Geographical Urban Planning Research Quarterly

Online ISSN: 2423-7779

Journal Homepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

Explaining the Necessity of using Modern Methods in the Management of Urban Runoff with the Approach of Increasing Resilience against Floods the Case Study of Shiraz City

Mahboobeh Noori [1], Mohammad Reza Rezaei [1✉], Seiyed Mossa Hosseini [3], Hossein Mansourian [4]

1. *Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran*
Email: mahbob.nori70@gmail.com
2. *Corresponding Author, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran*
Email: mrezaei@yazd.ac.ir
3. *Department of Natural Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran*
Email: smhosseini@ut.ac.ir
4. *Department of Human Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran*
Email: h.mansourian59@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
2 February 2023
Received in revised form:
31 March 2023
Accepted:
6 May 2023

Keywords:
Modern Methods,
Urban Runoff,
Flood Management,
Resilience,
Shiraz City

ABSTRACT

By using new methods, it is possible to reduce the effects of natural crises to a great extent and make societies resilient against them. Therefore, the present study was conducted to explain the necessity of using new methods in managing urban runoff to increase resilience in Shiraz. The current research is applied in terms of purpose, and it is a survey type using a questionnaire based on nature and descriptive methods. The statistical population consists of experts and citizens of Shiraz. The findings showed that according to the experts of Shiraz city, among the natural factors, the precipitation factor with weight (0.29) has the most influence and the slope direction factor with weight (0.13) has the least effect, and concerning manufactured factors, land-use with a weight of (0.25) has the most impact and worn-out texture factor with a weight of (0.14) has the least impact on runoff and flooding. The analysis of the resilience dimensions showed that in the social dimension, the average of Shiraz city is above the optimal level (3.78) and in other dimensions, the average is below the optimal level. According to the output of multivariate regression, in terms of prioritization, social, institutional, economic and physical indicators are ranked first to fourth with beta coefficient values of 0.20, 0.14, 0.11 and 0.10, respectively. The results of identification and selection of modern infrastructure suitable for runoff management showed that in the index of landscapes and public open spaces, flood storage method and its protection and in the index of houses and private spaces, water purification and recycling system compared to other methods were chosen by experts as suitable methods for implementation in Shiraz city.

Cite this article: Noori, M., Rezaei, M. R., Hosseini, S. M., & Mansourian, H. (2023). Explaining the Necessity of using Modern Methods in the Management of Urban Runoff with the Approach of Increasing Resilience against Floods the Case Study of Shiraz City. *Geographical Urban Planning Research Quarterly, 11* (1), 27-49.
http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.354605.1788

© The Author (s).
Publisher: University of Tehran Press
DOI: 10.22059/JURBANGEO.2023.354605.1788

Extended Abstract

Introduction

The ever-increasing growth of urbanization and the rapid and unplanned physical development of cities has caused an increase in impervious levels, the speed and volume of runoff in urban environments, which, together with the non-compliance with the principles of urban planning related to the management of crises caused by natural disasters such as floods, causes damages and negative consequences. There have been several at the level of cities in the last few decades. This issue has turned into urban floods during heavy rains, especially in the cities of arid and semi-arid regions where the rains occur in a short period of time and with high intensity, which can be destructive and destructive in many cases. In this context, urban runoff studies are followed to plan to control the quantity and quality of runoff and estimate the resulting damages. So that how to adopt, design and implement new methods of runoff management has become one of the main concerns of managers and urban planners because one of the effective measures in this field is the use of new and effective methods of collecting atmospheric precipitation. So that these methods increase the stability and resilience of urban water resources while collecting rainwater and preventing runoff from flowing into the city. Based on this, the current research was conducted with the aim of explaining the necessity of using new methods in the management of runoff in Shiraz city with the approach of increasing resilience against floods.

Methodology

The area studied in the current research is Shiraz city, one of the metropolises of Iran and the center of Fars province. The research is applied in terms of purpose and descriptive in nature and survey type using a questionnaire. In this way, in the document section, data related to the theoretical topics of the research, such as runoff, new management methods, resilience and urban flooding, etc., have been collected by studying articles, books, statistics and related documents, and in the field section of the research, the questionnaire was exerted to collect another part of the data. The statistical population is in two sections experts and citizens of Shiraz. In the expert section, a sample size of 30 people was selected using the purposeful sampling method. The citizen section selected the sample size randomly according to the Cochran formula as 320 people. Finally, the collected data were analyzed by statistical tests in the SPSS and Expert Choice software environment.

Results and discussion

The results of the research showed that according to the experts of Shiraz city, among the natural factors, the precipitation factor with weight (0.29) has the most influence, and the slope direction factor with weight (0.13) has the least effect and relation to manufactured factors; land-use with a weight of (0.25) had the most impact and worn texture factor with a weight of (0.14) had the least impact on runoff and flooding. Further, the analysis of the resilience dimensions showed that Shiraz's average in the social dimension is above the optimal level (3.78). In other dimensions, the average is below the optimal level. Also, the results of Pearson's correlation show a positive and significant correlation between four resilience indicators in this city, and according to the output of multivariable regression, 73% of resilience changes are explained by independent variables in terms of prioritization; social, institutional, economic and physical indicators are ranked first to fourth with beta coefficient values of 0.20, 0.14, 0.11, and 0.10, respectively. Finally, the results of the identification and selection of modern infrastructure suitable for the management of runoff in this city showed that in the index of landscapes and public open spaces, flood storage method and its protection and in the index of houses and private spaces, water purification and recycling system compared to other methods were chosen by experts as suitable methods for implementation in Shiraz city.

Conclusion

One of the most important challenges for water resources planners and managers is to

provide safe and suitable water for various uses (drinking, agriculture and industry) in different regions, especially arid and semi-arid regions facing a water shortage crisis. Therefore, due to the reduction of surface and underground water resources, the use of new management methods during rains and floods has become one of the essential options for water supply and improving the resilience of communities in these areas. In general, the constructions carried out in this city are not suitable in many areas. This factor is the cause of flooding and damage during floods, so finding solutions to prevent the recurrence of this natural and unavoidable crisis is a critical and priority issue for the city. and it should be considered by those involved in the urban redesign as soon as possible in order to improve resilience with an engineering approach and comprehensive management of surface runoff. In this regard, the experience of the countries and cities that used these new methods of runoff management both show the importance of this issue. It can be studied and used in terms of successfully implemented examples. In this regard, and according to the results of the study of the modern infrastructures of suitable runoff management in Shiraz city, it was found that among the indicators of landscapes and public open spaces, the component and method of the flood storage plan and its protection is a more suitable method than other methods, both in terms of implementation possibility and in terms of acceptance among experts and specialists. Therefore, this method can be used in suitable areas and parts of the city and around Shiraz using suitable materials available in the region to control and manage the runoff caused by torrential and heavy rains. On the other hand, in the index of houses and private spaces, among the proposed methods and components, the method of water purification and recycling was highly preferred among the experts because it is possible to purify and recycle water on a small scale (such as homes, factories, etc.) using various devices and devices.

Funding
There is no funding support.

Authors' Contribution
All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری
شاپا الکترونیکی: 2423-7779
Journal Homepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهری با رویکرد افزایش تاب‌آوری در برابر سیلاب مطالعه موردی: شهر شیراز

محبوبه نوری [۱]، محمدرضا رضایی [۲] ✉، سید موسی حسینی [۳]، حسین منصوریان [۴]

۱ – گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mahbob.nori70@gmail.com
۲– نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mrezaei@yazd.ac.ir
۳– گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: smhosseini@ut.ac.ir
۴ – گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: h.mansourian59@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۱۱/۱۳
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۱/۱۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۲/۱۶

واژگان کلیدی:
روش‌های نوین،
رواناب شهری،
مدیریت سیلاب،
تاب‌آوری،
شهر شیراز

چکیده

با به‌کارگیری روش‌های نوین، می‌توان اثرات ناشی از بحران‌های طبیعی را تا حد زیادی کاهش و جوامع را در برابر آن تاب‌آور نمود. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهری با رویکرد افزایش تاب‌آوری در شهر شیراز انجام شد. پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و از حیث ماهیت و روش توصیفی از نوع پیمایشی با استفاده از پرسش‌نامه است. جامعه آماری در دو بخش خبرگان و شهروندان شهر شیراز می‌باشد. یافته‌ها نشان داد که از نظر متخصصین شهر شیراز، در بین عوامل طبیعی؛ عامل بارش با وزن (۰/۲۹) بیش‌ترین و عامل جهت شیب با وزن (۰/۱۳) کم‌ترین تأثیر و دررابطه‌با عوامل انسان‌ساخت نیز؛ کاربری اراضی با وزن (۰/۲۵) بیش‌ترین و عامل بافت فرسوده با وزن (۰/۱۴) کم‌ترین تأثیر را در بحث رواناب و سیلاب داشته است. نتایج تحلیل وضعیت ابعاد تاب‌آوری نشان داد که شهر شیراز در بعد اجتماعی میانگین بالای حد مطلوب (۳/۷۸) و در سایر ابعاد میانگین کم‌تر از حد مطلوب دارد. طبق خروجی رگرسیون چندمتغیره، از نظر اولویت‌بندی؛ شاخص‌های اجتماعی، نهادی، اقتصادی و کالبدی به ترتیب با مقدار ضریب بتای ۰/۲۰، ۰/۱۴، ۰/۱۱ و ۰/۱۰ در اولویت اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. نتایج شناسایی و انتخاب زیرساخت‌های نوین مناسب برای مدیریت رواناب نشان داد که در شاخص مناظر و فضاهای باز عمومی؛ روش ذخیره‌سازی سیلاب و حفاظت از آن و در شاخص منازل و فضاهای اختصاصی؛ سیستم تصفیه و بازیافت آب نسبت به سایر روش‌ها توسط خبرگان به‌عنوان روش‌های مناسب برای اجرا در شهر شیراز انتخاب شدند.

استناد: نوری، محبوبه؛ رضایی، محمدرضا؛ حسینی، سید موسی و منصوریان، حسین. (۱۴۰۲). تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهری با رویکرد افزایش تاب‌آوری در برابر سیلاب مطالعه موردی: شهر شیراز. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱ (۱)، ۴۹-۲۷.
http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.354605.1788

© نویسندگان
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
DOI: 10.22059/JURBANGEO.2023.354605.1788

مقدمه

شهرنشینی، یکی از ویژگی‌های کلیدی رشد جهانی جمعیت می‌باشد که به طرز جدایی‌ناپذیری به کاربری اراضی و تغییر در پوشش زمین مرتبط می‌باشد (Jha et al., 2012: 3). در سال‌های اخیر، توسعه شهری و افزایش ساخت‌وسازها موجب تشدید روند تغییر پوشش سطحی شهرها شده است. به‌طوری که سطوح نفوذناپذیر از قبیل؛ پشت‌بام ساختمان‌ها، سطح خیابان‌ها، میادین، پیاده‌روها و غیره در شهرها همانند مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک عمل می‌کنند و سبب می‌شوند که بخش قابل‌توجهی از بارندگی به رواناب سطحی تبدیل شود. این امر باعث افزایش رواناب در شهرها شده که خود عاملی بر تشدید سیلاب و آب‌گرفتگی در شهرها می‌باشد (Su et al., 2012: 297; Wu et al., 2014: 223; Shao et al., 2016: 782; Johannessen & Wamsler, 2017: 3; Dong et al., 2019: 2). چرا که یکی از ویژگی‌های غالب تغییر در پوشش زمین در مناطق شهری، موزائیک الگوهای سطوح نفوذناپذیر و سطوح سبز می‌باشد. افزایش سطوح غیرقابل‌نفوذ می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی منجر به تغییر در فرایند هیدرولوژی طبیعی شود و در مجموع باعث کاهش نفوذ آب و افزایش رواناب سطحی گردد (Leopold, 1968; Paul & Meyer, 2001; Whitford et al, 2001). این مسئله در هنگام وقوع بارندگی‌های شدید به‌ویژه در شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی‌ها در مدت کم و با شدت زیاد رخ می‌دهد، تبدیل به سیلاب‌های شهری شده که در بسیاری از موارد می‌تواند مخرب و ویران‌کننده باشد. چرا که افزایش بیش از حد رواناب شهری ناشی از افزایش سطوح نفوذناپذیر باعث افزایش سیلاب، همچنین کاهش کیفیت رواناب‌های شهری به‌واسطه افزایش بار آلایندگی موجود در رواناب و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد. دراین‌ارتباط باید اشاره کرد که سیلاب‌های شهری هر ساله خسارات فراوان جانی و مالی به شهرها و ساکنان آن‌ها وارد می‌کنند. علاوه بر این، مقادیر زیادی از آلاینده‌ها همچون انواع زباله، مواد نفتی و روغنی، فلزات سنگین و مواد سمی را حمل نموده و در نهایت به بدنه‌های آبی انتقال می‌دهد (Young et al., 2011: 269). بدین ترتیب تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین به‌صورت طبیعی یا توسط انسان می‌تواند تأثیر به سزایی بر چرخه هیدرولوژیک هر منطقه‌ای داشته باشد که این تأثیرات در قالب افزایش دبی اوج و حجم رواناب سطحی، افزایش پتانسیل ریسک سیلاب، کاهش کیفیت آب، افزایش آب‌گرفتگی و غیره ظاهر خواهند شد (Motsinger et al., 2016: 4; Cumming et al., 2017: 255; Wang et al., 2018: 3; Vörösmarty et al., 2018: 319;).

در این زمینه در سال‌های اخیر به‌منظور کاهش تأثیرات منفی شهرنشینی روش‌هایی با رویکرد توسعه کم‌اثر (LID) با هدف برنامه‌ریزی در کنترل کمیت و کیفیت رواناب‌ها و کاهش خسارات ناشی از آن پیشنهاد می‌شود (Davis, 2005; Field et al., 2006; US EPA, 2009; Saadatpour et al., 2016). به‌طوری که چگونگی اتخاذ، طراحی و اجرای روش‌های نوین مدیریت رواناب‌ها و جلوگیری از وقوع سیلاب‌های شهری به یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران و برنامه‌ریزان شهری تبدیل شده است. چرا که یکی از اقدامات مؤثر در این زمینه استفاده از روش‌های نوین و مؤثر جمع‌آوری نزولات جوی است. به‌طوری که این روش‌ها در عین جمع‌آوری آب باران و جلوگیری از به جریان افتادن رواناب‌ها در سطوح شهر، باعث افزایش پایداری و تاب‌آوری منابع آب شهری نیز می‌شوند (Alamdari et al., 2018: 180; Speed et al., 2013: 4). در همین راستا باید اشاره کرد که اگر چه در دهه‌های اخیر برخی اقدامات پیشگیری‌کننده دررابطه‌با بحران‌های طبیعی هم‌چون رواناب و سیلاب‌های شهری، کم‌آبی و خشکسالی و غیره مورداستفاده قرار گرفته است، اما واقعیت این است که نمی‌توان از پیامدهای این بحران‌ها به‌طور کامل جلوگیری کرد. زیرا برخی از این بحران‌ها دارای اشکال بزرگ غیرقابل‌پیش‌بینی هستند (نوری و همکاران، ۱۳۹۹؛ ۱۵۲). بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنین برای مقاومت

و زندگی در کنار بحران‌ها را بهبود بخشید. در مقابل این موقعیت، استراتژی بین‌المللی سازمان ملل برای کاهش بحران‌ها، ایجاد تاب‌آوری[1] جوامع در برابر بحران‌های طبیعی را جزو اهداف خود قرار داده و امروزه دولت‌ها و جوامع تلاش می‌کنند با ارتقاء تاب‌آوری در برابر بحران‌های طبیعی شرایط را برای بهبود زندگی در مناطق دارای خطر افزایش دهند (Zhou et al., 2010: 23; Hudson & Berghauser, 2022: 8). در سال‌های اخیر نیز، بسیاری از محققان به مفهوم تاب‌آوری در پژوهش، سیاست و عرصه‌های کاهش خطر بلایا تأکید داشته‌اند. تاب‌آوری به‌عنوان مجموعه‌ای از ظرفیت‌ها است که می‌تواند از طریق مداخلات و سیاست‌ها توسعه یابد و به نوبه خود به ایجاد و افزایش توانایی جامعه در پاسخ و بازیابی در مقابل حوادث، کمک کند (Dorostkar et al., 2016). بدین ترتیب و باتوجه‌به این‌که آب منبع حیات و عامل رشد و توسعه جوامع بشری است. بنابراین مدیریت آن عاملی مهم در توسعه پایدار و امری ضروری برای بقا و سلامتی بشر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. امروزه با رشد جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا، تأمین آب به مسئله‌ای حیاتی تبدیل شده است. از سوی دیگر فعالیت‌های انسان سبب اختلال در تعادل طبیعت شده است و هر ساله با وقوع سیلاب، بسیاری از رواناب‌های حاصل از ریزش‌های جوی از دسترس انسان خارج می‌شود (خیرخواه و همکاران، ۱۳۹۴: ۵). همچنین بخش زیادی از بارش نیز تبخیر شده و تنها بخش اندکی از نزولات جوی بسته به میزان نفوذپذیری خاک وارد سفره‌های آب زیرزمینی می‌شوند و در نتیجه جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک مثل کشور ایران به دلیل کم‌بودن میزان بارش و توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن امری مهم است که انتخاب و توسعه عملکرد روش‌های نوین مدیریت رواناب‌های سطحی در جهت مدیریت اصولی و بهره‌وری از آب باران برای جلوگیری از هدررفت آن و بروز سیلاب بسیار ضروری است (نوری و زارع‌چاهکویی، ۱۳۹۷: ۱۱۷؛ بیات و همکاران، ۱۴۰۰: ۴؛ میررمضانی و همکاران، ۱۴۰۰: ۵۹). براین‌اساس پژوهش حاضر با هدف تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهر شیراز با رویکرد افزایش تاب‌آوری در برابر سیلاب انجام شد.

مبانی نظری

جمع‌آوری آب به مفهوم استفاده از ریزش‌های جوی از طریق مدیریت بارندگی تلقی می‌شود که می‌توان با استفاده از ریزش‌های جوی، آب موردنیاز را برای مصارف مختلف استحصال نمود و از رواناب‌های سطحی و جاری‌شدن سیلاب‌ها نیز جلوگیری نمود (نکویی‌مهر و امامی ۱۳۹۹؛ ۱۶۸). یکی از مهم‌ترین تدابیر در ارتباط با مدیریت رواناب‌های شهری، توسعه روش‌های نوین مدیریتی است. روش‌های نوین، کنترل‌کننده‌های هیدرولوژیکی هستند که عملکرد اصلی آن‌ها مبتنی بر فرایند نفوذ و ذخیره‌سازی است تا از این طریق حجم کلی رواناب را کاهش داده و کیفیت رواناب را نیز کنترل نمود. از جمله این روش‌ها می‌توان به توسعه کم‌اثر، سیستم زهکشی پایدار شهری، روش بهینه مدیریتی و مواردی ازاین‌قبیل اشاره کرد که در این روش‌های نوین عملکردی و مدیریتی رواناب‌ها بیش‌تر از زیرساخت‌هایی همچون باغ باران، بام سبز، دیوار سبز، پارکینگ سبز، چاه‌های جذبی۲، روسازی نفوذپذیر و غیره جهت حفظ، کنترل و مهار رواناب‌ها و سیلاب‌ها استفاده می‌شود. تمامی این روش‌های نوین و اقدامات مربوطه علاوه بر کنترل کمیت و کیفیت رواناب‌ها، به دنبال جمع‌آوری و ذخیره حجم قابل‌ملاحظه‌ای از رواناب‌ها به‌عنوان یک منبع تأمین آب مصرفی در شهرها نیز هستند تا بدین‌وسیله در فصول کم‌آبی و خشکسالی جوابگوی نیاز و تقاضای روزافزون شهروندان باشند. بهره‌گیری از این روش‌های نوین مدیریتی گامی

1. Resilience
2. Absorbing well

مهم در مسیر تحقق رویکرد تاب‌آوری و پایدار ساختن شهرهای امروزی به شمار می‌رود (Karami et al., 2016: 103; Imani et al., 2017: 72; Li et al., 2017: 5; IUCN, 2019; Zhou et al., 2019: 1364).

از نظر مفهومی تاب‌آوری از دهۀ ۱۹۷۰ توسط هولینگ[1]، اکولوژیست کانادایی، در ارتباط با سیستم‌های اکولوژیکی مطرح شد. او معتقد بود تاب‌آوری تداوم روابط و پیوندهای درون یک سیستم را تعیین می‌کند و مقیاسی از توانایی این سیستم برای جذب تغییرات پارامترها و متغیرهای ثابت و متحرک و حفظ بقا است (Govindarajulu, 2020: 1; Daeli & Mohagheghi, 2022: 7; Pandey et al, 2023: 3). تاب‌آوری همچنین ظرفیت یک سیستم برای پاسخگویی به اختلال ایجاد شده در آن تعریف می‌شود که سیستم‌های تاب‌آور پس از اعمال تنش و اختلال، ساختار و عملکرد آن‌ها تغییر نمی‌کند و می‌تواند تاب‌آوری سیستم را نسبت به آشوب‌ها و ظرفیت آن برای سازگاری با تغییرات را افزایش دهد (رضایی، ۱۳۹۲: ۲۹؛ رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۱۴؛ مهرابی و همکاران، ۱۴۰۱: ۷۰) و شهر نیز به‌عنوان یک سیستم اکولوژیکی پویا، تاب‌آوری آن بیانگر پاسخگویی به بحران‌ها و ثبات در شرایط اختلال است. به‌طورکلی تاب‌آوری توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع به هنگام روبه‌روشدن در برابر خطرات به‌منظور مقابله، جذب، سازگاری، محافظت و برگشت عملکردها و ساختارهای اساسی مهم جامعه تعریف شده است (Lechner et al., 2016: 87; MacAskill & Guthriea, 2014: 669; Proaga, 2014: 8). در زمینه مدیریت رواناب و سیلاب‌های شهری و رویکرد جدید مدیریت بحران (تاب‌آوری) مطالعات مختلف و متعددی انجام شده است که اغلب آن‌ها نیز مقیاس شهری را موردتوجه قرار داده‌اند که در ادامه به‌طور خلاصه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. در پژوهشی عشرتی و مطلبی (۱۴۰۱) دریافتند که در بین مؤلفه‌های اثرگذار بر کاربست رویکردهای طبیعت‌محور در مدیریت رواناب معابر محلی تهران، عامل سرعت و نرخ جریان نقشی تعیین‌کننده دارد و بر کار بین دانشی بین تخصص‌های علوم آب و منظر شهری و همچنین اقتصاد در راستای فراهم‌آوردن زمینه کاربست این رویکردها تأکید ویژه دارند. میررمضانی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی عنوان کردند که با طراحی و اجرای سامانه‌های تغذیه مصنوعی مناسب می‌توان به‌صورت هوشمندانه بخش بیش‌تری از رواناب حاصل از بارش را نسبت به حالت عادی به سمت سفره‌های آب زیرزمینی هدایت کرد. اقبالی و همکاران (۱۴۰۰) دریافتند که تاب‌آوری شهری در جلوگیری از خسارات جانی و مالی ناشی از سیلاب در محدوده مطالعاتی تأثیر مثبت و معناداری دارد. در قابلیت سنجی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران با هدف تأمین آب باغات دامنه‌ای در مناطق نیمه‌خشک نکویی‌مهر و امامی (۱۳۹۹) بیان کردند که تیمار عایق دارای بیش‌ترین توان تولید رواناب است. بدین ترتیب استفاده از سطوح عایق همراه با تعبیه سامانه ذخیره رواناب حاصل از ماه‌های پرباران و توزیع آب ذخیره شده در ماه‌های خشک به‌منظور تأمین قسمتی از آب موردنیاز باغات در اراضی را توصیه کردند. کاظم‌زاده و شمس‌کیا (۱۳۹۹) عنوان کردند که باز طراحی خیابان و میدان‌ها همانند استخر و حوضچه‌های کنترل سرعت و مدیریت جریان رواناب‌های سطحی می‌تواند تاب‌آوری شهری را تا حد بسیار مطلوبی افزایش دهد. تا در صورت تکرار این رخداد طبیعی، نه‌تنها از واردشدن آسیب‌های جانی و مالی جلوگیری کرده؛ بلکه با مهندسی و مدیریت جامع رواناب‌های سطحی، از این منبع نادر آب شیرین استفاده بهینه نیز می‌شود. در بررسی تأثیر جنس پشت‌بام و زمان استحصال بر کیفیت آب باران استحصال شده از سطوح آبگیر منازل مسکونی شهری نصرتی و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند که آب استحصال شده ناشی از بارندگی می‌تواند راهکاری در تأمین آب با کیفیت مناسب در مناطق خشک و کم آب کشور باشد. یافته‌های پژوهش گووینداراجلو و سانچز[2] (۲۰۲۳) نشان داد که استفاده از روش‌های

1. Holling
2. Govindarajulu & Sanchez

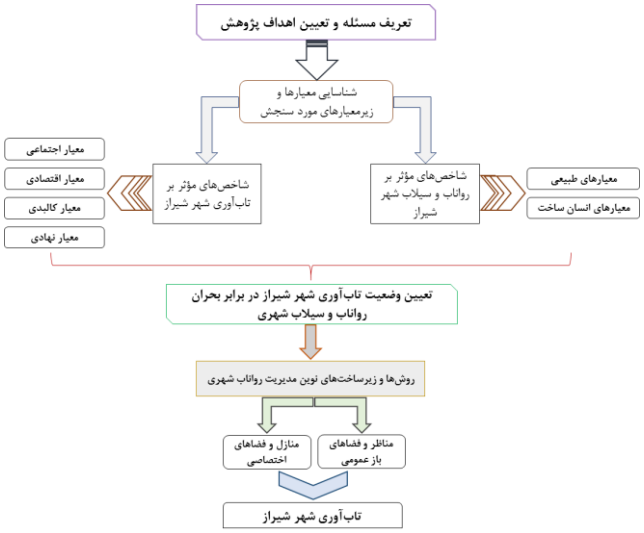
طبیعت‌محور همانند زیرساخت‌های سبز – آبی می‌تواند راهکاری اساسی در برنامه‌ریزی شهری شهرهای هند در راستای انطباق با تغییرات اقلیمی از جمله سیلاب‌های شهری باشد. در پژوهشی هرث[1] و همکاران (۲۰۲۳) عنوان کردند که ایجاد زیرساخت‌های سبز – آبی در شهرها علاوه بر افزایش قابلیت‌های عملکردی در مدیریت رواناب‌ها می‌تواند مزایای چندمنظوره دیگری نیز به دنبال داشته باشد و روشی مطمئن به‌ویژه در کشورهایی که در حال گذار به سمت شهرهای تاب‌آور در برابر تغییرات اقلیمی است به شمار می‌روند. بر اساس نتایج پژوهش فن[2] و همکاران (۲۰۲۲) مشخص شد که اجرای روش‌های توسعه کم‌اثر (LID) می‌تواند مقدار پیک رواناب ورودی و آلاینده‌های موجود در رواناب‌های شهری را کاهش دهد و منجر به تاب‌آوری بیش‌تر در بارندگی‌های شدید شود. در مطالعه‌ای که توسط ماتوس[3] و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد آن‌ها عنوان کردند که به‌کارگیری روش‌های توسعه کم‌اثر (LID) در منطقه غرب برزیل، به میزان ۲۰ تا ۴۶ درصد اوج رواناب را کاهش می‌دهد که این بیانگر افزایش قابل‌توجهی در میزان تاب‌آوری منطقه موردمطالعه در برابر سیل است. سینها[4] و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی دریافتند که تغییر اقلیم، مسئله رواناب را به یک نگرانی جهانی تبدیل کرده است که هرگونه واکنش پایدار هیدرولوژیک حوزه آبخیز به گرمایش اقلیمی، تاب‌آوری آن را برجسته‌تر می‌کند. ماهیت غیرقابل‌پیش‌بینی بودن واکنش هیدرولوژیک می‌تواند سبب بروز اختلال در طراحی و توسعه زیرساخت‌ها با هدف مدیریت خطر شود. موسایف[5] و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که باتوجه‌به الگوهای نامشخص آب‌وهوایی در شرایط آینده سامانه‌های جمع‌آوری آب باران روشی مطمئن برای امنیت آب محسوب شده و اثربخشی آن در مدیریت کم‌آبی مناطق خشک و نیمه‌خشک اثبات شده است. محمود و حسین[6] (۲۰۱۷) با بررسی امکان جمع‌آوری آب باران از سطح بام خانه‌ها در منطقه جنوب آسیا عنوان کردند که سامانه‌های جمع‌آوری آب باران یک راه‌حل ساده و مقرون‌به‌صرفه برای رفع نیازهای خانگی در جوامع روستایی محسوب می‌شود. نوتارو[7] و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد سیستم‌های استحصال آب باران را به‌عنوان یک منبع جایگزین آب در شرایط کم‌آبی در جنوب ایتالیا مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که سامانه‌های استحصال آب باران نسبت به روش‌های سنتی تأمین آب در این منطقه، می‌توانند مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی داشته باشد. سو[8] (۲۰۱۶) عنوان کردند که احیاء تالاب‌ها، ایجاد مناطق نگهداری و طراحی شهری مبتنی بر ایجاد سطوح نفوذپذیر می‌تواند در کاهش میزان رواناب و افزایش تاب‌آوری مناطق شهری در برابر سیلاب مؤثر باشد. روستد[9] و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد سامانه‌های جمع‌آوری آب باران را از نظر ذخیره‌سازی آب آشامیدنی و کاهش رواناب، برای چهار منطقه بزرگ شهری ایالات متحده (نیویورک‌سیتی، فیلادلفیا، شیکاگو و سیاتل) بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که سامانه استحصال آب باران، شامل پشت‌بامی به مساحت ۱۰۰ مترمربع که به مخزن ۵ مترمکعبی متصل است، قادر به کاهش ۶۵ درصدی تقاضای آب آشامیدنی در تمام شهرها خواهد بود و همچنین رواناب حاصل از پشت‌بام را ۷۵ درصد کاهش می‌دهد.

باتوجه‌به پیشینه نظری و نتایج پژوهش‌های انجام شده، لزوم توجه به روش‌های نوین و به‌کارگیری آن‌ها در فرایند مدیریت رواناب‌های شهری هم به‌منظور مدیریت و کنترل سیلاب شهری و هم جلوگیری از هدررفت آن به‌منظور استفاده از رواناب حاصل از بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه ایران و شهر شیراز بیش‌ازپیش احساس می‌شود. چرا که

---

1. Herath
2. Fan
3. Mattos
4. Sinha
5. Musayev
6. Mahmood and Hossain
7. Notaro
8. Su
9. Rostad

شناسایی و کاربست روش‌های نوین مدیریت رواناب در شهر شیراز با درنظرگرفتن شرایط بومی این شهر می‌تواند اقدامی اساسی در جهت نیل به تاب‌آوری در این شهر باشد. براین‌اساس پژوهش حاضر با هدف تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهر شیراز با رویکرد افزایش تاب‌آوری در برابر سیلاب انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش پژوهش

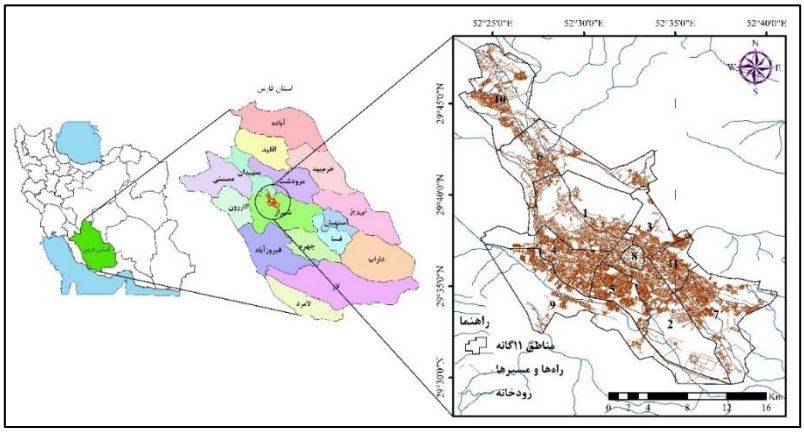
پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از حیث ماهیت و روش توصیفی از نوع پیمایشی با استفاده از پرسش‌نامه است. روش گردآوری داده‌ها نیز مبتنی بر دو شیوه اسنادی و میدانی است. بدین صورت که در بخش اسنادی، داده‌های مربوط به مباحث نظری پژوهش از قبیل رواناب، روش‌های نوین مدیریتی، تاب‌آوری و سیلاب شهری و... با مطالعه مقالات، کتب، آمارنامه‌ها و اسناد مربوطه جمع‌آوری شده است و در بخش میدانی پژوهش نیز از ابزار پرسش‌نامه به‌منظور گردآوری بخش دیگری از داده‌ها بهره گرفته شده است. جامعه آماری پژوهش در بخش اول، خبرگان و مدیران حوزه مدیریت بحران، اساتید حوزه مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منابع طبیعی و آبخیزداری شهر شیراز می‌باشد که حجم نمونه به روش نمونه‌گیری هدف‌مند به تعداد ۳۰ نفر انتخاب و در بخش دوم جامعه آماری شهروندان شهر شیراز می‌باشد که حجم نمونه طبق فرمول کوکران به تعداد ۳۲۰ نفر و به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای متناسب با حجم تعیین شده است. بدین نحو که پرسش‌نامه‌ها بر اساس تعداد جمعیت هر یک از مناطق ۱۱گانه شهر شیراز توزیع شده است. به‌طوری که منطقه هشت با داشتن کم‌ترین جمعیت، کمترین تعداد پرسش‌نامه و منطقه چهار با بیش‌ترین جمعیت، بیش‌ترین تعداد پرسش‌نامه را به خود اختصاص داده است. در بخش اول پژوهش، جهت شناسایی و رتبه‌بندی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رواناب و سیلاب شهر شیراز از دو معیار عوامل طبیعی و عوامل انسان‌ساخت با ۱۰ زیرمعیار استفاده شد و جهت بررسی سطح تاب‌آوری، چهار معیار اصلی اجتماعی، کالبدی، اقتصادی و نهادی با ۲۴ زیرمعیار مبنای سنجش قرار گرفت. قابل‌ذکر است که روایی پرسش‌نامه مرتبط با ابعاد تاب‌آوری با استفاده از پیش‌آزمون و پایایی آن با استفاده از آلفای کرونباخ در محیط نرم‌افزار SPSS تعیین شده است که باتوجه‌به این‌که ضرایب پایایی بیش‌تر از ۰/۷ حاصل شده است گویای هماهنگی و پایایی قابل‌قبول داده‌هاست (جدول ۱).

جدول ۱. ضرایب پایایی ابعاد تاب‌آوری

متغیر	ضریب پایایی
اجتماعی	۰/۸۳۴
اقتصادی	۰/۷۸۱
کالبدی	۰/۸۱۲
نهادی	۰/۷۱۴

همچنین به‌منظور امکان‌سنجی استفاده از برخی زیر ساخت‌های نوین مناسب برای مدیریت رواناب شهر شیراز دو معیار اصلی مناظر و فضاهای باز عمومی و منازل و فضاهای اختصاصی با ۱۵ زیرمعیار مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. در نهایت داده‌های گردآوری شده به کمک آزمون‌های آماری (تی تک نمونه‌ای، همبستگی پیرسون، رگرسیون چندمتغیره)، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در محیط نرم‌افزارهای آماری SPSS و Expert choice مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته و نتایج مربوط به آن ارائه گردید.

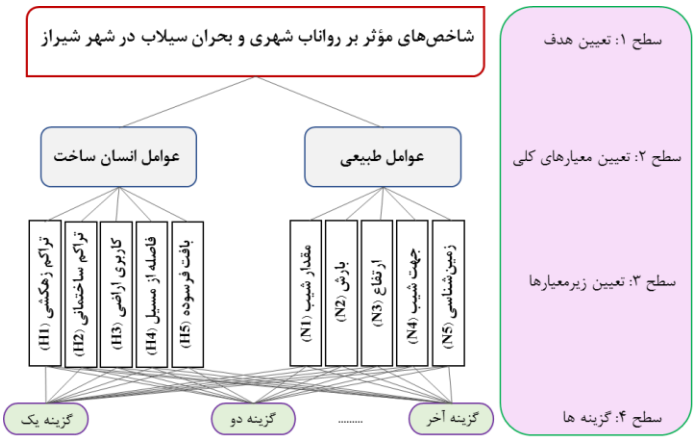
محدوده موردمطالعه در پژوهش حاضر، شهر شیراز یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان فارس می‌باشد که در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۴۸۶ تا ۱۶۷۰ متری از سطح دریا در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده است. پست‌ترین نقطه جلگه شیراز در جنوب شرقی آن (دریاچه مهارلو) قرار دارد. شیراز از شمال به رشته‌کوه‌های بمو، پشت مله، چهل مقام و باباکوهی منتهی می‌شود و در غرب نیز به رشته‌کوه‌های دراک که تا شمال غربی امتداد می‌یابد محدود می‌شود. در جنوب شیراز ارتفاعات سبزپوشان در امتداد رودخانه قره‌آغاج شکل‌گرفته و به ارتفاعات سپیدار منتهی می‌شود. ارتفاعات مهارلو در جنوب دریاچه مهارلو و جنوب شرق شیراز کشیده شده و به‌تدریج به ارتفاعات شمال خفر متصل می‌شود (عبدالعظیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ۱۴۰). میانگین دمای سالانه این شهر ۱۷/۷ سانتی‌گراد است. همچنین میانگین بیشینه و کمینه دما در این شهر به ترتیب ۲۵/۷ و ۵/۸ سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار بارندگی سالانه این شهر نیز حدود ۲۶۳/۷ میلی‌متر است (سایت شهرداری شیراز، ۱۴۰۱). به‌طورکلی شهر شیراز دارای آب‌وهوای گرم و نیمه‌خشک است (عبدالعظیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ۱۴۰). بر اساس آخرین تقسیمات اداری، این شهر به ۱۱ منطقه مستقل شهری تقسیم و مساحتی در حدود ۵۲۷۱ کیلومترمربع دارد. مساحت کل فضای سبز شهری این شهر که شامل کمربند سبز، بوستان‌ها و فضای سبز پراکنده است؛ حدود ۴۰/۶ کیلومترمربع است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹ الف؛ ۵۹). بر پایه آخرین سرشماری مرکز آمار ایران جمعیتی بالغ بر ۱۵۶۵۵۷۲ نفر دارد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹ ب؛ ۲۳۷). در شکل (۲) موقعیت مناطق مختلف شهر شیراز ارائه شده است.



شکل ۲. موقعیت شهر شیراز در ایران و استان فارس

یافته‌ها

در پژوهش حاضر نتایج حاصل از بررسی شرایط شهر شیراز و مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه از متخصصین نشان می‌دهد که این کلان‌شهر نیز از رواناب و بحران سیلاب‌های شهری در امان نمانده و ازاین‌حیث نیازمند توجه خاص می‌باشد. به‌طوری که سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در محل دروازه‌قرآن شهر شیراز شاهدی بر این قضیه است که چگونه همراهی شرایط و عوامل طبیعی با مداخلات انسانی و عدم آگاهی دقیق دررابطه‌با شرایط حوضه، منجر به خسارت‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی زیاد در این شهر شد. در این راستا نتایج پژوهش حاضر با تأکید بر تجارب سیلاب گذشته شهر شیراز نشان می‌دهد که عوامل مختلفی در پیدایش سیلاب در سطح شهر مؤثرند که دررابطه‌با شهر شیراز عوامل دخیل را می‌توان به دو دسته عوامل طبیعی و عوامل انسان‌ساخت تقسیم نمود که در این پژوهش ۱۰ مؤلفه به‌عنوان زیرمجموعه عوامل طبیعی و انسان‌ساخت مؤثر در شکل‌گیری سیلاب مورد سنجش و ارزیابی متخصصین مدیریت بحران و مدیران و برنامه‌ریزان شهر شیراز قرار گرفت. به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر رواناب و وقوع بحران سیلاب در شهر شیراز پس از بررسی منابع مختلف موجود در این زمینه و ارتباط با خبرگان آشنا به شرایط شهر شیراز، مسئله اصلی پژوهش تعریف شد و هدف از تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی از عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده تصمیم ترسیم شد. که در شکل (۳) مدل سلسله‌مراتبی درخت تصمیم‌گیری شاخص‌ها و مؤلفه‌هایی که بر سیلاب شهری در شهر شیراز مؤثر هستند ارائه شده است.



شکل ۳. مدل سلسله‌مراتبی درخت تصمیم‌گیری شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر بر رواناب شهری و بحران سیلاب در شهر شیراز
منبع: (سعادت فومنی و همکاران، ۱۳۹۶؛ غلامیان و ایلدرمی، ۱۳۹۹؛ احمدی و همکاران، ۱۴۰۰؛ آذریان، ۱۴۰۰)

سپس مقایسه‌هایی بین معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری توسط خبرگان انجام شده و امتیاز آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین شد. این مقایسه‌ها در قالب پرسش‌نامه و بر اساس طیف نه کمیتی توماس‌ال‌ساعتی تنظیم شده به‌وسیله خبرگان انجام شد و از نظرات آن‌ها برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی نهایی بهره گرفته شد. برای این منظور در ابتدا مقایسه زوجی و ماتریس وزن اولیه زیرمعیارهای طبیعی مؤثر بر رواناب و سیلاب شهری شهر شیراز بررسی شد. سپس نتایج در محیط نرم‌افزار Expert choice وزن‌دهی شده و اقدام به تحلیل ماتریس وزن ترکیبی نظرات خبرگان شد که نتایج ماتریس وزن‌دهی شده زیرمعیارهای عوامل طبیعی مؤثر بر رواناب شهر شیراز در جدول (۲) ارائه شده است.

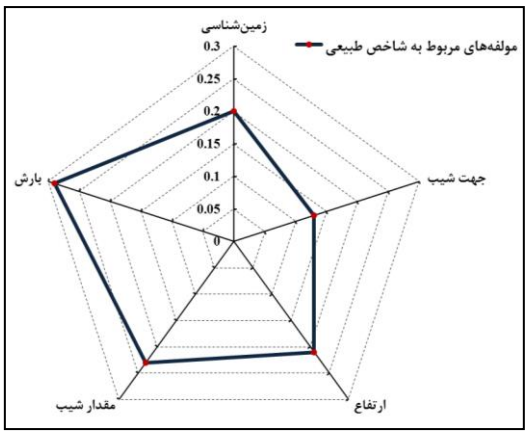
جدول ۲. ماتریس وزن‌دهی ترکیبی زیرمعیارهای طبیعی مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز

زیرمعیارها	N1	N2	N3	N4	N5
N1		۱/۱۳	۲/۰۴	۱/۲۳	۱/۸۶
N2			۱/۷۳	۲/۷۵	۲/۰۴
N3				۲/۸۷	۱/۱۰
N4					۱/۲۰
N5					

در ادامه فرایند مقایسه زوجی و ماتریس وزن اولیه و وزن و رتبه نهایی برای زیرمعیارهای طبیعی نیز بررسی شد و نتایج مربوط به آن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. وزن و رتبه نهایی زیرمعیارهای طبیعی مؤثر در رواناب و سیلاب شهر شیراز

زیرمعیارها	وزن نهایی	نرخ سازگاری نهایی	رتبه
N1	۰/۲۳	۰/۰۳	۲
N2	۰/۲۹		۱
N3	۰/۲۱		۳
N4	۰/۱۳		۵
N5	۰/۲۰		۴



شکل ٤. نمودار مؤلفه‌های شاخص عوامل طبیعی

باتوجه‌به نتایج مشخص شد که بر اساس نظر خبرگان در بین زیرمعیارهای طبیعی مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز، زیرمعیار بارش (N2) با گرفتن بیش‌ترین وزن (۰/۲۹) از سوی خبرگان از نظر اهمیت در رتبه یک قرار دارد و زیرمعیار جهت شیب (N4) کم‌ترین وزن را دارد. بررسی اجزای مختلف چرخه آب به‌ویژه رابطه بین بارش و سیلاب به دلیل پیچیدگی‌های موجود و تأثیرشان از فاکتورهای متعدد اقلیمی و فیزیکی حوزه آبریز در مقیاس‌های زمانی مختلف در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در بخش‌های مختلف هیدرولوژی به‌خصوص از جنبه مدیریت سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار بوده و مقدمه مدیریت صحیح منابع آب در یک حوزه آبریز شهری می‌باشد. بدین ترتیب به‌منظور مدیریت و کنترل رواناب در شهر شیراز بایستی اقدامات لازم در راستای کنترل بارش‌های رخداده در محل صورت گیرد تا قبل از جاری‌شدن و تبدیل‌شدن به بحران مخرب و یا جمع و دفع سریع و از دسترس خارج‌شدن، بتوان با شیوه‌های مدیریتی جدید از آن‌ها به‌عنوان یک منبع آب در فصول خشک و کم آب شهر بهره برد. در این زمینه، ماتریس وزن‌دهی زیرمعیارهای انسان‌ساخت

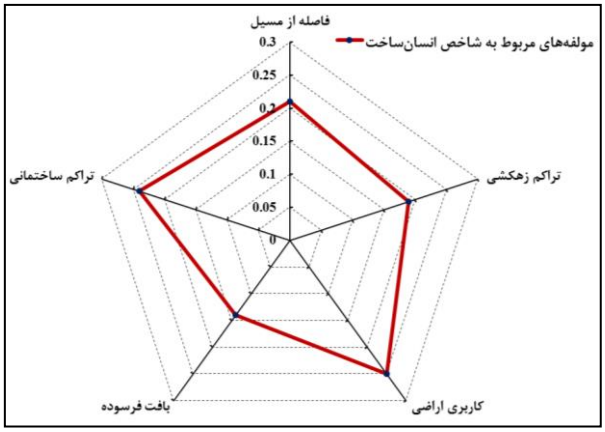
مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز و وزن و رتبه نهایی این زیرمعیارها در جداول (۵) و (۴) ارائه شده است.

جدول ٤. ماتریس وزن‌دهی ترکیبی زیرمعیارهای انسان‌ساخت مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز

زیرمعیارها	H1	H2	H3	H4	H5
H1		۱/۵۰	۱/۸۳	۱/۲۵	۱/۲۰
H2			۱/۳۸	۱/۱۱	۱/۲۴
H3				۱/۹۲	۱/۵۰
H4					۱/۰۷
H5					

جدول ۵. وزن و رتبه نهایی زیرمعیارهای انسان‌ساخت مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز

زیرمعیارها	وزن نهایی	نرخ سازگاری نهایی	رتبه
H1	۰/۱۹		۴
H2	۰/۲۴		۲
H3	۰/۲۵	۰/۰۲	۱
H4	۰/۲۱		۳
H5	۰/۱۴		۵



شکل ۵. وزن مؤلفه‌های شاخص عوامل انسان‌ساخت

باتوجه‌به نتایج و بر اساس نظر خبرگان در بین زیرمعیارهای عوامل انسان‌ساخت مؤثر بر رواناب و سیلاب شهر شیراز، زیرمعیار کاربری اراضی (H3) به دلیل دارا بودن وزن بیش‌تر (۰/۲۵) از نظر اهمیت در رتبه یک قرار دارد و زیرمعیار بافت فرسوده (H5) دارای کم‌ترین وزن است. که این نشان‌دهنده اهمیت کاربری اراضی و تأثیراتی است که این عامل می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر فرایند مدیریت رواناب و سیلاب‌های شهر شیراز داشته باشد. چرا که بررسی نحوه کاربری و نوع پوشش اراضی نقش مهمی در برنامه‌ریزی برای مدیریت و حفاظت منابع آب دارد و زمینه ارتقای نگرش اصولی به ساختارهای زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد و در سال‌های اخیر نیز وضعیت کاربری اراضی به‌مثابه یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرایند بارش و جذب سطوح در مقیاس وقایع سیل بسیار موردتوجه قرار گرفته و نشان داده که تغییرات کاربری اراضی یا پوشش گیاهی ارتباط تنگاتنگی با واکنش هیدرولوژیکی به‌ویژه در رخداد سیل دارد. بنابراین توجه به موضوع کاربری اراضی و جلوگیری از تغییرات غیرقانونی و غیراصولی کاربری اراضی تا حد بسیار زیادی می‌تواند در مدیریت و کنترل رواناب‌ها در شهر شیراز مؤثر و مفید واقع شود. در ادامه جهت تجزیه‌وتحلیل وضعیت ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری

شهر شیراز در برابر بحران طبیعی سیل، از روش مقایسه میانگین و آزمون تی تک نمونه‌ای و تحلیل میانگین هر یک از مؤلفه‌های ابعاد تاب‌آوری استفاده شد. در این آزمون معیار تصمیم، (P-value) یا همان سطح معناداری است که با نماد .Sig در نظر گرفته می‌شود که نتایج مربوط به این آزمون در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ٦. آماره‌های T تک نمونه‌ای وضعیت مؤلفه‌های هر یک از چهار شاخص اصلی تاب‌آوری شهر شیراز

شاخص‌های تاب‌آوری	مؤلفه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	T	سطح معناداری
نهادی	۱ e	۳/۱۴	۰/۷۱	−۱۰/۲۸	۰/۰۰
	۲ e	۳/۰۳	۰/۹۰	−۶/۷۰	۰/۰۰
	۳ e	۳/۰۴	۰/۹۴	−۱۱/۱۰	۰/۰۰
	۴ e	۲/۴۰	۰/۷۴	−۱۴/۵۰	۰/۰۰
	۵ e	۳/۰	۰/۷	−۱۲/۸۷	۰/۰۰
	مجموع	۲/۹۲	۰/۶۳	−۱۱/۶	۰/۰۰
اقتصادی	۶ d	۳/۲۹	۰/۸۱	−۸/۲۹	۰/۰۰
	۷ d	۲/۶۰	۰/۵۳	−۳۵/۲	۰/۰۰
	۸ d	۲/۵۷	۰/۶۹	−۲۹/۸۲	۰/۰۰
	۹ d	۳/۶۳	۰/۶۰	−۰/۶۰	۰/۰۰
	۱۰ d	۱/۹۱	۰/۳۵	−۹۰/۲۹	۰/۴۹
	۱۱ d	۲/۹۲	۰/۷۱	−۱۹/۰۲	۰/۰۰
	مجموع	۲/۸۲	۰/۸۷	−۲۳/۳۴	۰/۰۰
کالبدی	۱۴ m	۳/۰۳	۰/۷۱	−۱۵/۴۰	۰/۰۰
	۱۵ m	۳/۲۹	۰/۶۰	−۱۰/۷۰	۰/۰۰
	۱۶ m	۳/۲۱	۰/۷۰	−۱۰/۱۹	۰/۰۰
	۱۷ m	۲/۳۱	۰/۶۵	−۳۵/۷۰	۰/۰۰
	۱۸ m	۲/۱۹	۰/۴۲	−۶۳/۸۷	۰/۰۰
	۱۹ m	۲/۴۰	۰/۶۴	−۳۴/۶۰	۰/۰۰
	مجموع	۲/۷۳	۰/۶۹	−۳۷/۸	۰/۰۰
اجتماعی	۲۰t	۴/۱	۰/۵۰	۲۴/۰۱	۰/۰۰
	۲۱ t	۴/۴۰	۰/۴	۳۰/۴۰	۰/۰۰
	۲۲ t	۳/۱۹	۱/۰۴	−۸/۸	۰/۰۰
	۲۳ t	۴/۰۲	۰/۶۰	۱۱/۶۰	۰/۰۰
	۲۴ t	۳/۱۹	۰/۴۸	۲۴/۰	۰/۰۰
	مجموع	۳/۷۸	۰/۳۱	۱۵/۵	۰/۰۰

منبع: (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ نوری و همکاران، ۱۳۹۹؛ سعیدی مفرد و طالب علم، ۱۳۹۹؛ ناهید و همکاران، ۱۴۰۰؛ عسگری و همکاران، ۱۴۰۱؛ قاسمی‌گنجه‌لو و عزت‌پناه، ۱۴۰۱).

باتوجه‌به خروجی حاصل (جدول ۷)، با درنظرگرفتن سطح معناداری (۰/۰۰) کم‌تر از میزان خطا (۰/۰۵) می‌توان اذعان کرد که ابعاد چهارگانه تاب‌آوری با درصد اطمینان ۰/۹۵ معنی‌دار می‌باشند. که میانگین و میزان خطای حاصله نیز معناداری ابعاد تاب‌آوری را تأیید می‌نماید. در پژوهش حاضر و استفاده از طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت (۵–۱)، عدد ۳ به‌عنوان میانگین نظری تعیین شده است که مبنای سنجش درجه مطلوبیت یا عدم مطلوبیت ابعاد مورد بررسی است. بدین اساس، طبق نتایج باید اشاره کرد که در بین ابعاد چهارگانه تاب‌آوری و بر اساس نظرات پاسخگویان شهر شیراز، در بعد اجتماعی تاب‌آوری (۳/۷۸) میانگینی بالای حد مطلوب (۳) به‌دست‌آمده که نشان از تاب‌آوری این شهر از نظر اجتماعی است و در سایر ابعاد نهادی، اقتصادی و کالبدی با کسب میانگین به ترتیب ۲/۹۲، ۲/۸۲ و ۲/۷۳ مقداری کم‌تر از حد مطلوب دارد.

سپس به‌منظور بررسی روابط بین چهار شاخص اصلی تاب‌آوری شهر شیراز در برابر رواناب‌های شهری و بروز بحران سیلاب در این شهر، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون (جدول ۶)، مقدار (p-value<0.05) حاصل شده نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار بین چهار شاخص تاب‌آوری در این شهر است. بدین معنا که افزایش یا کاهش مقدار هر یک از شاخص‌ها با افزایش یا کاهش مقدار دیگر شاخص‌ها همراه است. از سوی دیگر در بین شاخص‌های موردبحث، بیش‌ترین همبستگی بین شاخص اجتماعی و اقتصادی (R=0.78 و p-value=0.00) و کم‌ترین همبستگی بین شاخص‌های کالبدی و نهادی (R=0.25 و p-value=0.00) است.

جدول ۷. نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین چهار شاخص اصلی تاب‌آوری شهر شیراز

شاخص‌ها	اجتماعی	اقتصادی	کالبدی	نهادی
اجتماعی	۱			
اقتصادی	۰/۷۸*	۱		
کالبدی	۰/۵۱*	۰/۵۵*	۱	
نهادی	۰/۶۱*	۰/۵۰*	۰/۲۵*	۱

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۰/۰۵

به‌منظور بررسی میزان تأثیرگذاری هر یک از این چهار شاخص بر میزان تاب‌آوری شهر شیراز در برابر رواناب شهری و شکل‌گیری بحران سیلاب در این شهر از مدل رگرسیون چندمتغیره در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸. آزمون رگرسیون چندمتغیره شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری شهر شیراز

شاخص‌ها	ضرایب استاندارد شده	ضرایب غیراستاندارد		مقدار t	سطح معنی‌داری (Sig)	ضریب تعیین (R2)
	Beta	B	خطای B			
اجتماعی	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۰۳	۶/۹۸	۰/۰۰	۰/۷۳
اقتصادی	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۰۲	۴/۳۱	۰/۰۰	
کالبدی	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۳	۳/۹۶	۰/۰۰	
نهادی	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۰۲	۵/۷۴	۰/۰۰	

در نتایج حاصل از آزمون رگرسیون چندمتغیره (جدول ۹)، با درنظرگرفتن سطح معناداری (p-value=۰/۰۰) می‌توان عنوان کرد که از نظر آماری مدل برآورد شده معنی‌دار می‌باشد. همچنین مقدار ضریب تعیین برابر (R^2=0.73) است که نشان می‌دهد ۷۳ درصد از تغییرات تاب‌آوری شهر شیراز توسط متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. بدین ترتیب بر اساس ضرایب برآورد شده، تمامی شاخص‌ها اثر معنی‌دار و مثبت بر تاب‌آوری شهر شیراز دارند (p-value<0/05) که از نظر اولویت‌بندی شاخص‌های اجتماعی، نهادی، اقتصادی و کالبدی به ترتیب با مقدار ضریب بتای ۰/۲۰، ۰/۱۴، ۰/۱۱ و ۰/۱۰ در اولویت اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. باتوجه‌به این نتایج مشخص می‌شود که از بین شاخص‌های تاب‌آوری، شاخص اجتماعی از امتیاز بیش‌تری برخوردار می‌باشد. بنابراین در راستای کنترل و مدیریت رواناب و پیشگیری از سیلاب توجه به این ظرفیت لازم و ضروری می‌باشد و با استفاده از این ظرفیت بالقوه موجود می‌توان طرح‌ها و برنامه‌های مختلفی در راستای بهبود تاب‌آوری این شهر در برابر سیلاب انجام داد و بدین‌وسیله علاوه بر کنترل و مدیریت سیلاب از ظرفیت‌های موجود در راستای حفاظت از منابع آبی نیز بهره برد. در ادامه به‌منظور شناسایی و انتخاب زیرساخت‌های نوین در حوزه

مدیریت رواناب مناسب در سطح شهر شیراز، باتوجه‌به نتایج مربوط به عوامل مؤثر بر بروز سیلاب در شهر شیراز و همچنین شرایط این شهر از نظر ابعاد مختلف تاب‌آوری شیراز مشخص و وزن‌دهی شدند و برای بررسی زیرساخت‌های مناسب این شهر از نظر خبرگان در این زمینه استفاده شد. بدین صورت که در طی ارسال و تکمیل ۳۰ پرسش‌نامه توسط گروه خبرگان، ۲۰ زیرساخت به‌عنوان معیار ارزیابی شناسایی و با بازبینی مجدد توسط متخصصین و درنظرگرفتن تشابه مفهومی برخی از معیارها با یکدیگر، تعدادی از معیارها حذف و در نهایت ۱۵ معیار اصلی و متناسب با شرایط محدوده مطالعاتی در دو بعد اصلی مناظر و فضاهای باز عمومی و منازل و فضاهای اختصاصی شناسایی و تعیین شدند. در جدول (۸) برخی از این زیرساخت‌های نوین انتخاب شده به‌منظور مدیریت رواناب شهر شیراز و میزان موافقت هر معیار باتوجه‌به نظر خبرگان و با درنظرگرفتن شرایط شهر شیراز و قابلیت اجرایی آن ارائه شده است.

جدول ۹. زیرساخت‌های شهری نوین مناسب برای مدیریت رواناب شهر شیراز

شاخص	مؤلفه (روش)	میزان موافقت (فراوانی)	میزان موافقت (درصد)
مناظر و فضاهای باز عمومی	باغچه‌های ذخیره باران	۲۱	۷۰٪
	پیاده‌روها و سنگ‌فرش‌های متخلخل و نفوذپذیر	۲۵	۸۳٪
	حوضچه‌های نگهداشت خشک	۱۶	۵۳/۳٪
	حوضچه‌های فیلتر شنی	۱۹	۶۳/۳٪
	چاه‌های جذبی	۲۲	۷۳٪
	استفاده از روکش‌های نفوذپذیر	۱۵	۵۰٪
	طرح ذخیره‌سازی سیلاب و حفاظت از آن	۲۸	۹۳٪
	ایجاد تالاب‌ها و برکه‌های مصنوعی	۲۰	۶۶/۷٪
منازل و فضاهای اختصاصی	بام سبز	۱۴	۴۷٪
	تانک‌ها و مخازن ذخیره آب باران در منازل	۲۶	۸۷٪
	زنجیره‌های باران (ناودان)	۲۶	۸۶/۷٪
	فیلتر توری و مخزن جمع‌آوری گل‌ولای پشت‌بام	۲۰	۶۶/۷٪
	مصالح ساختمانی متخلخل و نفوذپذیر	۱۳	۴۳/۳٪
	سنگ‌فرش نفوذپذیر فضای باز ساختمان (حیاط)	۱۵	۵۰٪
	سیستم تصفیه و بازیافت آب	۲۷	۹۰٪

منبع: (بینش و همکاران، ۱۳۹۶؛ رمضانی و حبیبی، ۱۴۰۰؛ عقیلی مهابادی و همکاران، ۱۴۰۰؛ صمیم و همکاران، ۱۴۰۰؛ Oates et al, 2020؛ Shao et al, 2018; Wang et al, 2018; Li et al, 2018; Song et al, 2020;).

در نهایت معیارها به‌منظور مقایسه زوجی، به متخصصین ارجاع داده شد و وزن هر معیار باتوجه‌به میزان اهمیت آن در برابر سایر معیارها برای انتخاب بهترین، مناسب‌ترین و اجرایی‌ترین زیرساخت نوین در راستای مدیریت رواناب در سطح شهر شیراز به کمک روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مورد سنجش و تحلیل قرار گرفت. در جدول (۱۰) نتایج وزن نسبی معیارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر ارائه شده است.

جدول ۱۰. ضرایب نسبی و بردار وزنی معیارهای استخراج شده مناسب به‌منظور مدیریت رواناب شهر شیراز

معیار	حد پایین	حد میانه	حد بالا	وزن نسبی
باغچه‌های ذخیره باران	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷
پیاده‌روها و سنگ‌فرش‌های متخلخل و نفوذپذیر	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۲
حوضچه‌های نگهداشت خشک	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
حوضچه‌های فیلتر شنی	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
چاه‌های جذبی	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲
استفاده از روکش‌های نفوذپذیر	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
طرح ذخیره‌سازی سیلاب و حفاظت ازان	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴
ایجاد تالاب‌ها و برکه‌های مصنوعی	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶
بام سبز	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
تانک‌ها و مخازن ذخیره آب باران در منازل	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۳
زنجیره‌های باران (ناودان)	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۲
فیلتر توری و مخزن جمع‌آوری گل‌ولای پشت‌بام	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
مصالح ساختمانی متخلخل	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
سنگ‌فرش نفوذپذیر فضای باز ساختمان (حیاط)	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
سیستم تصفیه و بازیافت آب	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۴

باتوجه‌به جدول (۹) مشخص شد که معیار طرح ذخیره‌سازی سیلاب و حفاظت از آن با وزن نسبی ۰/۱۴ دارای بیش‌ترین وزن نسبی و معیار مصالح ساختمانی متخلخل با مقدار وزن نسبی ۰/۰۱ کم‌ترین وزن نسبی را دارا می‌باشد. دراین‌ارتباط باید اشاره کرد که در دو دهه اخیر برای کاهش عوامل زیان‌آور سیلاب در پی توسعه شهرها، شیوه‌های جدیدی با هدف بهبود نتایج زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی گزینه‌های پیش‌روی مدیریت سیلاب شهری، توسعه‌یافته است که طرح‌های ذخیره‌سازی از روش‌های سازه‌ای توسعه کم‌اثر (LID) در کاهش اثرات مخرب سیلاب‌های شهری است. لذا در فرایند مدیریت و کنترل رواناب و سیلاب در شهر شیراز باید به این طرح از مجموعه روش‌های توسعه کم‌اثر توجه کرد.

بحث

در چند دهه اخیر رشد سریع جمعیت و نیازهای متنوع آن‌ها بهره‌برداری از منابع آبی مختلف را تحت‌تأثیر قرار داده و به دنبال آن مصرف بی‌رویه آب باعث بروز مشکلاتی همانند بروز سیلاب، افزایش رواناب و آب‌گرفتگی شهری، کاهش آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب سطحی شده است. بدین ترتیب یکی از مهم‌ترین چالش‌های حال حاضر برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب، تأمین آب سالم و مناسب برای مصارف مختلف (شرب، کشاورزی و صنعت) در مناطق مختلف به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است که با بحران کم‌آبی روبه‌رو هستند. بنابراین باتوجه‌به کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، استفاده از شیوه‌های جدید مدیریتی در طی بارش‌ها و سیلاب‌ها به یکی از گزینه‌های مهم تأمین آب و ارتقای سطح تاب‌آوری اجتماعات در این مناطق تبدیل شده است. در پژوهش حاضر و در راستای اهداف تعیین شده، نظرات متخصصین، خبرگان و برنامه‌ریزان شهر شیراز نشان‌دهنده این موضوع است که اگر چه عوامل زیادی در شکل‌گیری سیلاب‌های شهری مؤثرند اما به‌طورکلی دو دسته از عوامل طبیعی و عوامل انسان‌ساخت بر تشدید روند سیلاب شهری تأثیرگذار هستند. به‌طوری که در بین عوامل طبیعی، بر اساس نظرسنجی صورت‌گرفته، زیرمعیار بارش با وزن (۰/۲۹) به‌عنوان مؤثرترین عامل طبیعی در روند شکل‌گیری و تشدید بحران رواناب و سیلاب شهری شناخته شدند. بارندگی‌های با شدت زیاد، به همراه کاهش نفوذپذیری به دلیل توسعه مناطق شهری و وجود سیستم‌های جمع‌آوری رواناب قدیمی و فرسوده از دلایل

عمده وقوع سیلاب در این مناطق شهری است. نمود عینی این تأثیر در سیل فروردین ۱۳۹۸ شیراز به‌خوبی مشاهده می‌شود که بر اثر بارندگی شدید و تداوم بارش در عرض چند ساعت، به محدوده‌های دروازه‌قرآن و محله سعدی خسارت‌های عمده‌ای وارد شد. در این راستا دانوماه[1] و همکاران (۲۰۱۶) نیز خطر بالای بارندگی را مهم‌ترین عوامل ایجاد وقوع سیلاب و دلفاردی (۱۳۹۴) نیز پارامترهایی نظیر زمان بارش، نوع بارش و بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته را عوامل ایجاد سیلاب در حوزه آبخیز ایستگاه حسین‌آباد ذکر کرده‌اند. همچنین یافته‌ها نشان داد که مولفه‌های کاربری اراضی و تراکم ساختمانی به ترتیب با وزن (۰/۲۵) و (۰/۲۴) از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در بین عوامل انسان‌ساخت است. اوما و تاتیشی[2] (۲۰۱۴)، عبدالعظیمی و همکاران (۱۳۹۹) و غلامیان و ایلدرمی (۱۳۹۹) نیز تغییرات کاربری اراضی را از عوامل بسیار مهم در شکل‌گیری رواناب‌های شهری و در نتیجه خطر سیلاب معرفی کرده‌اند. از طرفی نتایج حاصل از سنجش سطح تاب‌آوری شهر شیراز نیز نشان داد که در بین ابعاد مورد بررسی، بعد اجتماعی با مقدار (۳/۷۸) بالاتر از میانگین نظری (۳) به‌دست‌آمده است و این موضوع نشان‌دهنده مطلوبیت تاب‌آوری اجتماعی در این شهر است. امروزه بسیاری از متخصصین معتقدند در مقوله مدیریت بحران‌های طبیعی، سرمایه اجتماعی اهمیت به سزایی دارد، چرا که این سرمایه هماهنگی و همکاری را در جامعه تسهیل می‌کند و از طریق تشویق افراد به همکاری و مشارکت در تعاملات اجتماعی، قادر است به حل میزان بیش‌تری از معضلات پیرامون بحران موجود کمک نماید؛ بنابراین سرمایه اجتماعی می‌تواند تا حد زیادی آسیب‌پذیری در برابر رخداد سیل را پایین آورده و تاب‌آوری را افزایش دهد. چیزی که در رخداد سیل فروردین ۱۳۹۸ شیراز نیز به‌خوبی احساس شد. رفتار نوع‌دوستانه و همدلانه ساکنین شیراز در برخورد با حادثه‌دیدگان، مهمان‌نوازی شیرازی‌ها، آگهی‌های فراوان منزل رایگان، تعمیرات اتومبیل رایگان و... مواردی از بازیابی سرمایه اجتماعی به نحوی شایسته در این شهر می‌باشد. اما بر اساس نتایج پژوهش، سایر ابعاد تاب‌آوری دارای میانگین کم‌تری از میانگین نظری است که نیازمند توجه جدی و برنامه‌ریزی به‌منظور بهبود این ابعاد تاب‌آوری به‌ویژه بُعد کالبدی در این شهر است. چرا که تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر شیراز به انواع کاربری‌های شهری باعث برهم‌خوردن سیستم منطقه و نفوذپذیری خاک شده است که به تشدید سیلاب کمک می‌کند. در ازای تبدیل کاربری از جنگل یا مرتع به نقاط شهری ابتدا فشردگی خاک سطحی افزایش می‌یابد که دلیل آن نیز تردد فراوان ماشین‌آلات سنگین است. با افزایش فشردگی به‌مرور بر میزان سطوح نفوذناپذیر افزوده شده که با وقوع باران به یکباره میزان رواناب سطحی و فرسایش خاک چندین برابر شده و خسارات سنگینی به بار می‌آورد. زیرا ساخت‌وسازهای بدون برنامه، طراحی و احداث آبگذرها بدون درنظرگرفتن شکل زمین بالاترین نقش را در آب‌گرفتگی معابر دارد. توسعه نامتوازن و نامناسب مناطق شهری، ازبین‌رفتن اراضی کشاورزی و توسعه زمین‌های غیرقابل‌نفوذ سبب افزایش حجم و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در حوضه‌های شهری می‌شود. علاوه بر این‌که رواناب جاری شده در حوضه‌های شهری به دلیل عبور از مناطق مختلف شهر دارای کیفیت نامناسب بوده و همراه خود مقدار زیادی آلودگی حمل می‌نماید.

در شهر شیراز نیز باتوجه‌به نقشه‌های موجود و تصاویر ماهواره‌ای، شهر به سمت شمال غربی روندی روبه‌رشد دارد. احداث شهرک‌هایی همانند شهرک گلستان و شهرک صدرا مبین این امر است. علی‌رغم این‌که شمال غرب شهر شیراز جـزو نواحی خوش‌آب‌وهوا و دارای مناطق توریستی و گردشگری زیادی است، اما بیش‌تر مورد تخریب و تغییر کاربری اراضی قرار گرفته است. در طول سال‌های گذشته به‌ناچار بخشی از توسعه شهر شیراز به بهای تبدیل و تخریب اراضی کشاورزی شکل‌گرفته است. باید توجه داشت که تخریب اراضی کشاورزی درجه یک و تبدیل آن‌ها به اراضی مسکونی

1. Danumah
2. Ouma & Tateishi

باعث استفاده از اراضی مرتعی برای کشاورزی شده است. در طی سال‌های اخیر مقدار قابل‌توجهی از اراضی زراعی منطقه به اراضی مسکونی و یا صنعتی تبدیل شده است. به‌طورکلی اخیراً توسعه عمرانی شهر شیراز بیش‌تر در بالادست شهر یعنی در شمال غرب صورت‌گرفته است. احداث شهرک‌های جدید و تغییر کاربری‌ها در بالادست مناطق مسکونی قدیمی و توسعه‌یافته شهر در حال انجام است. که این پروژه‌های توسعه شهری باعث افزایش سطوح نفوذناپذیر شده و این خود بر میزان رواناب سطحی و شکل‌گیری سیلاب‌های مخرب تأثیر می‌گذارد. این مورد در تجربه سیلاب فروردین ۱۳۹۸ نیز نشان داد که کالبد طبیعی و انسان‌ساخت شهر شیراز در رودخانه‌ها، کوهپایه، دروازه‌قرآن، پارک‌ها و فضاهای باز و سبز شهری، خیابان‌ها و بلوارها دستخوش تغییر یا آسیب‌های جدی شد.

باتوجه‌به نتایج حاصل از مطالعه زیرساخت‌های نوین مدیریت رواناب مناسب در شهر شیراز؛ مشخص گردید که در بین شاخص‌های مناظر و فضاهای باز عمومی مؤلفه و روش طرح ذخیره‌سازی سیلاب و حفاظت از آن هم از لحاظ امکان اجرایی و هم از لحاظ مقبولیت در بین خبرگان و متخصصان روش مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. فلذا می‌توان در مناطق و بخش‌های مناسبی از شهر و اطراف شهر شیراز با استفاده از مصالح مناسب و موجود در منطقه از این روش به‌عنوان یکی از روش‌های مناسب به‌منظور کنترل و مدیریت رواناب‌های ناشی از بارش‌های رگباری و شدید استفاده نمود. کریمی و رشیدپور (۱۳۹۸) کاربرد مخازن ذخیره را به‌منظور حذف یا کاهش سیلاب‌های ناشی از بارندگی در شبکه جمع‌آوری و انتقال زه آب‌های سطحی بخشی از حوزه شهری بابلسر معرفی کردند. رسول‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) نیز طرح ذخیره رواناب و افزایش منابع آبخوان در شهر تهران با استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریتی توسعه کم‌اثر (LID) جهت بازچرخانی و استفاده مجدد از رواناب را مطرح کردند. از سوی دیگر در بین شاخص منازل و فضاهای اختصاصی از بین روش‌ها و مؤلفه‌های پیشنهادی روش تصفیه و بازیافت آب نسبت به سایر روش‌ها دارای ارجحیت بالایی در بین خبرگان بود. باتوجه‌به این‌که امکان تصفیه و بازیافت آب در مقیاس‌های کوچک (همانند منازل، کارخانه‌ها و غیره) نیز به‌وسیله دستگاه‌ها و وسایل مختلفی وجود دارد. بنابراین این روش هم از لحاظ اجرایی و از نظر بازدهی در کوتاه‌مدت نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر تشخیص داده شد. اما لزوم توجه به تمام روش‌های نوین مدیریت رواناب در راستای کنترل و مدیریت رواناب‌های شهری که امکان واردکردن خسارت را دارند بسیار حائز اهمیت است و برنامه‌ریزان و متولیان این حوزه به‌منظور مدیریت بهتر این رخدادها باید در برنامه‌ریزی‌های مربوط به شهر بر اساس شرایط منطقه، شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و غیره و بر حسب نیاز از این روش‌ها استفاده نمایند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی ساخت‌وسازهای صورت‌گرفته در شهر شیراز در بسیاری از مناطق مناسب نبوده و همین عامل سبب آب‌گرفتگی و بروز خسارت در زمان رخداد سیل می‌باشد که یافتن راهکارهایی برای جلوگیری از تکرار خسارات این بحران طبیعی و غیرقابل‌اجتناب برای شهر امری ضروری و دارای اولویت است و بایستی دراسرع‌وقت بازطراحی شهری در جهت ارتقاء تاب‌آوری با رویکرد مهندسی و مدیریت جامع رواناب‌های سطحی مدنظر دست‌اندرکاران امر قرار گیرد. در این راستا تجربه کشورها و شهرهایی که از این روش‌های نوین مدیریت رواناب استفاده کردند هم نشان‌دهنده اهمیت این موضوع بوده و هم از حیث نمونه‌های موفق اجرا شده می‌تواند موردمطالعه و استفاده قرار گیرد.

باتوجه‌به موارد ذکر شده و در راستای نتایج پژوهش و به‌منظور بهره‌برداری از روش‌های نوین مدیریت رواناب‌های سطحی می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

– پیاده‌سازی طرح ذخیره‌سازی سیلاب‌ها به‌منظور ذخیره موقت در طول باران‌های شدید، در مخازن سطحی و زیرزمینی جهت کاهش ریسک خطر سیل و کاهش خسارات.

– تجدید حیات رودخانه‌ها به‌وسیله طراحی عملیات بهسازی رودخانه‌ها که علاوه بر ارتقای ظرفیت زهکشی؛ حفظ اکولوژیکی و سبزینگی عناصر چشم‌انداز آبی را نیز در پی دارد.

– ایجاد دریاچه‌های حفاظت از سیلاب که علاوه بر نگهداری سیل در دریاچه‌های مدنظر سبب کنترل سیلاب و بهره‌برداری از آب باران ذخیره شده می‌شود.

– استفاده از روکش‌های نفوذپذیر که به‌وسیله روسازی متخلخل انجام می‌شود و این مواد جایگزین مناسبی برای سیستم‌های روسازی سنتی محسوب می‌شوند. این مصلح و مواد قادر هستند رواناب ناشی از بارش را از نواحی اطراف جمع‌آوری و به‌طور مستقیم از بین منافذ روسازی متخلخل نفوذ داده و بهبود کیفیت رواناب را نیز سبب شوند.

– ایجاد سیستم ذخیره آب باران در منازل با استفاده از مخازن و بشکه‌های کوچک آب، رایج‌ترین روش استحصال آب باران برای آبیاری فضای سبز خانگی است.

– ایجاد چاه‌های جذبی و هدایت رواناب جمع‌آوری شده به چاه جذبی و یا مجموعه‌ای از چاه‌های جذبی، برای نفوذ به منابع آب زیرزمینی و تغذیه آبخوان که این تغذیه می‌تواند در تأمین آب موردنیاز در فصول کم آب کمک‌کننده باشد.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

اقبالی، مرضیه؛ جانبازقبادی، غلامرضا و غلامی، سارا. (۱۴۰۰). تاب‌آوری شهرهای مرزی در برابر سیلاب (مطالعه موردی: شهر مرزی محمودآباد). *پژوهش‌نامه مطالعات مرزی*، ۹ (۳)، ۴۵-۲۵.

آذریان، کامیار. (۱۴۰۰). برآورد رواناب شهری و پهنه‌بندی آن با استفاده از تحلیل‌های فضایی در شهر بندرعباس. *جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس*، ۱۳(۵۰)، ۲۷-۵۴.

بیات، رضا؛ عرب‌خدری، محمود؛ پرویزی، یحیی و گرامی، زهرا. (۱۴۰۰). تعیین نفوذپذیری مناطق استحصال آب باران با استفاده از شبیه‌ساز صحرایی. *مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۹(۲۹)، ۱-۱۰.

بینش، نگین، نیک‌سخن، محمدحسین و سارنگ، امین. (۱۳۹۶). مروری بر سیستم‌های زهکشی پایدار شهری در تطبیق با اثرات تغییر اقلیم. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۲)، ۸۱-۹۴.

خیرخواه، آرزو؛ محمدی، فاطمه و معماریان، هادی. (۱۳۹۴). تعیین مناطق مستعد استحصال و ذخیره‌سازی آب باران با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی). *مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۳(۸)، ۱-۱۴.

دلفاردی، صادق. (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات بارش و اثرات آن بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز ایستگاه حسین‌آباد، نخستین کنفرانس بین‌المللی محیط‌زیست و منابع طبیعی، *مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی*، شیراز، ۱۶ شهریور.

رسول‌زاده، حسین؛ کاویان‌پور اصفهانی، محمدرضا و جلیلوند، زهرا. (۱۳۹۸). طرح ذخیره رواناب و افزایش منابع آبخوان آب زیرزمینی در شهر تهران با استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریتی روش توسعه کم‌اثر (LID) با تأکید بر کنترل سیلاب درون‌شهری. *ششمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه‌سازان مسکن و ساختمان استان تهران*، ۲۳ خرداد.

رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سید مصطفی. (۱۳۹۴). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری

در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۴۷(۴)، ۶۰۹-۶۲۳.
رمضانی، نرگس و حبیبی، امین. (۱۴۰۰). نسبت عمل زیبایی اکولوژیکی و طراحی حساس به آب در منظر. *منظر*، ۱۳(۵۵)، ۵۳-۴۲.
سایت شهرداری شیراز (https://shiraz.ir/). ۱۴۰۱. سالنامه آماری شهر شیراز ۱۴۰۰.
سعادت فومنی، مهدیه، ملک‌محمدی، بهرام و صالحی، اسماعیل. (۱۳۹۶). مکان‌یابی سیستم‌های سلول ماند بیولوژیکی در مدیریت رواناب‌های شهری با استفاده از منطق فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی (موردشناسی: منطقهٔ یک شهرداری تهران). *جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای*، ۲۴، ۵۶-۳۹.
سعیدی مفرد، ساناز و طالب علم، مهدی. (۱۳۹۹). ارزیابی تاب‌آوری شهری در مقابله با خطر سیلاب (مطالعه موردی: محله آب و برق مشهد). *تحقیقات جغرافیایی*، ۳۶(۱)، ۴۳-۳۵.
صمیم، صمیم، حاجیان، فرهاد و معظمی، دانیال. (۱۴۰۰). مدیریت سیلاب ناحیه هشتم شهر هرات افغانستان با استفاده از روش‌های توسعه کم‌اثر و ارزیابی آن‌ها با مدل EPA-SWMM. *آب و توسعه پایدار*، ۸(۴)، ۱۱۱-۱۱۸.
عبدالعظیمی، هادی؛ روشان، سید حسین؛ شمس‌نیا، سید امیر و شاهینی‌فر، حمیدرضا. (۱۳۹۹). شناسایی مناطق سیل‌خیز شهر شیراز با استفاده از TOPSIS-GIS. *نشریه هیدرو ژئومورفولوژی*، ۷(۲۵)، ۱۳۹-۱۵۹.
عسگری، ابراهیم، نوری، محبوبه، رضایی، محمدرضا و مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۴۰۱). تعیین راهبردهای بهبود تاب‌آوری محیطی در آبخیز قره‌شیران اردبیل با تکنیک تحلیل SOAR. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۹(۲)، ۱-۲۰.
عشرتی، پرستو و مطلبی، محمد. (۱۴۰۱). تعیین مؤلفه‌های اثرگذار بر کاربست رویکردهای طبیعت‌محور در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران به کمک تحلیل اثر متقابل. *محیط‌شناسی*، ۴۹، ۳۳۴-۳۲۳.
عقیلی‌مهابادی، نیلوفر، ظریف صنایعی، حامد رضا و هاتفی، سید مرتضی. (۱۴۰۰). اولویت‌بندی روش‌های توسعه کم‌اثر به‌منظور مدیریت رواناب سطحی شهری، با استفاده از روش TOPSIS و Fuzzy TOPSIS (مطالعه موردی: شهرک سپاهان شهر اصفهان). *مهندسی عمران امیرکبیر*، ۵۳(۱۱)، ۴۹۱۲-۴۸۹۵.
غلامیان، حامد و ایلدرمی، علیرضا. (۱۳۹۹). اثر تغییر کاربری اراضی بر دبی حداکثر سیلاب حوضه آبخیز سنقر. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۱(۳)، ۱۰۷-۱۳۰.
قاسمی‌گنجه‌لو، رضا و عزت‌پناه، بختیار. (۱۴۰۱). بررسی مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری با تأکید بر سوانح طبیعی (سیل) در شهر تبریز (مطالعه موردی: مناطق ۲، ۳، ۴ و ۷ شهر تبریز). *سیاست‌گذاری شهری و منطقه‌ای*، ۱(۳)، ۱-۲۰.
کاظم‌زاده، علی و شمس‌کیا، نادر. (۱۳۹۹). بررسی عملکرد شهری با رویکرد یافتن راهکار در جهت مدیریت رواناب‌های سطحی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری (مطالعه موردی: دره شهر). *مجله نخبگان علوم و مهندسی*، ۵(۱)، ۱۶۰-۱۶۷.
کریمی، ولی‌الله و رشیدپور، مصطفی. (۱۳۹۸). ارزیابی احداث مخازن ذخیره جهت کاهش سیلاب شهری. *نشریه مهندسی عمران امیرکبیر*، ۵۱(۲)، ۱۹۷-۲۰۴.
مرکز آمار ایران. (۱۳۹۹ الف). سالنامه آماری استان فارس (۱- سرزمین و آب‌وهوا). ۵۵-۱۴۵.
مرکز آمار ایران. (۱۳۹۹ ب). سالنامه آماری استان فارس (۳- جمعیت). ۱۸۵-۲۳۹.
مهرابی، شهباز؛ یزدانی، محمدرضا و قربانی، مهدی. (۱۴۰۱). ارزیابی تاب‌آوری سیستم اجتماعی - اکولوژیک در برابر کاهش آب قابل‌دسترس (مطالعه موردی: روستای هرچگان). *فصلنامه مدیریت بحران*، ۲۱، ۸۰-۶۷.
میررمضانی، میلاد؛ ریاحی سامانی، مجید؛ اسلامیان، سعید؛ آقایی‌شلمانی، یاسین و رحمتی، مهدیس. (۱۴۰۰). امکان‌سنجی بازطراحی فضای سبز شهری در قالب منظرسازی خشک هوشمندانه با رویکرد استحصال آب باران. *مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۹(۲۹)، ۷۰-۵۷.
ناهید، مصطفی، زندمقدم، محمدرضا و کرکه‌آبادی، زینب (۱۴۰۰). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری در برابر مخاطره سیلاب‌های شهری (مطالعه موردی: منطقه ۴ تهران). *مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران*، ۷۴(۱)، ۱۸۹-۲۰۵.
نصرتی، کاظم؛ مالیان، پریسا و درفشی، خه‌بات. (۱۳۹۷). تأثیر جنس پشت‌بام و زمان استحصال بر کیفیت آب باران استحصال شده از سطوح آبگیر منازل مسکونی شهری. *نشریه مهندسی آبیاری و آب*، ۹(۲۳)، ۱۹۸-۲۰۳.
نکویی‌مهر، محمد و امامی، سید نعیم. (۱۳۹۹). قابلیت سنجی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران با هدف تأمین آب باغات دامنه‌ای در مناطق نیمه‌خشک. *پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۱۱(۲۱)، ۱۶۵-۱۷۶.

نوری، زهرا و زارع‌چاهوکی، محمدعلی. (۱۳۹۷). استفاده بهینه از آب باران راهکاری برای مقابله با کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. *آب و توسعه پایدار*، ۵(۱)، ۱۱۵-۱۲۲.

نوری، محبوبه؛ رضایی، محمدرضا و عسگری، ابراهیم. (۱۳۹۹). مدل‌سازی ساختاری – تفسیری عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی و اجتماعی شهر شیراز در برابر سانحه طبیعی سیل. *جغرافیای اجتماعی شهری*، ۷(۲)، ۱۴۹-۱۷۲.

References

Abdolazimi, H., Roshun, S., Shamsnia, S., & Shahinifar, H. (2021). Identification of Potential Areas to Flood Inundation in Shiraz City Using TOPSIS-GIS. *Hydrogeomorphology*, 7(25), 159-139. [In Persian].

AghiliMahabadi, N., ZarifSanayei, H.R., & Hatefi, S. M. (2022). Prioritization of Low-Impact Development Methods for Management of Urban Surface Runoff, Using the Fuzzy TOPSIS and TOPSIS Method (Case Study: Sepahan-Shahr Town, Isfahan). *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 53(11), 4895-4912. [In Persian].

Alamdari, N., Sample, D.J., Liu, J., & Ross, A. (2018). Assessing climate change impacts on the reliability of rainwater harvesting systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 178-189.

Asgari, E., Noori, M., Rezaei, M., Mostafazadeh, R. (2022). Determining Strategies for Improving Environmental Resilience in Gharehshiran Watershed in Ardabil using SOAR Analysis Technique. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 9 (2), 1-20. [In Persian].

Azarian, K. (2021). Estimation of Urban Runoff and its Zoning Using Spatial Analysis in Bandar Abbas City. *Geography and urban planning of Zagros landscape*, 13(50), 27-54. [In Persian].

Bayat, R., Arabkhedri, M., Parvizi, Y., & Gerami, Z. (2021). Determination of Soil Infiltration in Rainwater catchment Areas Using Field Rain Simulator. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 9(29), 1-10. [In Persian].

Binesh, N., Niksokhan, M. H., & Sarang, A. (2018). A Review of Sustainable Urban Drainage Systems in Adaptation to Climate Change Impacts. *Journal of Water and Sustainable Development*, *4*(2), 81-94. [In Persian].

Cumming, T.L., Shackleton, R.T., Förster, J., Dini, J., Khan, A., Gumula, M., & Kubiszewski, I. (2017). Achieving the national development agenda and the Sustainable Development Goals (SDGs) through investment in ecological infrastructure: A case study of South Africa. *Ecosystem Services*, 27, 253-260.

Daeli, A., & Mohagheghi, S. (2022). Power grid infrastructural resilience against extreme events. *Energies*, 16(1), 64.

Danumah, J.H., Odai, S.N., Saley, B.M., Szarzynski, J., Thiel, M., Kwaku, A., Kouame, F.K., & Akpa, L. Y. (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multicriteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3(1), 1-10.

Davis, A.P. (2005). Green engineering principles promote low-impact development. *Environmental Science & Technology*, 39 (16), 338-344.

Delfardi, S. (2015). Investigating the Trend of Rainfall Changes and its Effects on the Flooding of Hossein Abad Station Watershed, The 3rd National Conference on Environmental and Natural Resources, Shiraz, 7 September 2015. [In Persian].

Dietz, M. E. 2007. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water, Air, and Soil Pollution*, 186(1-4), 351-363.

Dong, R., Zhang, X., & Li, H. (2019). Constructing the ecological security pattern for Sponge City: A Case study in Zhengzhou, China. *Water*, 11(284), 1-18.

Dorostkar, H., Yousefi, Y., Ramazanzadeh, M., & Roradeh, H. (2016). Assessing the resilience of settlements to flood risk in selected villages of Nakarood Basin. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts*. 2(4),15-30.

Eghbali, M., Motevali, S., Janbaz Ghobadi, G., & Gholami, S. (2021). Resilience of Border Cities Against Floods Case Study: Border City of Mahmudabad. *journal of border studies*, *9*(3), 25-45. [In Persian].

Eshrati, P., & Motallebi, M. (2022). Identifying Effective Components on Applying Nature-based Runoff Management Approaches in Local Streets of Tehran by Cross Impact Analysis (CIA). *Journal of Environmental Studies*, 48(3), 323-344. [In Persian].

Fan, G., Lin, R., Wei, Z., Xiao, Y., Shangguan, H., & Song, Y. (2022). Effects of low impact development on the stormwater runoff and pollution control. *Science of The Total Environment*, 805, 150404.

Field, R., Struck, S.D., Tafuri, A.N., Ports, M.A., Clar, M., Clark, S., & Rushton, B. (2006). BMP Technology in Urban Watersheds: Current and Future Directions. ASCE Reston, VA, ISBN 0-784 4-0872-6.

GhasemiGanjeLo, R., & Behzadpanah, B. (2022). Examining the Components of Urban Resilience with an Emphasis on Natural disasters (floods) in Tabriz City (A Case Study: Areas 2, 3, 4 and 7 of Tabriz City). *Journal of Urban and Regional Policy*, 1(3), 1-20. [In Persian].

Gholamian, H., & Ildoromi, A. (2020). The Effects of Land Use Changes on the Maximum Flood Discharge in the Songhor Watershed. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 31(3), 107-130. [In Persian].

Govindarajulu, D. (2020). Strengthening institutional and financial mechanisms for building urban resilience in India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101549.

Herath, H.M.M.S.D.; Fujino, T.; & Senavirathna, M.D.H.J. (2023). A review of emerging scientific discussions on Green Infrastructure (GI)‐prospects towards effective use of urban flood plains. *Sustainability*, 15, 1227: 1-21.

Hudson, P., & Berghauser, L. (2022). Investigating moral hazard and property-level flood resilience measures through panel data from Germany. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 84, 103480.

Imani, S., Delavar, M., & Niksokhan, M. (2017). Simulation and assessment of management practices for reduction of nutrients discharge to the Zrebar lake using SWAT model. *Iran-Water Resources Research*, 13(1), 69-87.

IUCN. (2019). Nature-based solutions. Available at: https://www.iucn.org/commissions/ commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions.

Jha, A.K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. *World Bank Publications*.

Johannessen, Å., & Wamsler, C. (2017). What does resilience mean for urban water services?. *Ecology and Society*, 22(1), 1-18.

Karami, M., Ardeshir, A., & Behzadian, K. (2016). Hazard management of inundation and pollutants in urban floods using optimal conventional and novel strategies. *Iran-Water Resources Research*, 11(3), 100-112.

Karimi, V., & Rashidpour, M. (2019). Evaluation of detention tanks for reducing urban flooding. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 51(2), 197-204. [In Persian].

Kazemzadeh, A., & ShamsKia, N. (2020). Investigating urban performance with the approach of finding a solution to manage surface runoff based on increasing resilience (case study: Dareh Shahr). *Journal of Science and Engineering Elites*, 5(1), 160-167. [In Persian].

Khan, S., Lau, S.L., Kayhanian, M., & Stenstrom, M.K. (2006). Oil and grease measure-ment in highway runoff-sampling time and event mean concentrations. *Journal of Environmental Engineering*, 132 (3), 415-422.

Kheyrkhah, A., Mohammadi, F., & Memarian, H. (2015). Determination of Suitable Locations for Rainwater Harvesting Using Analytic Hierarchy Process in GIS Framework (Case Study: Roodsarab Watershed, Khooshab, Khorasan Razavi, Iran). *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 3(3), 1-14. [In Persian].

Lechner, S., Jacometti, J., McBean, G., & Mitchison, N. (2016). Resilience in a complex world-

Avoiding cross-sector collapse. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 84-91.
Leopold, L.B. (1968). Hydrology for Urban Land Planning: A Guidebook on the Hydro-logic Effects of Urban Land Use. United States Department of the Interior.
Li, X., Li, J., Fang, X., Gong, Y., & Wang, W. (2017). Case studies of Sponge City program in China. *World Environmental and Water Resources Congress* 2016, 1-14.
Li, Zh., Dong, M., Wong, T., & Wang, J. (2018). Objectives and Indexes for Implementation of Sponge Cities - A Case Study of Changzhou City, China. *Water*, 10, 623.
MacAskilla, K., & Guthriea, P. (2014). Multiple interpretations of resilience in disaster risk management. *Procedia Economics and Finance*, 18: 667-674.
Mahmood, A., & Hossain, F. (2017). Feasibility of managed domestic rainwater harvesting in South Asian rural areas using remote sensing. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 157-168.
Mattos, T.S., Oliveira, P.T., Bruno, L.S., Oliveira, N.D., Vasconcelos, J.G., & Lucas, M. (2021). Improving urban flood resilience under climate change scenarios in a tropical watershed using Low-Impact Development Practices. *Journal of Hydrologic Engineering*, 26(12).
Mehrabi, Sh., Yazdani, M.R., & Ghorbani, M. (2022). Resilience Assessment in Social-Ecological Systems against Available Water Depletion (Case Study: Harchegan Village). *Journal of Emergency Management*, 27,61-80. [In Persian].
Mirramezani, M., Javadinezhad, S., Eslamian, S., Aghaae Shalmani, Y., & Rahmati, M. (2021). The feasibility study of urban green space re-design in the form of dry landscaping with the approach of rainwater harvesting. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 9 (2), 57-70. [In Persian].
Motsinger, J., Kalita P., & Bhattarai, R. (2016). Analysis of best management practices implementation on water quality using the soil and water assessment tool. *Water*, 8(145), 1-17.
Musayev, S., Burgess, E. & Mellor, J. (2018). A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 62-70.
Nahid, M., Zandmoghadam, M., & Karkehabadi, Z. (2021). Measuring and Evaluating the Resilience of Urban Areas against Urban Flooding (Case Study: District 4 of Tehran). *Journal of Range and Watershed Managment*, 74(1), 189-205. [In Persian].
Nekooeimehr, M., & Emami, S N. (2020). Capability of Rainwater Harvesting Systems to Provide Water Requirements in Hillside Orchards of Semi-Arid Regions. *Journal of Watershed Management Research*, 11 (21), 165-176. [In Persian].
Noori, M., Rezaei, M. R., & Asgari, E. (2020). Structural-Interpretive Modeling Factors Affecting the Physical and Social Resilience of Shiraz to Natural Disasters of Flood. *Journal of Urban Social Geography*, 7(2), 149-172. [In Persian].
Noori, Z., & Zare Chahouki, M. A. (2018). Optimal Use of Rainwater Harvesting: A Strategy to Deal with Water Shortages in Arid and Semi-Arid Regions. *Journal of Water and Sustainable Development*, 5(1), 115-122. [In Persian].
Nosrati, K., Malian, P., & Derafshi, Kh. (2018). Effect of Roof Type and Harvesting Time on the Quality of Water Harvested from Impervious Surfaces in Urban Residential Areas. *Irrigation & Water Engineering*, 9(23), 198-203. [In Persian].
Notaro, V., Liuzzo, L., & Freni, G. (2016). Reliability analysis of rain water harvesting systems in southern Italy. Procedia Engineering. *Elsevier*, 162, 373-380.
Oates, L., Dai, L., Sudmant, A., & Gouldson, A. (2020). Building climate resilience and water security in cities: Lessons from the Sponge City of Wuhan, China. Coalition for Urban Transitions. London, UK, and Washington, DC: https://urbantransitions.global/publications, 1-29.
Ouma, Y.O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water*, 6(6), 1515-1545.
Pandey, Ch., Joseph, J., Deshar, R., & Niraula, P. (2023). Transboundary flood resilience: Insights

from Narayani and Mahakali Basins. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 86, 103535.

Paul, M.J., & Meyer, J.L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 32, 365-333.

Proaga, V. (2014). The concept of vulnerability and resilience. 4th International Conference on Building *Resilience*, 369-376.

Ramezani, N., & Habibi, A. (2021). Ecological Aesthetic Practice and Water Sensitive Design in Landscape Studies. *Manzar*, 13(55), 42-53. [In Persian].

Rasoulzadeh, H., KavianpourEsfahani, M.R., & Jalilvand Z. (2019). The plan of storing runoff and increasing groundwater aquifer resources in Tehran using the best management practices of the low-impact development method (LID) with an emphasis on urban flood control. 6th National Conference on Applied Reasearch in Civil Engineering Architecture and Urban management, Tehran, 13 June 2019. [In Persian].

Rezaei, M. R., Rafieian, M., & Hosseini, S. M. (2015). Measurement and evaluation of physical resilience of urban communities against earthquake (Case study: Tehran neighborhoods). *Human Geography Research*, 47(4), 609-623. [In Persian].

Rostad, N., Foti, R., & Montaltof, A. (2016). Harvesting rooftop runoff to flushtoilets: Drawing conclusions from four major U.S. cities. *Resources, Conservation and Recycling*, 97-106.

Saadat Foomani, M., Mohamadi, D., & Salehi, D. (2017). Locating Bioretention Cells in Urban Run off Management Using Fuzzy Logic and Analytic Hierarchy Process (Case study: District No. 1 of Tehran Municipality). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 7(24), 39-56. [In Persian].

Saadatpour, M., Delkhosh, F., & Khalili, R. (2016). Simulation and optimization of management solutions in improving the quality of runoff with regard to economic considerations. (1251PNWWCE), 14-15 February, *University of Tehran*, Iran [In Persian].

SaeidiMofrad, S., & TalebElm, M. (2021). Assessing Urban Resilience Against Flood Risk; a Case Study of "Water and Electricity" Neighborhood in Mashhad City, Iran. *Geographical Researches*, 36(1), 35-43. [In Persian].

Samim, S., hajian, F., & Moazami, D. (2022). Flood Management in the Eighth District of Herat City using Low Impact Development and Their Evaluation with EPA-SWMM Model. *Journal of Water and Sustainable Development*, 8(4), 111-118. [In Persian].

Sánchez, F.G., & Govindarajulu, D. (2023). Integrating blue-green infrastructure in urban planning for climate adaptation: Lessons from Chennai and Kochi, India. *Land Use Policy*, 124, 106455.

Shao, W., Liu, J., Yang, Zh., Yang, Zh., Yu, Y., & Li, W. (2018). Carbon Reduction Effects of Sponge City Construction: A Case Study of the City of Xiamen. *Energy Procedia*, 152 (2018) 1145–1151.

Shao, W., Zhang, H., Liu, J., Yang, G., Chen, X., Yang, Z., & Huang, H. (2016). Data integration and its application in the Sponge City construction of China. *Procedia Engineering*, 154, 779-786.

Shiraz municipality (https://en.shiraz.ir/). (2022). Shiraz city Annual report 2021-2022. [In Persian].

Sinha, J., Sharma, A., Khan, M., & Goyal, M.K. (2018). Assessement of the impacts of climatic variability and anthropogenic stress on hydrologic resilience to warning shifts in peninsular India. *Scientific Reports*, 8 (1): 13833.

Song, X., Tu, Y., & Chai, L. (2020). Analysis of Design Rainfall Depth in Sponge City Construction - a Case Study of Hefei, China. *Earth and Environmental Science*, 474 (2020) 042017.

Speed, R., Yuanyuan, L., Le Quesne, T., Pegram, G., & Zhiwei, Z. (2013). Basin water allocation planning: principles, Pprocedures and approaches for basin allocation planning. *Asian Development Bank, GIWP, UNESCO, and WWF-UK*.

Statistical Centre of Iran. (2020a). Fars Province Annual report (1- land and climate), 55-145. [In

Persian].
Statistical Centre of Iran. (2020b). Fars Province Annual report (3- population), 185-239. [In Persian]
Su, Sh., Xiao, R., Jiang, Z., & Zhang, Y. (2012). Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale. *Applied Geography*, 34, 295-305.
Su, Y. Sh. (2016). Discourse, strategy, and practice of urban resilience against flooding. *Business and Management Studies*, 2(1).
US EPA. (2009). SUSTAIN-a Framework for Placement of Best Management Practices in Urban Watersheds to Protect Water Quality. EPA/60 0/R-09/095. Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
Vörösmarty, C.J., Rodríguez Osuna, V., Cak, A.D., Bhaduri, A., Bunn, S.E., Corsi, F., Gastelumendi, J., Green, P., Harrison, I., Lawford, R., Marcotullio, P.J., McClain, M., McDonald, R., McIntyre, P., Palmer, M., Robarts, R.D., Szöllösi-Nagy, A., Tessler, Z., & Uhlenbrook, S. (2018). Ecosystem-based water security and the Sustainable Development Goals (SDGs). *Journal of Ecohydrology & Hydrobiology*, 18(4), 317-333.
Wang, H., Mei, C., Liu, J. H., & Shao, W. (2018). A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. *Journal of Science China Technological Sciences*, 61, 1-13.
Wang, H., Mei, C., Liu, J., & Shao, W. (2018). A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. *Science China Technological Sciences*, 61, 317-329.
Whitford, V., Ennos, A.R., & Handley, J.F. (2001). "City form and natural process" - indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Landsc. *Urban Planning*, 57, 91-103.
Wu, J., Xiang, W.N., & Zhao, J. (2014). Urban ecology in China: Historical developments and future directions. *Landscape and Urban Planning*. 125, 222-233.
Young, K., Dymond, R., & Kibler, D. (2011). Development of an improved approach for selecting storm-water best management practices. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137, 268-275.
Zhou, H., Jing'ai, W., Jinhong, W. & Huicong, J. (2010). Resilience to natural hazards: a geographic perspective. *Natural Hazards*, 53(1): 21-41.
Zhou, Y., Shen, D., Huang, N., Guo, Y., Zhang, T., & Zhang, Y. (2019). Urban flood risk assessment using storm characteristic parameters sensitive to catchment-specific drainage system. *Science of the Total Environment*, 659, 1362-1369.