مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره پنج، مردادماه ۱۴۰۱ (۱۴۵-۱۲۵)

سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری مناطق شهری در برابر سیلاب‌های شهری (مطالعه‌ی موردی: منطقه ٤ تهران)

مصطفی ناهید [۱]

محمدرضا زند مقدم [۲*]

dr.zandmoghadam@gmail.com

زینب کرکه آبادی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۲۸ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۸**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به رشد سریع شهرها و افزایش شهرنشینی در دهه های اخیر، رواناب شهری و خسارت های ناشی از سیل یکی از مسائل مهم و اساسی در عرصه مدیریت شهری می‌باشد. هدف از این مطالعه در بخش اول؛ شبیه سازی کمی سیلاب ناشی از بارندگی برای منطقه ۴ تهران برای سال‌های ۱۳۴۹-۱۳۹۵ با استفاده از مدل SWMM و ارزیابی تاب‌آوری ناشی از سیلاب در این منطقه می‌باشد.

روش بررسی: شبیه سازی برای رگبارهای شش ساعته با دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله و برای مدت ۱۲ ساعت در سال ۱۳۹۹ انجام پذیرفت. در این تحقیق دو طرح از بهترین راهکارهای مدیریتی (BMP) تحت سناریوی جوی باغچه و بام سبز و ترکیب هر دو سناریو، جهت کنترل حداکثر رواناب از نظر کمی انجام گرفته است و در نهایت میزان کارایی آنها در کاهش حجم کل رواناب خروجی از حوضه، مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش دوم؛ ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری ناشی از سیلاب شهری در نواحی ۹ گانه منطقه ۴ تهران در چهار بُعد: اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی، مدیریتی- نهادی و کالبدی پرداخته شده است. این بخش از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش پیمایشی و توصیفی-تحلیلی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق، کل شهروندان منطقه ۴ هستند که از میان آنها حجم نمونه از طریق فرمول کوکران ۳۸۴ نفر محاسبه شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج به دست آمده، سناریو سوم (ترکیب دو سناریو اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع آوری آب سطحی خواهد داشت. یافته های پژوهش در بخش ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری نشان داد که ناحیه ۵ منطقه ۴ تهران مطلوبترین منطقه و ناحیه ۱ و ۸ منطقه ۴ نامطلوبترین منطقه از لحاظ تاب آوری در برابر سیلاب شهری می‌باشد.

۱- دکترای رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران.

۲- دانشیار جغرافیای طبیعی، واحد سمنان، دانشگاه آزاداسلامی، سمنان، ایران.*(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد سمنان، دانشگاه آزاداسلامی، سمنان، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: نواحی ۴ و ۹ از لحاظ تاب‌آوری _اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی، مدیریتی-نهادی) در رتبه‌ی آخر قرار دارد که بیـانگر آن است که این ناحیه در برخی موارد دچار ضعف است ونیاز است برای کاهش میزان آسیب‌پذیری، مورد توجه مسئولان قرار بگیرد.

واژه های کلیدی: سیلاب شهری، مدل SWMM، جوی باغچه ، بام سبز، تاب‌آوری، منطقه ۴ شهرداری تهران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 5, August, 2022

Measuring and Evaluating the Resilience of Urban Areas Against Urban Flooding (Case study: Tehran zone 4)

Mostafa Nahid [1]
Mohammad Reza Zandmoghadam [2*]
dr.zandmoghadam@gmail.com
Zeynab Karkehabadi [3]

Admission Date: February 26, 2021 Date Received: October 19, 2020

Abstract

Background and Objective: Due to the rapid growth of cities and increasing urbanization in recent decades, urban runoff and flood damage is one of the most important and fundamental issues in the field of urban management. The purpose of this study is in the first part; Quantitative simulation of floods caused by rainfall for region 4 of Tehran for the years 1349-1396 using the SWMM model.

Material and Methodology: The simulation was performed for six-hour showers with 2, 5 and 10 year return periods for 12 hours. In this research, two projects of the best management strategies (BMP) under the garden and green roof climate scenario and a combination of both scenarios to control the maximum runoff in terms of quantity and finally their efficiency in reducing the total volume of runoff out of the basin, is studied. In the second part; Evaluation and analysis of resilience caused by urban floods in the 9 districts of Tehran's 4th district in four dimensions: socio-cultural, economic, managerial-institutional and physical. This section is applied in terms of purpose and in terms of survey and descriptive-analytical methods. The statistical population of the study is the total citizens of Region 4, of which the sample size was calculated using the Cochran's formula of 384 people. According to the obtained results, the third scenario (combining the first and second scenarios) will have the greatest impact on reducing the flow depth and flow rate in the entire surface water collection network.

Findings: Findings of the research in the field of resilience assessment and analysis showed that District 5, District 4 of Tehran is the most desirable district and District 1 and District 8, 4 are the most undesirable in terms of resilience against urban floods.

Discussion and Conclusion: Districts 4 and 9 are ranked last in terms of resilience-cultural, economic, managerial-institutional), which indicates that this area is weak in some cases, which is to reduce the level of vulnerability. to be noticed.

Key words: Urban Flood, SWMM Model, Vegatative swale, Green Roof, Resilience, zone 4 of Tehran Municipality.

1-Ph.D. of Geography and Urban Planning, science research Branch, Islamic Azad University of Semnan, Semnan, Iran.
2-Associate Professor, of Physiography Geography, Islamic Azad University of Semnan, Semnan, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Assistant Professor of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University of Semnan, Semnan, Iran.

مقدمه

امروزه با رشد جمعیت و به تبع آن توسعه شهرنشینی، رواناب به مشکل جدی در عرصه مدیریت شهری تبدیل شده است. لذا کنترل و مدیریت آن چه از لحاظ کمی و چه از لحاظ کیفی از اهمیت خاصی برخوردار است (۱). وقوع سیل علاوه بر این‌که تابع وقایع اقلیمی به ویژه مقدار، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی است، تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف حوضه آبخیز مانند کاربری اراضی و دخالت انسان نیز است. افزایش سطوح نفوذ ناپذیر حوضه که ناشی از شهرسازی و احداث انواع سازه‌ها بر خاک‌های نفوذپذیر است، به طور طبیعی از میزان سطوح نفوذپذیر که قادر به جذب بخشی از بارندگی هستند، می‌کاهد (۲). محققان در طول سال‌های اخیر سعی کرده‌اند بین بارش و رواناب ناشی از آن رابطه‌ی دقیقی برقرار کنند. مدل‌ای هیدرولوژیکی مختلفی از جمله مدل SWMM[1]کمک شایانی در این زمینه کرده‌اند (بک و همکاران، ۲۰۱۷) مدل SWMM یک مدل دینامیک شبیه سازی بارش رواناب است و می‌تواند برای یک واقعه یا به صورت مداوم کیفیت و کمیت رواناب را برای مناطق شهری شبیه‌سازی کند (۳). همچنین این مدل توانایی این را دارد که با سایر مدل‌ها ترکیب شود و در حوضه‌های کوچک نتایج قابل قبولی ارائه دهد. علاوه بر مدل‌ها، استفاده از راهکارهای مدیریتی جدیدو برنامه‌ریزی استراتژیک از جمله استفاده از روسازی‌های نفوذپذیر، بام سبز، جوی باغچه‌ها و... می‌تواند به کاهش حجم رواناب در حوضه شهری کمک کند (۴). اگر چه برخی اقدامات پیشگیری کننده مورد استفاده قرار گرفته است، اما واقعیت این است که نمی‌توان از پیامدهای بلایا به طور کامل جلوگیری کرد، زیرا برخی از این بلایا دارای اشکال بزرگ غیرقابل پیش‌بینی هستند. بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنان برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید (۵). از این رو تبیین رابطه تاب‌آوری با رویکرد مدیریت و برنامه‌ریزی در برابر تهدیدات و کاهش اثرات سیلاب شهری با تمرکزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در حقیقت هدف از این تبیین و رویکرد در کاهش آسیب پذیری سیلاب شهری و تقویت توانایی شهرها و شهروندان برای مقابله با مخاطرات از تهدیدات مخاطرات طبیعی است (۶). تاب‌آوری در برابر آسیب پذیری بیشتر بر جنبه‌های مثبت تأکید دارد و امروزه دولت‌ها و جوامع تلاش می‌کنند با ارتقاء تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی شرایط را برای بهبود زندگی در مناطق دارای خطر افزایش دهند (۷ و ۸). یکی از شهرهایی که احتمال آسیب پذیری در برابر سیل در آن به مراتب بالاتر می‌باشد شهر تهران می‌باشد که لزوم برنامه‌ریزی بلند مدت را می‌طلبد. موقعیت جغرافیایی شهر تهران در خروجی حوضه‌آبریزی می باشد که با افزایش سطح نفوذ ناپذیری که ناشی از کاربرهای شهری از جمله ساخت وساز ساختمانی و...حاصل می‌شود، مانع نفوذپذیری حوضه آبریز شده است (۹). در این تحقیق منطقه ۴ شهرداری تهران به عنوان محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. این محدوده به عنوان پایلوت دارای بافتی است که به طور متوسط از نظر خصوصیات شهرسازی و هیدرولیکی و هیدرولوژیکی می‌تواند مدلی از کل شهر تهران باشد و نتایج آن می تواند بیان کننده وضعیت کل تهران نیز به حساب آید. تاکنون تحقیقات زیادی درباره‌ی سیلاب و مدیریت رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM انجام شده است همچنین در زمینه تاب آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی در جامعه بین‌المللی و در ایران مطالعات گوناگونی انجام شده است که در این راستا می‌توان به برخی از مهمترین پژوهش‌های صورت گرفته مرتبط با این موضوع می توان به تحقیق Babaei و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد. این تحقیق با عنوان، شبیه سازی سیلاب شهری و زیرحوضه‌های بحرانی در ۲۲ زیرحوضه شهر ارومیه با استفاده از مدل هایSWMM و PROMETHEE انجام پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که براساس شبیه سازی مدل SWMM به ترتیب زیرحوضه‌هایSl , S7 , S11 S18 , S16 ,بحرانی هستند، حال آنکه در مدل PROMETHEE به ترتیب زیرحوضه‌های , S1S11 , S14 S18 , S16 , نقاط بحرانی‌اند (۳). Mozaffari و همکاران (۲۰۱۷) مدیریت کمی و کیفی سیلاب شهری را با مدل SWMM در منطقه ۲۲ تهران انجام دادند. بر اساس نتیج آنها

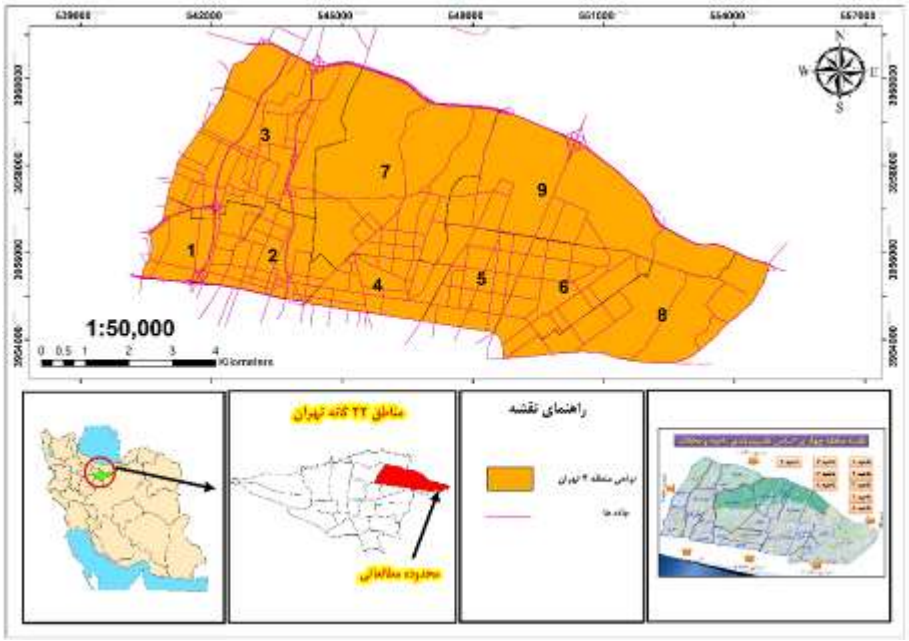
1- STORMWATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)

راه کار مدیریتی بام سبز با متوسط کاهش ۱۸/۲درصد نسبت به جوی باغچه با متوسط کاهش ۹/۷ درصد از عملکرد بهتری در کاهش پیک رواناب اوج خروجی از حوضه پرداخته است (۱۰). از دیگر مطالعات در خارج از کشور می توان به مطالعه بک و همکاران (۲۰۱۶) در ایالت کالیفرنیا (۱)، جیانگ و همکاران (۲۰۱۵) در شهر دونگوان در جنوب چین (۲) و لئون و همکاران (۲۰۱۴) در تالچاهونو شیلی (۱۱) اشاره کرد. همچنین در زمینه تاب‌آوری سیلاب شهری معظمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران، در بافت قدیم شهری در محله فیض آباد کرمانشاه را انجام داد (۱۲) و رضایی در سال ۱۳۹۵ ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی (زلزله‌ی محله‌های شهر تهران) را مورد بررسی قرار داد (۱۳). در انتها هدف از مطالعه حاضر، شبیه‌سازی حوضه سیلاب (شهری) منطقه ۴ شهرداری تهران با استفاده از مدل SWMM و تاثیراتی که به صورت متقابل با تاب‌آوری، مدیریت و برنامه ریزی استراتژیک دارد و بررسی اثرگذاری شاخص‌های (اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کالبدی) در تاب‌آوری منطقه ۴ شهرداری تهران در برابر سیلاب می‌باشد.

مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۴ شهرداری تهران با گستره دید دامنه‌های البرز و سطوح سبز گسترده در درون و حریم منطقه، در شرق کلانشهر تهران واقع شده است. منطقه ۴ در شرق تهران با مساحت ۶۱/۴ کیلومتر مربع و ۸۱۳ هزار نفر جمعیت می باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). منطقه ۴ شهرداری تهران از طرف شمال با مرز بزرگراه شهید بابایی، از غرب بزرگراه باقری با منطقه ۱ و در پاسداران با منطقه ۳ ، از طرف جنوب با مرز خیابان رسالت با مناطق ۷ و ۸ ، در محدوده خیابان دماوند با منطقه ۱۳ و از طرف شرق به حریم منطقه ۴ محدود می‌شود. بدین ترتیب منطقه ۴ با مناطق ۱ ، ۳ ، ۷ ، ۸ و ۱۳ دارای بدنه مشترک و همجوار می‌باشد (شکل ۱).

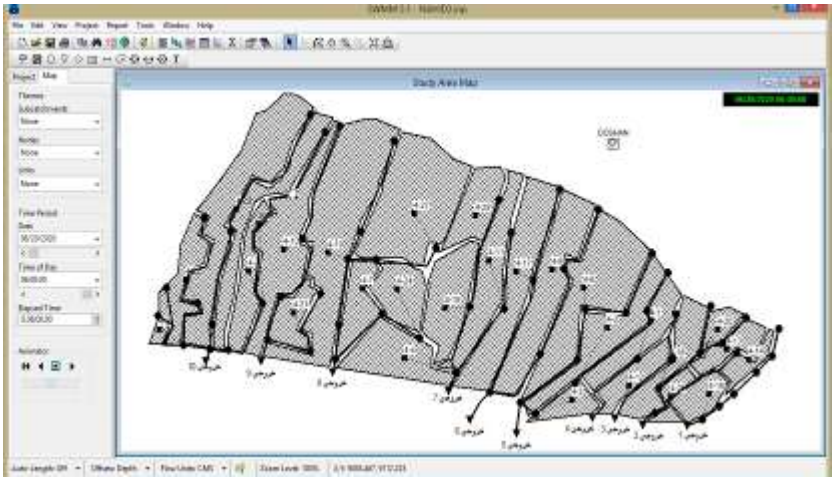


شکل۱- نقشه مناطق ۲۲ گانه تهران و موقعیت منطقه ۴ تهران (ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹)

Figure 1. Map of Tehran's 22 districts and the location of Tehran's District 4 (drawing: Authors, 2020)

ر این تحقیق ابتدا با در نظر گرفتن پارامترهای بارش و خصوصیات فیزیوگرافی و با استفاده از مدل SWMM مدل بارش-رواناب منطقه ۴ تهران تهیه گردید. مدل تهیه شده نسبت به پارامترهای شیب، ضریب زبری، CN و نفوذ ناپذیری

آنالیز حساسیت گردید و جهت صحت سنجی، دبی پیک مدل با دبی پیک محاسبه شده به روش استدلالی مقایسه گردید. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات هیدرولوژیکی داده ها، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه، در نرم افزار ArcGISشیب و جهت شیب محاسبه و مرز زیرحوضه های منطقه مورد مطالعه تعیین شد. سپس با استفاده از نقشه کاربری اراضی شهری (با تفکیک ساختمان ها، خیابان ها، بلوارها، فضای سبز در هر زیرحوضه مساحت قسمت های نفوذناپذیر محاسبه و از طریق بازدیدهای میدانی تصحیح گردید. برای تعیین پارامتر زبری کانال ها نیز علاوه بر راهنمای مدل از بازدید های میدانی متعدد و بهره گیری از نظر کارشناسان مجرب استفاده شد و مقدار این پارامتر در هر کانال بر اساس شرایط همان بازه مشخص، تعیین شد. از این رو بر اساس گروه های هیدرولوژیکی خاک یک شماره منحنی برای انواع مختلف کاربری اراضی در حوضه های شهری داده شده است (۹). مشخصات اتصالات و محل ورود رواناب هر زیرحوضه به سیستم زهکشی رواناب، ابعاد و مقطع عرضی ابتدا از طریق بازدید میدانی تعیین و مشخصات فیزیوگرافی اتصالات با استفاده از نرم افزار ArcGIS محاسبه شد. همچنین بعضی از پارامترهای اتصالات مانند رقوم کف، طول و عرض جغرافیایی، حداکثر عمق اتصال و انتقال دهنده مانند طول، فاصله از کف، به وسیله نرم افزارArcGIS محاسبه شدند. در شکل۲ نقشه شماتیک منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. ایستگاه دوشان تپه نیز به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک انتخاب گردید. سپس تمام اطلاعات بارش، ایستگاه باران سنجی، گره‌ها، مساحت زیرحوضه ها، شکل و طول اتصالات و...وارد می‌گردد (جدول ۱).



شکل ۲- طراحی مدل زیرحوضه‌های اصلی در نرم‌افزار EPA-SWMM (ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹)

Figure 2. Model design of main sub-basins in EPA-SWMM software (drawing: Authors, 2020)

جدول۱- اطلاعاتی از حوضه‌های اصلی مورد مطالعه (طرح جامع مطالعات آب‌های سطحی منطقه ۴ تهران)

Table 1. Information from the main basins studied (Comprehensive Plan for Surface Water Studies in Region 4 of Tehran)

کد زیرحوضه	مساحت (هکتار)	شماره نواحی	شیب زیرحوضه	نام مجرای اصلی	CN	کد زیرحوضه	مساحت (هکتار)	شماره نواحی	شیب زیرحوضه	نام مجرای اصلی	CN
۴-۱	۱۰۸/۵۰	۹،۸،۶	۳/۵۱	D	۸۷	۴-۱۶	۸۶/۴۵	۹،۵	۲/۸۳	I	۸۸
۴-۲	۲۷۱/۷۲	۹،۶	۳/۸۷	C	۸۹	۴-۱۷	۴۰۸/۹۵	۸	۵/۱	تهران پارس	۹۱
۴-۳	۷۸/۰۱	۶،۸	-	-	۸۵	۴-۱۸	۲۱۴/۹۰	۷،۳،۲	۴/۴۳	یخساران	۸۸

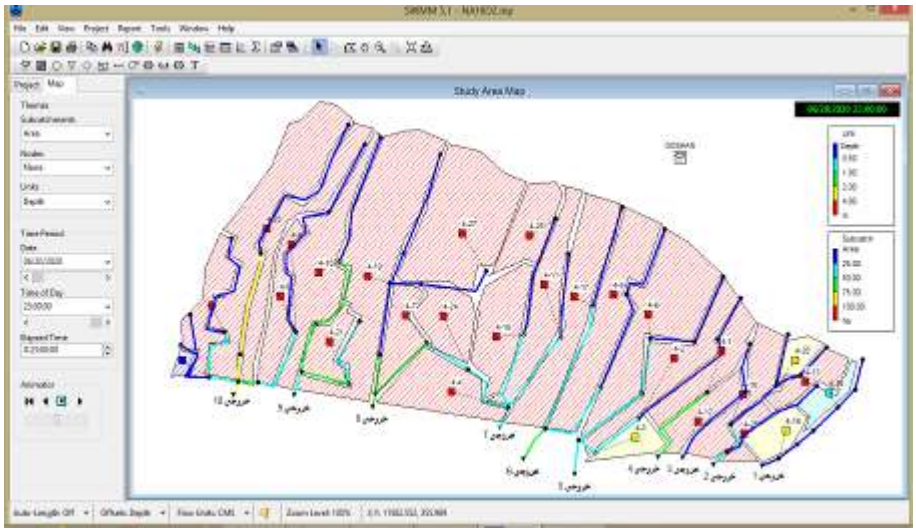
۴-۴	۲۱۸/۴۲	۴	۳/۰۷	خاور	۸۷	۴-۱۹	۵۹۱/۰۸	۸	۳/۵۳	دارآباد	۹۰
۴-۵	۱۷۶/۵۹	۳،۱	۳/۳۵	مبارک اباد	۸۹	۴-۲۰	۹۲/۳۰	۳،۲	۴/۱۷	F	۸۳
۴-۶	۴۹۰/۲۴	۷،۲	۴/۰۳	B	۸۸	۴-۲۱	۱۶۸/۹۵	۱،۳	۰/۷۷	موسایی	۸۵
۴-۷	۱۴۰/۵۷	۵ ،۹	۰/۷	هنگام	۸۸	۴-۲۲	۱۴۶/۰۲	۱،۳	۲/۱۷	دولایی	۸۶
۴-۸	۳۸۸/۴۷	۳،۱	۴/۲۵	A	۸۸	۴-۲۳	۳۵۳/۶۲	۷،۴	۳/۰۱	تونل غیاثوند	۸۸
۴-۹	۱۰۶/۷۳	۳،۲،۱	۳/۱۲	بنی هاشم	۸۶	۴-۲۴	۱۶۹/۸۲	۸	۱/۶۸	علم و صنعت	۹۰
۴-۱۰	۳۰۸/۸۶	،۹،۷،۵	۲/۹۵	حسن بنا	۸۷	۴-۲۵	۱۱۳/۶۸	۱	۴/۱۹	H	۸۹
۴-۱۱	۲۲۲/۲۳	۶،۸	۴/۶۶	اردیبهشت	۸۴	۴-۲۶	۱۸/۸۶	۳،۷	۳/۶۸	زرین گلاب	۸۸
۴-۱۲	۱۳۳/۵۱	۸	۳/۹۶	E	۸۸	۴-۲۷	۴۷۲/۲۳	۷	۵/۱	سوهانک	۸۷
۴-۱۳	۱۰۸/۲۲	۸	۳/۶۸	G	۹۰	۴-۲۸	۱۷۹/۱۹	۷	۵/۲۶	شاهآباد	۸۸
۴-۱۴	۴۹/۱۶	۷،۵،۴	۴/۳۸	J	۸۹						
۴-۱۵	۲۳۱/۲۴	۸	۴/۰۶	ده نارمک	۸۸						

سپس در بخش دوم به تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری پرداخته می‌شود که به لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش پیمایشی و توصیفی- تحلیلی پرداخته شده است که به منظور بررسی مؤلفه‌های اجتماعی و اقتصادی و نهادی تأثیرگذار در تاب آوری شهری نخست از طریق میدانی و پرسشنامه اقدام به جمع آوری داده‌های مورد نیاز شد. ابتدا مبانی نظری تاب‌آوری و سوابق مطالعاتی آن بیان شد و بر اساس آن و با توجه به اطلاعات موجود در خصوص منطقه‌ی تحقیق، شاخص‌های مربوطه به هر بعد انتخاب گردید. تعداد حجم نمونه پرسشنامه‌ها با توجه به جمعیت منطقه ۴ شهرداری تهران در سرشماری ۱۳۹۷ براساس فرمول کوکران ۳۸۴ نمونه برآورد شده است. که با روش نمونه گیری تصادفی پرسشنامه محقق ساخته در بین افراد جامعه ی آماری توزیع و جمع آوری شد. پرسشنامه تحقیق براساس طیف لیکرت ۷ گزینه‌ای طراحی شده و روایی آن توسط خبرگان حوزه مطالعاتی مورد تائید قرار گرفت. پایایی آن نیز براساس ضریب آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۷۳ محاسبه شد که نشان دهنده پایایی خوب پرسشنامه می‌باشد. همچنین برای مشخص نمودن تأثیر مؤلفه کالبدی بر تاب آوری شهری از ۷ شاخص اصلی تأثیرگذار بر کاهش آسیب پذیری کالبدی شهر در برابر سیلاب استفاده گردید. وزن‌دهی شاخص‌ها از طریق پرسشنامه پخش شده بین متخصصان و مهندسان شهری مشخص و سپس مناطق تاب آور در برابر سیل مشخص شدند و سپس با تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP از نرم افزارExpert Choice وزن‌دهی گزینه‌ها در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت و در نهایت با استفاده از روش Fuzzy AHP نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی در نواحی منطقه ۴ شهرداری تهران تهیه گردید (۱۴).

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش در بخش مدل‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM:

پس از ورود اطلاعات مورد نیاز به مدل از جمله کلیه مشخصات محدوده مورد مطالعه و اطلاعات بارش و اطلاعات سطح و سطوح اراضی (ضریب رواناب) مدل برای دوره بازگشت‌های۲، ۵ و ۱۰ ساله اجرا گردید و خروجی‌های مورد نظر برای بررسی وضع موجود محدوده مورد مطالعه به‌دست آمد. شکل ۳ عمق جریان به‌دست آمده در شبکه را برای دوره بازگشت ۱۰ ساله را نمایش می‌دهد. جدول ۲ نیز نتایج ارزیابی خروجی‌ها را برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله نمایش می‌دهد.



شکل ۳- عمق جریان به دست آمده در شبکه برای دوره‌ی ۱۰ ساله (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 3. Depth of flow obtained in the network for a period of 10 years (Source: Research Findings, 2020)

جدول ۲- نتایج اجرای مدل بدون در نظرگیری راهکارهای مدیریتی برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله

Table 2. Results of model implementation without considering management strategies for 2, 5 and 10 year return period

دوره بازگشت	۲ ساله		۵ ساله		۱۰ ساله	
خروجی	عمق جریان (m)	دبی مدل (m3/s)	عمق جریان (m)	دبی مدل (m3/s)	عمق جریان (m)	دبی مدل (m3/s)
۱	۰/۲۱	۲/۰۳	۰/۳۵	۵/۰۲	۰/۳	۵/۶۲
۲	۰/۲۴	۵/۱	۰/۴۲	۱۳/۲۰	۰/۹۳	۱۶/۱۰
۳	۰/۱۳	۳/۰	۰/۲۰	۷/۳۲	۰/۲۱	۸/۶۳
۴	۰/۶۹	۴/۸۰	۱/۲۷	۱۲/۱۹	۱/۴۳	۱۴/۱۷
۵	۰/۵۷	۴/۱۰	۱/۰۳	۱۰/۶۲	۰/۸	۱۲/۱۳
۶	۰/۸۰	۱۱/۲۱	۱/۲۴	۲۰/۴۰	۱/۵۳	۲۷/۷۰
۷	۰/۳۵	۳/۹۵	۱/۷۰	۱۰/۵	۰/۸۳	۱۳
۸	۰/۷۲	۱۳/۵۵	۰/۹۶	۱۹/۲۵	۱/۴۱	۳۴/۷۳
۹	۰/۴	۱۰/۲۹	۰/۶۱	۳۳/۸۷	۰/۷۳	۴۱
۱۰	۱/۵۱	۱۵/۶۰	۳/۰۱	۳۵/۶۶	۳/۶۵	۴۴/۷۰

با توجه به ابعاد کانال‌های اصلی شبکه جمع آوری آبهای سطحی شهرداری منطقه ۴ کلیه شبکه ظرفیت انتقال دبی (دبی بیشینه) با دوره بازگشت ۲ ساله را دارد. بنابراین به کار بستن راهکارهای مدیریتی و روش های توسعه کم اثر LIDs و نیز بهترین راهکار مدیریتی BMPs امری ضروری است. در تحقیق حاضر در خروجی ۱۰ برای دوره بازگشت ۱۰ ساله ۶۸ درصد مقطع و در خروجی ۴ تقریبا ۷۵ درصد مقطع پر می‌باشد. با توجه به توسعه شهری و امکانپذیر نبودن توسعه شبکه جمع آوری آبهای سطحی استفاده از BMP را امری ضروری در کاهش سیلاب شهری می‌نماید. از بین روش‌های موجود، با

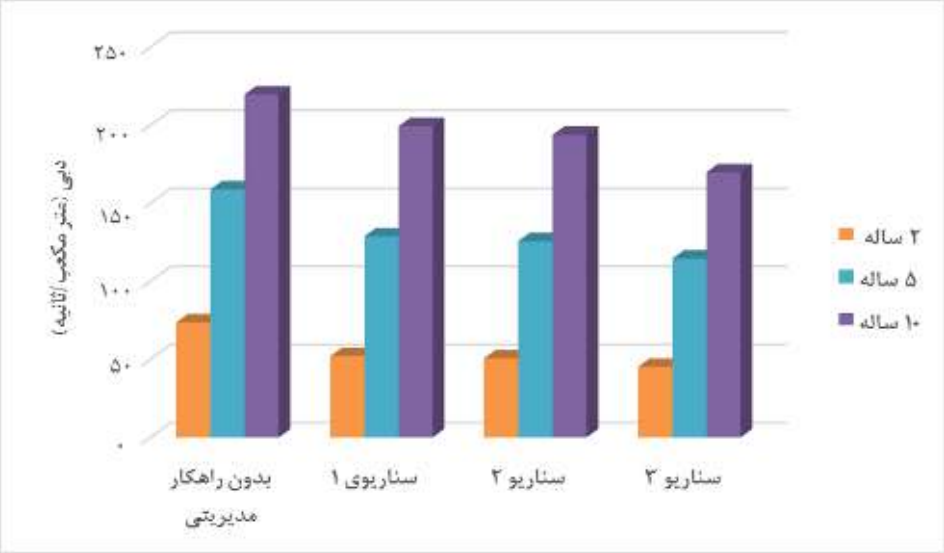
توجه به شرایط توسعه شهری منطقه، محدودیت و امکان سنجی اجرایی، تطابق آن با محدوده به لحاظ فضای موجود سنجیده شده، ۲ روش LID زیر در ۳ سناریو به منظور بررسی خصوصیات کمی با رگبار ۶ ساعته، با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله جهت تحلیل کمی مورد بررسی قرار گرفت که شامل:

۱. شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن پشت بام سبز به عنوان BMP

۲. شبیه سازی کمی با لحاظ نمودن جوی باغچه به عنوان BMP

۳. ترکیب همزمان دو سناریو اول و دوم با توجه به امکان اجرایی بودن (انتخاب بهینه هر سناریو برای حوضه‌ها)

بعد از اطمینان از ورود اطلاعات مورد نیاز محدوده مورد مطالعه، دوره بازگشت های مختلف برای سناریوهای مورد استفاده، مدل‌سازی گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سناریوی سوم بیشترین تاثیر را از جهت کاهش دبی بیشینه در بین سناریوها و حالت بدون در نظر گرفتن سناریوهای مدیریتی دارد و پس از آن سناریوی دوم بیشترین کاهش را برای خروجی ها خواهد داشت (با اندکی اختلاف). همچنین شکل ۴ نیز دبی خروجی کل شبکه را نشان می‌دهد. در این شکل، جمع کل دبی ۱۰ خروجی در نظر گرفته شده است به طوری که ۲ ساله‌ها با هم، ۵ ساله‌ها با هم و ۱۰ ساله‌ها نیز باهم مقایسه شده‌اند. همان‌طور که بیان گردید، با توجه به این‌که غالبا دوره بازگشت ۱۰ ساله برای طراحی شبکه جمع آوری آب‌های سطحی استفاده می‌گردد علاوه بر بررسی پیک جریان، حداکثر سرعت نیز برای این دوره بازگشت ۱۰ ساله برای کل شبکه بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.



شکل ۴- نمودار دبی اوج خروجی از کل شبکه در دوره بازگشت های مختلف (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 4. Flow diagram of the peak output of the entire network in different return periods (Source: Research Findings, 2020)

جدول۳- درصد تغییرات حداکثر سرعت جریان با دوره بازگشت ۱۰ ساله در سناریوها

Table 3. Percentage of changes in maximum flow velocity with 10-year return period in scenarios

	بدون راهکار مدیریتی	سناریو اول	درصد کاهش	سناریو دوم	درصد کاهش	سناریو سوم	درصد کاهش
حداکثر سرعت (متر/ ثانیه)	۳/۷	۳/۲۹	۹	۳/۲۲	۱۱	۳/۱۱	۱۲/۵

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

با توجه به نتایج به دست آمده، سناریو سوم (ترکیب همزمان دو سناریو اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع‌آوری آب سطحی خواهد داشت. به طوری که اگر فاکتور عمق جریان را برای ارزیابی در نظر بگیریم، در مجموع چهار حالت اجرای مدل، سناریو سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی ۷) و کمترین تاثیر را سناریو بر کانال یخساران (خروجی۳) دارد و اگر فاکتور دبی اوج را برای ارزیابی در نظر بگیریم در مجموع، سناریو سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی۷) و کمترین تاثیر را سناریو دوم بر خروجی ۴ دارد. همچنین سناریو اول و دوم کارایی بیشتری نسبت حالت اجرای مدل بدون در نظر-گیری بدون راهکار مدیریتی داشته و کاهش دبی اوج و عمق جریان بیشتری دارد.

یافته‌های پژوهش در شناسایی مناطق تاب‌آور در برابر مخاطره طبیعی سیل:

به منظور بررسی وضعیت اجتماعی-فرهنگی در منطقه مورد مطالعه، با توجه به مرور ادبیات موضوع، همچنین شناخت وضعیت موجود در منطقه تحقیق، شش مولفه جهت شناسایی میزان تاب‌آوری در بعد اجتماعی-فرهنگی تدوین گردید (جدول۴).

جدول ۴- میانگین شاخص اجتماعی - فرهنگی تأثیرگذار در تاب آوری نواحی ۹ گانه منطقه ۴

Table 4. The average of socio-cultural indicators affecting the resilience of the 9 regions of Region 4

	مولفه‌ها	میانگین								
		ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۶	ناحیه ۷	ناحیه ۸	ناحیه ۹
شاخص‌های اجتماعی-فرهنگی	آگاهی از ضوابط و معیارهای زندگی هدفمند	۳,۲۴	۳,۳۳	۳,۳۹	۳,۳۴	۳,۷۵	۳,۴۰	۳,۳۷	۳,۳۶	۳,۱۸
	اگاهی از حقوق شهروندی	۳,۰۶	۳,۱۱	۳,۱۵	۳,۱۵	۳,۴۳	۳,۲۸	۳,۲۰	۳,۱۲	۲,۴۰
	همکاری و همگرایی مردم در قبل و حین سیل	۳,۱۴	۳,۱۹	۳,۳۰	۳,۲۷	۳,۳۶	۳,۳۴	۳,۳۳	۳,۲۷	۳,۱۱
	سلامت روحی و روانی افراد در قبل و حین سیل	۲,۶۷	۲,۷۴	۲,۹۲	۲,۷۸	۳,۰۸	۳,۰۱	۲,۹۷	۲,۸۸	۲,۵۴
	سلامت جسمی افراد در قبل و حین سیل	۲,۹۵	۳,۰۵	۳,۱۱	۳,۰۱	۳,۱۱	۳,۰۹	۳,۱	۳,۰۸	۲,۸۴
	شناختن افراد محل زندگی	۳,۰۶	۳,۱۱	۳,۲۰	۳,۱۵	۳,۲۶	۳,۲۷	۳,۲۵	۳,۱۸	۳,۰۰

همان‌طور که در جدول ۴ قابل مشاهده است، میانگین مؤلفه-های مطالعه شده از حداقل ۲/۵۴ در مولفه‌ی سلامت روحی و روانی افراد در قبل و حین سیل تا حداکثر میانگین ۳/۷۵ در مولفه‌ی آگاهی از ضوابط و معیارهای زندگی هدفمند در نوسان است. براساس جدول ۵ سطح معناداری محاسبه شده کمتر ۰/۰۵ است. بر این اساس مشاهده می‌شود که وضعیت اجتماعی - فرهنگی در مناطق شهری بررسی شده بالاتر از حد متوسط می‌باشد. بدین معنی که با توجه به حد پایین (۲/۵۴) و حد بالای (۳/۷۵) این شاخص، شاخص اجتماعی – فرهنگی در نواحی منطقه ۴ تهران با میانگین (۳/۱۲) گرایش مثبت داشته و می‌توان چنین نتیجه گرفت که نواحی ۹ گانه منطقه ۴ تهران از لحاظ شاخص اجتماعی-فرهنگی در وضعیت مطلوبی قرار دارند. در ادامه برای بررسی و رتبه‌بندی مناطق از لحاظ تاب آوری اجتماعی- فرهنگی از آزمون توکی(Tukey) استفاده شد (جدول ۶).

جدول ۵- آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جهت مقایسه میانگین شاخص اجتماعی – فرهنگی

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 5. One-way analysis of variance to compare the mean of socio-cultural index (Source: Research Findings, 2020)

ANOVA

VAR00010

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.512	5	.302	11.210	.000
Within Groups	1.295	48	.027		
Total	2.807	53			

جدول ۶- نواحی اولویت دار از لحاظ تاب آوری اجتماعی - فرهنگی با استفاده از آزمون Tukey

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 6. Priority areas in terms of socio-cultural resilience using Tukey test (Source: Research Findings, 2020)

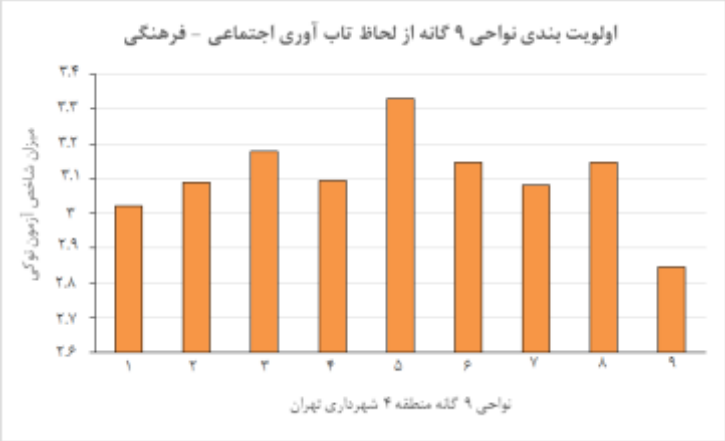
Tukey HSD[a]

VAR00002	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
9	6	2.8450	
1	6	3.0200	3.0200
7	6	3.0817	3.0817
2	6	3.0883	3.0883
4	6	3.0950	3.0950
6	6	3.1467	3.1467
8	6	3.1483	3.1483
3	6	3.1783	3.1783
5	6		3.3317
Sig.		.347	.437

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

نتایج محاسبات در جدول ۶ نشان می‌دهد که ناحیه ۵ منطقه ۴ شهر تهران با میانگین ۳/۳۳۱۷ مطلوب‌ترین ناحیه از لحاظ تاب آوری اجتماعی -فرهنگی بوده و ناحیه ۹ شهر تهران با میانگین ۲/۸۴۵۰ نامطلوب‌ترین ناحیه از لحاظ تاب آوری اجتماعی - فرهنگی می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار اولویت بندی نواحی ۹ گانه شهرداری منطقه ۴ تهران از لحاظ تاب آوری اجتماعی-فرهنگی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 5. Chart of prioritization of 9 districts of Tehran Region 4 municipality in terms of socio-cultural resilience (Source: Research Findings, 2020)

به منظور بررسی وضعیت اقتصادی در منطقه مورد مطالعه، با توجه به مرور ادبیات موضوع، همچنین شناخت وضعیت موجود در منطقه تحقیق، هشت مولفه جهت شناسایی میزان تاب‌آوری در بعد اجتماعی-فرهنگی تدوین گردید (جدول ۷).

جدول ۷- میانگین شاخص اقتصادی تأثیرگذار در تاب آوری نواحی ۹ گانه منطقه ۴

Table 7. Average economic index affecting the resilience of the 9 regions of Region 4

	مولفه‌ها	میانگین								
		ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۶	ناحیه ۷	ناحیه ۸	ناحیه ۹
شاخص‌های اقتصادی	رضایت از استحکام مساکن	۲/۱۳	۲/۶۲	۲/۸۲	۳/۰۹	۳/۵۲	۳/۴۰	۳/۶۱	۳/۲۳	۲/۷۴
	رضایت از آینده شغلی	۱/۶۷	۲/۹۱	۳/۱۴	۳/۰۷	۳/۳۴	۳/۳۱	۳/۲۱	۳/۱۹	۱/۵۳
	نبود مشکل در فعالیت‌های شغلی در صورت وقوع	۱/۹۱	۱/۷۲	۱/۸۵	۱/۹۷	۲/۸۸	۲/۹۴	۲/۵۱	۲/۶۳	۱/۹۸
	نداشتن وابستگی به یک شغل	۲/۰۳	۲/۶۵	۲/۸۱	۲/۱۴	۳/۰۶	۳/۰۰	۳/۰۲	۲/۵۸	۲/۴۹
	وضعیت نابرابری درآمد بین اقشار مختلف	۱/۷۶	۲/۱۱	۲/۸۹	۱/۵۳	۲/۷۲	۲/۸۳	۲/۰۳	۱/۸۸	۱/۶۴
	رضایت از درآمد شخصی خود	۲/۲۶	۲/۶۸	۳/۶۱	۳/۵۲	۳/۷۹	۳/۸۴	۲/۱۹	۳/۰۱	۲/۲۱
	میزان درآمد صرف شده در کالاهای ضروری زندگی	۳/۵۶	۳/۴۵	۲/۲۴	۳/۳۶	۲/۰۹	۱/۸۴	۱/۹۶	۲/۱۲	۳/۶۶
	آگاهی از کمیت و کیفیت مسکن	۱/۸۶	۱/۹۹	۳/۶۳	۳/۱۲	۳/۷۵	۳/۸۶	۳/۶۲	۳/۵۵	۱/۷۵

همان‌طور که در جدول ۸ قابل مشاهده است، میانگین مؤلفه-های مطالعه شده از حداقل ۱/۵۳ در مولفه‌ی وضعیت نابرابری درآمد بین اقشار مختلف تا حداکثر میانگین ۳/۸۶ در مولفه‌ی آگاهی از کمیت و کیفیت مسکن در نوسان است. نتایج بررسی و رتبه‌بندی نواحی منطقه ۴ از لحاظ تاب‌آوری اقتصادی در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹- آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جهت مقایسه میانگین شاخص اقتصادی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 9. One-way analysis of variance to compare the mean of economic index (Source: Research Findings, 2020)

ANOVA

VAR00001

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.697	8	.962	2.375	.026
Within Groups	25.521	63	.405		
Total	33.218	71			

نتایج محاسبات در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که ناحیه ۵ منطقه ۴ شهر تهران با میانگین ۳/۱۴۳ مطلوب‌ترین منطقه از لحاظ تاب آوری اقتصادی بوده و ناحیه ۱ شهر تهران با میانگین ۲/۱۴۷ نامطلوب‌ترین منطقه از لحاظ تاب آوری اقتصادی می‌باشد (شکل ۶).

جدول ۱۰- نواحی اولویت دار از لحاظ تاب آوری اقتصادی با استفاده از آزمون Tukey (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

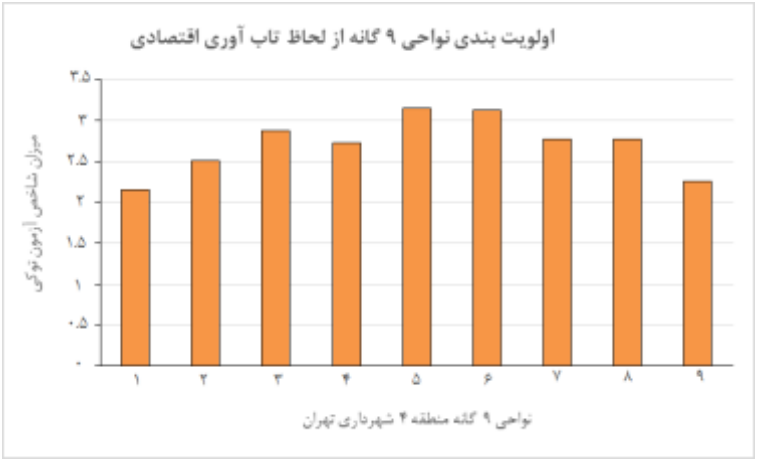
Table 10. Priority areas in terms of economic resilience using Tukey test (Source: Research Findings, 2020)

Tukey HSD[a]

VAR00002	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	8	2.1475
9	8	2.2500
2	8	2.5163
4	8	2.7250
7	8	2.7688
8	8	2.7738
3	8	2.8738
6	8	3.1275
5	8	3.1438
Sig.		.062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.



شکل ۶- نمودار اولویت بندی نواحی ۹ گانه شهرداری منطقه ۴ تهران از لحاظ تاب آوری اقتصادی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 6. Prioritization chart of 9 municipal districts of Tehran Region 4 in terms of economic resilience (Source: Research Findings, 1399)

به منظور بررسی وضعیت مدیریتی – نهادی در منطقه مورد مطالعه، با توجه به مرور ادبیات موضوع، همچنین شناخت وضعیت موجود در منطقه تحقیق، پنج مولفه جهت شناسایی میزان تاب‌آوری در بعد اجتماعی-فرهنگی تدوین گردید(جدول ۱۱).

جدول ۱۱- میانگین شاخص مدیریتی-نهادی تأثیرگذار در تاب آوری نواحی ۹ گانه منطقه ۴ (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 11. The average of the effective managerial-institutional index in the resilience of the 9 regions of Region 4 (Source: Research Findings, 2020)

مولفه‌ها	میانگین								
	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۶	ناحیه ۷	ناحیه ۸	ناحیه ۹
نقش نهادها و سازمان‌ها در ارائه ضوابط و معیارهای مدیریتی شهری	۲/۵۴	۲/۷۶	۳/۰۱	۲/۸۸	۳/۲۰	۳/۱۲	۳/۰۹	۲/۸۳	۲/۳۱
ارائه خدمات به صورت عادلانه از سوی نهادها	۲/۲۴	۲/۵۳	۲/۴۸	۲/۲۲	۲/۵۱	۲/۴۰	۲/۳۳	۲/۱۳	۲/۱۵
میزان ارتباط شما با نهادهای شهری	۲/۲۳	۲/۴۶	۳/۶۵	۲/۴۱	۳/۷۲	۳/۸۹	۳/۵۵	۲/۶۲	۲/۴۰
توجه به کاربری زمین از سوی نهادها	۲/۲۷	۲/۵۸	۳/۱۴	۲/۲۶	۳/۲۹	۳/۲۰	۳/۰۵	۳/۱۱	۲/۱۷
آموزش برای هدایت زندگی به سوی پایداری با توجه به تغییرات فرهنگی در مدارس و نهادها	۲/۲۴	۲/۸۱	۳/۲۰	۲/۶۳	۳/۴۳	۳/۴۱	۳/۳۲	۲/۵۴	۳/۵۷

محاسبات انجام شده جهت تعیین وضعیت مدیریتی- نهادی تأثیرگذار در تاب‌آوری در مناطق شهری نشان می‌دهد که میانگین مؤلفه‌های مطالعه شده از حداقل ۲/۱۳ در مولفه‌ی ارائه خدمات به صورت عادلانه از سوی نهادها تا حداکثر ۳/۸۹ نقش نهادها و سازمان‌ها در ارائه ضوابط و معیارهای مدیریتی شهری در نوسان است. شاخص مدیریتی-نهادی تأثیرگذار در تاب‌آوری شهری با مقدار معناداری کمتر از ۰/۰۵ بالاتر از حد نرمال می‌باشد (جدول ۱۲). نتایج بررسی و رتبه‌بندی نواحی منطقه ۴ از لحاظ تاب‌آوری مدیریتی-نهادی در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۲- آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جهت مقایسه میانگین شاخص مدیریتی-نهادی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 12. One-way analysis of variance test to compare the mean of management-institutional index (Source: Research Findings, 2020)

ANOVA

VAR00001

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.938	8	.617	3.747	.003
Within Groups	5.930	36	.165		
Total	10.868	44			

جدول ۱۳- نواحی اولویت دار از لحاظ تاب آوری مدیریتی-نهادی با استفاده از آزمون Tukey (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Table 13. Priority areas in terms of managerial-institutional resilience using Tukey test (Source: Research Findings, 1399)

Tukey HSD[a]

VAR00002	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	5	2.3040	
4	5	2.4800	2.4800
9	5	2.5200	2.5200
2	5	2.6280	2.6280
8	5	2.6460	2.6460
7	5	3.0680	3.0680
3	5	3.0960	3.0960
6	5		3.2040
5	5		3.2300
Sig.		.082	.117

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

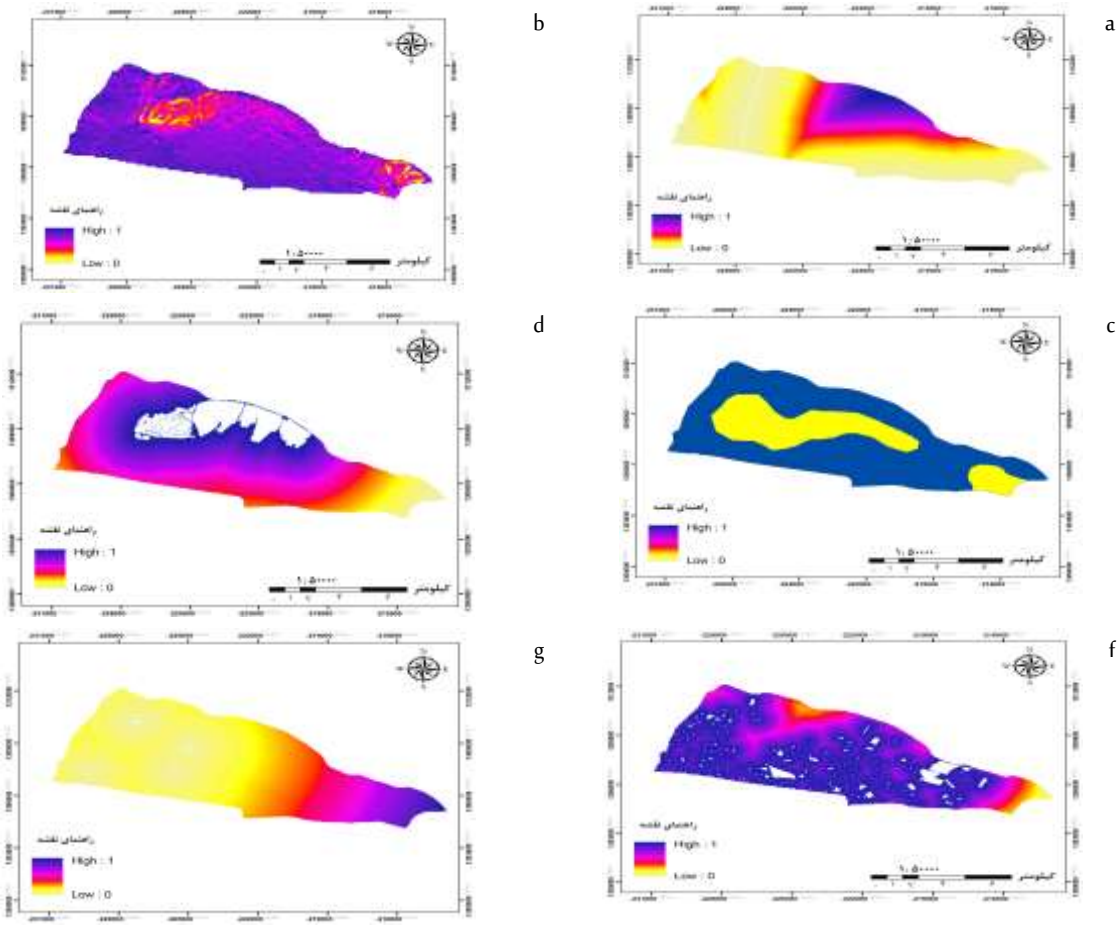
شکل ۷- نمودار اولویت بندی نواحی ۹ گانه شهرداری منطقه ۴ تهران از لحاظ تاب آوری مدیریتی-نهادی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 7. Chart of prioritization of 9 districts of Tehran Region 4 municipality in terms of managerial-institutional resilience (Source: Research Findings, 2020)

نتایج محاسبات در جدول ۱۳ نشان می‌دهد که ناحیه ۵ منطقه ۴ شهر تهران با میانگین ۳/۲۳ مطلوب‌ترین منطقه از لحاظ تاب آوری مدیریتی- نهادی بوده و ناحیه ۱ شهر تهران با میانگین ۲/۳۰ نامطلوب‌ترین منطقه از لحاظ تاب آوری مدیریتی- نهادی می‌باشد (شکل ۷).

به منظور بررسی وضعیت کالبدی تأثیرگذار بر تاب‌آوری منطقه۴ شهرداری تهران از ۷ مؤلفه (دسترسی به مراکز خدماتی و درمانی، دسترسی به شریان‌های اصلی شهر، فاصله از بافت فرسوده، میزان فاصله از رودخانه‌ها، درصد شیب و نوع خاک بستر در محدوده ساخت و ساز شهری) با توجه به مرور ادبیات تحقیق و همچنین به اطلاعات موجوددر خصوص منطقه تحقیق استفاده شده است. سپس برای این‌که بتوانیم نحوه تأثیرگذاری طبقات مختلف پارامترها را درتحلیل وضعیت کالبدی تأثیرگذار بر تاب‌آوری منطقه ۴ شهرداری تهران نشان دهیم و نیز پارامترها را از نظر مقیاس اندازه‌گیری استانداردسازی کنیم لازم بود تا از یک روش مناسب برای این

کار استفاده شود. لذا در این مرحله هر یک از معیارها بر اساس عملکردشان در تولید رواناب و سیل‌خیزی با اسـتفاده از توابـع عضویت فازی‌سازی شدند (شکل ۸).



a: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی فاصله تا رودخانه منطقه ۴ تهران

b: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی شیب منطقه ۴ تهران

c: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی خاک منطقه ۴ تهران

d: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی فاصله تا فضای سبز منطقه ۴ تهران

f: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی فاصله تا مراکز درمانی و خدماتی منطقه ۴ تهران

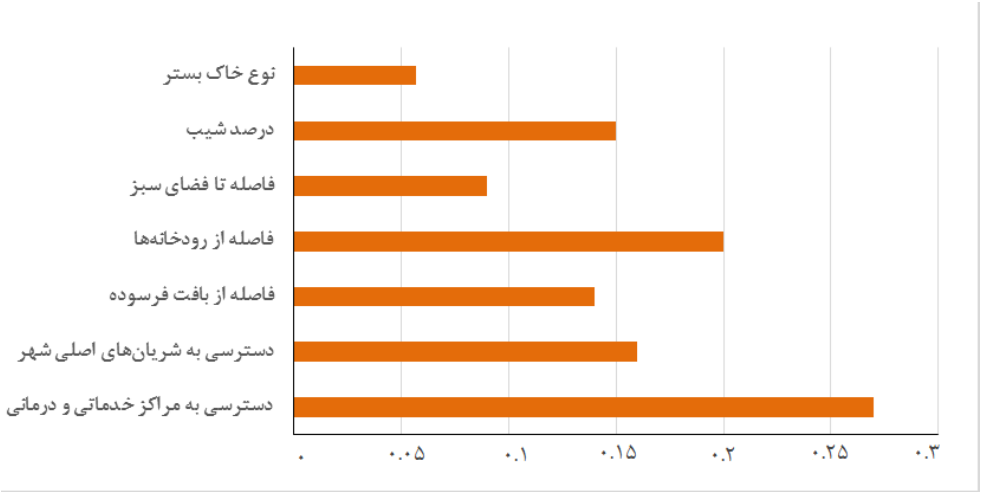
g: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی فاصله تا بافت فرسوده منطقه ۴ تهران

k: نقشه‌ی استاندارد شده‌ی فازی فاصله تا بافت فرسوده منطقه ۴ تهران

شکل ۸- نقشه‌های فازی شده به منظور برآورد تاب‌آوری کالبدی در منطقه ۴ تهران (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 8. Fuzzy maps for estimating physical resilience in Tehran Region 4 (Source: Research Findings, 2020)

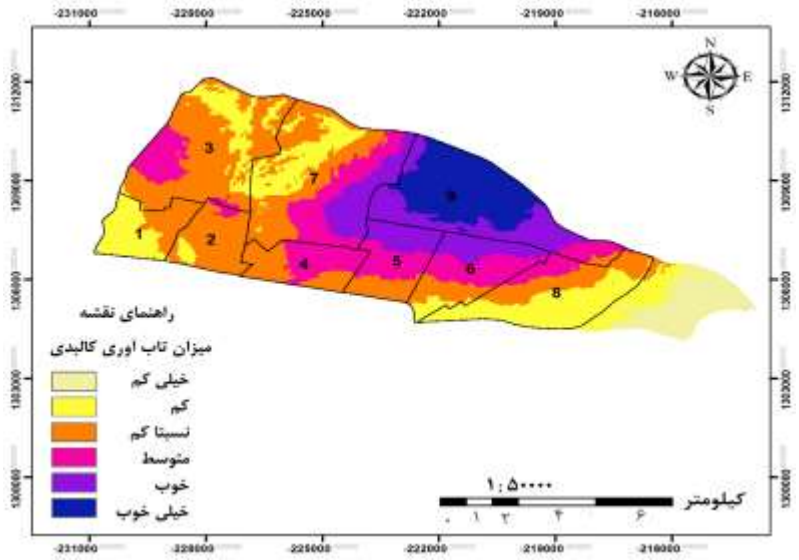
در ادامه روند عملیات پژوهش پس از تهیه لایه‌های مربوط و فازی‌سازی آنها، از طریق روش AHP اقدام به وزن‌دهی شاخص شد. نتایج این وزن‌دهی در شکل ۹ قابل مشاهده است.



شکل ۹- نمایش گرافیکی وزن‌دهی به هر کدام از معیارهای موثر با نرم‌افزار Expert choice (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 9. Graphic display of weighting to each of the effective criteria with Expert choice software (Source: Research Findings, 2020)

در ادامه جهت مدلسازی مکانی و پهنه‌بندی منطقه، وزن‌های به دست آمده از مدل Fuzzy AHP به روش WLC نقشه خروجی آن به صورت زیر نمایان شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- نقشه نهایی طبقه‌بندی شده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ شهرداری تهران در برابر سیلاب شهری (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹)

Figure 10. Final Classified Map of Physical Resilience in District 4 of Tehran Municipality against Urban Flood (Source: Research Findings, 2020)

بر اساس نتایج به دست آمده، بیشتر مساحت منطقه دارای رتبه تاب آوری کالبدی متوسط به بالا می‌باشد. به بیان دقیق عملکرد وزن متغیرهای شاخص کالبدی سبب شده که قسمت شمالی و مرکزی منطقه ۴ به علت قرار گرفتن در فاصله کمتر نسبت به مراکز درمانی، آتش نشانی و ...دارای عملکرد خوب و خیلی خوبی در حوزه تاب‌آوری می‌باشد. نواحی ۹، ۶ و ۵ دارای وضعیت تاب‌اوری کالبدی خوبی هستند ولی نواحی ۸ و ۱ و ۲ از وضعیت مناسبی برخوردار نیستند که علت را می‌توان در نزدیکی به رودخانه اصلی، فاصله تا مراکز درمانی و خدماتی منطقه و وضعیت شیب نامناسب دانست.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل SWMM بارش و رواناب منطقه ۴ شهرداری تهران شبیه سازی شد و سپس مشخص گردید که با توجه به ابعاد کانال‌های اصلی شبکه جمع آوری آبهای سطحی شهرداری منطقه ۴ کلیه شبکه ظرفیت انتقال دبی با دوره بازگشت ۲ ساله را دارد. بنابراین به کار بستن راهکارهای مدیریتی و روش های توسعه کم اثر LIDs و نیز بهترین راهکار مدیریتی BMPs امری ضروری است. با توجه به نتایج به دست آمده، سناریو سوم (ترکیب همزمان دو سناریو اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع‌آوری آب سطحی خواهد داشت. به طوری که اگر فاکتور عمق جریان را برای ارزیابی در نظر بگیریم، در مجموع چهار حالت اجرای مدل، سناریو سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی ۷) و کمترین تاثیر را سناریو بر کانال یخساران (خروجی۳) دارد و اگر فاکتور دبی اوج را برای ارزیابی در نظر بگیریم در مجموع، سناریو سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی۷) و کمترین تاثیر را سناریو دوم بر خروجی ۴ دارد. نتایج بررسی حجم رواناب در منطقه‌ی مورد مطالعه بررسی شده نشان داد که حجم رواناب با دقت خوبی برآورد شده است. بنابراین، می توان از این مدل برای پیش بینی حجم سیل با توجه به سناریوهای گسترش شهر استفاده کرد و از این مدل برای مدیریت بحران قبل از وقوع حادثه در منطقه مورد مطالعه بهره برد و نتایج قابل قبولی به دست آورد. علاوه بر این، می توان از نتایج به دست آمده در فرایند واسنجی برای برآورد مقدار بهینه پارامترها استفاده کرد و در مناطق دیگر، که از لحاظ همگنی مشابه به منطقه مورد مطالعه اند، استفاده کرد: این نتایج با نتایج پژوهش Choi و Ball (۲۰۰۲) مطابقت دارد (۱۵). با توجه به قابلیت-های مدل SWMM در برآورد رواناب و فراهم کردن خروجی در هر بخش از حوضه که نیاز است، می توان نتیجه گرفت که مدل SWMM انعطاف پذیری قابل قبولی برای ترکیب با مدل های دیگر دارد (Dongquan و همکاران، ۲۰۰۹) و از هیدروگراف جریان می توان در هر بخش به عنوان ورودی برای مدل های دیگر استفاده کرد (Lin و همکاران، ۲۰۰۶) (۱۶ و ۱۷). با توجه به مطالب ذکر شده، می توان از این مدل برای طرح های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد؛ این نتیجه با یافته های برخی مطالعات (Zoppou، ۲۰۰۱ و Phillips، ۲۰۰۵) مطابقت دارد (۱۸ و ۱۹). اما، باید به این نکته توجه کرد که معمولا در مناطق شهری ایستگاه های ثبات، که بتوان از آن برای بررسی دقت مدل های مختلف در وقایع با شدت های مختلف استفاده کرد، موجود نیست. همچنین، باید توجه کرد که اندازه گیری دبی برای وقایع مختلف با شدت‌های متفاوت بسیار سخت و هزینه بر است. از این رو، باعث شد نتایج دامنه بارندگی که به وقوع پیوست مورد تأیید نگارندگان این مطالعه باشد. بنابر این، از اظهار نظر درباره دقت مدل در شبیه سازی رواناب ناشی از بارندگی با شدت و مدت خارج از این محدوده صرف نظر می‌شود.

یافته‌های پژوهش در بخش ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری نشان داد که ناحیه ۵ منطقه ۴ شهر تهران با میانگین ۳/۳۳۱۷ مطلوب‌ترین ناحیه از لحاظ تاب آوری اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی و مدیریتی با میانگین (۳/۳۳۱، ۳/۱۴۳ و ۳/۲۳) می-باشد. همچنین از لحاظ تاب‌آوری کالبدی، ناحیه ۹ به علت برخورداری از امکانات زیرساختی بهتر(دسترسی به مراکز درمانی، خدماتی، بیمارستانی، فضای سبز بیشتر و..) مطلوبترین ناحیه از لحاظ تاب‌آوری کالبدی در برابر سیلاب شهر می‌باشد. به طور کلی، نواحی ۹ گانه منطقه ۴ تهران از لحاظ شاخص‌های

مطرح شده دارای اختلاف می‌باشند به‌طوری که از لحاظ شاخص اجتماعی- فرهنگی نواحی ۵، ۳ و ۸ به ترتیب با میانگین ۳/۳۳، ۳/۱۷ و ۳/۱۴ بالاترین مناطق از لحاظ تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی بوده که مهمترین علت را می‌توان بالاتر بودن سطح زندگی وضعیت فرهنگی در این مناطق دانست. به طور کلی یافته‌های تحقیق در بعد اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و نهادی، با دیدگاه‌های کاتر و همکاران (۲۰۱۴) انطباق دارد. همچنین یافته‌های پژوهش در دو بعد از ابعاد تاب آوری با نتایجی که بدری (۱۳۹۲) در ابعاد اقتصادی و نهادی و رمضان‌زاده لسبوئی و همکاران (۱۳۹۲) در ابعاد مختلف تاب-آوری بدست آورده‌اند، مطابقت می‌کند (۲۰). در تاب‌آوری کالبدی نیز با توجه به ساختار منطقه و با استفاده از مدل Fuzzy AHP مشخص گردید که نواحی ۹ و ۷ دارای وضعیت تاب‌اوری کالبدی خوبی هستند ولی نواحی ۸ و ۱ و ۲ از وضعیت مناسبی برخوردار نیستند که علت را می‌توان در نزدیکی به رودخانه اصلی، فاصله تا مراکز درمانی و خدماتی منطقه و وضعیت شیب نامناسب دانست. بنابراین ضروری است که برنامه‌ریزان و مسئولان امور شهری با توجه به نیاز هر منطقه و به صورت ریز مقیاس برای آن منطقه برنامه‌ریزی نموده تا در هنگام بروز مخاطرات کمترین آسیب به هر بخش وارد آید، یا به بیانی دیگر برای هر منطقه و هر بخش براساس کاستی‌های آن برنامه‌ریزی نموده تا در برابر سوانح و مخاطرات تاب‌آور باشد. بر همین اساس اقدامات پیشگیری کننده از وارد آمدن خسارات و یا تاب‌آوری در برابر سیل در این منطقه می-بایست در اولویت برنامه‌ریزی دست اندرکاران این شهر قرار گیرد (۲۱). یافته‌های تحقیق در هر چهار بعد تاب‌آوری، مشخص گردید که ناحیه ۵ با بیشترین نمره میانگین در رتبه‌ی اول قرار دارد. این ناحیه از امکانات مناسب و زیرساختهای کافی برخوردار است. همچنین توان و ظرفیت اقتصادی مردم این ناحیه در وضعیت مطلوبی قرار دارد. پر واضح است جامعه‌ای که از لحاظ اقتصادی شرایط خوب و یا بالایی داشته باشد، در رویارویی با مخاطرات، با زیان‌های مالی و انسانی کمتری مواجه می‌شود؛ و در هنگام بروز فاجعه، توانایی و سرعت بیشتری برای بازگشت به شرایط عادی و قبل از سانحه را خواهد داشت. تعامل بین نهادها و سازمانها در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی بین یکدیگر و مردم این ناحیه و اقداماتی که جهت پیشگیری و یا کاهش سوانح انجام می‌دهندف شرایط را برای بهبود و ارتقاء تاب‌آوری ان مهیا کرده است. طبق نتایج حاصله نواحی ۴ و ۹ از لحاظ تاب‌آوری (اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی، مدیریتی- نهادی) در رتبه‌ی آخر قرار دارد که بیانگر آن است که این ناحیه در برخی موارد دچار ضعف است و نیاز است برای کاهش میزان آسیب پذیری، مورد توجه مسئولان قرار بگیرد. با توجه به این که یکی از اهداف امروزه‌ی کشور ما در امر مدیریت بحران، پیشگیری، کاهش و ارتقاء سطح تاب‌آوری شهرها و روستاها در برابر سوانح طبیعی است. بدین منظور در این پژوهش برای افزایش تاب‌آوری مناطق شهری و روستایی، به ویژه مناطق مورد مطالعه، به ارائه‌ی پیشنهادهایی به شرح زیر می‌پردازیم: ۱) مسئله‌ی لایروبی رودخانه‌ها برای جلوگیری از خطرات احتمالی توسط مسئولان جدی گرفته شود؛ ۲) به عملکرد انواع بیمه‌ها از جمله بیمه‌ی حوادث، محصولات کشاورزی و...، توسط سازمان‌های مرتبط، توجه کافی مبذول شود (۲۱ و ۲۲).

References

1. Beck, N. G., Conley, G., Kanner, L., & Mathias, M. (2017). An urban runoff model designed to inform stormwater management decisions. Journal of environmental management, 193,257-269.
2. Jiang, L. E. I., Chen, Y. A. N. G. B. O., & Wang, H. U. A. N. Y. U. (2015). Urban flood simulation based on the SWMM model. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 368, 186-191.
3. Babaei, S., Ghazavi, R., & Erfanian, M. (2018). Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach.

Physicsand Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 105, 3-11.

4. Shahbazi, A. (2013). Urban runoff management to reduce risks using SWMM model: Case study: Mahdasht town (Doctoral dissertation, MSc thesis).
5. Li, Q., Wang, F., Yu, Y., Huang, Z., Li, M., & Guan, Y. (2019). Comprehensive performance evaluation of LID practices for the sponge city construction: a case study in Guangxi, China. Journal of environmental management, 231, 10-20.
6. Cai, Y. P., Huang, G. H., Tan, Q., & Chen, B. (2011). Identification of optimal strategies for improving eco-resilience to floods in ecologically vulnerable regions of a wetland. Ecological Modelling, 222(2), 360-369.
7. Mozaffari, J., & KOBARFARD, M. (2017). nvestigation of qualitative and quantit ative management at urban flood with EPA SWMM model; Case study District 22 of Tehran.7(27).
8. León, J., & March, A. (2014). Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile. Habitat International, 43, 250-262.
9. Choi K-S and Ball J, (2002). Parameter estimation for urban runoff modeling. Urban Water (4): 31-41,
10. Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C., & Zheng, S. (2009). GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment-discretization approach: a case study in Macau. Environmental Earth Sciences, 59(2), 465-472.
11. Lin, J.-L., G.N. Kiladis, B.E. Mapes, K.M. Weickmann, K.R. Sperber, W. Lin, M.C. Wheeler, S.D. Schubert, A. Del Genio, L.J. Donner, S. Emori, J.-F. Gueremy, F. Hourdin, P.J. Rasch, E. Roeckner, and J.F. Scinocca, 2006: Tropical intraseasonal variability in 14 IPCC AR4 climate models. Part 1: Convective signals. J. Climate, 19, 2665-2690, doi:10.1175/1CL13735.1.
12. Zoppou, C. 2001. Review of urban storm wa-ter models. Environmental Modelling & Software16, 195–231 pp.
13. Phillips, B.C., Yu, S., Thompson, G.R. and Silva, N. 2005. ID and 2D Modelling of urban drain-age systems using XP-SWMM and TUFLOW. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenha-gen, Denmark, 21-26 August, 8 pp.
14. Ramezanzadeh Lesboui, Mehdi and Roardeh, Hemmatollah and Yousefi, Yadollah and Safari, Behnam, 2015, Analysis of Factors Affecting Farmers' Resilience to Drought Case Study: Farmers in Rural Cities (Darab, Larestan, Estahban), Third Regional Conference Climate change and global warming, Zanjan » https://civilica.com/doc/732059. (In Persian)
15. Rafieian, Mojtaba, Rezaei, Mohammad Reza, Asgari, Ali, Parhizkar, Akbar, Shayan, Siavash (2011). conceptual explanation of resilience and creation of its indicator in the community base disaster management spatial planning (modares human sciences) winter, volume 15, number 4 (72); Page(s) 19 To 41. (In Persian)
16. Shayan, Molisen, Paydar, Abuzar, Bazvand, Sajjad. (2017). impact analysis of upgrading the indicators of

resilience over sustainability of rural settlements against floods (item: rural areas of zarrindasht county) environmental hazards management jurnal, Summer, Volume 4, Number 2; Page(s) 103 To 121. (In Persian)

17. Rezaei, Mohammad Reza (2013). valuating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using promethe technique case study; tehran districts. emergency management spring-suminer, volume 2, number 3; Page(s) 25 To 36. (In Persian)
18. Badri, Seyed Ali; Ramezanzadeh Lesboli, Mehdi; Askari, Ali; Ghadiri Masoom, Mojtaba; Salmani, Mohammad (2013) The role of local management in improving resilience to natural disasters with emphasis on floodsCase study: Cheshmeh Kileh basin in Tonekabon Country and Sardabrood basin in Kelardasht Country. Journal of Crisis Management Research, 2, (3), 39-50. (In Persian)
19. Ghazanfarpour, Sedaghat Kish, Soleimani Domaneh and Sabahi Garaghani. (1398). On the Evaluation of the Reaction of Urban Managers Facing Flood as an Environmental Hazard with Emphasis on Resiliency (Case Study: Jiroft City). Geography and Sustainability of Environment 30(2019) 107-127. (In Persian)
20. Moazami, Baharel, Rahimi, Mahmoud. (2016). Assessing and formulating resilience strategies against crisis in the old urban context (Case study: Faizabad neighborhood of Kermanshah). Geography and Environmental Studies, 5 (18), 23-34. (In Persian)
21. Kavusi, Ismail. (2010). the role of strategic planning in human resource development (hrd), iranian journal of public policy in management fall, volume I, number 2; Page(s) 147 To 180. (In Persian)
22. Memarzadeh, Gholamreza, Sarfarazi, Mehrzad. (1389). Investigating the steps of the crisis management process in the organization, Crisis Management Research Journal, Strategic Research Center, Vice President for Cultural and Social Research, No. 51,9-76. (In Persian)