سنجش و تحلیل مولفه‌های هیدرولیکی اثرگذار بر تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری در کلان‌شهر تهران

کوشا خاتونی[۱*]، مارال نظرمحمد نرگسی[۲]، فربد لؤلؤ[۳]

۱) دانشجوی دکتری عمران آب، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲) کارشناس مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی لامعی گرگانی، گرگان، ایران

۳) کارشناس مهندسی عمران، دانشکده عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

*نویسنده مسئول: kousha.khatooni@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۰۲۱**

چکیده

تاب‌آوری سیستم‌های شهری در برابر سیلاب، به معنی پایداری و مقاومت این سیستم‌ها در برابر آسیب‌های وارده از جانب سیل و توانایی آنها برای بهبود و بازگشت سریع به شرایط عادی پس از رخداد بلای طبیعی یعنی سیلاب می‌باشد. یکی از مسائل مهمی که در دهه‌های اخیر سکونت‌گاه‌ها بخصوص کلان‌شهرها، با وجود جمعیت زیاد و تراکم کالبدی با آن مواجه‌اند، مخاطرات طبیعی از جمله سیلاب‌های شهری است. تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری یکی از مباحث مهم و البته پیچیده در مطالعات آب و سازه‌های هیدرولیکی است که اخیرا توانسته است توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کند. چراکه با بررسی این مفهوم می‌توان نقاط تاب‌آور و غیرتاب‌آور را مشخص کرد و برای حفظ و افزایش تاب‌آوری آن کوشید. از آنجایی‌که افزایش روزافزون جمعیت در کلان‌شهر تهران مشکلات و چالش‌هایی را از نظر مدیریت سیلاب‌های شهری ایجاد کرده است، پژوهشگران این مطالعه سعی کردند، مولفه‌های مهم و اثرگذار بر تاب‌آوری در شاخص هیدرولیکی را سنجش و آن بررسی و تفسیر نمایند. هدف از این پژوهش ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی با تاکید بر مدیریت سیلاب شهری در کلان‌شهر تهران است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مناطق۲۲،۲۰ و ۵ تهران بیش‌ترین تاب‌آوری و مناطق ۹،۱۰،۱۱ و ۱۷ کم‌ترین تاب‌آوری را در مبحث مولفه هیدرولیکی را در میان مناطق داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری، سیلاب‌های شهری، شهر تهران، مدیریت ریسک سیلاب.

مقدمه

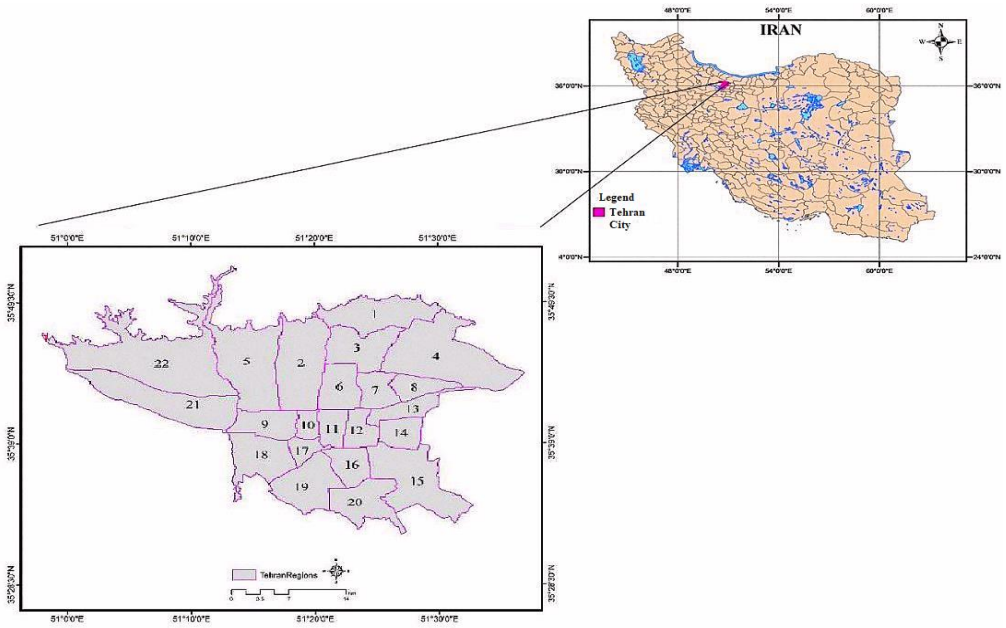
سیلاب‌های شهری را می‌توان از جمله رخدادهای طبیعی به شمار آورد که علوم مهندسی به خصوص مهندسی آب می‌تولند تا حد قابل توجهی آن را پیش‌بینی کرده و با ایجاد امکانات مناسب از آسیب‌های احتمالی چه جانی و چه مالی پیش‌گیری نماید، به بیان دیگر، وقوع سیل و سیلاب و نحوه‌ی مدیریت آن در علوم مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی بسیار اهمیت دارد چرا که کوچک‌ترین خطا و یا تغییر در نحوه‌ی مدیریت آب می‌تولند خسارت‌های جبران‌ناپذیری را در مناطق سیل‌خیز ایجاد نماید و سبب رخدادهای بزرگی شوند (Da costa *e*t al., 2022). به همین دلیل است که مطالعات گذشته علاوه بر تاکید بر اهمیت سیل و سیلاب‌های شهری و مناطق بحرانی به عواملی همچون برنامه‌ریزی نامناسب، رشد جمعیت و تخریب محیط زیست، اثرات تغییرات آب و هوایی و همچنین تاب‌آوری و مدیریت سیلاب تاکید داشته‌اند (Morelli et al., 2021). به بیان واضح تر، مطالعات گذشته در این زمینه نشان داده‌اند که تاب‌آوری می‌تواند نظام شهری را پایدارتر کرده و با تاب‌آور کردن محیط به حفظ ایمنی در حین سیلاب و بازگشت به شرایط عادی کمک نماید (Zhong et al., 2020). در چند سال گذشته، جهان شاهد بلایای طبیعی پیش‌بینی نشده و غیرمترقبه‌ای بوده است. برای مثال، بسیاری از کشورهای دنیا حوادثی از قبیل سونامی آسیا، طوفان کاترینا و زلزله‌ی ونچوان چین را تجربه کرده‌اند و خرابی‌های زیادی را شاهد بوده‌اند (بدری و همکاران، ۱۳۹۲). اگرچه در این‌گونه بحران‌ها از اقدامات پیش‌گیری کننده استفاده شد و بسیاری از تمهیدات پیش‌گیری کننده لحاظ گردید، اما واقعیت این است که نمی‌توان، از پیامدهای بلایا جلوگیری کرد زیرا برخی از این بلایا دارای اشکال و گونه‌های بزرگ پیش‌بینی ناپذیرند. بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنین برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید (Mendoza-Cano et al., 2019). با توجه به آنچه که گفته شد می‌توان این‌گونه اذعان کرد که امروزه، مناطق شهری دارای قابلیت‌های مهمی در زندگی فردی و اجتماعی است، اما در سال‌های اخیر، بارها مورد آسیب سیل و سیلاب شهری قرار گرفته‌اند که در برخی از موارد پیامدهای اقتصادی، اجتماعی - فرهنگی و زیست محیطی - کالبدی داشته است. به بیان دیگر تاب‌آوری درجه‌ای از انطباق‌پذیری سکونت‌گاه‌ها در مواجهه با خطر است که شامل نگرش، درک و رفتار ساکنان در ارتباط با بلایا است و تقویت تاب‌آوری به منزله‌ی متغیر وابسته، بر متغیرهای مستقل زیادی تأثیرگذار است که شامل ابعاد اقتصادی، فردی، سرمایه‌ی اجتماعی، زیر ساخت‌ها، خدمات و ابعاد مدیریتی می‌باشد (Mendoza-Cano et al., 2019). در سال‌های اخیر، بررسی وضع موجود سیل‌های نشان می‌دهد که ساکنان در برابر سیل تاب‌آوری لازم را ندارند و نیازمند کمک‌های مسئولین مرتبط هستند، همچنین ضعف مدیریتی موجب شده است که زمان بازگشت به شرایط اولیه طولانی و موجب نارضایتی ساکنین شود. شیوه قرارگیری سکونت‌گاه‌ها در اکثر شهرها به خصوص ایران که در منطقه‌ی خشک قرار دارد به صورت خطی در امتداد رودخانه‌ها است. البته محدودیت‌های توپوگرافی هم موجب شکل‌گیری این تیپ از شهرها شده است. شیوه قرارگیری اراضی کشاورزی، مساکن شهرنشینان، زیر ساخت‌ها و جاده‌های ارتباطی موجب شده است که پیوسته در

معرض خطر تخریب سیل قرار داشته باشد. بررسی تجارب موفق بیانگر آن است که تلاش شده است مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری تقویت شود. در این زمینه نقش زیر ساخت‌ها برای بهبود وضعیت تاب‌آوری بسیار مهم است، زیرا زیرساخت‌ها شامل شبکه‌های ارتباطی، مکان استقرار مراکز خدمات درمانی، پاسگاه‌های نیروی انتظامی، مراکز آتش‌نشانی و مدیریت بحران در کنار شبکه ارتباط جمعی مانند تلفن، اینترنت و جز آن است (Rezende et al., 2019). فرای آنچه بیان گردید، روش‌های نوینی برای اندازه‌گیری و تخمین آسیب‌های حاصل از سیل و بهبود بخشی تاب‌آوری بررسی شده است. ولیزاده و همکاران (۱۳۹۸) طی مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که می‌توان از داده‌های زمین‌شناسی با تمرکز بر داده‌های توپوگرافی و GIS نیز می‌توان پیش‌بینی‌هایی را بر روی سیلاب‌های شهری و تخمین خرابی‌های سیل انجام داد. همچنین در بررسی‌های صورت یافته توسط خاتونی و هوشیاری‌پور (۱۴۰۰) نشان دادند که برای سنجش میزان تاب‌آوری شهر در برابر خطربلاهای طبیعی می‌توان از چندین بعد شامل اقتصادی، اجتماعی، نهادی و کالبدی محیطی استفاده کرد و وضعیت هرکدام می‌تواند گویای میزان تاب‌آوری شهر باشد. حتی مهم‌ترین راهبرد برای افزایش تاب‌آوری شهر را مدیریتی یکپارچه عنوان کرده‌اند. همچنین آنها به تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری سیلاب شهری در شهر کرج با ارائه و تعریف شاخص‌های اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی، نهادی-سازمانی، زیرساختی-کالبدی و هیدرولیکی پرداختند، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که با تعریف این شاخص‌ها و بررسی فازی آنها، اولویت شاخص‌ها برای ارتقا تاب‌آوری سیلاب در منطقه مورد مطالعه مشخص شده و مناطقی که بیش‌ترین سیلاب را تجربه کرده‌اند چه رفتار و تاب‌آوری را از خود نشان داده‌اند. مشاهده می‌شود که تحقیق و مطالعات بسیار زیادی از گذشته‌ی دور تا اکنون درباره مبحث تاب‌آوری در باب کمک به مدیریت سیلاب شهری انجام شده است. ولی همان‌طورکه در بخش‌های گذشته اشاره شد مبحث تاب‌آوری موضوع جدید و با ظرفیت‌های بسیار بالا می‌باشد و دارای پتانسیل‌های فراوانی در توسعه و پیشرفت این موضوع در باب مسائل مدیریت ریسک سیلاب می‌باشد. در کنار این، شهر تهران از نظر توسعه شهری توانسته است در دهه اخیر رشد بسیار بالایی را داشته باشد. این افزایش و پیشرفت باعث شده است تا نقاط بحرانی بسیاری را ایجاد کند که در آن سیلاب‌های شهری می‌تواند خسارت‌های بسیاری را به سیستم شهری و حتی کیفیت زندگی مردم وارد کنند. از این‌رو تقویت و افزایش تاب‌آوری در شهر تهران بسیار مهم و ضروری است، چراکه خسارت به هر یک از بخش‌ها می‌تواند جبران‌ناپذیر باشد. لذا به همین امر مهم و اساسی، در این پژوهش سعی شده است تا به بررسی مولفه‌های هیدرولیکی مهم شهر تهران پرداخته شود تا خطرات و مشکلات در برابر سیلاب‌های شهری بررسی شود تا بتوان درک درستی از مناطق پرخطر داشت و برای آن تمهیداتی اندیشید تا کلان‌شهر تهران در برابر سیلاب‌های شهری بتواند بهترین عملکرد و کم‌ترین خطر را احساس کند و همچنین بررسی شود نقاط و حوضه‌هایی که در شهر دچار سیلاب و آبگرفتگی می‌شوند در چه محدوده‌ای از شهر قرار دارند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شـهر تهران در ۵۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۶۰ دقیقه طول شـرقی و ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و۸۳ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این شهر در فلات مرکزی در دامنه جنوبی کوه‌های البرز با جهت شیب کلی از شمال به جنوب و در دشتی نسبتاً هموار واقع شده است و مساحتی حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع و جمعیتی معادل سیزده میلیون و دویست هزار نفر دارد. شـهر تهران دارای اقلیمی نیمه خشـک اسـت و بیش‌تر از ارتفاعات البرز مرکزی تأثیر پذیرفته اسـت. متوسـط بارندگی این منطقه ۳۳۳ میلی‌متر درسال است. موقعیت کشوری و استانی شهر تهران در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل۱: موقعیت کشوری و مناطق ۲۲ گانه کلان‌شهر تهران

روش شناسی تحقیق

اهمیت تاب‌آوری در سال‌های اخیر توسط نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح، بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته و این سـازمان‌ها بیش‌تر فعالیت‌های خود را بر دسـتیابی به جامعه تاب‌آور در برابر سـوانح متمرکز سـاخته‌اند. این بخش اطلاعات مفید و مختصری درباره‌ی روش‌شناسی این پژوهش آورده شده است که شناسایی آن‌ها برای رسیدن به اهداف تحقیق لازم و ضروری است.

مولفه‌های هیدرولیکی تاب‌آوری در مقابل سیلاب

برای سنجش و تحلیل تاب‌آوری سیلاب در منطقه‌ی مورد مطالعه، از معیار و مولفه‌های استاندارد و حقیقی برای سنجش درست و بررسی دقیق میزان تاب‌آوری مناطق شهری در برابر سیلاب و آب‌های سطحی استفاده شد. شایان ذکر است که این شاخص‌ها در مجموع پنج زمینه‌ی کلی را بررسی کرده است که اغلب برای ساکنان شهری چالش برانگیز است؛ و بر کیفیت زندگی افراد در مناطق شهری موثر است. این شاخص‌ها مستقیما روی تاب‌آوری مناطق تاثیرگذار بوده و با کیفیت و چگونگی زندگی ساکنان و افراد در حوضه مورد مطالعه، رابطه مستقیم دارد. این بدان معنی است که هر چقدر درست و صحیح این شاخص‌ها ارزیابی شوند می‌توان بررسی درست و دقیق‌تر از تاب‌آوری این مناطق در اختیار داشت. شاخص‌های تاب‌آوری جداگانه و به تفکیک هر منطقه از شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفتند که این مولفه‌ها عبارتند از: ۱. مولفه گرفتگی و سیل‌زدگی مناطق ۲. مولفه مشکل هیدرولیکی کانال ۳. مولفه بهداشت و تمیزی ۴. مولفه کانال‌های سر پوشیده ۵. مولفه بخش‌های سیل برگردان. مولفه گرفتگی و نقاط سیل‌زده را می‌توان مهم‌ترین زیرمجموعه معیارهای هیدرولیکی برشمرد. چرا که اصلی‌ترین مسائل در زمان وقوع سیلاب‌های شهری را بازتاب می‌دهد. موارد گرفتگی در مجاری اصلی تخلیه سیلاب یکی از مشکلات در زمان سیل و آب‌گرفتگی است. همچنین در مولفه بهداشت و تمیزی در زمان وقوع سیلاب‌های شهری از مشکلاتی می‌باشد که می‌تواند مسائل بسیاری را برای شهروندان ایجاد کرده و از تخلیه به موقع آب جاری شده توسط کانال‌ها و شاخه‌های سیل برگردان جلوگیری کرده و منجر به جاری شدن آن در سطح شهر گردد. در مولفه مشکلات هیدرولیکی کانال‌ها که اغلب ناشی از عدم وجود شکل هیدرولیکی صحیح، عدم مطالعه درباره ایجاد رسوب در کف کانال و افزایش زبری آن و مواردی نظیر آن است و منجر به مسائلی مانند بیرون‌زدن آب از کانال در زمان طغیان و غرقاب شدن اراضی مجاور و همچنین لبریز شدن شبکه جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی، هنگام رگبارهای شدید می‌شود. در معیار کانال‌های سرپوشیده طول کانال‌های موجود در هر منطقه مورد بررسی قرار گرفته که به تخلیه سیلاب کمک می‌کند. این شبکه از کانال‌ها، به‌منظور جمع‌آوری رواناب ناشی از بارندگی و طغیان رودخانه‌ها و هدایت ایمن سیل به خارج از شهر تهران ایجاد شده است. این معیار به سه بخش شرق، غرب و مرکزی تقسیم شده است که در واقع با هم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت در مولفه بخش‌ها و حوضه‌های سیل برگردان طول شاخه‌های اصلی حوزه در هر منطقه مورد بررسی قرار گرفته که به تخلیه سیلاب کمک می‌کند. شبکه جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی تهران در شرایط کنونی به منظور کنترل سیل شهری ناشی از طغیان رود دره‌های شمالی و رواناب ناشی از بارش بر سطوح شهری ایجاد شده است. این شبکه شامل، شبکه حوضه سیل برگردان شرق تهران به مساحت تقریبی ۵۲۰ کیلومترمربع، حوضه مرکزی تهران به مساحت تقریبی ۱۷۰ کیلومترمربع، حوضه سیل برگردان غرب تهران به مساحت تقریبی ۴۲۰ کیلومترمربع و حوضه رودخانه چیتگر به مساحت تقریبی ۱۷۰ کیلومترمربع است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود درحال‌حاضر به ازای هر کیلومترمربع از سطح شهر تهران، حدود یک کیلومتر شبکه اصلی برای جمع‌آوری

رواناب و کنترل سیل شهری ایجاد شده است. این معیار به سه بخش شرق، غرب و مرکزی و حوزه وردآورد که بخشی از آن در شهر تهران قرار می‌گیرد تقسیم شده است که در واقع با هم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مدل تحقیقاتی

این مطالعه به بررسی شاخص‌های مهم تاب‌آوری و میزان آنها جهت بهبود و افزایش تاب‌آوری به صورت موردی در شهر تهران پرداخته است. به همین منظور برای دستیابی به نتایج حاصل از مطالعه از روش کیفی استفاده شده است که اطلاعات دقیقی را در مورد مکان‌های تاب‌آور و غیرتاب‌آور در شهر تهران ارائه می‌کند. نحوه استخراج اطلاعات برای مولفه‌های معرفی شده، با همکاری شهرداری تهران و وزارت نیرو میسر گردید که اطلاعات به‌صورت لایه‌های نقشه‌ای و آماری دریافت شد. با آنالیز حساسیت و GIS بررسی‌های لازم صورت و اطلاعات استخراج گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه شاخص تاب‌آوری، این معیارها محاسبه شد و با توجه به روش‌های موجود، استانداردسازی صورت گرفت. سپس این معیارها با توجه به اهمیتی که داشتند؛ وزن‌دهی شده و در نهایت عدد نهایی تاب‌آوری بدست آمد.

وزن‌دهی به روش مدل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند واکاری سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. واژه AHP[1] به معنی فرآیند واکاری سلسله مراتبی است، در این روش با انتخاب ضرایب، بخش اول واکاری شروع می‌شود. سپس بر اساس ضرایب شناسایی شده، گزینه‌ها ارزیابی می‌شوند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردها در آغاز استفاده کرد و با گسترش آن‌ها ضرایب را شناسایی کرد تا به انتها رسید. این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت‌بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. برای انجام این کار در این تحقیق توسط یک کارشناس ارشد آب و سازه‌های هیدرولیکی، یک پرسشنامه تهیه شده تا ضریب مولفه‌ها مشخص شود. برای جمع اعداد، مولفه‌ها در یک مرحله بدون اعمال ضریب با یکدیگر جمع و نتایج حاصل شده است و در مرحله بعدی ضرایب منتج از پرسش‌نامه AHP را در هر یک از مولفه‌ها اعمال نموده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده است. پرسش‌نامه به گونه‌ای طراحی شده است که برای هر زیرمجموعه نیز در مقایسه با دیگر زیرمجموعه‌ها ضریبی معین شده و پس از بدست آوردن اعداد تاب‌آوری برای هر زیرمجموعه، برای بدست آوردن عدد نهایی تاب‌آوری برای هر منطقه، اعداد هر زیرمجموعه یک بار با اعمال ضرایب و بار دیگر

[1]Analytical process Hierarchy

با ضرایب یکسان، با یکدیگر جمع کرده و نتایج مقایسه شده است. جدول (۱) ضرایب AHP هریک از مولفه‌های معرفی شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ضرایب AHP مولفه‌های هیدرولیکی تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری

مولفه‌های هیدرولیکی موثر بر تاب‌آوری	ضریب AHP
گرفتگی و سیل‌زدگی مناطق	۰/۲۶
مشکل هیدرولیکی کانال	۰/۱۳
بهداشت و تمیزی	۰/۵۸
کانال‌های سرپوشیده	۰/۲۴
بخش‌های سیل برگردان	۰/۲۱

نتایج و بحث

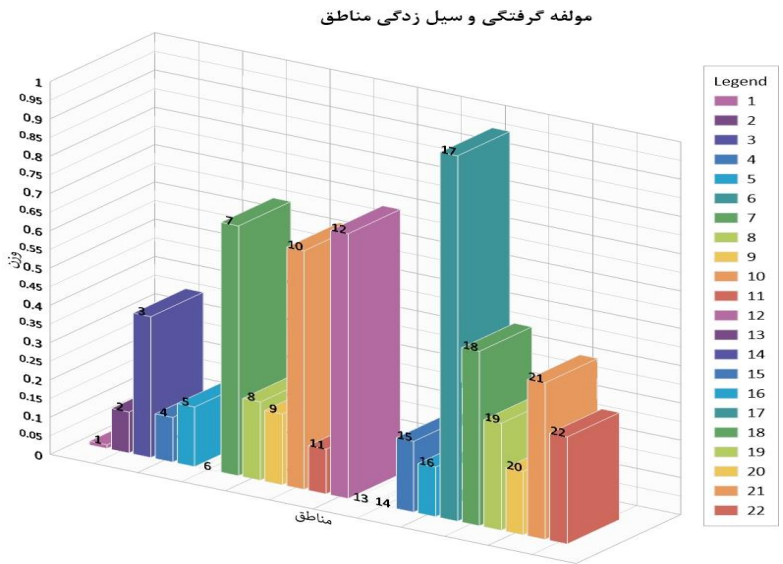
باتوجه به آنچه که بیان شد، پس از آماده‌سازی اطلاعات اولیه و دسته‌بندی آن‌ها به آنالیز و بررسی تک تک مولفه‌های هیدرولیکی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران پرداخته می‌شود. نتایج مشخص می‌کند که تک تک این معیارها چه رفتار و تاب‌آوری در مناطق از خود نشان داده‌اند. جدول (۲) مقادیر ارزیابی شده تک تک مولفه‌های تاب‌آوری را دسته‌بندی می‌کند که در هر منطقه، در هر مولفه به چه صورت از خود تاب‌آوری ممکن را نشان می‌دهد.

نمودار تغییرات مولفه‌های اثرگذار بر تاب‌آوری مناطق در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج در این شکل مشخص می‌نماید هر منطقه نسبت به سایر مناطق چه تاب‌آوری دارد. اولین مولفه هیدرولیکی، گرفتگی و سیل‌زدگی مناطق می‌باشد که تعداد موارد گرفتگی در هر منطقه را بررسی می‌کند. بدین منظور، تعداد موارد گرفتگی هر منطقه را به مساحت آن تقسیم نموده و مشاهده می‌شود که هر متر مربع از مساحت هر منطقه چه سهمی از موارد گرفتگی را در بر می‌گیرد.

مولفه بعدی مشکل هیدرولیکی می‌باشد که با استفاده از تعداد موارد مشکل هیدرولیکی بدست می‌آید. بدین منظور، تعداد موارد مشکل هیدرولیکی در هر منطقه را به مساحت آن تقسیم نموده تا مشاهده شود که هر مترمربع از مساحت هر منطقه چه سهمی از موارد مشکل هیدرولیکی را در بر می‌گیرد. شکل(۳).

جدول ۲: مقدار تاب‌آوری مولفه‌های هیدرولیکی در برابر سیلاب‌های شهر تهران

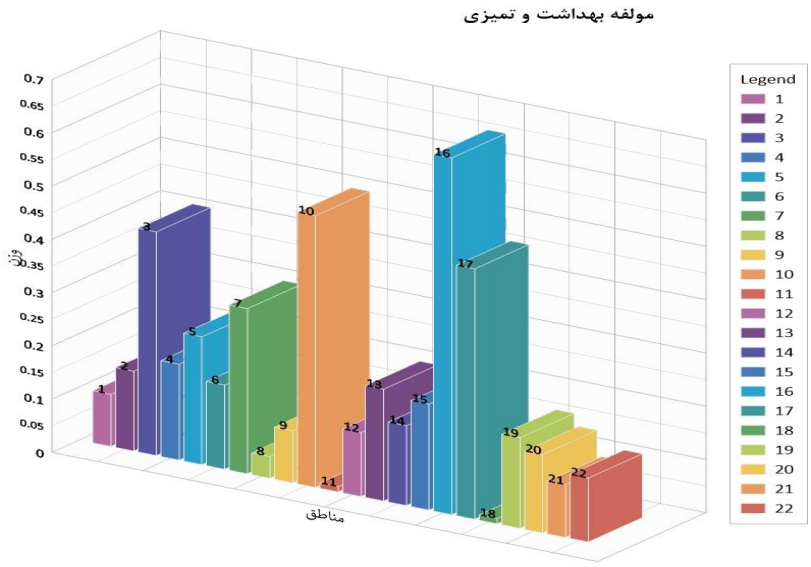
مناطق	بخش های سیل برگردان	کانال سرپوشیده	بهداشت و تمیزی	هیدرولیکی	گرفتگی و سیل زدگی
۱	۰/۵۴	۰/۱۷	۰/۰۹۸	۰/۰۷۸	۰/۰۱
۲	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۱
۳	۰/۶۵	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۳۷۸
۴	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۱۸	۰/۰۴۸	۰/۱۲
۵	۰/۵۷	۰/۷	۰/۲۴	۰/۱۹۲	۰/۱۶
۶	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۱۵۸	۰/۲۴	۰
۷	۰/۵۷۱	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۶۷
۸	۰/۲۲۱	۰/۲۵۵	۰/۰۴۱	۰/۱۹۹	۰/۲۱
۹	۰/۱۴	۰/۳۶	۰/۰۹۸	۰/۱۵۴	۰/۱۹
۱۰	۰/۳۸۸	۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۷۵۶	۰/۶۴
۱۱	۰/۲۲۱	۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۳۴۵	۰/۱۲
۱۲	۰/۶۶	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۷۱
۱۳	۰/۲۴۷	۰/۳۶۶	۰/۲۱	۰/۳۱	۰
۱۴	۰/۳۳۴	۰/۵۸۸	۰/۱۵	۰/۲۱	۰
۱۵	۰/۴۸۱	۰/۵۴۱	۰/۱۹۹	۰/۳۶۳	۰/۱۹
۱۶	۰/۳۹۹	۰/۱۱۲	۰/۶۷	۰/۱۴	۰/۱۳۳
۱۷	۰/۷۷	۰/۲۵۸	۰/۴۷	۰/۱۶	۰/۹۸
۱۸	۰/۵۱۲	۰/۳۷۸	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۴۶۸
۱۹	۰/۳۲۵	۰/۴۹۱	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۲۸۷
۲۰	۰/۴۱۲	۰/۲۴۵	۰/۱۴۷	۰/۰۱۷	۰/۱۷
۲۱	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۰۹۹	۰/۱	۰/۴۲
۲۲	۰/۱۴۴	۰/۸۷	۰/۱۲	۰/۰۹۹	۰/۲۸۷



شکل ۲: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس مولفه موارد گرفتگی و سیل‌زدگی مناطق

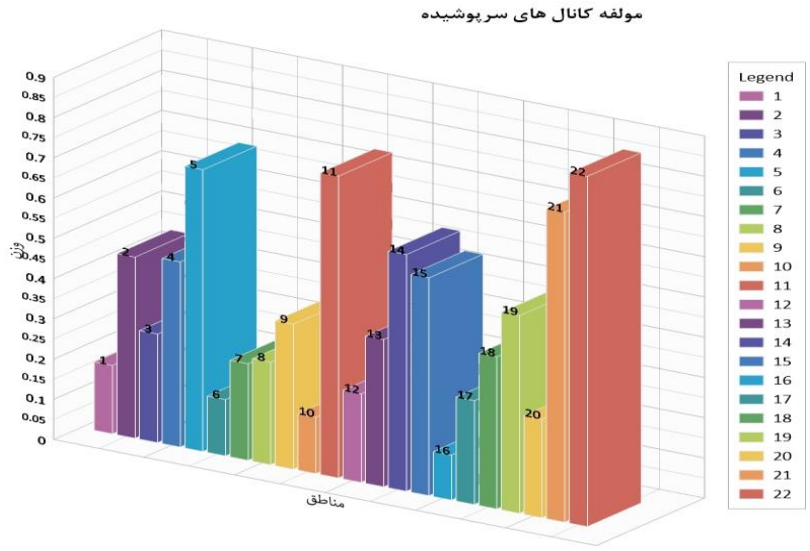
شکل ۳: تاب‌آوری مناطق ۲۲گانه تهران بر اساس مولفه مشکل هیدرولیکی کانال

معیار بعدی مشکل بهداشت و تمیزی می‌باشد که با استفاده از تعداد موارد مشکل زباله بدست می‌آید. بدین منظور، در شکل (۴) تعداد موارد مشکل زباله در هر منطقه را به مساحت آن تقسیم نموده تا مشاهده شود که هر مترمربع از مساحت هر منطقه چه سهمی از موارد مشکل زباله را در بر می‌گیرد.



شکل۴: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس مولفه بهداشت و تمیزی

کانال‌های سرپوشیده مولفه بعدی مورد بررسی می‌باشد؛ که با توجه به طول آن بدست می‌آید. بطوری‌که طول کل کانال‌های سرپوشیده بدست آمده و سپس طول کانال در هر منطقه را بر کل طول کانال‌ها تقسیم کرده تا سهم هر منطقه بدست آید. شکل(۵).



شکل۵: تاب‌آوری مناطق ۲۲گانه تهران بر اساس مولفه کانال‌های سرپوشیده

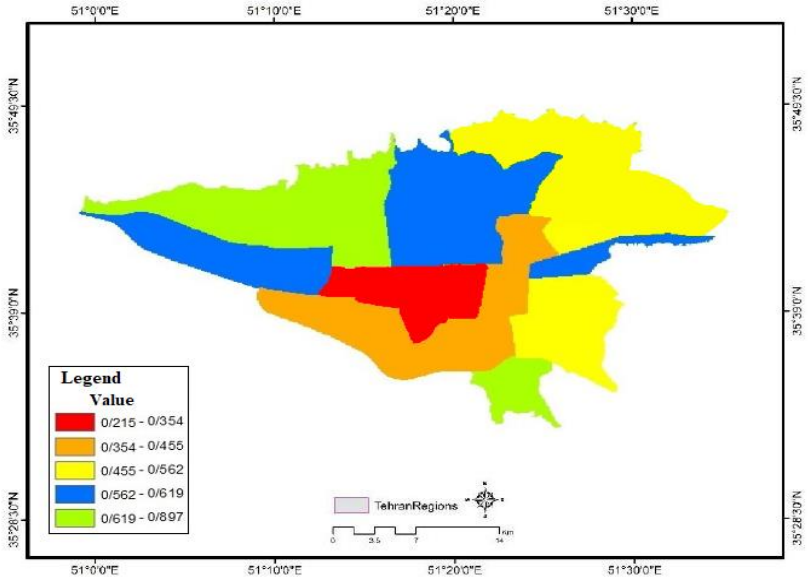
در شکل (۶) معیار حوزه سیل برگردان غرب نیز با توجه به سهم طول هر منطقه از طول کل کانال‌های حوزه ارایه شده است.

شکل۶: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس مولفه بخش‌های سیل برگردان

تاب‌آوری کلان‌شهر تهران

پس از محاسبه تاب‌آوری تک تک مولفه‌های هیدرولیکی مهم و اثرگذار بر سیلاب‌های شهری تهران، می‌توان تاب‌آوری نهایی شهر تهران را ارزیابی کرد. بدین منظور برای هر منطقه با توجه به رفتار و تاب‌آوری که از خود نشان داده است تجمیع این تاب‌آوری‌ها برای هر منطقه تاب‌آوری کل را بدست می‌آورد. پس از تجمیع و انجام آنالیز حساسیت که کدام متغیرهای مستقل (ورودی) بر تغییرات متغیر وابسته (خروجی) تاثیر بیش‌تر دارند و جهت و شدت این تاثیر چقدر است تاب‌آوری نهایی شهر تهران در برابر سیلاب‌های شهری بدست آمده است. شکل (۷) پهنه‌بندی تاب‌آوری شهر تهران را نشان می‌دهد. نقشه تهیه شده برای

تاب‌آوری مناطق، دارای پنج محدوده تاب‌آوری بود؛ که با پنج رنگ مشخص شده است. رنگ سبز نشان دهنده تاب‌آوری بسیار خوب، رنگ آبی نشان دهنده مناطق با تاب‌آوری نسبتا خوب، رنگ زرد نشان دهنده مناطق با تاب‌آوری متوسط، رنگ نارنجی نشان دهنده تاب‌آوری نسبتاً ضعیف و رنگ قرمز نشان دهنده تاب‌آوری بسیار ضعیف است.



شکل۷: تاب‌آوری نهایی مناطق ۲۲ گانه تهران در برابر سیلاب‌های شهری

نتیجه‌گیری

این روزها از واژه تاب‌آوری به کرات استفاده می‌شود تا برخی از پیچیدگی‌های موجود با این مفهوم بررسی گردیده و سؤالاتی برای محققین و تصمیم گیرندگان در مورد راه‌های بنا نهادن و حفظ آن ارائه گردد. اهمیت تاب‌آوری در سال‌های اخیر توسط نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح، بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته و این سازمان‌ها بیش‌تر فعالیت‌های خود را بر دستیابی به جامعه تاب‌آور در برابر سوانح متمرکز ساخته‌اند. بر این اساس مکان تاب‌آور به‌عنوان یک مکان حایز اهمیت در شهر، شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های فیزیکی و اجتماعات انسانی است. نتایج بدست آمده از ارزیابی تاب‌آوری در مناطق مختلف تهران نشان داد که بیش‌تر مناطقی که با سیل‌زدگی و آب‌گرفتگی مواجه هستند بین مناطق قدیمی‌تر و بافت فرسوده که طراحی شبکه زهکشی قدیمی‌تری داشته‌اند و در وضعیت بحرانی‌تری قرار گرفته‌اند. با در دست داشتن تاب‌آوری مولفه‌های هیدرولیکی می‌توان تاب‌آوری کلی مناطق مختلف تهران را بررسی کرد. مطابق با نقشه‌های بدست آمده برای تاب‌آوری نهایی مناطق شهر تهران، مناطق۵،۲۰،۲۲ بیش‌ترین تاب‌آوری را در میان دیگر مناطق نشان داده‌اند و تاب‌آوری در محدوده بسیار خوب (رنگ سبز) ارزیابی شده است. مناطق ۲،۳،۶،۱۳،۲۱ تاب‌آوری خوبی (رنگ آبی) را بدست آورده‌اند و در جایگاه دوم قرار می‌گیرند. مناطق۴، ۸،۱،۱۴،۱۵، در محدوده تاب‌آوری متوسط (رنگ زرد) هستند. از اینجا به بعد می‌توان ملاحظه کرد که تاب‌آوری مناطق به محدوده بحرانی نزدیک می‌شود و تاب‌آوری مناطق ۷،۱۲،۱۶،۱۸،۱۹ نسبتا ضعیف است. مناطقی که وضعیف تاب‌آوری آن‌ها بسیار بحرانی ارزیابی شده است، مناطق ۹،۱۰،۱۱و۱۷ می‌باشند.

منابع

بدری، س.، رمضان‌زاده، ل.، عسگری، ع.، قدیری معصوم، م. و سلمانی، م. (۱۳۹۲). نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب‌آوری مکانی در برابر بلایای طبیعی با تاکید بر سیلاب. دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۲، شماره ۳، ص ۴۸-۳۷.

خاتونی، ک. و هوشیاری‌پور، ف. (۱۴۰۰). تحلیل تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری به روش فازی در شهر کرج. هشتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، ۲۸ بهمن ۱۴۰۰، تهران، ایران.

ولیزاده، ر.، امینی، ش. و رجبی، س. (۱۳۹۸). تحلیل فضایی تاب‌آوری منطقه‌ای در برابر بلایای طبیعی (مطالعه ی موردی: استان آذربایجان شرقی). مطالعات محیطی هفت حصار، دوره ۷، شماره ۲۷، ص ۲۸-۱۷.

Da Costa, T. A. G., Meneguette, R. I. and Ueyama, J. (2022). Providing a greater precision of Situational Awareness of urban floods through Multimodal Fusion. Expert Systems with Applications, 188.

Morelli, A. B. and Cunha, A. L. (2021). Measuring urban road network vulnerability to extreme events: an application for urban floods. Transportation research part D: transport and environment, 93.

Mendoza-Cano, O., López-de la Cruz, J., Pattison, I., Martinez-Preciado, M. A., Uribe-Ramos, J. M., Edwards, R. M., Ramírez-Lomelí Cesar, I., Rincón-Avalos, P. and Velazco-Cruz, J. A. (2019). Disaster risk resilience in Colima-Villa de Alvarez, Mexico: application of the Resilience Index to flash flooding events. International journal of Environmental research and public health, 16(12), PP:1-12.

Rezende, O. M., Miranda, F. M., Haddad, A. N. and Miguez, M. G. (2019). A Framework to Evaluate Urban Flood Resilience of Design Alternatives for Flood Defence Considering Future Adverse Scenarios. Water, 11(7). https://doi.org/10.3390/w11071485.

Zhong, M., Lin, K., Tang, G., Zhang, Q., Hong, Y. and Chen, X. (2020). A framework to evaluate community resilience to urban floods: A case study in three communities. Sustainability, 12(4), 1521; https://doi.org/10.3390/su12041521.

Evaluation and analysis of hydraulic components affecting Resilience on urban floods in Tehran city

Kousha Khatooni[*1], Maral NazarMohammad Nargesi[2], Farbod Lolo[3]

1) PhD Candidate in Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2) Civil Engineering, Gorgani Institute of Higher Education, Gorgan, Iran

3) Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

***Correspondence author:** kousha.khatooni@srbiau.ac.ir

Received Data: 2022. 12. 17 **Accepted Data: 2023. 04.10**

Abstract

Resilience of urban systems against floods means the stability and resistance of these systems against damage caused by floods and their ability to recover and quickly return to normal conditions after occurrence of a natural disaster, i.e. floods. One of the important issues faced by settlements, especially metropolises, in recent decades, despite the large population and physical density, is natural hazards, including urban floods. Resilience against urban floods is one of the important and complex issues in Studies of water and hydraulic structures have recently attracted the attention of many researchers, because by examining this concept, resilient and non-resilient points can be determined and efforts can be made to maintain and increase its resilience. Since the increasing population in Tehran city has created problems and challenges in terms of urban flood management, the researchers of this study tried to measure and interpret the important and influential components of resilience in the hydraulic index. The purpose of this research is to evaluate urban resilience against natural hazards with an emphasis on urban flood management in Tehran city. The research results show that Tehran's districts 22, 20 and 5 have the most resilience and districts 9, 10, 11 and 17 have the least resilience in terms of the hydraulic component among the regions.

Keywords: Flood Risk Management, Resilience, Tehran city, Urban floods.