

Research Paper

Resilience zoning of Shiraz city against floods using VIKOR_AHP model

Mohammad Hadi Fattahi^{1*}, Mohammad Behroozi¹

1. Department of Civil Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

Received: 2022/10/30

Revised: 2023/04/01

Accepted: 2023/10/17

Use your device to scan and read the article online



DOI:

[10.30495/wej.2023.31164.2369](https://doi.org/10.30495/wej.2023.31164.2369)

Keywords:

zoning, resilience, flood, Vikor_AHP model, Shiraz

Abstract

Introduction: Flooding in urban areas is increasing due to population growth with improper land use planning and climate change-induced increase in extreme rainfall events. Flood risks have affected the largest proportion of the world's population (45%) compared to other natural disasters and caused 5424 recorded deaths between 2000 and 2017, and if our cities are to be resilient and better able to deal with the consequences of floods. city to cope, it is expected that they will adopt sustainable strategies to adapt to the new climatic and socio-economic conditions. Accordingly, the purpose of this research is to evaluate the resilience of Shiraz city against floods in order to identify areas of low resilience and take the necessary measures to increase it. Their resilience should be done.

Methods: The research method of this research is descriptive-analytical and practical in terms of purpose. Based on the background of the research and refinement of the variables based on the conditions of the research area, four dimensions and 24 criteria were determined, including demographic (8 variables), economic (3 variables), environmental (4 variables) and infrastructure (9 variables).

Findings: AHP method was used for weighting and access to critical infrastructure for action and recovery has the highest weight with a weight of 0.115, and infrastructure with a weight of 0.395 has the highest weight. The estimated CR of the model is equal to 0.07, which it shows the acceptable accuracy of the model. For zoning, the Vikor model has been used, and based on the output of the model, 9.92% of the area is in the zone with low resilience, where about 16.63% of the population of Shiraz lives in this zone, and about 75.43% of the area is in the zone with medium resilience. 74.56% of the population lives in it, and the area with high resilience is 14.65%, where 8.81% of the population of Shiraz lives.

Citation: Fattahi M.H., Behroozi M. Resilience zoning of Shiraz city against floods using Vikor_AHP model. Water Resources Engineering Journal. 2023; 16 (58): 1- 20.

***Corresponding author: Mohammad Hadi Fattahi**

Address: Department of Civil Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

Tell: +989171040309

Email: Fattahi.mh@miau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Flood hazards affect the largest proportion of the world's population (45 percent) compared to other natural disasters, causing 5,424-recorded deaths between 2000 and 2017. About the danger to human life and safety. Risk assessment tools that enable decision-making under conditions with a certain degree of uncertainty should ideally support flood resilience management. Geographic Information Systems (GIS) are widely used to better understand and manage risks in modern cities. The increase in population and urban construction on the one hand, and the waterways and rivers around the city of Shiraz, which are often seasonal, and the most important of which is the dry river of Shiraz, flows through the physical fabric of the city, which has caused floods in the past years. Such as the years 1365, 1380 and the Farudin flood of 1398, which killed 21 people and left many economic losses. Based on this, the aim of this research is to evaluate the resilience of Shiraz city against floods in order to identify low resilience areas and take the necessary measures to increase their resilience.

Materials and Methods

The research method of this research is descriptive-analytical and practical in terms of purpose. Research stages include documentary and library research, field and space studies.

At first, the background of the research was examined and as it was said, resilience has many dimensions because it is used in different fields, therefore, based on the geographical conditions of the studied area, the indicators extracted from the background of the research were refined. Finally, four Demographic dimension (8 variables), economic dimension (3 variables), environmental dimension (4 variables) and infrastructure dimension (9 variables) were determined. Compare each other.

After identifying the dimensions and criteria as well as determining their weight using the Vikor method, the layers have been stacked. For this purpose, at first, the input matrix

should be normalized using the identified criteria of the input matrix of the ready model data, then the input matrix should be normalized using the fuzzy linear decreasing and increasing method, and then the weights obtained through the AHP model. The normalized maps are weighted, then positive and negative ideal roles are prepared, and by superimposing the positive and negative ideal maps, the final resilience map is prepared. In addition, the standard deviation method was used to classify the resilience map.

Findings

Identified indicators include access to critical infrastructure for action and recovery (administrative-military, fire station, health care centers), type of cement and brick structure, vulnerable population, per capita uses that can be used as shelters, density of road network. width of roads), literacy rate, disabled population, life of buildings, proximity to roads, population density, percentage of active population, number of floors, employment rate, ownership ratio, migration rate, proximity to museums and libraries, slope, household size, Sex ratio, proximity to religious centers, occupation level ratio, dependent burden and distance from parks and green spaces. According to experts, the index of access to critical infrastructure for action and recovery has the highest weight with a weight of 0.115, and the index of distance from parks and green spaces with a weight of 0.007 has the lowest weight. Then, the determined indices were normalized to resolve the scale difference and their range reached zero to one, and the prepared weights from AHP were applied. Finally, at this stage, based on the values calculated in the previous step, it determines the resilient areas. According to the output of this research, 9.92% of the area is in the area with low resilience, and about 16.63% of the population of Shiraz lives in this area. In addition, about 75.43% of the area is in the zone with medium resilience, where 74.56% of the population lives, and the zone with high resilience is 14.65%, where 8.81% of the population of Shiraz lives.

Discussion and Conclusion

Resilience is a holistic phenomenon and has wide dimensions that are used in various disciplines and fields of disaster management and adaptation to climate change and different fields. In this research, an attempt has been made to increase the understanding of the diverse and multidimensional concept of urban resilience. This study mapped urban flood resilience through the examination of various indicators. A continuous methodology for aggregation, weighting and zoning of urban resilience is drawn. AHP weighting method was successfully used to systematically calculate and quantify the relative importance of different components of disaster resilience. The proposed method can be repeated for other natural hazards by selecting relevant indicators. According to the opinion of the experts, the most important factor in increasing resilience against floods in Shiraz is the infrastructure dimension, which is equal to 0.395, the social dimension with a weight of 0.355 in the second place, and the environmental index with a rating of 0.161 in the third place. The economic index is ranked fourth with a weight of 0.086. Also, this research showed that most of the historical fabric of Shiraz city is located in the area with low resilience, and this requires increasing resilience through the adoption of different strategies and measures for effective reduction. Flood Risk and Adaptation to Climate Change Perhaps these strategies are not particularly complex, but they are necessary.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Mohammad Hadi Fattahi, Mohammad Behroozi.

Methodology and data analysis: Mohammad Hadi Fattahi, Mohammad Behroozi.

Supervision and final writing: Mohammad Hadi Fattahi

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی تاب‌آوری شهر شیراز در برابر سیل با استفاده مدل VIKOR_AHP

محمد هادی فتاحی^{۱*}، محمد بهروزی^۱

۱. گروه مهندسی عمران، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

چکیده

مقدمه: سیل در نواحی شهری به دلیل افزایش جمعیت با برنامه‌ریزی نامناسب کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی در رویدادهای شدید بارندگی در حال افزایش است. خطرات سیل بیشترین جمعیت جهان (۴۵ درصد) را در مقایسه با سایر بلاای طبیعی تحت تأثیر قرار داده و باعث ۵۴۲۴ مرگ ثبت‌شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ شده است و اگر قرار است شهرهای ما تاب آور باشند و بهتر بتوانند با پیامدهای سیل‌های شهری کنار بیایند، انتظار می‌رود که استراتژی‌های پایدار برای سازگاری با شرایط جدید اقلیمی و اجتماعی-اقتصادی اتخاذ کنند. بر همین اساس هدف از این تحقیق ارزیابی تاب‌آوری شهر شیراز در برابر سیل است تا با شناسایی پهنه‌های تاب‌آوری کم اقدامات لازم را جهت افزایش تاب‌آوری آن‌ها انجام گردد.

روش: روش تحقیق این پژوهش، توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است ابتدا بر اساس پیشینه تحقیق و پالایش متغیرها بر اساس شرایط محدوده مکان پژوهی در نهایت چهار بعد و ۲۴ معیار از جمله جمعیتی (۸ متغیر)، اقتصادی (۳ متغیر)، زیست محیطی (۴ متغیر) و زیرساختی (۹ متغیر) مشخص گردید.

یافته‌ها: جهت وزن دهی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده که بیشترین وزن به دسترسی به زیرساخت های حیاتی برای اقدام و بازیابی با وزن ۰,۱۱۵، دارای بیشترین وزن بوده و از بین ابعاد هم بعد زیرساختی با وزن ۰,۳۹۵، دارای بیشترین وزن بوده است مقدار CR مدل هم برابر ۰,۰۷ بوده که نشان از دقت قابل قبول مدل است. جهت پهنه‌بندی از مدل VIKOR استفاده شده که بر اساس خروجی مدل از نظر مساحتی ۹,۹۲ درصد در پهنه با تاب‌آوری کم که که حدود ۱۶,۶۳ درصد از جمعیت شهر شیراز در این پهنه زندگی میکنند همچنین حدود ۷۵,۴۳ درصد از مساحت در پهنه با تاب‌آوری متوسط است که ۷۴,۵۶ درصد جمعیت نیز در آن ساکن است و پهنه با تاب‌آوری زیاد ۱۴,۶۵ درصد است که ۸,۸۱ درصد جمعیت شهر شیراز در آن زندگی میکنند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۸

تاریخ داوری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

[10.30495/wej.2023.31164.2369](https://doi.org/10.30495/wej.2023.31164.2369)

واژه‌های کلیدی:

پهنه‌بندی، تاب‌آوری، سیل، مدل VIKOR-AHP، شیراز.

* نویسنده مسئول: محمد هادی فتاحی

نشانی: گروه مهندسی عمران، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

تلفن: ۰۹۱۷۱۰۴۰۳۰۹

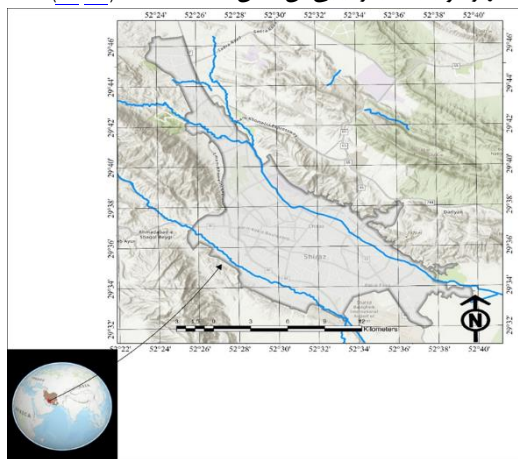
پست الکترونیکی: fattahi.mh@miau.ac.ir

مقدمه

مناطق شهری در جهان شاهد تعداد از روندها است از جمله افزایش جمعیت (۱). افزایش رشد و پراکندگی شهری و فرسایش خاک (۲) الگوهای شدید تغییرات آب و هوایی، که بر الگوهای آبریزی در مناطق حوضه آب تأثیر می‌گذارد (۳). در نتیجه، تولید رواناب سریع‌تر و با نرخ جریان بالاتر اتفاق می‌افتد (۴). و بر اساس گزارش سازمان ملل متحد هیبتات ۳ بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در مناطق شهری متمرکز هستند و انتظار می‌رود این تعداد تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۷۰ درصد افزایش یابد. این افزایش جمعیت باعث می‌شود که در مناطق شهری به دلیل افزایش تراکم ساخت‌وسازها، خطرات سیل بیشتر، به‌صورت بالقوه بالاتر رود (۵،۶). سیل در نواحی شهری به دلیل افزایش جمعیت با برنامه‌ریزی نامناسب کاربری زمین و افزایش تغییرات آب و هوایی رویدادهای شدید بارندگی در حال افزایش است (۷). خطرات سیل بیشترین نسبت جمعیت جهان (۴۵ درصد) را در مقایسه با سایر بلایای طبیعی تحت تأثیر قرار داده و باعث ۵۴۲۴ مرگ ثبت‌شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ شده است (۸) می‌توان گفت که در زمینه بلایای طبیعی، سیل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین مخاطرات شناخته می‌شود که از سال ۱۹۶۰ به‌طور مداوم در حال افزایش است و به‌عنوان پرهزینه‌ترین بلای طبیعی در سطح جهان شناخته می‌شود (۹). دانکرز و فین (۱۰) هم اشاره می‌کنند که انتظار می‌رود که رویدادهای بارش شدید به دلیل تأثیرات تغییرات آب‌وهوا، شدت و فراوانی آن را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهند. این تغییر زیست‌محیطی نگرانی‌هایی را به‌وجود می‌آورد، زیرا افزایش فراوانی و بزرگی رویدادهای بارش‌های سنگین به معنی افزایش خطر سیل است. برای رویارویی با این تهدیدات جدید، مدیریت ریسک باید به تدریج تکامل یابد تا با عدم قطعیت‌های ناشی از تغییرات آب و هوایی در مناطق شهری سازگار شود. در این زمینه لازم است با معرفی مفهوم تاب‌آوری، مناطق و جمعیت را برای خطرات فزاینده آماده کرد. امروزه تاب‌آوری شهری به دلیل کانون تجمع انسان در شهر و تأثیر تاب‌آوری بر مناطق شهری، به یکی از موضوعات مهم تبدیل شده است (۱۱-۱۳) که بررسی پیشینه تحقیق در پایگاه های علمی داخلی و خارجی در زمینه تاب‌آوری شهری تاب‌آوری در برابر سیل گویای این امر است از جمله مارسل و همکاران (۱۴) با استفاده از یادگیری ماشین سیل شهری را پیشبینی کرده اند که دقت آن برابر ۰/۹۶ درصد بوده است. گوپتا و همکاران (۱۵) نیز با ترکیب سنجش از دور و سیل شهری اقدام به ارزیابی و تاب‌آوری سیستم زهکشی شهری کرده اند اهمیت داده های سنجش از دور برای نبود داده های زمینی در کشور های در حال توسعه را نمایان کردند در تحقیقی دیگر با استفاده از ۱۴ معیار تاب آوری بافت تاریخی و فرسوده شهر تهران را ارزیابی کرده اند و محلاتی که تاب‌آوری آن‌ها کم بود جهت بازآفرینی انتخاب شدند (۱۶) محققانی دیگر از جمله سوتیرات و همکاران به ارزیابی خطر در سیل در سایت های ثبت میراث جهانی جزیره آیوتایا، تایلند پرداخته اند که از مدل AHP-Fuzzy استفاده کرده اند تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان داد که بین تجربه سیل گذشته و آمادگی سیل ساکنان همبستگی منفی وجود دارد (۱۷). طیب و همکاران (۱۸) نیز به تاب‌آوری در برابر سیل در شهرهای پیشاور، خیبر پختونخوا، پاکستان

پرداخته اند و مدل تاب‌آوری سیل شهری ارائه داده اند وزن دهی از طریق AHP انجام شد دقت مدل پیشنهادی آنها با مدل راک برابر ۰/۹۰۴ بوده است. تحقیقات داخلی نیز انجام شده است که از جمله می‌توان به زارع (۱۹)، میراسدالهی و همکاران (۲۰) و نظم فر و پاشازاده (۲۱) اشاره کرد. که در نهایت باید گفت اگر قرار است شهرهای ما تاب آور باشند و بهتر بتوانند با پیامدهای سیل‌های شهری کنار بیایند، انتظار می‌رود که استراتژی‌های پایداری برای سازگاری با شرایط جدید اقلیمی و اجتماعی-اقتصادی اتخاذ کنند (۲۲). برنامه‌ریزی شهرهای تاب آور باید بر اساس بهترین دانش موجود در مورد خطرات سیل باشد (۲۳). اثرات اقتصادی احتمالی که به‌عنوان هزینه کل یک فاجعه برای جامعه و محیط زیست است درک شود (۱۱) و در مورد خطر جان و ایمنی انسان مدیریت تاب‌آوری در برابر سیل باید به‌طور ایده آل توسط ابزارهای ارزیابی ریسک پشتیبانی شود که امکان تصمیم‌گیری در شرایط با درجه مشخصی از عدم قطعیت را فراهم می‌کند. چنین ابزار تحلیلی و تصمیم‌گیری باید شامل ارزیابی خطر و تهیه نقشه خطر باشد و باید به درک تأثیرات سیل بر زندگی انسان‌ها، زیرساخت‌ها، سیستم حمل‌ونقل و خسارت اموال کمک کند (۲۳). سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان ابزار اصلی برای پایش و تحلیل بحران های انسانی و مخاطرات طبیعی در دهه های گذشته شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته اند (۲۴،۲۵). سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌طور گسترده‌ای برای درک بهتر و مدیریت ریسک ها در شهرهای مدرن استفاده می‌شود. در حالی که روش‌های تهیه نقشه خطر، آسیب‌پذیری و ریسک به خوبی تثبیت شده‌اند، اما تهیه نقشه تاب‌آوری در مناطق شهری یک چالش است زیرا هیچ رویکرد روش‌شناختی توافق‌شده‌ای برای انجام این کار وجود ندارد. هولینگ برای اولین بار ایده تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی یک سیستم برای مقابله با تغییرات شدید و باقی ماندن در عملکرد ارائه کرد. آسیب‌پذیری را می‌توان به‌عنوان تمایل یا استعداد یک سیستم برای تأثیرگذاری نامطلوب درک کرد (۲۶،۲۷). بنابراین، خطر سیل مناطق شهری به آسیب‌پذیری و انعطاف‌پذیری اجزای سیستم در برابر سیل و احتمال و شدت خطر سیل در منطقه بستگی دارد. مطالعاتی که یک سیستم نمایه‌سازی برای ارزیابی آسیب‌پذیری سیل و تاب‌آوری پیشنهاد کرده‌اند، معمولاً مبتنی بر دانش کارشناسان هستند. اکثر این مدل‌ها تنها روش‌های تجمیع جمع وزنی (۷) یا شاخص میانگین وزنی (۲۸) را در نظر گرفتند. هر دو روش فرض می‌کنند که پارامترهای در نظر گرفته شده مستقل هستند (۲۹). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و میانگین خطی وزنی را برای تهیه یک شاخص تاب‌آوری در برابر بلایا پیاده سازی کردند. شهر شیراز طی چند دهه گذشته جمعیت آن افزایش قابل توجهی داشته است به طوری که جمعیت سال ۱۳۳۵ آن از ۱۷۰،۶۵۹ هزار نفر به ۱،۵۶۵،۵۷۲ میلیون نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است و از نظر توسعه فیزیکی شهر در سال ۲۰۰۰ برابر ۱۲۵۰۵ هزار هکتار بوده و در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۱۶۷ هزار به ۱۶۶۷۲ هزار هکتار رسیده است. افزایش جمعیت و ساخت و ساز های شهری از یک طرف و آبراه ها و رودخانه های اطراف شهر شیراز که اغلب فصلی هستند و مهم‌ترین آن رودخانه خشک شیراز است و از میان بافت کالبدی شهر عبور میکند

منطقه کوهستانی زاگرس قرار دارد. آب و هوای این شهر معتدل است. کلان شهر شیراز از سمت غرب به کوه دراک و از سمت شمال به کوههای بمو، سبزپوشان، چهل مقام و بابا کوهی از رشته کوههای زاگرس) محدود شده است. رودخانه ای فصلی با نام رودخانه خشک از میان شهر شیراز عبور می کند که اغلب در فصول زمستان و بهار آب دارد. این رود به دریاچه مهارلو واقع در جنوب شرقی شیراز می ریزد. کلان شهر شیراز در بخش مرکزی شهرستان شیراز واقع شده است. در نقشه زیر موقعیت جغرافیایی آن نشان داده شده است (۴۷،۴۸).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی قرار گیری کلان شهر شیراز.

مواد و روش ها

روش تحقیق این پژوهش، توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. مراحل تحقیق شامل تحقیقات اسنادی و کتابخانه ای (درک بیشتر موضوع، درک معیارهای موثر، شناخت روش ها)، مطالعات میدانی (شناخت منطقه مورد مطالعه و ارتباط با کارشناسان) و فضایی (تهیه لایه های اطلاعات مکانی و فرایندهای فضایی است).

نتایج

شاخص ها

همانطور که گفته شد، تاب آوری ابعاد زیادی دارد زیرا در رشته های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد برای پیدا کردن شاخص های مرتبط با موضوع ابتدا پیشینه تحقیق بررسی و شاخص های استخراج شده بر اساس شرایط جغرافیایی منطقه مورد مطالعه پالایش گردید و در نهایت چهار بعد جمعیتی (۸ متغیر)، اقتصادی (۳ متغیر)، زیست محیطی (۴ متغیر) و زیرساختی (۹ متغیر) مشخص شد در جدول شماره ۱ ابعاد و متغیرهای مورد استفاده در تحقیق آورده شده است.

که طی سال های گذشته باعث ایجاد سیل شده است از جمله سال ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و سیل فرودین ۱۳۹۸ که ۲۱ نفر کشته و خسارات اقتصادی فراوانی برجای گذاشت. بر همین اساس هدف از این تحقیق ارزیابی تاب آوری شهر شیراز در برابر سیل است تا با شناسایی پهنه های تاب آوری کم اقدامات لازم را جهت افزایش تاب آوری آن ها انجام گردد.

مبانی نظری

تعریف تاب آوری

واژه «تاب آوری» از نظر ریشه شناسی از واژه لاتین resilience به معنای «بازگشت، پس زدن» گرفته شده است (۳۰). تاب آوری در فرهنگ لغت توانایی بازگشت به حالت اولیه پس از یک موقعیت استرس زا و غیرعادی است (۳۱) تاب آوری را می توان به عنوان «ظرفیت یک قلمرو و جمعیت آن برای برنامه ریزی، انطباق، جذب، بازیابی، یادگیری و تکامل» تعریف کرد (۱۰، ۲۲). همچنین میرو و همکاران (۳۲) تعریف گسترده ای را بر اساس بررسی ادبیات ارائه می دهند:

تاب آوری شهری به توانایی یک سیستم شهری - و همه شبکه های اجتماعی-اکولوژیکی و اجتماعی- فنی سازنده آن در مقیاس زمانی و مکانی - برای حفظ یا بازگشت سریع عملکردهای مورد نظر در مواجهه با یک اختلال، برای سازگاری با تغییر اشاره دارد. و به سرعت سیستم هایی را که ظرفیت تطبیقی فعلی یا آینده را محدود می کنند، تغییر دهد» (۳۲). این تعریف این واقعیت را برجسته می کند که تاب آوری دارای خاصیت سیستمی است (۳۳) و متضمن توجه بیشتر به متغیر زمان است.

تاب آوری در برابر سیل شهری

تغییرات آب و هوایی شدیدتر می شوند (۳۴) و سیل یکی از مکررترین و ویرانگرترین خطرات طبیعی است که زندگی و اقتصاد را تهدید می کند (۳۵). در واقع باید گفت که سیل ها خطرات طبیعی هستند که اجتناب ناپذیر هستند و پیش بینی می شود در آینده حادث تر باشند (۳۶، ۳۷) ، و انتظار می رود بسیاری از مناطق در سراسر جهان را تهدید کنند (۳۸، ۳۹). بنابراین، روند فعلی و سناریوهای خطر سیل آینده به اطلاعات مکانی و زمانی دقیق در مورد خطرات احتمالی سیل نیاز دارد (۴۰). بنابراین ارزیابی خطرات سیل و اتخاذ راهبردهای مدیریت و کاهش اثرات آن می تواند خطرات مرتبط را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. تعیین مناطق خطر سیل و بکارگیری اقدامات کاهش مناسب می تواند خسارات ناشی از سیل را بطور قابل ملاحظه ای به حداقل برساند (۴۱) - (۴۳). علاوه بر این، تهیه نقشه های خطر سیل نقشی حیاتی در برنامه ریزی کاربری زمین، سیستم های هشدار اولیه، طراحی واکنش اضطراری و اقدامات کاهش خطر سیل دارد (۴۲، ۴۴).

مطالعه موردی

کلان شهر شیراز دارای ۱۱ منطقه شهرداری است و مساحتی بیش از ۳۸۰ کیلومتر مربع دارد. شهر شیراز بین ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه و ۵۳ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد (۴۵، ۴۶). کلان شهر شیراز در ارتفاع ۱۴۸۴ متری از سطح دریا و در

جدول ۱- ابعاد و متغیر های مورد استفاده در تحقیق

بعد	متغیر	رفرنس
جمعیتی	بعد خانوار	(۴۹)(۵۰)(۵۱)
	نرخ سواد	(۵۲)(۵۳)(۵۴)
	نسبت جنسی	(۵۳)(۵۴)(۵۵)
	جمعیت آسیب پذیر	(۵۲،۵۳،۵۴)
	درصد جمعیت فعال	(۵۲،۵۳،۵۴)
	جمعیت معلول	(۵۴)
	تراکم جمعیت	(۱۸،۵۷)
	نرخ مهاجرت	(۵۲،۵۳)
	نرخ اشتغال	(۵۳،۵۴)
	بار تکفل	(۵۲،۵۳،۵۴)
اقتصادی	نسبت مالکیت	(۵۲،۵۸)
	نوع سازه سیمانی و آجری	(۵۲،۵۹)
	عمر ابنیه	(۵۴،۵۹)
	تعداد طبقات	(۵۸،۵۹)
	تراکم شبکه راه(عرض معابر)	(۵۴،۵۸،۵۹)
زیرساختی	دسترسی به زیرساخت های حیاتی برای اقدام و بازیابی (انتظامی-نظامی، ایستگاه آتش نشانی، مراکز بهداشتی درمانی)	(۵۲،۵۸،۶۰)
	سرانه کاربری های با قابلیت استفاده پناهگاهی	(۵۲،۵۸)
	نزدیکی به موزه ها و کتابخانه ها	(۵۵،۵۸)
	نزدیکی به مراکز مذهبی	(۵۲،۵۸)
	نزدیکی به مسیل ها	(۵۲،۵۸)
زیست محیطی	نسبت سطح اشغال	(۵۵،۵۶،۵۸)
	فاصله از پارک و فضاهای سبز	(۵۷،۵۸)
	شیب	(۱۸،۶۱،۶۲)

روش AHP

پس از شناسایی معیارها، روشی برای ادغام ارزیابی های خبره به منظور یافتن بهترین نتیجه مورد نیاز است تا وزن معیارها با همدیگر مقایسه گردد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش های تصمیم گیری چند شاخصه است که به منظور وزن دهی و اولویت بندی شاخص ها و تصمیم گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه های متعدد تصمیم، با توجه به شاخص هایی که تصمیم گیرنده تعیین می کند، به کار می رود. روش AHP روشی است که می تواند معیارهای کیفی یک مسئله تصمیم را به صورت کمی درآورد (۵). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا به طور اختصار AHP، روشی است برای تبدیل ارزیابی های ذهنی اهمیت های نسبی به مجموعه ای از وزن ها. این روش، یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که

قضاوت و محاسبه را تسهیل می نماید، همچنین مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چندمعیار است. از دلایل موفق بودن روش AHP و کاربرد گسترده آن در عمل می توان به سادگی نسبی، درک آسان و منطقی بودن این روش اشاره نمود. مزیت جانبی روش AHP در کاربرد این روش برای تصمیم گیری های گروهی است که در آن گروهی از تصمیم گیرندگان وجود دارند (۵). بهتر است از AHP زمانی استفاده شود که تعداد گزینه های تصمیم گیری هفت یا کمتر از آن باشد (۵). فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی یک سنتز ریاضی و یک شیوه جبری تصمیم گیری با مقیاس نسبی است. این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی و به کارگیری ضوابط و معیارهای چندگانه برای رتبه بندی یا تعیین اهمیت گزینه های مختلف یک فرآیند تصمیم گیری پیچیده مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. توانایی در تجزیه یک مسئله تصمیم گیری به یک ساختار

$$S^+ = \min_j S_j, S^- = \max_j S_j \quad (5)$$

$$Q_j = v \frac{S_j - S^+}{S^- - S^+} + (1-v) \frac{(R_j - R^+)}{(R^- - R^+)} \quad (6)$$

به گونه‌ای که با توجه به مقدار Q با در نظر گرفتن دو شرط زیر به عنوان بهترین رتبه‌بندی شده است:

شرط اول: مزیت قابل قبول

شرط دوم: گزینه A¹ باید بالاترین رتبه را در لیست رتبه‌بندی R₁S داشته باشد. چنین حل توافقی در فرایند تصمیم‌گیری ثابت باقی می‌ماند. در صورتی که یکی از دو شرایط بالا تأمین نشود، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی ارائه می‌گردد (۶۶-۶۷). روش VIKOR به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیار برای حل مسائل تصمیم‌گیری گسسته با شاخص‌های نامتناسب و متضاد ارائه گردیده است. این روش بر روی رتبه‌بندی و انتخاب از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها متمرکز است و راه‌حل سازشی را برای یک مسئله با توجه به نهایی یاری نماید. راه‌حل سازشی موجه‌ترین و نزدیک‌ترین راه‌حل به نقطه ایده آل است. در حالی که در تکنیکی برای ترتیب ترجیحات با نزدیکی به یک راه‌حل ایده آل دیگر روش تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر فاصله است که راه‌حل ایده آل مشخص می‌کند و اهمیت نسبی این فاصله‌ها را در نظر نمی‌گیرد (۶۵-۵۷). روش ویکور جهت رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف به کار می‌رود و بیشتر برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. این روش بر مبنای راه‌حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد هست. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه‌بندی می‌گردند. تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یا شبکه‌ای این است که برخلاف آن مدل‌ها، در این مدل مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد (۶۷). مدل VIKOR (راه‌حل سازشی و بهینه‌سازی چندمعیاری) به عنوان یک روش تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل یک (واحد‌های بندی یک دسته‌گیری مختلف) و متعارض توسعه داده شده است. این روش بر رتبه‌بندی یک دسته آلت‌رناٹیو‌ها متمرکز شده است که می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان برای رسیدن به تصمیم نهایی کمک کند. راه‌حل سازگار یک راه‌حل احتمالی است که نزدیک‌ترین راه‌حل به راه ایده آل است. این روش بر مبنای راه‌حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد هست (۶۵، ۶۶).

بهینه‌بندی تاب‌آوری

بعد از شناسایی ابعاد و معیارها و همچنین تعیین وزن آن‌ها با استفاده از روش VIKOR اقدام به رویه‌مگذاری لایه‌ها شده است. که برای این منظور در ابتدا باید با استفاده از معیارهای شناسایی شده ماتریس ورودی داده‌های مدل آماده و سپس با استفاده از روش فازی خطی کاهشی و افزایشی اقدام به نرمال سازی ماتریس ورودی نموده و بعد از آن وزن‌هایی که از طریق مدل AHP بدست آمده نقشه‌های نرمال سازی شده را اعمال وزن نموده، سپس نقش‌های ایده آل مثبت و منفی تهیه و با رویه‌مگذاری نقشه‌های ایده آل مثبت و منفی نقشه نهایی تاب‌آوری تهیه شده است که در نمودار شماره ۱ فرایند تجزیه و تحلیل نشان داده

رده‌ای نیز زیربنای اساسی در استفاده از روش AHP است و لازمه داشتن یک ساختار رده‌ای این است که ارجحیت‌های ممکن از یک سطح موجود بستگی به عناصر پایین‌تر نداشته و از آن‌ها مستقل باشد در غیر این صورت سیستم تصمیم‌گیری موجود غیر رده‌ای و با بازخور تلقی می‌شود که در این صورت کاربرد AHP کلاسیک موردشک و واقع خواهد شد. بر همین اساس ۲۰ نفر که در حوزه تاب‌آوری تخصص داشتند انتخاب شده و اقدام به مقایسه زوجی معیارها با نمره ۱ تا ۹ کردند. جهت صحت سنجی نظرات کارشناسان نیاز به محاسبه نرخ ناسازگاری است که برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی هم بعدش معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می‌باشد که آن را نرخ ناسازگاری می‌نامیم.

$$IR = (I.I)/(I.I.R) \quad (1)$$

میزان قابل قبول ناسازگاری یک ماتریس یا سیستم، بستگی به تصمیم‌گیرنده دارد، اما ساعتی در سال ۱۹۹۷، عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارائه می‌نماید و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است در قضاوت‌ها تجدیدنظر گردد. در این تحقیق نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 به دست آمد که برابر با ۰/۰۷ شد و از این رو سطح قابل قبولی را در مقایسه‌های زوجی معیارها نشان می‌دهد.

روش بهینه‌سازی چند معیار و راه‌حل توافقی VIKOR

واژه ویکور از یک کلمه صربی به معنی "بهینه‌سازی چند معیار" و "راه‌حل توافقی" گرفته شده است و یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کاربردی است که کار آیی بالایی در مسائل گسسته دارد. این روش بر اساس برنامه‌ریزی توافقی ارائه شده است مبنای مدل‌های توافقی توسط یو (۶۳) و زلی (۶۴) ارائه شده است. راه‌حل توافقی، راه‌حل‌های موجه را که به راه‌حل ایده آل نزدیک بوده، به عنوان توافقی ایجاد شده توسط اعتبارت ویژه‌ی تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌کنند. به عقیده زلی گزینه‌هایی که به راه‌حل‌های ایده آل نزدیک‌تر هستند بر آن‌هایی که از ایده آل نزدیک‌تر هستند بر آن‌هایی که از ایده آل دورتر هستند ارجحیت دارند معمولاً معیارها بر اساس چند تابع ارزیابی شده و رتبه‌بندی می‌شوند (۶۵-۶۷). تأکید این روش بر رتبه‌بندی می‌شوند. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه و تعیین راه‌حل‌های توافقی برای مسئله با معیارهای متضاد هست راه‌حل توافقی گزینه‌ای است که به ایده آل نزدیک‌تر است. شاخص ادغام به عنوان معیار سنجش نزدیکی شناخته می‌شود (۵۷).

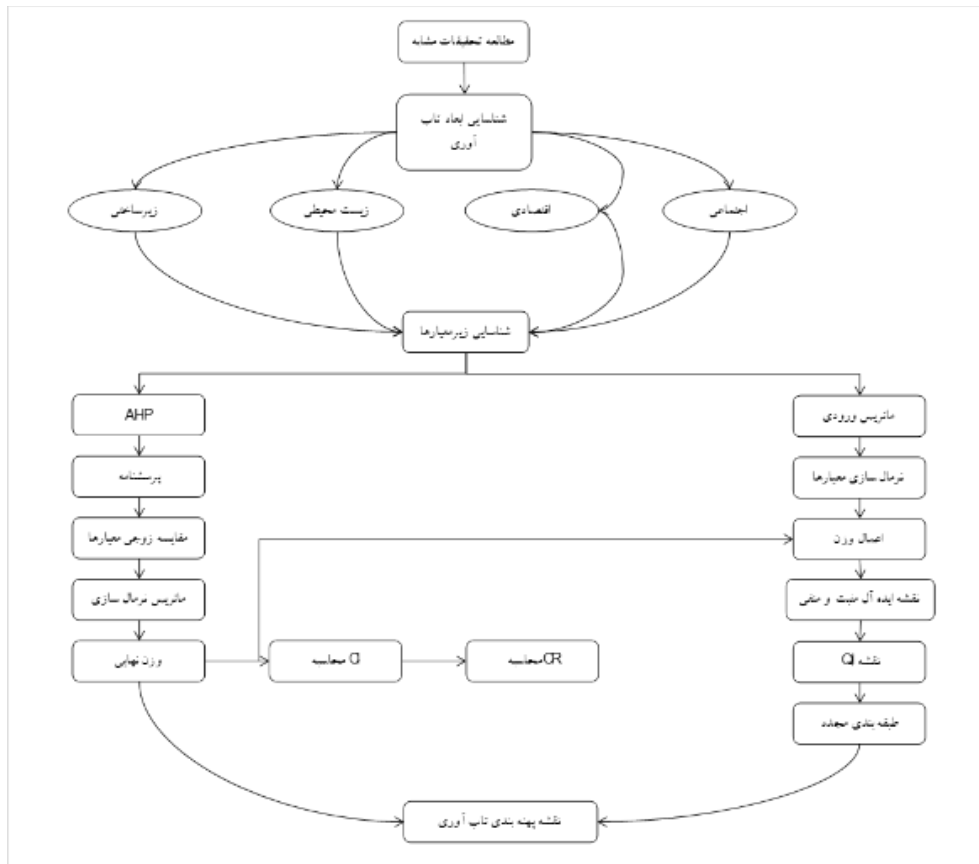
الگوریتم روش VIKOR بدین گونه است که پس از تشکیل ماتریس تصمیم، بی مقیاس سازی خطی و تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقدارهای موجود، با استفاده از فرمول زیر S, R, R_j و Q محاسبه می‌گردد:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^+ - f_{ij}}{f_i^+ - f_i^-} \quad (2)$$

$$R_j = \max_i [w_i \frac{f_i^+ - f_{ij}}{f_i^+ - f_i^-}] \quad (3)$$

$$R^+ = \min_j R_j, R^- = \max_j R_j, \quad (4)$$

شده است همچنین برای طبقه بندی نقشه تاب‌آوری از روش استاندارد انحراف معیار استفاده شده است.

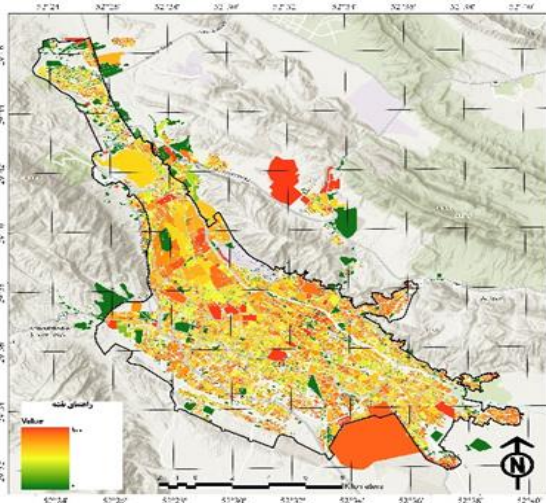


شکل ۲- نمودار فرایند تجزیه و تحلیل اطلاعات.

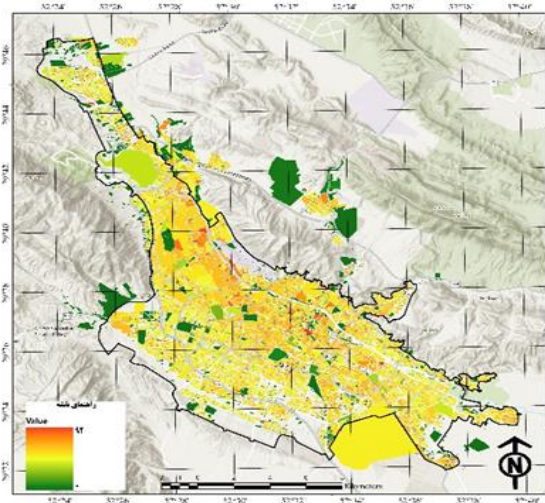
داده‌های کمی و کیفی به داده‌های رستری گفته می‌شود که در اولین گام در اجرای مدل VIKOR است که چند نمونه از نقشه‌های آن در شکل شماره ۳ آورده شده است.

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری:

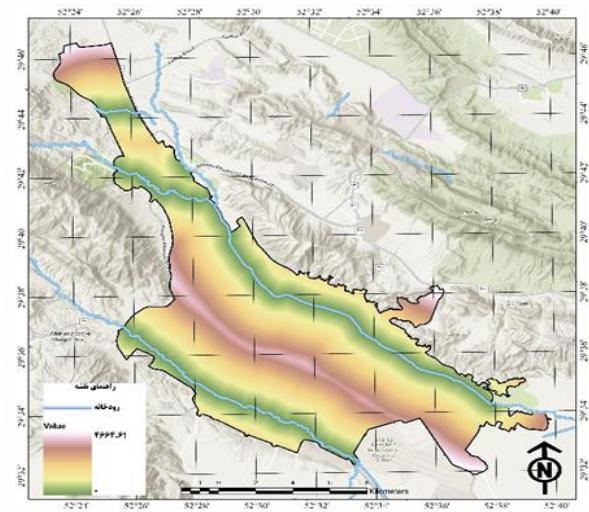
فرض بر این است که m گزینه و n خصوصیت وجود دارد. برای هر کدام از گزینه‌ها تعدادی ویژگی وجود دارد که مقدار آن به صورت f_{ij} نشان داده می‌شود. در اینجا تشکیل ماتریس در GIS به فرایند تبدیل کردن



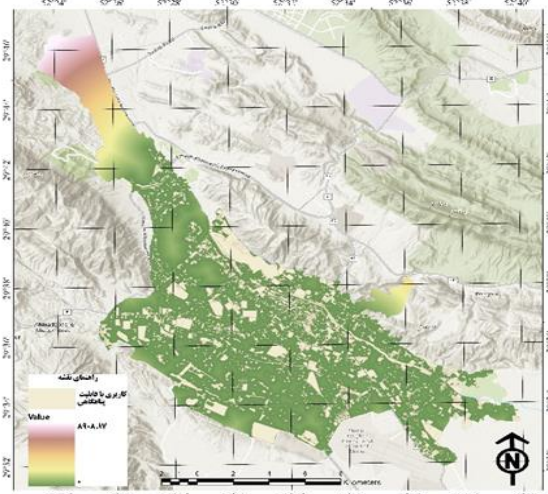
نقشه رستری تراکم جمعیت



نقشه جمعیت آسیب پذیر



نقشه رستری فاصله از رودخانه



نقشه رستری فاصله از کاربری با قابلیت پناهگاه

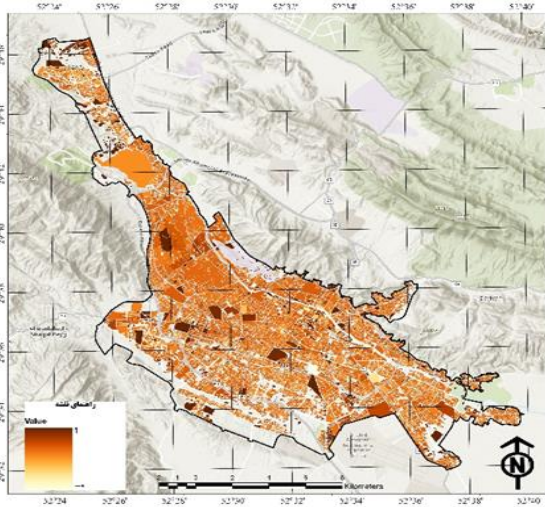
شکل ۳- نقشه رستری معیارهای مورد مطالعه.

مقدار معیار Z آم است. برای فرایند نرمال سازی مقادیر، جایی که X_{ij} ارزش اصلی گزینه i آم و بعد Z آم است:

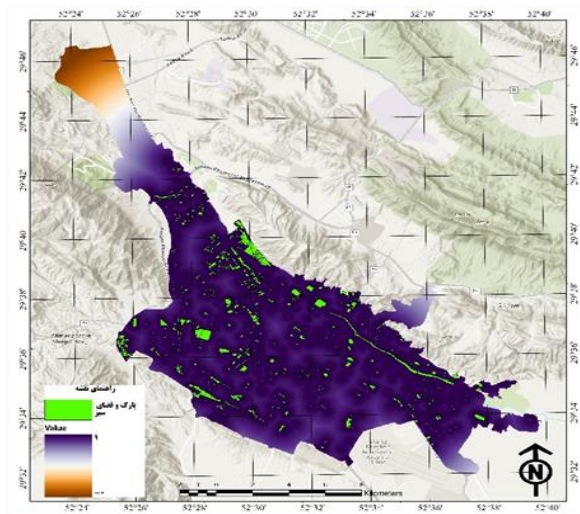
$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

محاسبه مقادیر نرمال شده

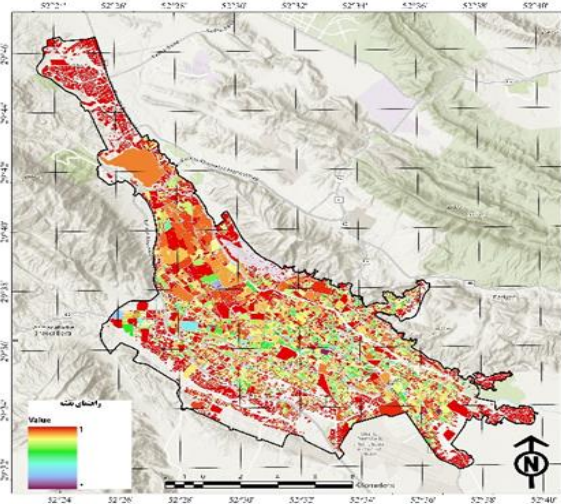
فرض می کنیم m گزینه و n معیار داریم. گزینه های مختلف i به عنوان X_i مشخص شده اند. برای گزینه X_i رتبه جنبه Z آم به عنوان X_{ij} مشخص شده است و برای سایر گزینه ها نیز همین طور. X_{ij} ارزش و



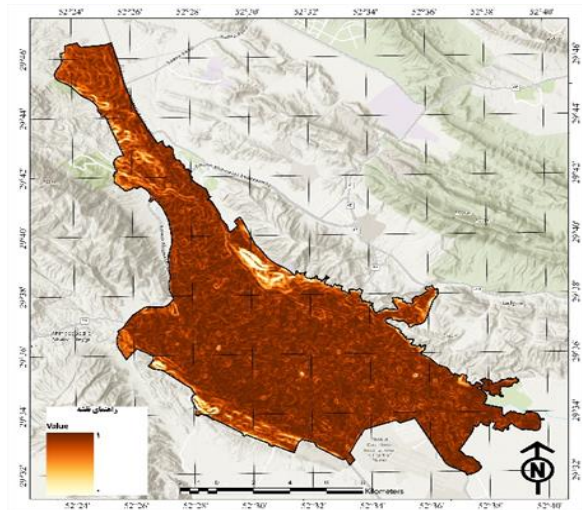
نقشه فازی بار تکفل



نقشه فازی پارک و فضای سبز



نقشه فازی جمعیت معلول



نقشه فازی درصد شیب

شکل ۴- نقشه نرمال شده معیارها.

نرخ سواد	۰/۰۶۷
جمعیت معلول	۰/۰۶۴
عمر اینه	۰/۰۴۹
نزدیکی به مسیل ها	۰/۰۴۷
تراکم جمعیت	۰/۰۴۲
درصد جمعیت فعال	۰/۰۳۹
تعداد طبقات	۰/۰۳۵
نرخ اشتغال	۰/۰۲۶
نسبت مالکیت	۰/۰۲۳
نرخ مهاجرت	۰/۰۱۹
نزدیکی به موزه ها و کتابخانه ها	۰/۰۱۹
شیب	۰/۰۱۸
بعد خانوار	۰/۰۱۷
نسبت جنسی	۰/۰۱۵
نزدیکی به مراکز مذهبی	۰/۰۱۲
نسبت سطح اشغال	۰/۰۱۲
بار تکفل	۰/۰۱
فاصله از پارک و فضاهای سبز	۰/۰۰۷

وزن دهی معیارها در AHP

برای تلفیق معیارها به‌منظور شناسایی کاربری‌های سازگار و ناسازگار در مدل AHP باید یک مقایسه‌ی زوجی بین هر یک از معیارها صورت گیرد تا اهمیت هر یک از معیارها مشخص شود. که در این پژوهش بیشترین وزن به دسترسی به زیرساخت‌های حیاتی برای اقدام و بازیابی (انتظامی-نظامی، ایستگاه آتش نشانی، مراکز بهداشتی درمانی) اختصاص‌یافته و کمترین آن نیز مربوط به فاصله از پارک و فضاهای سبز هست که درنهایت این وزن دهی در نرم‌افزار Arc-GIS به‌صورت فضایی (بالا و پایین) نشان داده‌شده که به‌صورت شکل ۵ هست:

تعیین بهترین و بدترین مقدار برای همه توابع معیارها

بهترین و بدترین هریک از مقادیر در هر معیار را شناسایی می‌کنیم و

به ترتیب f_i^* و f_j^-

$$f_i^* = \max f_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$f_j^- = \min f_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$$

جایی که f_j^* بهترین راه‌حل ایده آل مثبت برای معیار z_j^+ و

بدترین راه‌حل ایده آل منفی برای معیار z_j^- است.

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه خواهیم داشت که بیشترین امتیاز را خواهد داد که در مورد f_j^- نیز همین‌طور است.

تعیین وزن معیارها

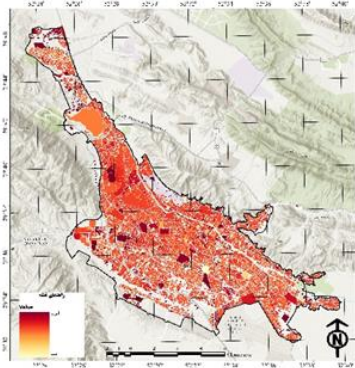
به‌منظور تعیین وزن معیارها از مدل AHP نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد که در واقع این روش به‌صورت مقایسه زوجی است و پس از طراحی پرسشنامه از ۲۰ نفر متخصص جهت تعیین وزن متغیرها استفاده شده است که حاصل این وزن دهی را در جدول شماره ۲ نشان داده‌شده است.

اوزان معیارها باید برای بیان اهمیت روابط آن‌ها محاسبه‌شده باشد. که در این مقاله از روش AHP استفاده‌شده است:

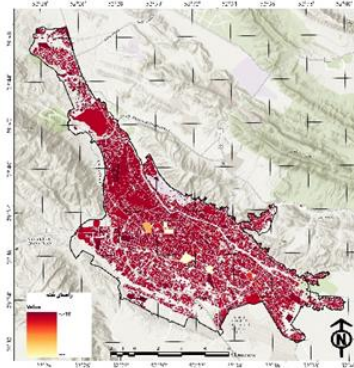
جدول ۲- وزن دهی متغیرهای مورد استفاده در تحقیق

بر اساس نظر کارشناسان خبره از روش AHP

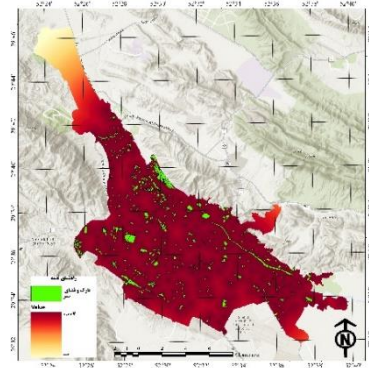
وزن	معیار
۰/۱۱۵	دسترسی به زیرساخت‌های حیاتی برای اقدام و بازیابی (انتظامی-نظامی، ایستگاه آتش نشانی، مراکز بهداشتی درمانی)
۰/۱۱	نوع سازه سیمانی و آجری
۰/۱۰۳	جمعیت آسیب پذیر
۰/۰۸۱	سرانه کاربری‌های با قابلیت استفاده پناهگاهی
۰/۰۷۲	تراکم شبکه راه (عرض معابر)



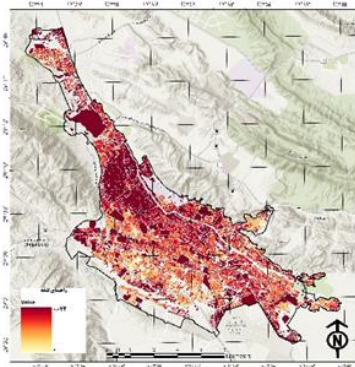
نقشه اعمال وزن بار تکفل



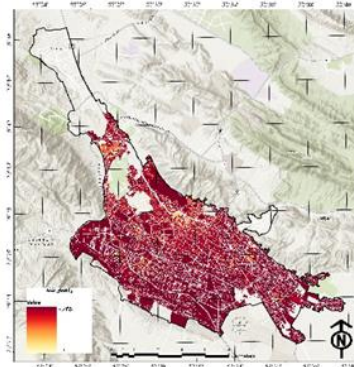
نقشه اعمال وزن بعد خانوار



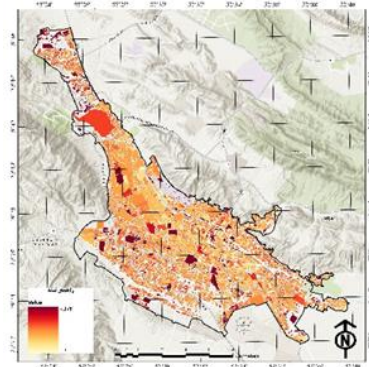
نقشه اعمال وزن پارک و فضای سبز



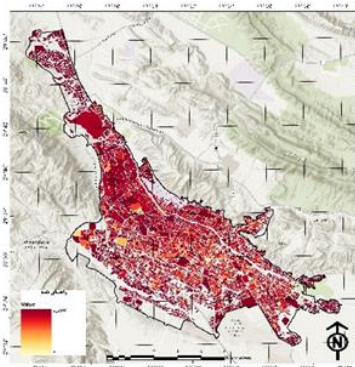
نقشه اعمال وزن تراکم جمعیت



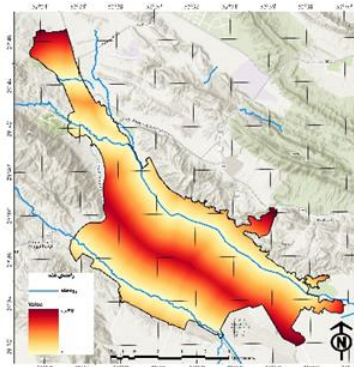
نقشه اعمال وزن تعداد طبقات



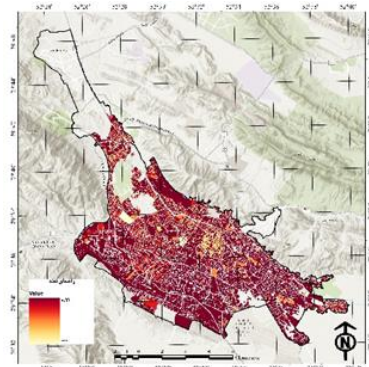
نقشه اعمال وزن جمعیت آسیب پذیر



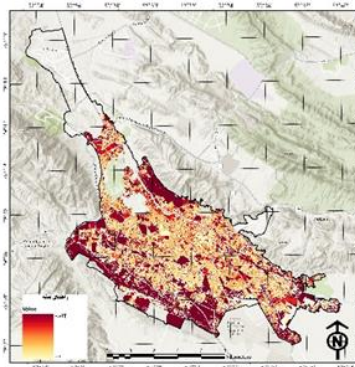
نقشه اعمال وزن



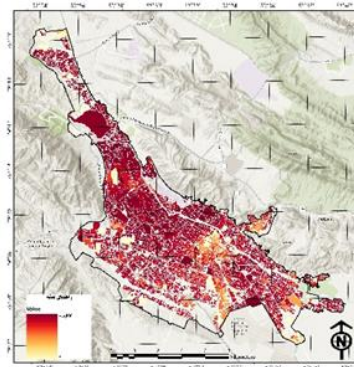
نقشه اعمال وزن



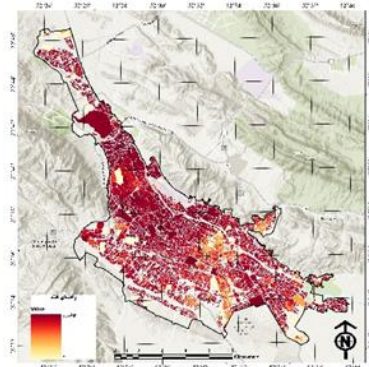
نقشه اعمال وزن نوع سازه



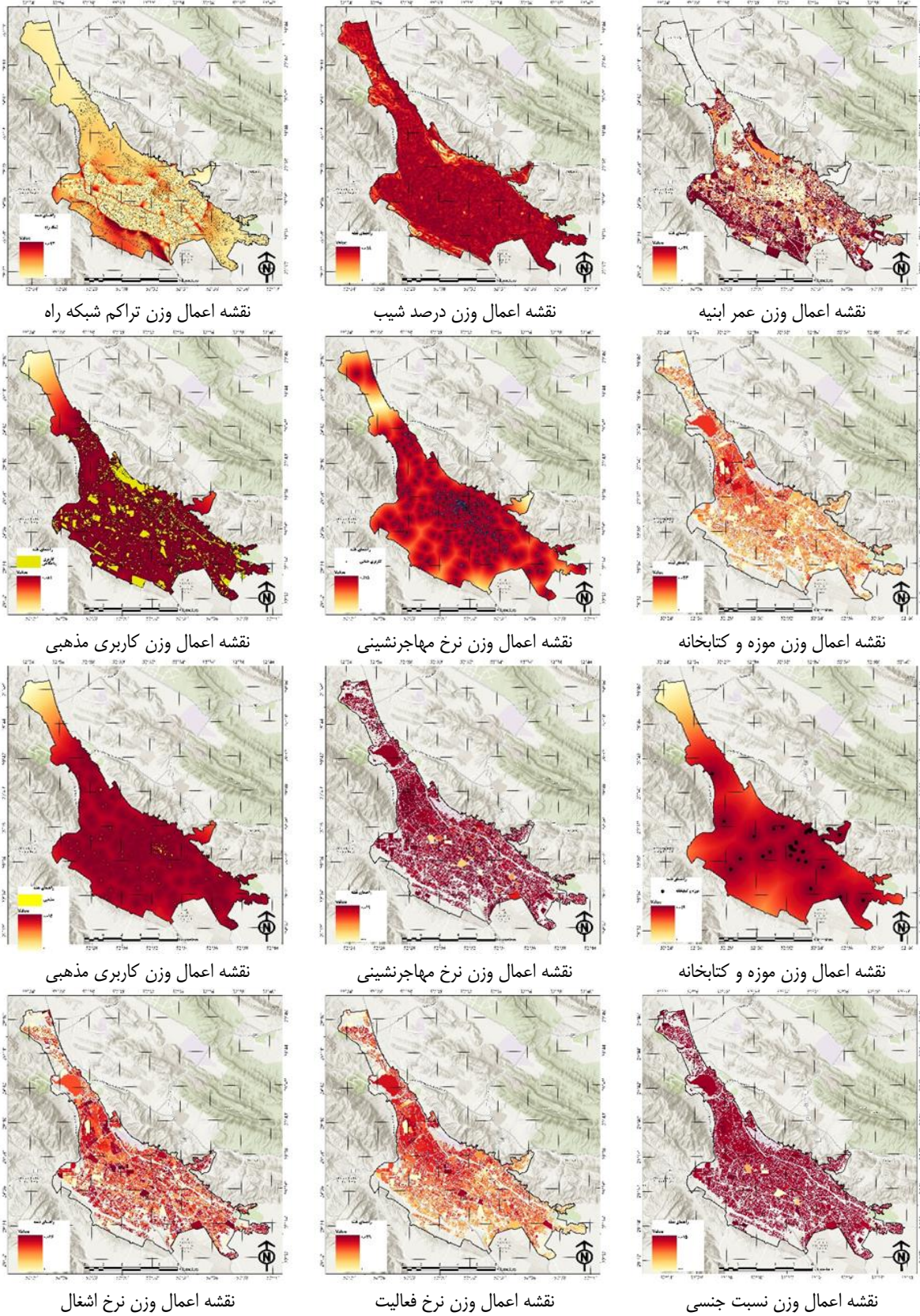
نقشه اعمال وزن سطح اشغال



نقشه اعمال وزن نرخ سواد



نقشه اعمال وزن



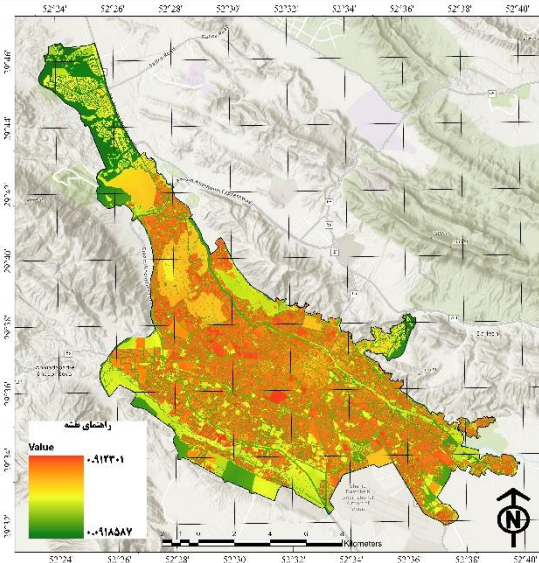
شکل ۱- نقشه اعمال وزن معیارها بصورت فضایی در محیط Arc-GIS

رتبه بر اساس ارزش R_i به دست می‌آید. به عبارت دیگر S_i و R_i به ترتیب همان L_{1i} و L_{2i} در روش الپی متریک هستند.

جدول ۳- محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه حل ایده آل

S+	۰/۰۹۱۸۵۸۷	R+	۰/۰۴۱۱۱۴۸
S-	۰/۹۱۲۳۰۱	R-	۰/۱۱۵
(S-)-(S+)	۰/۴۳۴۱	(R-)-(R+)	۰/۰۶۶۹

حال با توجه به آنچه گفته شد در شکل (۶)، راه حل ایده آل مثبت (بهترین ترکیب) ارائه شده و در شکل (۷)، راه حل ایده آل منفی (بدترین ترکیب) به صورت فضایی نشان داده شده است:



شکل ۷- نمایش نقشه ایده آل منفی بصورت فضایی

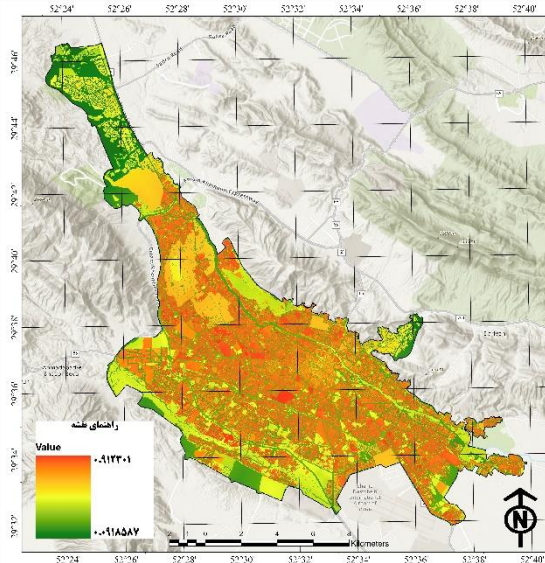
محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه حل ایده آل

این مرحله محاسبه فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل و سپس حاصل جمع آن‌ها برای ارزش نهایی بر اساس روابط ذیل است:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (9)$$

$$R_i = \text{Max} \left[\frac{w_i (f_j^* - f_{ij})}{f_j^* - f_j^-} \right] \quad (10)$$

جایی که S_i بیانگر نسبت فاصله گزینه i از راه حل ایده آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i بیانگر نسبت فاصله گزینه i از راه حل ایده آل منفی (بدترین ترکیب) هست. برترین رتبه بر اساس ارزش S_i و بدترین



شکل ۶- نمایش نقشه ایده آل مثبت بصورت فضایی

رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر

در نهایت در این مرحله بر اساس مقادیر Q_i محاسبه شده در گام قبل، پهنه‌های تاب آور را مشخص می‌نماید بر اساس خروجی این تحقیق از نظر مساحتی ۹,۹۲ درصد در پهنه با تاب‌آوری کم که حدود ۱۶,۶۳ درصد از جمعیت شهر شیراز در این پهنه زندگی میکنند همچنین حدود ۷۴,۴۳ درصد از مساحت در پهنه با تاب‌آوری متوسط است که ۷۴,۵۶ درصد جمعیت نیز در آن ساکن است و پهنه با تاب‌آوری زیاد ۱۴,۶۵ درصد است که ۸,۸۱ درصد جمعیت شهر شیراز در آن زندگی میکنند. در شکل ۱۰ نقشه نهایی تاب‌آوری شهر شیراز در برابر سیلاب آورده شده است. همچنین خلاصه نتایج محاسبات تحلیل تاب‌آوری شهر شیراز بصورت کمی و تعیین میزان تاب‌آوری از کم به زیاد در جدول ۴ نمایش داده شده است. شکل ۹ درصد مساحت تاب آور شهری و جمعیت تاب آور شهر شیراز در برابر سیلاب بصورت کمی نمایش داده شده است. همانگونه که از شکل مشخص است تاب‌آوری عمومی شهر شیراز در برابر سیلاب در محدوده متوسط ارزیابی میگردد.

محاسبه مقدار ویکور

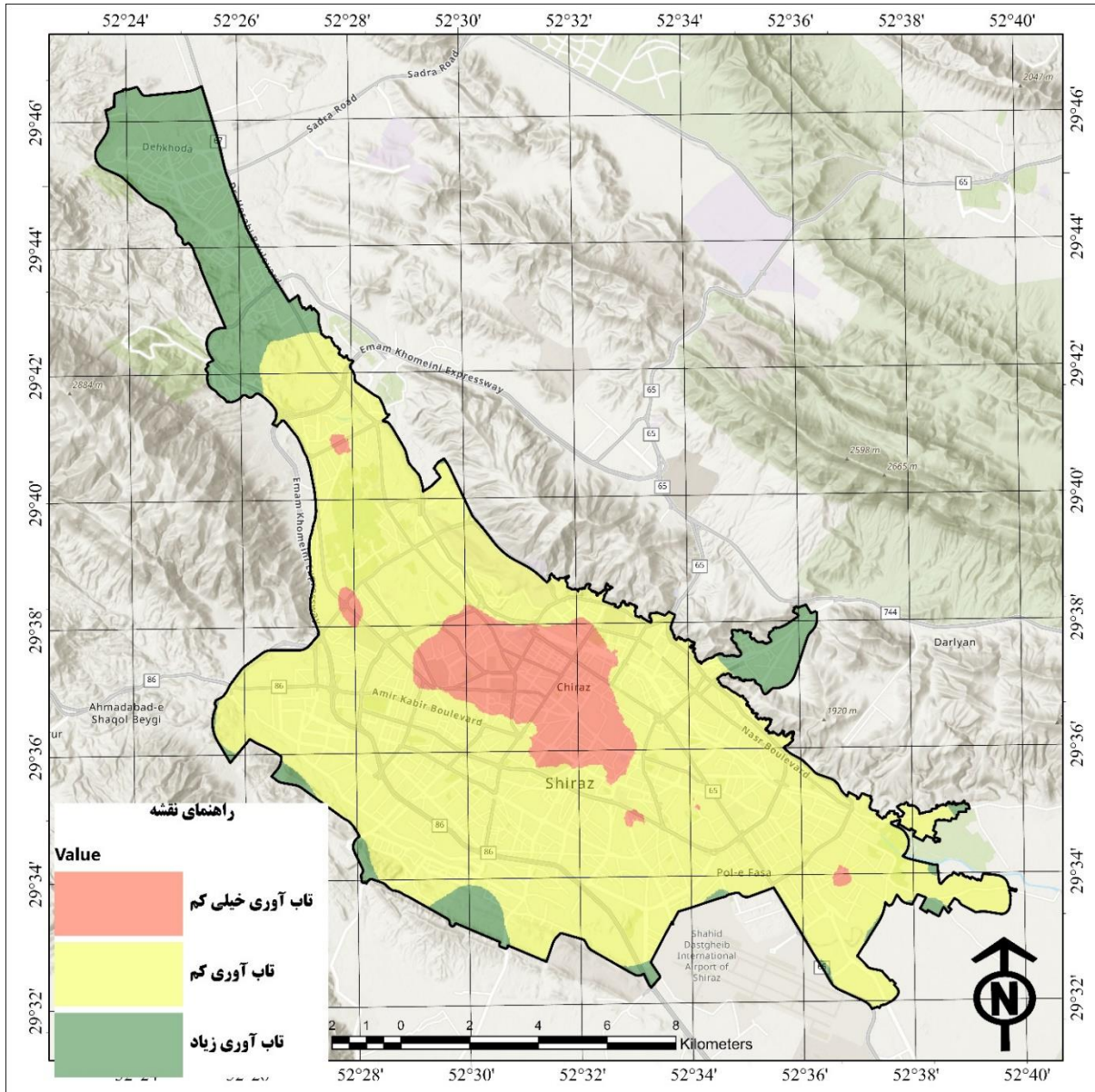
این مقدار برای هر یک از آنها به صورت زیر تعریف میشود:

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1+v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (9)$$

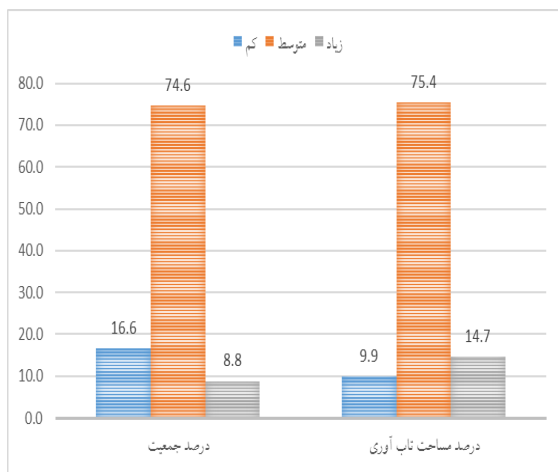
درجایی که: $S^* = \text{Max } S_i$ و $S^- = \text{Min } S_i$ ، $R^* = \text{Min } R_i$ و $R^- = \text{Max } R_i$ ، v وزن استراتژی اکثریت موافق معیار یا حداکثر مطلوبیت گروهی است.

$\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right]$ بیانگر نسبت فاصله از راه حل ایده آل منفی گزینه i ام و به عبارت دیگر موافقت اکثریت برای نسبت i ام است.

$\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right]$ بیانگر نسبت فاصله از راه حل ایده آل گزینه i ام و به معنی مخالفت با نسبت گزینه i ام است. بنابراین هنگامی که مقدار v بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد شاخص Q_i منجر به اکثریت موافق می‌شود. و هنگامی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ می‌شود شاخص Q_i بیانگر نگرش منفی اکثریت است. به‌طور کلی وقتی مقدار v برابر ۰/۵ است بیانگر نگرش توافقی متخصصان ارزیابی است.



شکل ۸- نقشه نهایی پهنه‌بندی تاب‌آوری شهر شیراز



شکل ۹- مقایسه کمی درصد مساحت تاب‌آوری و درصد جمعیت تاب‌آور شهر شیراز در برابر زلزله

جدول ۴- خلاصه نتایج تاب‌آوری شهر شیراز در برابر سیلاب

میزان تاب‌آوری	جمعیت	درصد جمعیت	مساحت تاب‌آوری	درصد مساحت تاب‌آوری
کم	۲۶۰۲۷۹	۱۶/۶۳	۲۰۱۶/۵۳۷	۹/۹۲
متوسط	۱۱۶۷۳۳۶	۷۴/۵۶	۱۵۳۳۴/۵۴	۷۵/۴۳
زیاد	۱۳۷۹۵۸	۸/۸۱	۲۹۷۸/۶۷۵	۱۴/۶۵
مجموع	۱۵۶۵۵۷۲	۱۰۰/۰۰	۲۰۳۲۹/۷۵	۱۰۰/۰۰

بحث و نتیجه گیری

آب و هوایی است شاید این استراتژی ها دارای پیچیدگی خاصی نباشد اما ضروری هستند. در نهایت می توان پیشنهادهای را به عنوان نقشه راه برای تحقیقات آتی ارائه کرد. یکی از این پیشنهادهای سنجش مجدد وضعیت تاب آوری با تغییر تعداد معیارها و به عبارت دیگر افزایش یا کاهش معیارها است. پیشنهاد دیگر برای تحقیق این است که با بهبود معیارهای تاب آوری و انجام تحلیل مجدد می توان تغییرات درجه تاب آوری آن ها را سنجید. نتایج این تحقیق می تواند به مدیران کمک کند تا بدانند چه مقدار تغییر در چه پارامترهایی می تواند شهری تاب آور را ایجاد کنند. همچنین با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره دیگر و تطبیق نتایج آن با این تحقیق می توان به سطوح بالاتری از پایایی دست یافت.

پیشنهادها

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همکاری مشارکت کنندگان در تحقیق حاضر به صورت داوطلبانه و با رضایت آنان بوده است.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: محمد هادی فتاحی و محمد بهروزی؛ روش - شناسی و تحلیل داده ها: محمد هادی فتاحی و محمد بهروزی؛ نظارت و نگارش نهایی: محمد هادی فتاحی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

تاب آوری یک پدیده کل نگر است و دارای ابعاد وسیعی است که در رشته ها و زمینه های مختلف مدیریت بلایا و سازگاری با تغییرات آب و هوایی و دیگر زمینه ها کاربرد دارد. در این پژوهش سعی شده است درک مفهوم متنوع و چندبعدی تاب آوری شهری را افزایش دهد. این مطالعه تاب آوری شهری سیل را از طریق بررسی شاخص های مختلف به صورت نقشه در آورد. متدولوژی پیوسته برای تجمیع، وزن دهی و پهنه بندی تاب آوری شهری ترسیم شده است. روش وزن دهی AHP با موفقیت برای محاسبه روشی و تعیین کمیت اهمیت نسبی اجزای مختلف تاب آوری در برابر بلایا مورد استفاده قرار گرفت. روش پیشنهادی را می توان برای سایر مخاطرات طبیعی با انتخاب شاخص های مربوطه تکرار کرد. با توجه نظر کارشناسان از بین ابعاد بعد زیرساختی مهم ترین عامل در افزایش تاب آوری در برابر سیل در شهر شیراز بوده و میزان آن برابر ۰/۳۹۵ بعد از آن بعد اجتماعی با وزن ۰/۳۵۵ در رتبه دوم و شاخص زیست محیطی با رتبه ۰/۱۶۱ در رتبه سوم و شاخص اقتصادی هم با وزن ۰/۰۸۶ در رتبه چهارم واقع شده است. تحلیل مکانی نشان دهنده این است که در پهنه با تاب آوری که ۱۴/۷ درصد از مساحت شهر را پوشش می دهد ۸/۸ درصد از جمعیت را در خود جای داده است یعنی می توان گفت که تنها ۸/۸ درصد از جمعیت شهر در پهنه ای واقع شده اند که تاب آوری در آنجا زیاد است و امکان مقاله با سیل به نسبت دیگر پهنه شهر بیشتر است و در پهنه با تاب آوری متوسط نیز که ۷۴/۶ درصد از جمعیت شهر واقع شده اند این پهنه ۷۵/۴ درصد از وسعت شهر را به خود اختصاص داده است. همچنین پهنه با تاب آوری کم که ۹/۹ درصد از وسعت شهر را پوشش می دهد ۱۶/۶ درصد از جمعیت شهر در این پهنه واقع شده اند که این نشان دهنده تراکم جمعیت بالاتر این پهنه نسبت به دیگر پهنه ها است و باید اشاره کرد که اغلب بافت تاریخی شهر شیراز در پهنه با تاب آوری کم واقع شده است که از لحاظ کالبدی نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نیست و این امر مستلزم افزایش تاب آوری از طریق اتخاذ استراتژی ها و اقدامات مختلف برای کاهش موثر خطر سیل و سازگاری با تغییرات

References

1. Hammond MJ, Chen AS, Djordjević S, Butler D, Mark O. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. *Urban Water J.* 2015;12(1):14–29.
2. Recanatesi F, Petroselli A, Ripa MN, Leone A. Assessment of stormwater runoff management practices and BMPs under soil sealing: A study case in a peri-urban watershed of the metropolitan area of Rome (Italy). *J Environ Manage.* 2017;201:6–18.
3. Chen Y, Samuelson HW, Tong Z. Integrated design workflow and a new tool for urban rainwater management. *J Environ Manage.* 2016;180:45–51.
4. Sperotto A, Torresan S, Gallina V, Coppola E, Critto A, Marcomini A. A multi-disciplinary approach to evaluate pluvial floods risk under changing climate: The case study of the municipality of Venice (Italy). *Sci Total Environ.* 2016;562:1031–43.
5. Olsen AS, Zhou Q, Linde JJ, Arnbjerg-Nielsen K. Comparing methods of calculating expected annual damage in urban pluvial flood risk assessments. *Water.* 2015;7(1):255–70.
6. Bhattarai R, Yoshimura K, Seto S, Nakamura S, Oki T. Statistical model for economic damage from pluvial floods in Japan using rainfall data and socioeconomic parameters. *Nat Hazards Earth Syst Sci.* 2016;16(5):1063–77.
7. Karamouz M, Zahmatkesh Z, Nazif S.

- Quantifying resilience to coastal flood events: a case study of New York City. In: World Environmental and Water Resources Congress 2014. 2014. p. 911–23.
8. Poussin JK, Botzen WJW, Aerts JCJH. Factors of influence on flood damage mitigation behaviour by households. *Environ Sci Policy*. 2014;40:69–77.
 9. Serre D, Heinzlef C. Assessing and mapping urban resilience to floods with respect to cascading effects through critical infrastructure networks. *Int J Disaster Risk Reduct*. 2018;30:235–43.
 10. Dankers R, Feyen L. Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high-resolution climate simulations. *J Geophys Res Atmos*. 2008;113(D19).
 11. Roosta M, Javadpoor M, Ebadi M. A study on street network resilience in urban areas by urban network analysis: comparative study of old, new and middle fabrics in shiraz. *Int J Urban Sci*. 2022;26(2):309–31.
 12. Leitner H, Sheppard E, Webber S, Colven E. Globalizing urban resilience. *Urban Geogr*. 2018;39(8):1276–84.
 13. Glaeser EL. Urban resilience. *Urban Stud*. 2022;59(1):3–35.
 14. Motta M, de Castro Neto M, Sarmiento P. A mixed approach for urban flood prediction using Machine Learning and GIS. *Int J disaster risk Reduct*. 2021;56:102154.
 15. Guptha GC, Swain S, Al-Ansari N, Taloor AK, Dayal D. Evaluation of an urban drainage system and its resilience using remote sensing and GIS. *Remote Sens Appl Soc Environ* 23: 100601. 2021.
 16. Haghighi Fard SM, Doratli N. Evaluation of Resilience in Historic Urban Areas by Combining Multi-Criteria Decision-Making System and GIS, with Sustainability and Regeneration Approach: The Case Study of Tehran (IRAN). *Sustain* 2022, Vol 14, Page 2495 [Internet]. 2022;14(5):2495.
 17. Munpa P, Kittipongvises S, Water AP, 2022 undefined. Climatic and Hydrological Factors Affecting the Assessment of Flood Hazards and Resilience Using Modified UNDRR Indicators: Ayutthaya, Thailand. *Water*. 2022;14(10):1603.
 18. Tayyab M, Zhang J, Hussain M, Ullah S, Liu X, Khan SN, et al. Gis-based urban flood resilience assessment using urban flood resilience model: A case study of peshawar city, khyber pakhtunkhwa, pakistan. *Remote Sens*. 2021;13(10):1864.
 19. Zare N. Evaluation and Modeling Urban Resilience to Floods and Methods to Increase Its Resiliency, a Case Study of Metropolitan Shiraz. Shiraz university; 2018.
 20. Mirasadollahi shamsi sadat, motavali sadraldin, janbaz ghobadi gholam reza. Resilience analysis of urban settlements against the flood with emphasis on Social and economic indicators Case study: (Gorgan city). *jgs* [Internet]. 2021;20(59):137–55.
 21. Nazmfar H, Pashazadeh A. Evaluation of urban tolerability in the face of natural hazards (Case study: the city of Ardabil). 2018;
 22. Serre D. DS3 model testing: assessing critical infrastructure network flood resilience at the neighbourhood scale. *Urban Disaster Resil Secur Addressing Risks Soc*. 2018;207–20.
 23. Fritsch K, Assmann A, Tyrna B. Long-term experiences with pluvial flood risk management. Lang M, Klijn F, Samuels P, editors. *E3S Web Conf* [Internet]. 2016;7:4017.
 24. Fekete A, Tzavella K, Armas I, Binner J, Garschagen M, Giupponi C, et al. Critical data source; tool or even infrastructure? Challenges of geographic information systems and remote sensing for disaster risk governance. *ISPRS Int J Geo-Information*. 2015;4(4):1848–69.
 25. Mohamed SA, El-Raey ME. Vulnerability assessment for flash floods using GIS spatial modeling and remotely sensed data in El-Arish City, North Sinai, Egypt. *Nat Hazards*. 2020;102(2):707–28.
 26. Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, Hess J, Lempert R, Li J, et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate*

- change. Cambridge University Press; 2012. p. 25–64.
27. Holling CS. Resilience and Stability of Ecological Systems. 2003;4(1):1–23.
 28. Shaw R, Team I. Climate disaster resilience: focus on coastal urban cities in Asia. *Asian J Environ Disaster Manag.* 2009;1(1):101–16.
 29. Orenco PM, Fujii M. A localized disaster-resilience index to assess coastal communities based on an analytic hierarchy process (AHP). *Int J Disaster Risk Reduct.* 2013;3:62–75.
 30. Garcia-Dia MJ, DiNapoli JM, Garcia-Ona L, Jakubowski R, O'Flaherty D. Concept analysis: resilience. *Arch Psychiatr Nurs.* 2013;27(6):264–70.
 31. Dictionary MWC. Merriam-Webster Dictionary. Merriam-Webster Dictionary.
 32. Meerow S, Newell JP, Stults M. Defining urban resilience: A review. *Landsc Urban Plan.* 2016;147:38–49.
 33. Reghezza M. Face aux crues parisiennes, entre résilience et adaptation. *Résilience, vulnérabilité des Territ génie urbain*, Press des Ponts, Paris. 2016;175–84.
 34. Detrembleur S, Stilmant F, Dewals B, Ercicum S, Archambeau P, Piroton M. Impacts of climate change on future flood damage on the river Meuse, with a distributed uncertainty analysis. *Nat Hazards.* 2015;77:1533–49.
 35. Ghosh A, Kar SK. Application of analytical hierarchy process (AHP) for flood risk assessment: a case study in Malda district of West Bengal. *India Nat Hazards* 94 (1): 349–368. 2018.
 36. Khosravi K, Pourghasemi HR, Chapi K, Bahri M. Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environ Monit Assess.* 2016;188:1–21.
 37. Charlton R, Fealy R, Moore S, Sweeney J, Murphy C. Assessing the impact of climate change on water supply and flood hazard in Ireland using statistical downscaling and hydrological modelling techniques. *Clim Change.* 2006;74(4):475–91.
 38. Khosravi K, Panahi M, Golkarian A, Keesstra SD, Saco PM, Bui DT, et al. Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran. *J Hydrol.* 2020;591:125552.
 39. Jonkman SN, Dawson RJ. Issues and challenges in flood risk management—editorial for the special issue on flood risk management. *Water* 4 (4): 785-792. 2012.
 40. Ouma YO, Tateishi R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water.* 2014;6(6):1515–45.
 41. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks [Internet]. EU Flood Directive
 42. Naulin JP, Payrastre O, Gaume E. Spatially distributed flood forecasting in flash flood prone areas: Application to road network supervision in Southern France. *J Hydrol.* 2013;486:88–99.
 43. Guo E, Zhang J, Ren X, Zhang Q, Sun Z. Integrated risk assessment of flood disaster based on improved set pair analysis and the variable fuzzy set theory in central Liaoning Province, China. *Nat hazards.* 2014;74:947–65.
 44. Zhang J, Chen Y. Risk assessment of flood disaster induced by typhoon rainstorms in Guangdong province, China. *Sustainability.* 2019;11(10):2738.
 45. Soltani A, Javadpoor M, Shams F, Mehdizadeh M. Street network morphology and active mobility to school: Applying space syntax methodology in Shiraz, Iran. *J Transp Heal.* 2022;27:101493.
 46. Javadpoor M, Soltani A, Fatehnia L, Soltani N. How the Built Environment Moderates Gender Gap in Active Commuting to Schools. *Int J Environ Res Public Heal* 2023, Vol 20, Page 1131 [Internet]. 2023;20(2):1131.
 47. Abdolazimi H, Roshun SH, Shamsnia SA, Shahinifar H. Identification of Potential Areas to Flood Inundation in Shiraz City Using TOPSIS-GIS. *Hydrogeomorphology.* 2021;7(25):139-159.

48. Yazdanbakhsh M, Jamshidi Z, Ranjbar H, Ranjbaran Z, Nikzad NK. Statistical Yearbook 2011 Fars province. Shiraz: Deputy of planning and employment of the Fars province Statistics Office.; 2012.
49. Hong CY, Chang H. Residents' perception of flood risk and urban stream restoration using multi-criteria decision analysis. *River Res Appl*. 2020;36(10):2078-88.
50. Mihunov V V, Lam NSN, Zou L, Rohli R V, Bushra N, Reams MA, et al. Community Resilience to Drought Hazard in the South-Central United States. *Ann Am Assoc Geogr*. 2018;108(3):739-55.
51. Links JM, Schwartz BS, Lin S, ... NKD medicine and, 2018 undefined. COPEWELL: a conceptual framework and system dynamics model for predicting community functioning and resilience after disasters. cambridge.org JM Links, BS Schwartz, S Lin, N Kanarek, J Mitrani-Reiser, TK Sell, CR Watson, D Ward *Disaster Med public Heal Prep* 2018•cambridge.org [Internet].
52. Cutter SL, Ash KD, Emrich CT. The geographies of community disaster resilience. *Glob Environ Chang*. 2014;29:65-77.
53. Javadpoor M, Sharifi A, Roosta M. An adaptation of the Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC) for assessing resilience of Iranian provinces. *Int J Disaster Risk Reduct*. 2021;66:102609.
54. Siebeneck L, Arlikatti S, Andrew SA. Using provincial baseline indicators to model geographic variations of disaster resilience in Thailand. *Nat Hazards* [Internet]. 2015;79(2):955-75.
55. Cutter SL, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glob Environ Chang*. 2008;18(4):598-606.
56. Cutter SL, Burton CG, Emrich CT. Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *J Homel Secur Emerg Manag*. 2010;7(1).
57. Sharifi A, Roosta M, Javadpoor M. Urban form resilience: A comparative analysis of traditional, semi-planned, and planned neighborhoods in Shiraz, Iran. *Urban Sci*. 2021;5(1):18.
58. Assarkhaniki Z, Rajabifard A. The conceptualisation of resilience dimensions and comprehensive quantification of the associated indicators: A systematic approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020;51:101840.
59. Bagheri MN, Motamedi M, Mafi E. Assessing the resilience of Shirvan city in the face of earthquakes. 2022
60. Kammouh O, Zamani Noori A, Cimellaro GP, Mahin SA. Resilience Assessment of Urban Communities. *ASCE-ASME J Risk Uncertain Eng Syst Part A Civ Eng*. 2019;5(1).
61. Song J, Huang B, Li R. Assessing local resilience to typhoon disasters: A case study in Nansha, Guangzhou. Dias JM, editor. *PLoS One* [Internet]. 2018 Mar 9;13(3):e0190701.
62. Song J, Huang B, Water RL, 2017 undefined. Measuring recovery to build up metrics of flood resilience based on pollutant discharge data: A case study in East China. *Water*. 2017;9(8):619.
63. Yu PL. A Class of Solutions for Group Decision Problems. *Manage Sci*. 1973;19(8):936-46.
64. Multiple Criteria Decision Making. undefined Compromise programming [Internet]. 1973.
65. Opricovic S, Tzeng GH. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *Eur J Oper Res*. 2007;178(2):514-29.
66. Chang CL. A modified VIKOR method for multiple criteria analysis. *Environ Monit Assess*. 2010;168(1-4):339-44.
67. Jahan A, Mustapha F, Ismail MY, Sapuan SM, Bahraminasab M. A comprehensive VIKOR method for material selection. *Mater Des*. 2011;32(3):1215-21.

