‌ساله دارند و به‌شدت متأثر از بارش در ارتفاع‌های مختلف، نوع کاربری و سطوح نفوذناپذیرند. شبکه ارتباطی در بخش‌های مختلف این منطقه و سطح زیربنای مسکونی به‌عنوان سطح نفوذناپذیر در نظر گرفته شده است. محدوده تحقیق، بخش آسیب‌پذیر شهر در برابر رواناب است که بیشترین مساحت آن را بافت ناپایدار با مراکز پرخطر و تجمع زیاد تأسیسات را شامل می‌شود که در راستای مسیل‌های اصلی دریند، دارآباد، جمشیدیه، مقصودییک، لارک و ولنجک قرار گرفته است؛ به‌ویژه در که که شیب حوضه زهکشی این رودخانه، به‌گونه‌ای است که می‌تواند طغیان‌های بزرگی را ایجاد کند و از طرفی در برخی از قسمت‌های شهر که ارزش مکانی زمین زیاد است، بستر رودخانه‌ها و مسیل‌های داخل شهر مورد تعرض قرار گرفته و سطح مقطع آنها کاهش یافته و محدود شده است. این موضوع بر رژیم طبیعی رودخانه و مسیل عبوری جریان، تأثیر می‌گذارد و هنگام وقوع بارش‌های رگباری شدید خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به تأسیسات وارد می‌سازد. مناطق ۶ و ۳ تهران آسیب‌پذیری کمتری در برابر تجمع رواناب دارند؛ در این مناطق، مراکز خطر کمتر و تقریباً عاری از بلوک‌های فرسوده است که از نظر تراکم جمعیتی نیز نسبت به متوسط منطقه در سطح پایین‌تری قرار دارند. با وجود درصد فضای سبز بیشتر و تجمع کمتر و تدفین تأسیسات در عمق بیشتر، تأسیسات آب و فاضلاب آسیب‌پذیری کمتری دارند.



شکل ۳. وزن نرمال آسیب‌پذیری شبکه آب و فاضلاب در مقابل رواناب



شکل ۴. ارتفاع رواناب با دوره‌های بازگشت پنج، ده و بیست‌ساله در منطقه تحقیق



شکل ۵. نقشه آسیب‌پذیری با دوره بازگشت رواناب پنج، ده و بیست‌ساله

نتیجه‌گیری

وظایف و مسئولیت دولت و حکومت در قبال ضرر و زیان ناشی از حوادث طبیعی قهری و همچنین وظایف دولت در پیشگیری از وقوع آن و به‌عبارت دیگر، حقوق عمومی شهروندان در قبال سازه‌های مهم و شریان‌های حیاتی ضرورت استفاده از نتایج چنین مطالعاتی را آشکار می‌کند [۵]. از طرفی مخاطراتی که در کلانشهرها رخ می‌دهد در یک دسته قرار نمی‌گیرند و چندین بُعد را شامل می‌شوند و در نتیجه ماهیت و تعریف خاصی دارند [۱۶]. رواناب پدیده‌ای طبیعی است، اما مخاطرات ناشی از آن به دلایلی مرتبط می‌شود که با افزایش جمعیت تهران و گسترده شدن آن، ابعاد و شدت آن افزایش می‌یابد. تأسیسات آب و فاضلاب در کلانشهر تهران از سازه‌های مهم و شریان‌های حیاتی محسوب می‌شود. این تأسیسات از رواناب‌های شهری و حوضه‌های بالادست آسیب می‌بینند. آسیب اخیر هم متوجه سیستم‌ها شامل انتقال آب، لوله‌ها، شیرها و شبکه منهول است و هم مسائل دیگر بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین این پژوهش ناگزیر به استفاده از شاخص‌هایی است که علت بلافصل مخاطره مورد بررسی نیستند. شاخص‌های تراکم مراکز خطر (ایستگاه گاز و خطوط انتقال نیرو)، بافت فرسوده، شیب، تراکم نسبی جمعیت، شرایط تأسیسات (از لحاظ قطر و عمق کار گذاشتن) و وجود مسیل‌های شمال تهران (درکه، دربند، ولنجک، مقصودبیک، جمشیدیه، دارآباد و لارک) در افزایش آسیب‌پذیری دخیل‌اند. تأسیسات آب و فاضلاب این منطقه، در عمق کمتر از حالت عادی یا به‌صورت روکار نصب شده‌اند و بالطبع نسبت به سایر مناطق آسیب‌پذیرترند؛ زیرا شدت رواناب ممکن است لوله‌های آب یا فاضلاب را جابه‌جا کند. نتایج مطالعات نشان داد که ۵۰/۱ درصد از طول لوله‌های آب و فاضلاب، ۶۲/۲ درصد شیرها و ۸۱/۸۳ درصد از تعداد منهول‌های منطقه تحقیق در معرض آسیب ناشی از رواناب قرار دارند. همچنین عمق کار گذاشتن و قطر تأسیسات استفاده‌شده لحاظ شده است، زیرا لوله‌های با عمق کارگذاری کمتر، قطر کمتری دارند و خسارت بیشتری می‌بینند. از طرفی قدمت و جنس لوله‌های نصب‌شده هم در آسیب‌پذیری حائز اهمیت است. مقایسه نقشه‌های آسیب‌پذیری نشان داد که در منطقه مرکزی و شمالی محدوده تحقیق که تراکم تأسیسات آبرسانی بیشتر است، در صورت رخداد حادثه، فضایی مناسب برای استقرار تأسیسات آبرسانی اضطراری یافت نمی‌شود و در قیاس با آن در بخش‌های جنوبی این منطقه که تراکم تأسیسات آبرسانی کمتر است، فضاهای مناسب از جمله فضاهای سبز شهری بیشترند.

منابع

- [۱]. تهذیبی، کامبیز؛ نوری، مهدی؛ مشعوف، بیژن؛ نصیبی، مهدی (۱۳۹۴). «ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌های انتقال آب با استفاده از روش خوشه‌بندی». *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران*. ش ۵: ۱۰۴-۹۷.
- [۲]. حسن‌نیا، احد؛ فکور، زهرا (۱۳۹۰). «انواع روش‌های مقاوم‌سازی لوله‌های مدفون». *اولین کنفرانس ملی مدیریت بحران، زلزله و آسیب‌پذیری اماکن و شریان‌های حیاتی، تهران، وزارت کشور*. سازمان مدیریت بحران کشور: ۷-۱.
- [۳]. رادمهر، احمد؛ عراقی‌نژاد، شهاب (۱۳۹۳). «کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی فازی در تعیین مناطق آسیب‌پذیر از سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهری تهران)». *دانش و آب و خاک*، ش ۴: ۱۲۸-۱۱۵.
- [۴]. رامشت، محمدحسین؛ انتظاری، مژگان (۱۳۹۴). «چرا دانش مخاطرات؟ (ضرورت پرداختن به آسیب‌پذیری انسان)». *دانش مخاطرات*، ش ۴: ۳۷۵-۳۷۱.
- [۵]. رجب‌زاده، علیرضا (۱۳۹۴). «چرا دانش مخاطرات؟ (تبیین حقوق و مخاطرات)». *دانش و مخاطرات*، ش ۱: ۴-۱.
- [۶]. منجزی، ناهید (۱۳۹۲). شناسایی مکان‌های مناسب جهت احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی در دشت بتوند، استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر کاظم رنگرن. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [۷]. زارع، مهدی (۱۳۹۵). «سخن عضو هیأت تحریریه: چرا دانش مخاطرات؟». *دانش مخاطرات*، ش ۳: ۹۴-۹۱.
- [۸]. صادقلو، طاهره؛ سجاسی قیداری، حمدالله (۱۳۹۳). «راهبردهای مدیریت مخاطره سیل در مناطق روستایی با مدل SWOC-TOPSIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌چای رامیان)». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ش ۱۲: ۱۲۸-۱۰۵.
- [۹]. صالحی، اسماعیل؛ رفیعی، یوسف؛ فرزاد بهتاش، محمدرضا؛ آقابابایی، محمدتقی (۱۳۹۲). «پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران)». *محیط‌شناسی*، ش ۳: ۱۸۸-۱۷۹.
- [۱۰]. قنواتی، عزت‌الله (۱۳۹۲). «پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ش ۸: ۱۳۱-۱۱۳.

- [۱۱]. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۶). «مدیریت سیلاب شهری با طراحی Geodatabase (مطالعه موردی: شهر نور در استان مازندران)» دومین کنفرانس مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه: ۱-۱۲.
- [۱۲]. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۹). «تأثیر حوضه‌های بالادست تهران بر رخداد سیلاب در مناطق مسکونی تهران (مطالعه موردی: تأثیر حوضه فرحزاد در منطقه ۲ تهران)». اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری: ۹-۱.
- [۱۳]. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۰). «ارزیابی موقعیت مکانی شبکه مسیل‌های تهران». فصلنامه جغرافیای طبیعی لار. ش ۱۳. ۷۰-۵۹.
- [۱۴]. قهرودی تالی، منیژه؛ ثروتی، محمدرضا؛ صرافی، محمد؛ پورموسوی، سیدمحمد؛ درفشی، خهبات (۱۳۹۱). «ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران». فصلنامه علمی /مداد و نجات، ش ۳. ۹۳-۷۹.
- [۱۵]. قهرودی تالی، منیژه؛ مجید هروی، آنیته؛ عبدلی، اسماعیل (۱۳۹۵). آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ش ۱۷. ۲۱-۳۵.
- [۱۶]. گواهی، عبدالرحیم (۱۳۹۳). «چرا دانش مخاطرات؟ (۲) (مخاطره‌شناسی و آینده‌پژوهشی)». دانش مخاطرات، ش ۲. ۱۳۰-۱۲۷.
- [۱۷]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۶). «چرا دانش مخاطرات؟ (مخاطره‌شناسی امری فطری است)». مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، ش ۱: ۷-۱.
- [۱۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۵). «چرا دانش مخاطرات؟ (دیدگاهی جدید برای درک مخاطرات)». مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، ش ۳. ۱۹۷-۱۹۱.
- [۱۹]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). «چرا دانش مخاطرات؟ (تعریف و ضرورت)». دانش مخاطرات، ش ۱: ۳-۱.
- [۲۰]. منصوریان، علی (۱۳۹۵). چرا دانش مخاطرات؟ (تأکید بر لزوم پژوهش و همکاری‌های بین‌رشته‌ای برای شناخت بهتر مخاطرات و توسعه). دانش مخاطرات، ش ۳: ۴-۱.
- [۲۱]. منطقه یک آب و فاضلاب (آبفا)، <http://t1ww.tpww.ir>.
- [۲۲]. میرزایی، محمد (۱۳۹۴). «چرا دانش مخاطرات؟ (اهمیت رفتار و سبک زندگی سلامت‌محور در پیشگیری از مخاطرات در دوران معاصر)». دانش مخاطرات. ش ۳: ۲۷۳-۲۶۷.

- [۲۳]. نوروزی خطیری، خدیجه؛ امیدوار، بابک؛ ملک محمدی، بهرام؛ گنجه‌ای، سجاد (۱۳۹۲). «تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه بیست تهران)». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ش ۷: ۶۸-۵۳.
- [24]. Asadzadeh, A. (2014). "Assessing Site Selection of New Towns Using TOPSIS Method under Entropy Logic a Case study: New Towns of Tehran Metropolitan Region (TMR)". *Environmental Management and Sustainable Development*. 3 (1): 24-29, 10.5296/emsd.v3i1.4874.
- [25]. Baba, T.; Taniguchi, J.; Kusunoki, N; Miyoshi, M.; Aki, H.,(2017). "Preliminary Study on Long-Term 41-Flooding After the Tsunami". *Journal of Disaster Research*. 12(4): 741-749.
- [26]. Ghahroudi Tali, M.; Tavakolinia, J.; Majidi Heravi, A. (2016). "Flood Vulnerability Assessment in Northwestern Areas of Tehran". *Journal of Disaster Research*. 11(4): 697-704.
- [27]. Kato, R.; Shimizu, S.; Shimose, K.; Iwanami, K. (2017). "Very Short Time Range Forecasting Using CReSS-3DVAR for a Meso- γ -Scale, Localized, Extremely Heavy Rainfall Event: Comparison with an Extrapolation-Based Nowcast". *Journal of Disaster Research*. 12 (5):967-974.
- [28]. Ohara, M.; Nagumo, N.; Shrestha, B.B.; Sawano, H. (2016). "Flood Risk Assessment in Asian Flood Prone Area with Limited Local Data, Case Study in Pampanga River Basin, Philippines". *Journal of Disaster Research*. 11(6): 1150-1158.
- [29]. 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*. 38 (1). 105-115.
- [30]. Zhan, X.; Huang, M. (2004). *Arc CN- runoff: ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps*. Environ. Model Software, 875-879, 10.1016/j.envsoft.2004.03.001.