

Investigating the Spatial Pattern of Vulnerability of Tehran Neighborhoods against Floods

Saeed Zanganeh Shahraki ^{a*}, Keramatollah Ziari ^b, Ali Hosseini ^a, Mohammad Sina Shahsavary ^c

^a. * Associate Professor, Department of Human Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

^b. Professor, Department of Human Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

^c. Ph.D. Student, Department of Human Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

<https://doi.org/10.22034/ispdrc.2024.2022297.1087>

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

Vulnerability,
Floods,
Local Moran,
Spatial Analysis,
Neighborhoods of Tehran
City.

Flood is one of these dangers that cause heavy damage to cities every year. When a flood occurs, it is obvious that people who are weaker from a socio-economic point of view are more affected by these risks and will be able to recover in a much longer time. Using 54 key indicators, this research has determined the degree of vulnerability in the regions of Tehran. Then the results are spatially analyzed and the degree of vulnerability in each of the dimensions as well as the final index has been determined. In this research, the local Moran model and the High-low clustering tool have been used. The purpose of this research is to investigate the spatial distribution of vulnerable neighborhoods in the face of floods and to check whether these neighborhoods are located in the vicinity of each other or are scattered throughout the city. Based on the results obtained from the high low clustering tool and according to the standard Z score (-3.83) as well as the P value (0.0001) in the final index of vulnerability, it can be said with 99% confidence that the pattern of spatial clustering of the values of this index is not caused by chance, so the zero hypothesis is rejected. Also, considering that the standardized value is negative and the significant level is displayed in the blue area; it can be concluded that in the final index spatial clustering has been done in the case of low values. Also, by calculating the local Moran for the final index of vulnerability, it was determined that 30% of the neighborhoods were clustered and 4% were non-clustered. No specific clustering was observed for 66% of the neighborhoods.

Received:

5 February 2024

Received in revised form:

13 March 2024

Accepted:

15 April 2024

pp. 35-54

Extended Abstract

Introduction

Many disasters occurred in urban areas. Nearly 82 percent of cities (which is equivalent to 1.9 billion of the world's population) are in areas at risk of death from natural disasters. In general, cities in less developed areas are more at risk of death from natural disasters than developed areas. The vulnerability of different groups of people living in the city varies in different places depending on their standard of living and socio-economic status. In other words, vulnerability is the product of inequalities.

Methodology

This is applied research, which was carried out with a descriptive-analytical method based on library information. By using the data available in the country's official statistics, vulnerability sub-indices were extracted in the form of three separate categories (being exposed to risk, impact and lack of resilience) and then, using Shannon's entropy weighting model, they had their own weight individually. In the next step, the obtained weight was multiplied by the indices. In the final step, the investigated indicators were combined with each other in the framework of the MOVE model and the final index of vulnerability was created.

Results and discussion

Investigating the spatial distribution of the final index of vulnerability using the High Low Clustering tool

The zero hypotheses for the general statistic G regarding the final index of vulnerability is expressed as follows: "There is no spatial clustering in the values related to the final index of vulnerability in the study area". To test the zero hypotheses, first it is necessary to check the significance level of the obtained results. Based on this and according to the standard Z score (-3.83) and also the P value (0.0001), it can be said with 99% certainty that the spatial clustering pattern of the final vulnerability index values of Tehran city regions caused It is not a coincidence, so the zero hypotheses is rejected. Also, considering that the standardized value is negative and the significant level is displayed in the blue (cold) region; It can be concluded that in the final index spatial clustering has been done in the case of low values; That is, the regions that are spatially adjacent to each other and form a

cluster are the regions that have little vulnerability to floods.

Spatial distribution pattern of final vulnerability index using local Moran tool

By examining the results of the final index, it can be said that 2% of the neighborhoods were in the high-high value category. This means that in addition to being highly vulnerable, these neighborhoods are adjacent to neighborhoods that are also highly vulnerable. These neighborhoods were located in the western regions 21, 22 and 5 and the eastern regions 15 and 4. 28% of neighborhoods were in the category of low-low value. This means that these neighborhoods, in addition to having low vulnerability, are adjacent to neighborhoods that also have low vulnerability. Spatially, these neighborhoods are located next to each other from east to west of Tehran city. Most of the neighborhoods located in regions 6, 7, 8, 13, 14 and 10 were in this category. Other regions where these neighborhoods were located are 11, 5, 22, 1, 2, 3 and 4. These regions had fewer low-low value neighborhoods than the previously mentioned regions. 2% of the neighborhoods were in the high-low value category and formed a non-cluster. This means that these neighborhoods have high vulnerability, but they are adjacent to neighborhoods that have low vulnerability. These neighborhoods were located separately in regions 11, 12, 13, 14, 3, 4 and 7. 2% of the neighborhoods were placed in the category of low-high value and formed a non-cluster. This means that these neighborhoods have low vulnerability, but they are adjacent to neighborhoods that have high vulnerability. Spatially, these neighborhoods were mainly located in the western half of Tehran (Regions 5, 21 and 18) and some of them were located in region 15 in the east of Tehran.

Conclusion

In the past few decades, climate-related hazards alone have accounted for 70-90% of the total number of natural disasters worldwide. The rapid rate of urbanization leads to an increase in the risk of climate-related phenomena in urban areas in the future. Urbanization can change the nature of flood risk, exposure to risk. In particular, urbanization by replacing permeable layers with impervious layers, which leads to increased runoff, changes in land cover, duration and depth of flooding.

The purpose of this research was to investigate the spatial pattern of flood vulnerability. In this regard, to check the presence or absence of clustering between the data, the high-low clustering tool was used, and to check the spatial distribution of vulnerability in three dimensions, the local Moran model was used. The results of examining the existence or non-existence of clustering in the field of susceptibility dimension showed that the examined data have severe clustering. This clustering is done in high values. The results in the field of unsustainability dimension were completely opposite to this case. So that although the data had severe clustering, but this clustering was done in low values. In the dimension of being exposed to risk, no specific clustering was observed and the data were randomly distributed. By combining the dimensions and preparing the final index, it was found that this index also has clustering in the field of low values.

After determining the results regarding the presence or absence of clustering in the study area, at this stage, using local Moran's tool, the spatial location of strongly and weakly clustered and non-clustered neighborhoods was determined. By calculating the local coefficients in the field of susceptibility dimension for the neighborhoods of Tehran, it was found that in general 20% of the neighborhoods were clustered and 5% of them were non-clustered. No specific clustering was

observed for 75% of the neighborhoods. By calculating the local Moran for the dimension of unsustainability, it was determined that in general 42% of the neighborhoods were clustered and 3% of them were non-clustered. No specific clustering was observed for 54% of neighborhoods. Also, the results of local Moran in terms of being at risk indicated that 16% of the neighborhoods were clustered and 4% of them were non-clustered. No specific clustering was observed for 81% of the neighborhoods. Finally, in the final index of vulnerability, the results showed that in general, 30% of the neighborhoods were clustered and 4% of them were non-clustered. No specific clustering was observed for 66% of the neighborhoods.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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



انحصار علمی، پدافند غیر عامل، ایران

مجله شهر ایمن

شاپا الکترونیکی: 2676-556X

Journal Homepage: www.ispdrc.ir

مقاله پژوهشی

بررسی الگوی فضایی آسیب‌پذیری محلات شهر تهران در برابر سیلاب

سعید زنگنه شهرکی* - دانشیار گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

کرامت‌اله زیاری - استاد گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

علی حسینی - دانشیار گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

محمد سینا شهسواری - دانشجوی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

<https://doi.org/10.22034/ispdrc.2024.2022297.1087>

چکیده

سیلاب یکی از مخاطرات طبیعی است که هر ساله باعث وارد آمدن خسارت‌های سنگین به شهرها می‌شوند. در هنگام وقوع سیلاب بدهی است افرادی که از لحاظ اجتماعی-اقتصادی ضعیف‌تر باشند، از این مخاطرات تأثیر بیشتری می‌پذیرند و در زمان بسیار طولانی‌تری امکان بازیابی خود را خواهند داشت. این پژوهش با استفاده از ۵۴ شاخص کلیدی میزان آسیب‌پذیری مناطق شهر تهران را مشخص نموده است. سپس نتایج به صورت فضایی تحلیل و میزان آسیب‌پذیری در هریک از ابعاد و همچنین شاخص نهایی تعیین گشته است. در این پژوهش از مدل موران محلی و ابزار *High clustering* استفاده گردیده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی پراکنش فضایی محلات آسیب‌پذیر در مواجهه با سیلاب و بررسی این نکته است که آیا این گروه‌ها در مجاورت یکدیگر قرار دارند یا به صورت پراکنده در سطح شهر هستند. بر اساس نتایج به دست آمده از ابزار *High clustering* و با توجه به نمره استاندارد $Z(3/83)$ و همچنین مقدار $P Value(0/001)$ در شاخص نهایی آسیب‌پذیری می‌توان با اطمینان ۹۹ درصد گفت که الگوی خوشه‌بندی فضایی مقادیر این شاخص ناشی از شانس نیست، بنابراین فرضیه صفر رد می‌شود. همچنین با توجه به این که مقدار استاندارد شده منفی بوده و سطح معناداری در ناحیه آبی نمایش داده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در شاخص نهایی خوشه‌بندی فضایی در مورد مقادیر پایین صورت گرفته است. همچنین با محاسبه موران محلی برای شاخص نهایی آسیب‌پذیری مشخص گردید که به صورت کلی ۳۰ درصد محلات دارای خوشه‌بندی و ۴ درصد آن‌ها تشکیل ناخوشه می‌داند. برای ۶۶ درصد محلات نیز خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید.

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:

آسیب‌پذیری، سیلاب، موران محلی، تحلیل فضایی، شهر تهران.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۱/۱۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۱/۲۷

صص. ۳۵-۵۴

* نویسنده مسئول

رایانامه: saeed.zanganeh@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم و قابل توجه در برنامه‌ریزی شهری، تاکید و توجه به موضوع آسیب‌پذیری شهرها در مقابل تهدیدهای ناشی از بلایای طبیعی است؛ زیرا شهرها با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری و سکونت جمعیت کثیری در آن نیازمند توجه و امعان نظر بیشتری هستند (آزادخانی و همکاران، ۱۴۰۰:۳۴). یکی از این مخاطرات وقوع سیلاب است. این مخاطره بیش از هر مخاطره هیدرواقليمی دیگر، خسارت و تخریب به بار آورده است. در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، حدود ۳۰ درصد از مرگ و میرها و ۳۳ درصد از خسارت‌های اقتصاد جهانی از این مخاطره ناشی می‌شود (خالدی و همکاران، ۱۳۹۹:۱۷۱). خطر فاجعه سیل اساساً یک مفهوم چند بعدی مربوط به عدم اطمینان و پیچیدگی است. جغرافیا، سنجش از دور و اطلاعات آماری در ارائه عوامل خطر استفاده می‌شود. تعدد، پیچیدگی، عدم قطعیت، عدم دقت و تنوع روش‌های ارزیابی است که ارزیابی خطر سیل را به یک مشکل در سراسر جهان تبدیل می‌نماید (Kubal et al, 2009:1884). در مناطق شهری ارزیابی خطر سیل هنوز چالش برانگیز است زیرا تجزیه و تحلیل خطر سیل معمولاً در ترکیب اثرات اجتماعی و اقتصادی مشترکاً انجام نمی‌شود، اما منحصراً در ارزیابی خسارت‌های اقتصادی از نظر مالی قابل اندازه‌گیری است (اسماعیلی علویچه و همکاران، ۱۳۹۹:۳۵۱). خطر سیل از عوامل مختلفی نشئت می‌گیرد. همانند بسیاری از بلایای طبیعی دیگر، خطر سیل نیز تحت تأثیر عوامل ثانویه تشدید کننده متعددی قرار می‌گیرد. دو عامل مهم در خطر سیل شامل عامل خطر طبیعی و عامل تشدیدکننده آسیب‌پذیری است. آسیب‌پذیری یک مؤلفه مهم در مدیریت خطر تلقی می‌شود و نه تنها در بعد مکان (در مناطق مختلف) بلکه در بعد زمان (تجمع تدریجی امکانات در یک منطقه به دلیل توسعه شهرنشینی) هم تغییر می‌کند (فرنام و حمیدپور زارع، ۱۳۹۸:۶). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پژوهش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب می‌توانند پیش از وقوع سیلاب‌ها در ارتباط با شناسایی نواحی آسیب‌پذیر اطلاعات مؤثری برای نهادهای دخیل در مدیریت بحران فراهم آورد (خلیلی و اسروش، ۱۳۹۹:۲). افراد و جوامع به دلیل عوامل اجتماعی و اقتصادی مانند ثروت، تحصیلات، نژاد، قومیت، مذهب، جنسیت، سن و ... متفاوت به میزان مختلفی در برابر سیل آسیب‌پذیر هستند. این امر به این دلیل است که آسیب‌پذیری نسبت به سیل و پایداری در برابر آن با ویژگی‌های محیط طبیعی و عوامل اقتصادی و اجتماعی یک منطقه خاص ارتباط محکمی دارد (Munyai et al, 2019:1). به عبارت دیگر علاوه بر گستره و قدرت سیلاب، میزان آسیب‌پذیری اجتماعی نیز نقش مهمی در خسارت وارده ناشی از پدیده دارد (Fatemi et al, 2020:2).

شهر تهران به دلیل مرکزیت اداری و تمرکز جمعیت و دیگر فعالیت‌ها از موقعیت منحصر به فردی برخوردار است. همچنین شرایط این شهر از نظر توپوگرافی قابل تأمل بوده و این موضوع منجر به وجود آمدن حساسیت‌های محیطی گردیده است (مطوف و همکاران، ۱۳۹۴:۷۲). تهران بزرگ در دامنه جنوبی کوه‌های البرز مرکزی واقع شده است، توسعه فیزیکی سریع تهران در پنج دهه اخیر، آن‌هم تا ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متری، موجب افزایش سطوح نفوذناپذیر شده است. آمارها نشان می‌دهند که تعداد حوادث سیل در شهر تهران در چند دهه اخیر رو به افزایش بوده است. هر چند وجود حوضه‌های آبریز شمالی جنوبی (به سمت محدوده شهری)، شیب تند مناطق شمالی تهران، اختلاف ارتفاع حدود ۷۰۰ متر بین شمال و جنوب تهران و رواناب‌های ناشی از بارش در ارتفاعات شمالی عوامل عمده وقوع سیلاب را تشکیل می‌دهند (سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۹۸).

تا کنون تحقیقات بسیار زیادی در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری نسبت به سیلاب صورت پذیرفته است که در ادامه برخی از آن‌ها مرور می‌گردد:

تیت و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان «قرار گرفتن در معرض سیل و آسیب‌پذیری اجتماعی در ایالات متحده» صورت دادند. نتایج به دست آمده مکان‌های اولویت دار را مشخص کرد که در آن مداخلات می‌توانند جنبه‌های فیزیکی و اجتماعی آسیب‌پذیری سیل را کاهش دهند. درک اینکه چه کسانی بیشتر در معرض سیل هستند و در چه مکان‌هایی زندگی می‌کنند، می‌تواند برای تنظیم استراتژی‌های اولویت‌بندی برای رسیدگی بهتر به کسانی که بیشترین نیاز را دارند مورد استفاده قرار گیرد. لی و همکاران (۲۰۲۱)، در تحقیقی تحت عنوان «پیش بینی آسیب‌پذیری اجتماعی و بهداشتی در برابر سیل در بنگلادش» به این نتیجه رسیدند که آسیب‌پذیرترین مناطق در شمال غربی، دشت‌های سیلابی شمال شرقی و منطقه جنوب غربی رودخانه قرار دارند و به طور بالقوه ۴۲ میلیون نفر (۲۶ درصد از کل جمعیت) را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

درفشی و همکاران (۱۳۹۹)، در تحقیقی تحت عنوان «ارائه الگویی در تحلیل و پهنه بندی سطح آسیب‌پذیری مناطق شهری: مطالعه موردی مناطق ۱۰ و ۲۲ شهر تهران» به این نتیجه رسیده‌اند که عامل تراکم جمعیت و تراکم شبکه آبراهه با ۰/۳۸۲۵ و ۰/۴۲۸ به ترتیب بیشترین و کمترین وزن‌های معیار را در تهیه نقشه آسیب‌پذیری دارند. میزان آسیب‌پذیری به دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی برای دو منطقه ۱۰ و ۲۲، به ترتیب دو عدد ۷/۸ و ۲/۶ را نشان می‌دهد.

خلیلی و اسروش (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران با استفاده از نرم افزار Arc GIS» با استفاده از مدل AHP و نرم افزار Expert

فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام» انجام دادند. بررسی و تحلیل نهایی نقشه به دست آمده بیانگر آن است که نواحی شمال و شمال غرب دارای بیشترین ظرفیت در برابر خطر سیل هستند. همچنین نتایج نشان داد که از کل مساحت منطقه ۰/۶ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بسیار بالا، ۶/۲۹ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بالا، ۲۰/۹۲ درصد در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۵۰/۲۳ درصد در طبقه آسیب‌پذیری کم، ۲۱/۹۵ درصد در طبقه آسیب‌پذیری بسیار کم قرار دارند. در جدول شماره (۱) نقاط ضعف و قوت پژوهش‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفته و تفاوت تحقیق فعلی با آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به موارد گفته شده سوالات اصلی این پژوهش بدین شرح است:

محلات آسیب‌پذیر شهر تهران از منظر ابعاد آسیب‌پذیری (تاثیرپذیری، عدم پایداری و در معرض خطر بودن) دارای چه نوع الگوی فضایی هستند و پراکنش آن‌ها به چه صورت است؟ محلات آسیب‌پذیر شهر تهران از منظر شاخص نهایی دارای چه نوع الگوی فضایی هستند و پراکنش آن‌ها به چه صورت است؟

choice به وزن دهی شاخص‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری نسبت به سیلاب پرداختند. بر اساس نتایج ارزیابی، شهرهای فنوج و انکهرن آسیب‌پذیرترین سکونتگاه‌های شهری در این منطقه هستند. همچنین نواحی جنوب شرقی استان نیز که به دلیل وجود متعدد رودخانه‌ها در آن از پهنه‌های آسیب‌پذیر محسوب می‌شود، باید مورد توجه قرار گیرد.

نوری و همکاران (۱۳۹۹)، در تحقیقی تحت عنوان «مدل‌سازی ساختاری - تفسیری عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی و اجتماعی شهر شیراز در برابر سانحه طبیعی سیل» با استفاده از روش دلفی و تحلیل میک مک به این نتیجه رسیدند که از میان شاخص‌های مورد بررسی، شاخص‌های وضعیت محل سکونت، وضعیت قرارگیری وسایل و تأسیسات، میزان توانمندی و اثربخشی و میزان اعتماد و همبستگی دارای قدرت نفوذ و وابستگی ضعیف هستند. شاخص‌های عمل جمعی و همکاری، تمرین، عضویت در گروه‌ها و شبکه‌های اجتماعی از قدرت نفوذ، توان و وابستگی بالایی با تاب‌آوری برخوردارند.

زیاری و همکاران (۱۴۰۰)، تحقیقی تحت عنوان «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق

جدول ۱. جمع‌بندی نقاط ضعف و تفاوت پژوهش‌های صورت گرفته با تحقیق فعلی

| نام نویسندگان و سال تحقیق مورد بررسی | عنوان پژوهش | نقاط ضعف پژوهش مورد بررسی |
|--------------------------------------|--|---|
| لی و همکاران (۲۰۲۱) | پیش‌بینی آسیب‌پذیری اجتماعی و بهداشتی در برابر سیل در بنگلادش | عدم بررسی شاخص‌های هیدرولیکی و زومورفولوژیکی عدم تحلیل فضایی نتایج به صورت کلی |
| تیت و همکاران (۲۰۲۱) | قرار گرفتن در معرض سیل و آسیب‌پذیری اجتماعی در ایالات متحده | عدم در نظر گرفتن ظرفیت مقابله عدم بررسی شرایط موجود |
| درفشی و همکاران (۱۳۹۹) | ارائه الگویی در تحلیل و پهنه‌بندی سطح آسیب‌پذیری مناطق شهری؛ مطالعه موردی مناطق ۱۰ و ۲۲ شهر تهران | عدم توجه به شاخص‌های اجتماعی ساکنین عدم تحلیل نقشه‌های فضایی |
| خلیلی و اسروش (۱۳۹۹) | ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران با استفاده از نرم افزار ARC GIS | استفاده از یک شاخص بین‌المللی بدون بومی‌سازی آن تعداد ناکافی زیرمعیارهای مورد بررسی |
| نوری و همکاران (۱۳۹۹) | مدل‌سازی ساختاری-تفسیری عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی و اجتماعی شهر شیراز در برابر سانحه طبیعی سیل | استفاده صرف از شاخص‌های کیفی و عدم توجه به شاخص‌های کمی عدم استفاده از نقشه‌های تحلیل فضایی عدم بررسی ادبیات تحقیق (با توجه به روش کیفی به کار رفته در این تحقیق) |
| زیاری و همکاران (۱۴۰۰) | پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام | عدم ارائه پیشنهادها کاربردی عدم توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها عدم لحاظ کردن ظرفیت مقابله در شاخص‌های مورد بررسی |

جمع‌بندی

| نقاط قوت و تفاوت تحقیق فعلی با پژوهش‌های پیشین | نقاط ضعف تحقیقات صورت پذیرفته |
|--|---|
| <p>بررسی کامل تمام ابعاد مؤثر بر آسیب‌پذیری نسبت سیل به صورت یکپارچه (تاثیرپذیری، عدم پایداری، میزان در معرض خطر بودن) تحلیل فضایی و کمی شرایط موجود و پیش‌بینی شرایط آسیب‌پذیری در صورت وقوع مخاطره</p> <p>انتخاب شاخص‌ها با توجه به شرایط اجتماعی و اکولوژیکی شهر تهران ارائه پیشنهادهای کاربردی</p> | <p>عدم ارائه پیشنهادها کاربردی</p> <p>عدم توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها</p> <p>عدم لحاظ کردن ظرفیت مقابله در شاخص‌های مورد بررسی</p> <p>تعداد ناکافی زیرمعیارهای مورد بررسی</p> <p>عدم توجه به شاخص‌های اجتماعی ساکنین</p> <p>عدم تحلیل نقشه‌های فضایی</p> <p>عدم تحلیل کمی وضع موجود</p> <p>استفاده صرف از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و فیزیکی</p> |

مبانی نظری

سیلاب

(بهمنی، ۱۳۹۸:۹۴). سیلاب‌های رودخانه اغلب ناشی از بارش‌های شدید است، که در برخی موارد همراه با ذوب برف می‌باشد. سیلابی که بدون پیش‌هشدار یا با پیش‌هشدار کمی در رودخانه جاری شود تند سیل نامیده می‌شود. تلفات جانی این تند سیلاب‌ها که در حوضه‌های کوچک به وقوع می‌پیوندد عموماً بیشتر از تلفات جانی سیلاب‌های رودخانه‌های بزرگ می‌باشند. نواحی ساحلی نیز در معرض آب‌گرفتگی ناشی از موج‌های به وجود آمده از طوفان‌های شدید بر سطح اقیانوس‌ها یا موج‌های ناشی از زلزله‌های زیرزمینی می‌باشند (بهزادی‌پور، ۱۳۹۳:۱۱).

مدیریت ریسک سیلاب

این مدیریت ترکیبی از عملکردهای مربوط به کاهش و پایش ریسک سیلاب است که مبنای آن، اطلاعات مربوط به حوزه‌های آبخیز و رفتار آب در آن‌ها می‌باشد و می‌توان آن را گرایش جدیدی در جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی مطرح نمود؛ زیرا این مدیریت بدون درک کامل و درست از ارزیابی فعالیت‌های مختلف منطقه و وقایع مرتبط با آن در انجام وظیفه خود موفق نخواهد بود (اصغری مقدم، ۱۳۹۱:۶). یکی از روش‌های مدیریتی مواجهه با خطر سیل، پهنه‌بندی سیل می‌باشد. نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، اطلاعات ارزشمندی را در مورد طبیعت سیلاب‌ها، اثرات آن بر اراضی دشت سیلاب‌ها و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد. با تعیین مناطقی که ریسک بالای سیل دارند، می‌توان از توسعه برای مناطق جلوگیری کرد و یا در صورت نیاز به توسعه در این مناطق، از ابتدا راهکارهای مدیریتی برای ساخت‌وساز در این بخش‌ها لحاظ شود (قبادی و همکاران، ۱۳۹۵:۳۵۳). کاربرد اصلی این نوع نقشه‌ها در مدیریت و برنامه‌ریزی کاربری اراضی در سیلاب‌دشت‌ها، بالا بردن سطح آگاهی مردم، توسعه طرح‌های کاهش خطرات سیلاب، تهیه برنامه‌های جامع مدیریت خطرپذیری سیلاب و تهیه دستورالعمل روپارویی با شرایط بحرانی می‌باشد. نقشه‌های خطر سیلاب مبنای تولید نقشه‌های خطرپذیری، بحران و سایر نقشه‌های مرتبط با مدیریت ریسک سیلاب است (سازمان برنامه و بودجه کشور،

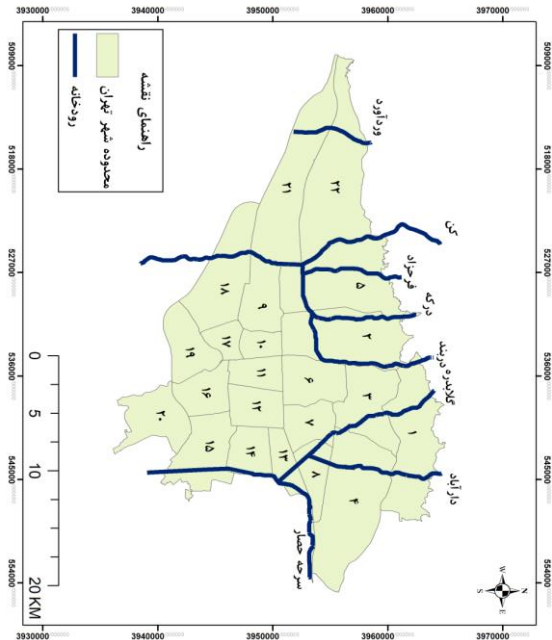
سیل به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی است که بر زندگی انسان‌ها تأثیر گذاشته و خسارات اقتصادی شدیدی را در سراسر جهان به بار می‌آورد. قابل درک است که خطرات سیل در آینده کاهش نخواهد یافت و با شروع تغییرات آب و هوایی، شدت و فراوانی سیل بسیاری از مناطق جهان را تهدید خواهد کرد. پتانسیل تلفات و خسارات سیل نیز در بسیاری از مناطق به دلیل توسعه نابرابر اجتماعی و اقتصادی در حال افزایش است (Ouma & Tateishi, 2014:1516). با افزایش وقوع سیلاب‌ها متعاقباً تعداد افراد متأثر از آن روند افزایشی نگران‌کننده‌ای به خود می‌گیرد. این ممکن است نتیجه رشد روزافزون جمعیت شهری باشد که بخش‌هایی از این رشد احتمالاً در مناطق سیل‌خیز صورت می‌پذیرد (UN, 2002:4). سیل به معنی طغیان کردن آب، زیر آب رفتن گستره‌ای از زمین و طوفانی شدن می‌باشد. در خلال یا پس از یک بارندگی شدید، مقدار دبی رودخانه به سرعت افزایش یافته و در نتیجه آب از بستر عادی خود سر ریز کرده و مناطق اطراف را دربر می‌گیرد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۹۹). در ادبیات بین‌المللی، سیلاب به جریان عظیمی گفته شده که بالا آمده و زمین‌های اطراف را که معمولاً در زیر آب نیست را غرقاب می‌کند. سیلاب غالباً به پدیده‌ای گفته می‌شود که با زیر آب بردن زمین‌ها، آثار بسیار زیان‌آوری به جای می‌گذارد (فرح‌زاد، ۱۳۹۴:۳۹). سیل از مخرب‌ترین خطرهای طبیعی است که جبران آثار آن به خصوص در مناطقی که مظاهر توسعه انسانی (مانند شهرها) در آنجا به چشم می‌خورد، هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند. توسعه شهرنشینی، به ویژه در حاشیه رودخانه‌ها، بر خسارات سیل در دهه‌های اخیر افزوده است (طهماسبی و محمدی، ۱۴۰۰:۲۳۴). سیلاب زمانی روی می‌دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب نموده و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کشش گذردمی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد

آسیب پذیری

مفهوم آسیب پذیری نشئت گرفته از پژوهش هایی در زمینه بلایای طبیعی و فقر بوده و به طور گسترده در رشته هایی از قبیل جغرافیا، بوم شناسی، علوم زیست محیطی، علم اقتصاد، امور مالی، مهندسی، روانشناسی و انسان شناسی استفاده شده است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۰). در دهه ۱۹۷۰، وایت (۱۹۷۴) و برتون (۱۹۷۸) این مفهوم را در مطالعات خود در مورد بلایای طبیعی معرفی کردند. بعدها، در دهه ۱۹۸۰، این مفهوم به تحقیقات در مورد گرسنگی و امنیت غذایی، فقر و توسعه گسترش یافت. در دهه ۱۹۹۰، محققان با تمرکز بر بلایای طبیعی شروع به توجه به تأثیر فعالیت های انسانی بر تغییرات محیطی جهانی، به ویژه تأثیر آن ها بر آسیب پذیری در برابر تغییرات آب و هوا کردند. در دوره معاصر نیز، تعداد زیادی از مطالعات در زمینه ابعاد انسانی تغییرات محیطی جهانی بر آسیب پذیری متمرکز شده است (Chuanglin et al, 2016:154). آسیب پذیری را می توان به عنوان فرآیندی تعریف کرد که از ترکیب بسیاری از عوامل منفی ایجاد می شود که در آن هرگونه امکان تحرک اجتماعی رو به بالا و غلبه بر محرومیت های شرایط اجتماعی، بسیار دشوار است. معمولاً مناطق آسیب پذیرتر و آسیب دیده تر فاقد خدمات اولیه و دارای تعداد ساختمان های فرسوده، ویژگی های اجتماعی نامطلوب، افراد آسیب پذیر و تفاوت های جنسیتی بارزتر هستند (Scholarly community encyclopedia, 2022). آسیب پذیری شرایطی است که عوامل یا فرآیندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی، حساسیت یک فرد، یک جامعه، دارایی ها یا سیستم ها را نسبت به اثرات مخاطرات افزایش می دهد (Kelman, 2018:284). به عبارت دیگر میزان آسیب پذیری با ویژگی های اجتماعی و فیزیکی یک جامعه تعیین می شود. الگوهای جمعیتی و وضعیت اقتصادی عوامل مرتبط با آسیب پذیری اجتماعی هستند و ویژگی های کالبدی باعث می شود آسیب پذیری فیزیکی در مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت باشد (Jeong & Yoon, 2018:2).

محدوده مورد مطالعه

شهر تهران بیش از ۶۰۰ کیلومتر مربع (مناطق ۲۲ گانه مصوب شورای شهر) مساحت دارد و بین ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است (سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۴۰۱). این شهر در دامنه جنوبی کوه های البرز مرکزی در بخش وسطی و سفلی حوضه های شمالی و جنوبی قرار گرفته است (داوری و امینی، ۱۴۰۲: ۵).



شکل ۱. پراکنش فضایی رودخانه های سطح شهر تهران (منبع: نگارندگان)

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی است که با روش توصیفی تحلیلی مبتنی بر اطلاعات کتابخانه ای انجام گرفته است. محدوده مورد مطالعه این تحقیق تمام محلات شهر تهران می باشد. با استفاده از داده های موجود در آمارنامه های رسمی کشور، زیرشاخص های آسیب پذیری در قالب سه دسته جداگانه (در معرض خطر بودن، تأثیرپذیری و عدم تاب آوری) استخراج شده و سپس با استفاده از مدل وزن دهی آنتروپی شانون، به صورت جداگانه دارای وزن مخصوص به خود شدند. در مرحله بعدی، وزن به دست آمده در شاخص ها ضرب شدند. در گام نهایی شاخص های مورد بررسی در چارچوب مدل MOVE با یکدیگر ترکیب شده و شاخص نهایی آسیب پذیری ایجاد گردید (رابطه ۱). مدل MOVE عوامل کلیدی آسیب پذیری را متمایز می کند و ابعاد مختلف موضوعی آسیب پذیری را نشان می دهد. عوامل کلیدی آسیب پذیری به شرح زیر تعریف می شوند:

- در معرض خطر قرار گرفتن: این شاخص میزان قرار گرفتن یک مکان یا موقعیت را در محدوده جغرافیایی یک رویداد خطرناک توصیف می کند. قرار گرفتن در معرض خطر در ارتباط با ویژگی های فیزیکی ثابت سیستم های اجتماعی (مانند زیرساخت ها) و همچنین سیستم های انسانی (معیشت، اقتصاد، فرهنگ) تعریف می شود (Birkmann et al, 2013:198).
- تأثیرپذیری: حساسیت (یا شکنندگی) عناصر در معرض خطر (اجتماعی و کالبدی) را برای متحمل شدن آسیب توصیف می کند. اگرچه حساسیت و

$$E \left(\frac{1}{2} (S_i + LOR_i) \right)$$

رابطه ۱. شاخص نهایی آسیب‌پذیری

در رابطه شماره (۱)، E بیانگر شاخص‌های میزان در معرض خطر بودن است. S_i به معنای شاخص‌های تأثیرپذیری و LOR نمایانگر شاخص‌های عدم پایداری است. در نهایت وضعیت فضایی محدوده مورد مطالعه در هر یک از دسته‌های مذکور و شاخص نهایی مورد تحلیل قرار گرفت. عوامل اصلی مدل $MOVE$ مربوط به قرار گرفتن در معرض خطر قرار گرفتن یک جامعه یا سیستم، تأثیرپذیری سیستم یا جامعه در معرض خطر و عدم ظرفیت تاب‌آوری در برابر آن می‌باشند (Diouf Sane et al, 2015:419). در جدول (۲) معیارهای به کار رفته در این تحقیق، نمایش داده شده است.

شکندگی به تفاوت‌های ظریفی در مفاهیم مختلف دلالت می‌کند، اما در این پژوهش عمدتاً از آن‌ها به صورت مترادف استفاده می‌شود تا بر تفاوت‌های اصلی بین قرار گرفتن در معرض خطر، تأثیرپذیری و عدم پایداری تأکید شود (Birkmann et al, 2013:200).

• عدم پایداری: فقدان تاب‌آوری یا ظرفیت واکنش با محدودیت‌هایی از نظر دسترسی و بسیج منابع یک جامعه یا یک سیستم اجتماعی در واکنش به یک خطر شناسایی شده تعیین می‌شود. این شامل جلوگیری از کاهش خطر، مقابله به موقع و اقدامات واکنش پس از حادثه است (Diouf Sane et al, 2015:419).

جدول ۲. معیارهای به کار رفته در پژوهش و توضیحات مربوطه

| شاخص | | | ابعاد | | |
|---|------------------------------------|--|------------------------------|--|---|
| Mason et al, 2021; Preciado et al, 2020 | فاصله از بافت فرسوده | Kumar et al, 2020; Tanir et al, 2022 | نزدیکی به رودها | Yang et al, 2018; Bigi et al, 2021 | تراکم جمعیت |
| Cerbaro et al, 2022 | نسبت خانه‌های با وضعیت حاشیه نشینی | Karmaoui & Balica, 2019; Munyai et al, 2019 | میزان ارتفاع | Salazar Briones et al, 2020; Chang et al, 2021 | شیب |
| Usman Kaoje et al, 2021 | نزدیکی به محدوده‌های آبی | Sekovski et al, 2020 | فاصله از فضای سبز | Haily Erena & Worku, 2019 | فاصله از زمین‌های ساخته شده (زمین‌های با پوشش آسفالت) |
| Chang et al, 2021; Chang et al, 2021 | فاصله از بافت‌های ریزدانه | Ahmad Shah et al, 2018; Spielman et al, 2020 | فاصله از بافت‌های نفوذناپذیر | Lavagnoli Moreira et al, 2021; Lavagnoli Moreira et al, 2021 | فاصله از بافت‌های ناپایدار |
| Mason et al, 2021 | بار تکفل خالص | Tanir et al, 2022; Karmaoui & Balica, 2019 | بعد خانوار | Preciado et al, 2020; Chang et al, 2021 | جمعیت وابسته |
| Chang et al, 2021 | نسبت زنان مجرد | Yang et al, 2018; Bigi et al, 2021 | نسبت زنان سرپرست خانوار | Bigi et al, 2021 | نسبت کودکان زیر ۵ سال |
| Munyai et al, 2019; Chang et al, 2021 | نسبت مهاجرین | Usman Kaoje et al, 2021; Spielman et al, 2020 | نسبت زنان به مردان | Lavagnoli Moreira et al, 2021; Kumar et al, 2020 | میزان تأثیرپذیری نسبت افراد بالای ۶۵ سال |
| Lavagnoli Moreira et al, 2021; Preciado et al, 2020 | نسبت زنان مطلقه به کل زنان | Tanir et al, 2022; Salazar Briones et al, 2020 | نسبت بی سواد | Haily Erena & Worku, 2019; Lavagnoli Moreira et al, 2021 | نسبت جمعیت زنان به کل جمعیت |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|-------------------|
| Yang et al, 2018; Bigi et al, 2021 | نرخ بیکاری مردان ۱۰ ساله و بیشتر | Karmaoui & Balica, 2019; Munyai et al, 2019 | نسبت افراد مجرد | Kumar et al, 2020; Sekovski et al, 2020 | نسبت جمعیت با درآمد بدون کار | |
| Preciado et al, 2020; Cerbaro et al, 2022 | تعداد خانوار در واحد مسکونی | Chang et al, 2021; Haily Erena & Worku, 2019 | نرخ بیکاری افراد ۱۰ ساله و بیشتر (کل) نسبت واحدهای مسکونی با مساحت کمتر از ۵۰ متر مربع | Salazar Briones et al, 2020; Tanir et al, 2022 | نرخ بیکاری زنان ۱۰ ساله و بیشتر | |
| | | Mason et al, 2021; Preciado et al, 2020 | | Ahmad Shah et al, 2018 | نفر در واحد مسکونی | |
| Usman Kaoje et al, 2021; Cerbaro et al, 2022 | دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها و خانه‌های سلامت) | Salazar Briones et al, 2020; Chang et al, 2021 | نرخ اشتغال زنان ۱۰ ساله و بیشتر | Salazar Briones et al, 2020; Chang et al, 2021 | نرخ اشتغال مردان ۱۰ ساله و بیشتر | |
| Tanir et al, 2022; Chang et al, 2021 | دسترسی به ایستگاه‌های مترو | Yang et al, 2018; Bigi et al, 2021 | دسترسی به ایستگاه‌های آتش نشانی | Salazar Briones et al, 2020; Chang et al, 2021 | نرخ اشتغال افراد ۱۰ ساله و بیشتر (کل) | |
| Chang et al, 2021 | تراکم اشتغال | Chang et al, 2021 | توازن اشتغال | Spielman et al, 2020, Sekovski et al, 2020 | نسبت خانوارهای دارای خانه مالکیتی به استیجاری | |
| Munyai et al, 2019; Mason et al, 2021 | نسبت واحدهای مسکونی مقاوم بر حسب نوع اسکلت | Yang et al, 2018; Cerbaro et al, 2022 | نسبت جمعیت مردان به زنان | Haily Erena & Worku, 2019; Lavagnoli Moreira et al, 2021 | نسبت اشتغال زنان به مردان | میزان عدم پایداری |
| Lavagnoli Moreira et al, 2021 | دسترسی به مراکز تخلیه امن | Kumar et al, 2020; Tanir et al, 2022 | نسبت با سواد | Munyai et al, 2019; Mason et al, 2021 | نسبت واحدهای مسکونی مقاوم بر حسب نوع مصالح | |
| Chang et al, 2021; Cerbaro et al, 2022 | دسترسی به ایستگاه‌های انتظامی | Munyai et al, 2019; Chang et al, 2021 | دسترسی به راه‌های شریانی درجه یک | Sekovski et al, 2020; Spielman et al, 2020 | فاصله از فضای بایر | |
| Haily Erena & Worku, 2019; Lavagnoli Moreira et al, 2021 | میانگین مساحت واحد مسکونی | Salazar Briones et al, 2020 | دسترسی به داروخانه‌ها | Yang et al, 2018; Lavagnoli Moreira et al, 2021 | دسترسی به پایگاه‌های انتقال خون | |

گویه ضروری است.
گویه مفید است ولی ضروری نیست.
گویه ضرورتی ندارد.
پس از گردآوری دیدگاه خبرگان با استفاده از رابطه زیر می‌توان CVR را محاسبه کرد:

$$CVR = \left(\frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \right)$$

رابطه ۲. نسبت روایی محتوایی

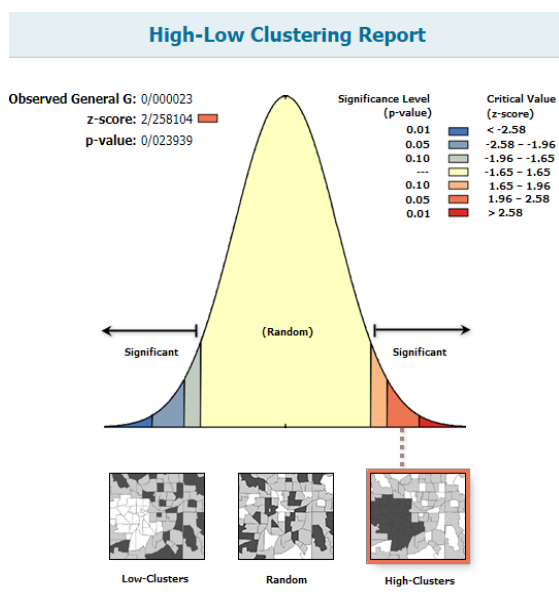
برای ارزیابی روایی شاخص‌های مورد بررسی از نسبت روایی محتوایی یا *Content Validity Ratio; CVR* استفاده شد که یک روش سنجش روایی پرسشنامه است. جهت محاسبه این نسبت از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه محتوای آزمون مورد نظر استفاده می‌شود. ابتدا اهداف آزمون برای خبرگان توضیح داده می‌شود و تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات بیان می‌شود. سپس از آنها خواسته می‌شود تا هر یک از سؤالات را بر اساس طیف سه‌بخشی لیکرت طبقه بندی کنند:

N : تعداد کل متخصصین

n_e : تعداد متخصصینی که گزینه ضروری را انتخاب کرده‌اند.

جدول ۳. نسبت روایی محتوایی شاخص‌های مورد بررسی

| | |
|--|--------|
| تعداد خبره پاسخگو (اساتید دانشگاه در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و رشته پدافند غیر عامل) | ۱۵ نفر |
| مقدار CVR شاخص‌های بعد تاثیرپذیری | ۰/۶۵ |
| میزان رقم مورد تایید CVR | ۰/۴۹ |
| مقدار CVR شاخص‌های بعد عدم پایداری | ۰/۸۰ |
| میزان رقم مورد تایید CVR | ۰/۴۹ |
| مقدار CVR شاخص‌های بعد در معرض خطر بودن | ۰/۵۸ |
| میزان رقم مورد تایید CVR | ۰/۴۹ |



Given the z-score of 2.25810368219, there is a less than 5% likelihood that this high-clustered pattern could be the result of random chance.

شکل ۲. نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی بعد تاثیرپذیری

جدول ۴. نتایج تحلیلی ابزار High Low Clustering در زمینه بعد تاثیرپذیری

| | |
|--------------------------|----------|
| آماره G مشاهده شده | ۰/۰۰۰۰۲۳ |
| آماره G مورد انتظار | ۰/۰۰۰۰۲۳ |
| واریانس | ۰/۰۰ |
| امتیاز استاندارد شده Z | ۲/۲۵۸۱۰۴ |
| مقدار P Value | ۰/۰۲۳۹۳۹ |

بررسی توزیع فضایی بعد عدم پایداری با استفاده از ابزار High low clustering

در این قسمت نیز فرضیه صفر برای آماره عمومی G در مورد بعد عدم پایداری مورد بررسی قرار گرفته و این‌گونه بیان می‌شود که «هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر مربوط به بعد عدم پایداری در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد». با توجه به نمره Z

همچنین برای بررسی توزیع فضایی آسیب‌پذیری در ابعاد سه گانه از ابزارهای *High low clustering* و موران محلی استفاده شده است.

نتایج و بحث

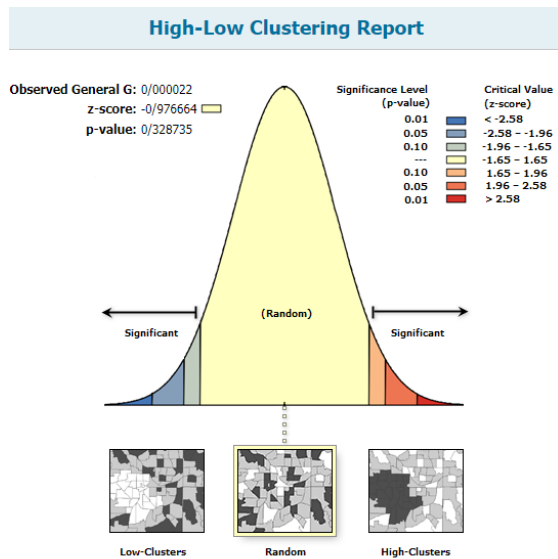
ابزار High low clustering

بررسی توزیع فضایی بعد تاثیرپذیری با استفاده از ابزار High low clustering

آماره G نوعی ابزار خوشه‌بندی زیاد / کم آمار استنتاجی است و نتایج آن بر مبنای فرضیه صفر تفسیر و بیان می‌شوند. فرضیه صفر برای آماره عمومی G در مورد بعد تاثیرپذیری اینگونه بیان می‌شود: «هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر مربوط به بعد تاثیرپذیری در مطالعه وجود ندارد». حال با توجه به نمره استاندارد Z (۲/۲۵) و مقدار P Value (۰/۰۲) در منطقه مورد مطالعه (مناطق ۲۲ گانه شهر تهران) در بعد تاثیرپذیری، کمتر از یک درصد احتمال وجود دارد که الگوی خوشه‌بندی فضایی مقادیر تاثیرپذیری مناطق شهر تهران ناشی از شانس و اتفاق باشد، بنابراین فرضیه صفر رد می‌شود؛ لذا با توجه به امتیاز P Value که نزدیک به صفر است و همچنین واریانس صفر، می‌توان گفت نتایج از یک الگوی با تمرکز بالا حکایت منطقه مورد دارد.

با توجه به این که مقدار استاندارد شده مثبت بوده و سطح معناداری در ناحیه قرمز (داغ) نمایش داده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در این منطقه خوشه‌بندی فضایی در مورد مقادیر بالا صورت گرفته است؛ یعنی مناطقی که به لحاظ فضایی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل خوشه داده‌اند، مناطقی هستند که از تاثیرپذیری بالایی برخوردار هستند. شکل (۲) نتایج گزارش *High low Clustering* در زمینه بعد تاثیرپذیری را در قالب نمودار نشان می‌دهد. جدول (۴) نیز اطلاعات مربوط به آماره G ، واریانس، امتیاز Z و مقدار P را نشان می‌دهد.

مقادیر مربوط به بعد در معرض خطر بودن را تایید می‌کند. به عبارت دیگر «هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر مربوط به بعد در معرض خطر بودن در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد». یافته‌های این بخش بیانگر آن است که نمره Z عدد (۰/۹۷) را نشان می‌دهد که نشان دهنده توزیع تصادفی مناطق مورد مطالعه و مبین این واقعیت است که بعد طبیعی مربوط به آسیب‌پذیری مناطق از قواعد خاصی پیروی نمی‌کند. به عبارت دیگر اگر نمره Z از یک بیشتر بود نشان از خوشه‌بندی مناطق در بعد در معرض خطر بودن بود. در حالی که با توجه به نتیجه به دست آمده از آماره G که عددی بسیار نزدیک به صفر است، این خوشه‌بندی صورت نگرفته است و آسیب‌پذیری در این بعد از نظم خاصی پیروی نمی‌کند. این موضوع، تحلیل و تفسیر الگوی رفتاری آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی جهت کاهش آن را به مراتب دشوارتر نموده و پیش‌بینی آن را نیز پیچیده‌تر می‌کند. شکل (۴) نتایج گزارش *High low Clustering* در زمینه بعد در معرض خطر بودن را در قالب نمودار نشان می‌دهد. جدول (۶) نیز اطلاعات مربوط به آماره G ، واریانس، امتیاز Z و مقدار P را نشان می‌دهد.



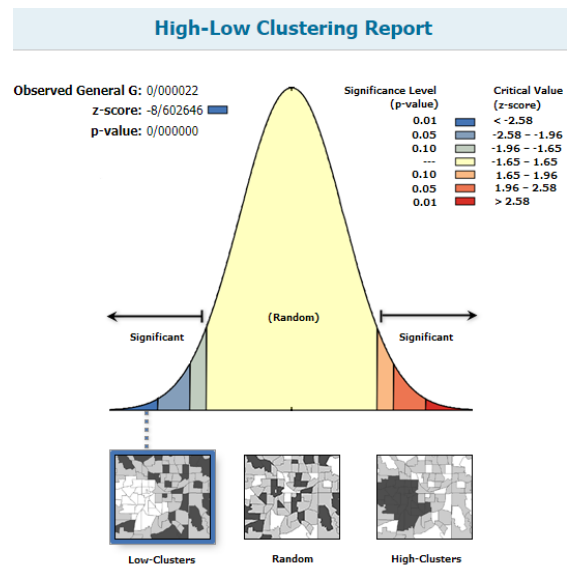
Given the z-score of -0.976664128922, the pattern does not appear to be significantly different than random.

شکل ۴. نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی بعد در معرض خطر بودن

جدول ۶. نتایج تحلیلی ابزار *High Low Clustering* در زمینه بعد در معرض خطر بودن

| | |
|--------------------------|----------|
| آماره G مشاهده شده | ۰/۰۰۰۰۲۲ |
| آماره G مورد انتظار | ۰/۰۰۰۰۲۳ |
| واریانس | ۰/۰۰ |
| امتیاز استاندارد شده Z | ۰/۹۷۶۶۶۴ |
| مقدار P Value | ۰/۳۲۸۷۲۵ |

و همچنین مقدار P Value که عدد (۰) را نشان می‌دهد، می‌توان گفت بر خلاف بعد تاثیرپذیری، نتایج بیانگر توزیع خوشه‌ای مقادیر با ارزش پایین در منطقه مورد مطالعه است؛ یعنی مناطقی که به لحاظ فضایی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل خوشه داده‌اند، مناطقی هستند که از پایداری بالایی برخوردار هستند. دلیل این امر مقدار بسیار پایین Z است که از یک کمتر بود و در نتیجه مقادیر پایین خوشه‌بندی شدند؛ این در حالی است که این رقم در بعد تاثیرپذیری بیشتر از یک بود. همچنین با توجه به مقادیر Z و P Value می‌توان گفت به احتمال ۹۹ درصد نتایج به دست آمده از سطح اطمینان برخوردارند. شکل (۳) نتایج گزارش *High low Clustering* در زمینه بعد عدم پایداری را در قالب نمودار نشان می‌دهد. جدول (۵) نیز اطلاعات مربوط به آماره G ، واریانس، امتیاز Z و مقدار P را نشان می‌دهد.



Given the z-score of -8.60264621329, there is a less than 1% likelihood that this low-clustered pattern could be the result of random chance.

شکل ۳. نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی بعد عدم پایداری

جدول ۵. نتایج تحلیلی ابزار *High Low Clustering* در زمینه بعد عدم پایداری

| | |
|--------------------------|----------|
| آماره G مشاهده شده | ۰/۰۰۰۰۲۲ |
| آماره G مورد انتظار | ۰/۰۰۰۰۲۳ |
| واریانس | ۰/۰۰ |
| امتیاز استاندارد شده Z | ۸/۶۰۲۶۴۶ |
| مقدار P Value | ۰/۰۰ |

بررسی توزیع فضایی بعد در معرض خطر بودن با استفاده از ابزار *High low clustering*

نتایج به دست آمده فرضیه صفر آماره عمومی G را در زمینه

جدول ۷. نتایج تحلیلی ابزار High Low Clustering در

| زمینه شاخص نهایی آسیب پذیری | |
|-----------------------------|----------|
| آماره G مشاهده شده | ۰/۰۰۰۰۲۱ |
| آماره G مورد انتظار | ۰/۰۰۰۰۲۳ |
| واریانس | ۰/۰۰ |
| امتیاز استاندارد شده Z | ۳/۸۳۶۶۹۷ |
| مقدار P Value | ۰/۰۰۰۱۲۵ |

مدل Moran محلی

الگوی توزیع فضایی بعد تاثیرپذیری با استفاده از ابزار

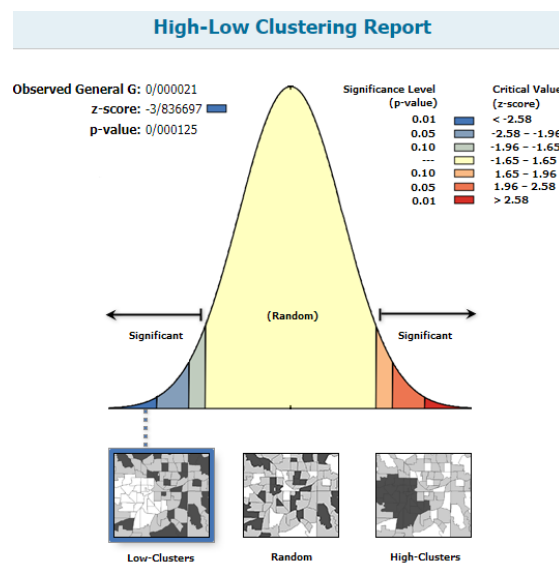
Moran محلی

پس از مشخص شدن نتایج در زمینه وجود خوشه بندی یا عدم وجود آن در محدوده مورد مطالعه، در این مرحله با استفاده از ابزار موران محلی، موقعیت فضایی محلات دارای خوشه بندی شدید و ضعیف و همچنین ناخوشه تعیین گردید. بر این اساس از موران محلی برای سنجش خود همبستگی توزیع فضایی محلات از نظر زیرشاخص تاثیرپذیری استفاده شده است. با بررسی نتایج می توان گفت ۸ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای تاثیرپذیری بالایی هستند با محلاتی همجوار می باشند که آن ها نیز دارای تاثیرپذیری بالایی هستند. از لحاظ فضایی این محلات عمدتاً در نیمه جنوبی منطقه ۶، مناطق ۱۷ و ۱۹ متمرکز هستند. برخی دیگر نیز به صورت پراکنده در مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ قرار گرفتند. ۱۲ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - پایین قرار داشتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای تاثیرپذیری پایینی هستند با محلاتی همجوار می باشند که آن ها نیز دارای تاثیرپذیری پایینی هستند. این محلات عمدتاً در مناطق ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۱۹ قرار دارند. برخی دیگر نیز به صورت پراکنده در مناطق ۱۹، ۱۶، ۵ و ۲۲ قرار دارند. ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - پایین قرار می گرفتند و تشکیل ناخوشه می دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای تاثیرپذیری بالایی هستند اما با محلاتی همجوار می باشند که آن ها دارای تاثیرپذیری پایینی هستند. مرکز تمرکز این محلات از لحاظ فضایی مرز جنوب شرقی منطقه ۱۲ و شمال غربی منطقه ۱۴ می باشد. برخی دیگر نیز به صورت پراکنده در مناطق ۱۸، ۵ و ۴ قرار داشتند. ۳ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - بالا قرار می گرفتند و تشکیل ناخوشه می دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای تاثیرپذیری پایینی هستند اما با محلاتی همجوار می باشند که آن ها دارای تاثیرپذیری بالایی هستند. این محلات عمدتاً در منطقه ۱۹ و ۱۷ قرار داشتند. برخی مناطق

بررسی توزیع فضایی شاخص نهایی آسیب پذیری با

استفاده از ابزار High low clustering

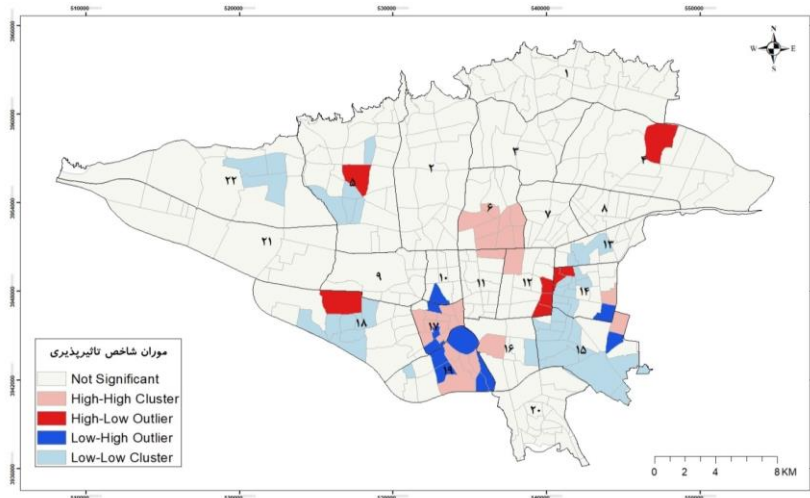
فرضیه صفر برای آماره عمومی G در مورد شاخص نهایی آسیب پذیری این گونه بیان می شود: «هیچ نوع خوشه بندی فضایی در مقادیر مربوط به شاخص نهایی آسیب پذیری در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد». برای تست فرضیه صفر، ابتدا لازم است سطح معنی داری نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس و با توجه به نمره استاندارد Z (۳/۸۳) و همچنین مقدار P Value (۰/۰۰۰۱) می توان با اطمینان ۹۹ درصد گفت که الگوی خوشه بندی فضایی مقادیر شاخص نهایی آسیب پذیری مناطق شهر تهران ناشی از شانس و اتفاق نیست، بنابراین فرضیه صفر رد می شود. همچنین با توجه به این که مقدار استاندارد شده منفی بوده و سطح معناداری در ناحیه آبی (سرد) نمایش داده شده است؛ می توان نتیجه گرفت که در شاخص نهایی خوشه بندی فضایی در مورد مقادیر پایین صورت گرفته است؛ یعنی مناطقی که به لحاظ فضایی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل خوشه داده اند، مناطقی هستند که از آسیب پذیری کمی در برابر سیلاب برخوردار هستند. شکل (۵) نتایج گزارش High low Clustering در زمینه شاخص نهایی آسیب پذیری را در قالب نمودار نشان می دهد. جدول (۷) نیز اطلاعات مربوط به آماره G، واریانس، امتیاز Z و مقدار P را نشان می دهد.



Given the z-score of -3.83669697021, there is a less than 1% likelihood that this low-clustered pattern could be the result of random chance.

شکل ۵. نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی شاخص نهایی آسیب پذیری

دیگر نیز که این محلات در آن‌ها قرار گرفته بودند. شامل مناطق ۱۴، ۱۵ و ۱۰ می‌شد.

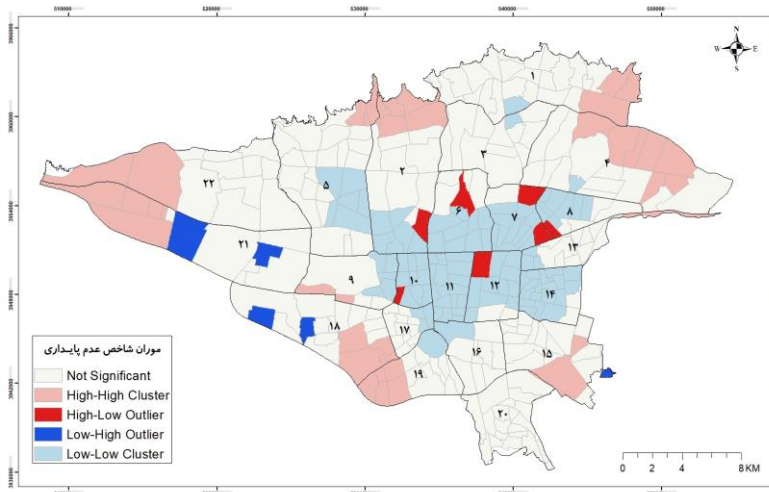


شکل ۶. پراکنش فضایی محلات مورد مطالعه با استفاده از ابزار موران محلی

این که خود دارای پایداری بالایی هستند با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای پایداری بالایی هستند. از لحاظ فضایی عمده محلات واقع در مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۶، ۷، ۸، ۲ و ۵ در این دسته بودند. برخی دیگر نیز به صورت پراکنده در مناطق ۱، ۴، ۱۳، ۱۹ و ۱۶ واقع شده بودند. ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - پایین قرار داشتند و تشکیل ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای پایداری پایینی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای پایداری بالایی هستند. از لحاظ فضایی این محلات به صورت جداگانه در مناطق مرکزی تهران مانند ۱۰، ۱۲، ۲، ۶، ۷ و ۸ قرار داشتند. ۱ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - بالا قرار داشتند و تشکیل ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای پایداری بالایی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای پایداری پایینی بودند.

الگوی توزیع فضایی بعد عدم پایداری با استفاده از ابزار محلی Moran

نتایج موران محلی در زمینه بعد عدم پایداری نشان داد که ۱۱ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای پایداری پایینی هستند با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای پایداری پایینی هستند. از لحاظ فضایی این محلات اکثراً در نواحی مرزی مناطق قرار گرفتند. به طوری که محلات واقع در منتهی غربی مناطق ۲۱ و ۲۲، محلات واقع در مرز شمالی مناطق ۲ و ۵، محلات واقع در نیمه جنوبی مناطق ۱۸ و ۱۹، محلات واقع در نیمه شرقی ۱، ۴، ۱۵، ۱۳ و همچنین محله‌ای در نیمه جنوبی منطقه ۹ در این دسته قرار می‌گرفتند. ۳۱ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - پایین قرار می‌گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر



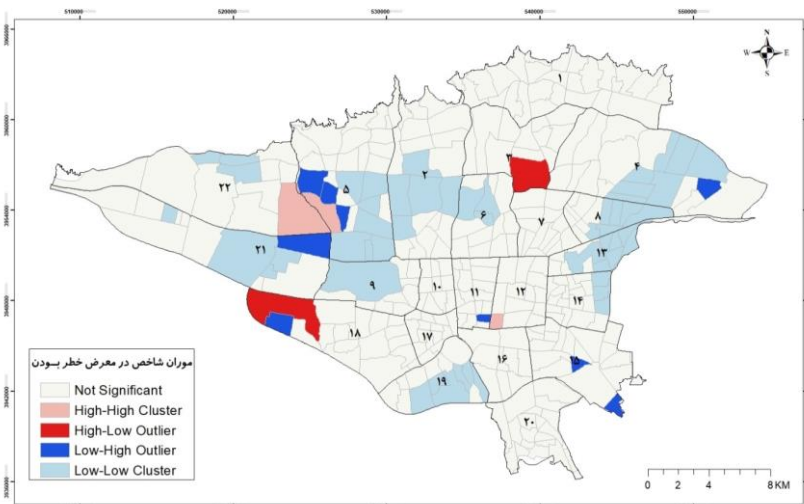
شکل ۷. پراکنش فضایی محلات مورد مطالعه با استفاده از ابزار موران محلی (بعد عدم پایداری)

۶ و ۹ بود. مابقی محلات واقع در این دسته به صورت پراکنده در مناطق ۱۹، ۲۱ و ۲۲ قرار داشتند. یک درصد محلات واقع در دسته با ارزش بالا - پایین قرار می‌گرفتند و تشکیل ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود در معرض خطر بالایی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای خطر پایینی هستند. محلات مذکور از لحاظ فضایی در غرب منطقه ۱۸ و جنوب شرقی منطقه ۳ واقع شده بودند. ۳ درصد محلات نیز در دسته با ارزش پایین - بالا قرار می‌گرفتند و تشکیل ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود در معرض خطر پایینی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای خطر بالایی هستند. این محلات عمدتاً در نیمه غربی تهران و به ویژه منطقه ۵ واقع شده بودند. مابقی محلات این دسته در مناطق ۴، ۱۱، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ واقع شده بودند.

الگوی توزیع فضایی بعد در معرض خطر بودن با استفاده

از ابزار Moran محلی

نتایج موران محلی بیانگر آن بود که ۱ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای در معرض خطر بالایی هستند با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای خطر بالایی هستند. این محلات در شرق منطقه ۲۲ و جنوب غرب منطقه ۵ واقع شده بودند. ۱۵ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - پایین قرار می‌گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای در معرض خطر دارای خطر پایینی هستند. با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای خطر پایینی هستند. این محلات دارای چند تمرکز در سطح شهر تهران بودند. نخست در نیمه شرقی تهران که به صورت پیوسته در مناطق ۴، ۸، ۱۳ و ۱۴ قرار داشتند. تمرکز دیگر محلات مجاور هم در مناطق ۲، ۵،



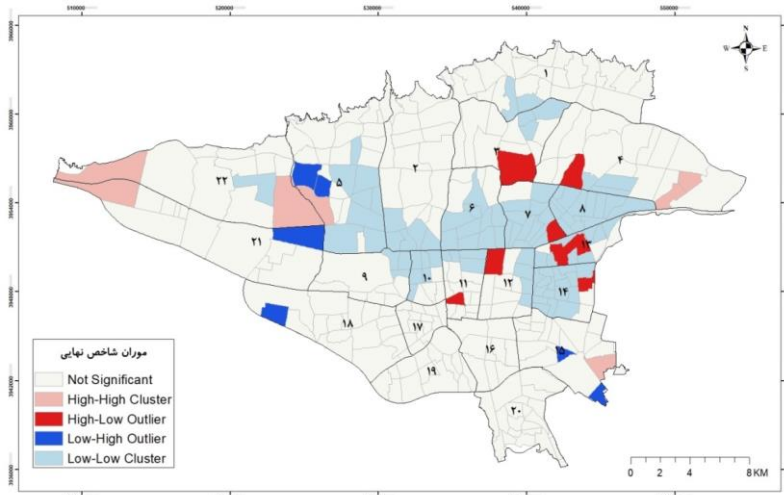
شکل ۸. پراکنش فضایی محلات مورد مطالعه با استفاده از ابزار موران محلی (بعد در معرض خطر بودن)

بودند. دیگر مناطقی که این محلات در آن‌ها قرار داشتند عبارتند از ۱۱، ۵، ۲۲، ۱، ۲، ۳ و ۴. مناطق مذکور دارای تعداد کمتری محلات با ارزش پایین - پایین نسبت به مناطقی بودند که پیش از این از آن‌ها نام برده شده بود. ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - پایین قرار داشتند و تشکیل ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای آسیب‌پذیری پایینی هستند. این محلات به صورت جداگانه در مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۳، ۴ و ۷ قرار داشتند. ۲ درصد محلات نیز در دسته با ارزش پایین - بالا قرار می‌گرفتند و تشکیل یک ناخوشه می‌دادند. بدین معنی که این محلات خود دارای آسیب‌پذیری پایینی هستند اما با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند. از لحاظ فضایی این محلات از شرق تا غرب شهر تهران به صورت همجوار در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. بیشتر محلات واقع در مناطق ۶، ۷، ۸، ۱۳، ۱۴ و ۱۰ در این دسته ۱۵ در شرق تهران واقع شده بودند.

الگوی توزیع فضایی شاخص نهایی آسیب‌پذیری با

استفاده از ابزار Moran محلی

با بررسی نتایج شاخص نهایی نیز می‌توان گفت ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند. این محلات در مناطق غربی ۲۱، ۲۲ و ۵ و مناطق شرقی ۱۵ و ۴ واقع شده بودند. ۲۸ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - پایین قرار داشتند. بدین معنی که این محلات علاوه بر این که خود دارای آسیب‌پذیری پایینی هستند با محلاتی همجوار می‌باشند که آن‌ها نیز دارای آسیب‌پذیری پایینی هستند. از لحاظ فضایی این محلات از شرق تا غرب شهر تهران به صورت همجوار در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. بیشتر محلات واقع در مناطق ۶، ۷، ۸، ۱۳، ۱۴ و ۱۰ در این دسته



شکل ۹. پراکنش فضایی محلات مورد مطالعه با استفاده از ابزار موران محلی (شاخص نهایی)

بخش‌هایی از شهر که دارای عدم پایداری پایینی هستند، در یک محدوده معین هستند و بخش‌های دارای عدم پایداری بالا پراکندگی دارند، که دارای این موضوع باعث کاهش تاثیرات یک مخاطره در صورت وقوع آن خواهد شد. در بعد در معرض خطر بودن نیز هیچ خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید و داده‌ها به صورت اتفاقی پخش شده بودند. این موضوع بیانگر این نکته است که چه بخش‌های دارای معرض خطر بالا و چه بخش‌های دارای معرض خطر پایین دارای خوشه‌بندی نبودند. این شرایط باعث می‌شود در صورت وقوع مخاطره تمام تاثیرات آن متوجه یک بخش از شهر نباشد و تاثیرات آن در مقیاس کمتر در سطح شهر پخش شده باشد. با ترکیب ابعاد و تهیه شاخص نهایی مشخص گردید که این شاخص هم دارای خوشه‌بندی در زمینه مقادیر کم بوده است. به عبارت دیگر نتایج کلی هم حاکی از مثبت بودن شرایط است؛ زیرا علی‌رغم خوشه‌بندی بودن شهر از لحاظ شرایط آسیب‌پذیری، بخش‌های دارای آسیب‌پذیری کمتر به یکدیگر نزدیک‌تر هستند و بخش‌های دارای آسیب‌پذیری بیشتر دارای پراکندگی بودند. پس از مشخص شدن نتایج در زمینه وجود خوشه‌بندی یا عدم وجود آن در محدوده مورد مطالعه، در این مرحله با استفاده از ابزار موران محلی، موقعیت فضایی محلات دارای خوشه‌بندی شدید و ضعیف و همچنین ناخوشه تعیین گردید. با محاسبه موران محلی در زمینه بعد تاثیرپذیری برای محله‌های شهر تهران مشخص شد که به صورت کلی ۲۰ درصد محلات دارای خوشه‌بندی و ۵ درصد آن‌ها تشکیل ناخوشه می‌دادند. برای ۷۵ درصد محلات نیز خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید. با بررسی دقیق‌تر می‌توان گفت در زمینه محلات دارای خوشه‌بندی، ۸ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند. از لحاظ فضایی نیز این محلات عمدتاً در نیمه جنوبی منطقه ۶، مناطق ۱۷ و ۱۹ متمرکز هستند. همچنین ۱۲ درصد محلات در دسته با ارزش پایین - پایین قرار داشتند. از لحاظ

نتیجه‌گیری

در چند دهه گذشته، مخاطرات مربوط به آب و هوا به تنهایی عامل بین ۷۰ تا ۹۰ درصد از کل تعداد بلایای طبیعی رخ داده در سراسر جهان بوده‌اند. سیل به طور خاص عامل تاثیرگذار اصلی بر حدود ۶۰ درصد از کل جمعیت آسیب دیده و تقریباً ۱۰ درصد از کل خسارات اقتصادی ناشی از مخاطرات طبیعی است. نرخ سریع شهرنشینی منجر به افزایش خطر ناشی از پدیده‌های مرتبط با آب و هوا در آینده در مناطق شهری می‌شود. شهرنشینی می‌تواند ماهیت خطر سیل، قرار گرفتن در معرض خطر را تغییر دهد. به ویژه، شهرنشینی با جایگزینی لایه‌های نفوذپذیر با لایه‌های نفوذناپذیر که منجر به افزایش رواناب، تغییر در پوشش زمین طول مدت و عمق سیلاب می‌شود.

هدف از این پژوهش بررسی الگوی فضایی آسیب‌پذیری در برابر سیلاب بوده است. در این راستا برای بررسی وجود یا عدم وجود خوشه‌بندی بین داده‌ها از ابزار *High low clustering* و برای بررسی توزیع فضایی آسیب‌پذیری در ابعاد سه گانه از مدل موران محلی استفاده شده است. نتایج بررسی وجود یا عدم وجود خوشه‌بندی در زمینه بعد تاثیرپذیری نشان داد که داده‌های مورد بررسی خوشه‌بندی شدیدی دارند. این خوشه‌بندی در مقادیر بالا صورت پذیرفته است. این موضوع دو نکته مهم را نشان می‌دهد:

یک) افراد با ویژگی‌های یکسان در زمینه تاثیرپذیری در یک محدوده مشخص قرار گرفتند. (دو) تمامی افراد حاضر در این محدوده دارای تاثیرپذیری بالایی در برابر مخاطرات هستند و در صورت وقوع یک مخاطره، تاثیرات آن بسیار بیشتر خواهد بود. نتایج در زمینه بعد عدم پایداری کاملاً بر خلاف این مورد بود. به طوری که داده‌ها هر چند دارای خوشه‌بندی شدیدی بودند، اما این خوشه‌بندی در مقادیر پایین صورت پذیرفته بود. این بعد نشانگر یک نکته مثبت در زمینه آسیب‌پذیری افراد است، زیرا

از لحاظ فضایی این محلات از شرق تا غرب شهر تهران به صورت همجوار در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. ۲ درصد محلات نیز در دسته با ارزش بالا - بالا بودند که اکثر در مناطق غربی ۲۱، ۲۲ و ۵ و مناطق شرقی ۱۵ و ۴ قرار داشتند. در زمینه محلات ناخوشه، ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - پایین قرار داشتند و ۲ درصد دیگر در دسته با ارزش پایین - بالا بودند. محلات با ارزش بالا - پایین بیشتر در نیمه شرقی و محلات با ارزش پایین - بالا عمدتاً در نیمه غربی شهر تهران متمرکز بودند.

پیشنهادات

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهادهای ذیل برای بهبود شرایط آسیب‌پذیری ارائه می‌گردد:

در زمینه بعد تاثیرپذیری پیشنهاد می‌گردد:

- محلات خوشه‌بندی شده در این بعد اولویت‌بندی گردند.
 - ابتدا محلات دارای ارزش بالا بالا مورد رسیدگی قرار گیرند. زیرا این محلات علاوه بر این که خود دارای تاثیرپذیری بالایی هستند در مجاورت محلاتی با شرایط مشابه قرار دارند که این باعث گسترده‌تر شدن اثرات وقوع مخاطره می‌شود.
 - محلات با ارزش بالا - بالا در دو بخش مرکزی و جنوبی شهر متمرکز هستند، توصیه می‌شود با توجه به تراکم ساختمانی و جمعیتی بافت مرکزی شهر ابتدا به این بخش رسیدگی گردد.
- در زمینه بعد عدم پایداری پیشنهاد می‌گردد:
- اولویت اول رسیدگی باید محلات مرزی شهر تهران باشد. این محلات عمدتاً دارای ارزش بالا - بالا هستند.
 - اگرچه عمده محلات دارای خوشه‌بندی دارای ارزش پایینی هستند، اما برخی محلات که از لحاظ فضایی نیز در مجاور محلات با عدم پایداری پایین هستند، در دسته با ارزش بالا - پایین قرار می‌گرفتند. رسیدگی به این محلات باید در اولویت دوم باشد.
 - اولویت آخر نیز مربوط به محلات با ارزش پایین - بالا می‌باشد. زیار این محلات اگرچه خود دارای عدم پایداری پایینی هستند اما در مجاورت محلاتی قرار گرفتند که دارای ارزش بالایی در زمینه عدم پایداری هستند.
- در زمینه بعد در معرض خطر بودن پیشنهاد می‌گردد:
- با توجه عدم خوشه‌بندی، ابتدا مناطقی که رودخانه از آن‌ها گذر می‌کند و دارای محلات با ارزش بالا - بالا هستند مورد رسیدگی قرار بگیرند. مناطق ۵ و ۲۲

فضایی این محلات عمدتاً در مناطق ۱۵، ۱۴، ۱۳ و ۱۸ قرار دارند. در زمینه محلات تشکیل دهنده ناخوشه نیز نتایج حاکی از این بود که ۲ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - پایین قرار می‌گرفتند و مرکز تمرکز این محلات نیز از لحاظ فضایی مرز جنوب شرقی منطقه ۱۲ و شمال غربی منطقه ۱۴ می‌باشد. ۳ درصد دیگر در دسته با ارزش پایین - بالا قرار می‌گرفتند و عمدتاً در منطقه ۱۹ و ۱۷ قرار داشتند. نتایج برای بعد عدم پایداری مشخص کرد که به صورت کلی ۴۲ درصد محلات دارای خوشه‌بندی و ۳ درصد آن‌ها تشکیل ناخوشه می‌دادند. برای ۵۴ درصد محلات نیز خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید. در زمینه بعد عدم پایداری و محلات دارای خوشه‌بندی می‌توان گفت ۱۱ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند و اکثراً در نواحی مرزی مناطق واقع شده بودند. ۳۱ درصد محلات نیز در دسته با ارزش پایین - پایین قرار می‌گرفتند و از لحاظ فضایی عمده محلات واقع در مرکز شهر و به طور خاص محلات واقع در مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۶، ۷، ۸، ۲ و ۵ در این دسته بودند. ۲ درصد محلات تشکیل دهنده ناخوشه هم در دسته با ارزش بالا - پایین قرار داشتند و بیشتر در مرکز شهر بودند. ۱ درصد دیگر که در دسته با ارزش پایین - بالا بودند، بیشتر در محدوده غربی تهران واقع شده بودند. همچنین نتایج موران محلی در زمینه بعد در معرض خطر بودن مشخص کرد که به صورت کلی ۱۶ درصد محلات دارای خوشه‌بندی و ۴ درصد آن‌ها تشکیل ناخوشه می‌دادند. برای ۸۱ درصد محلات نیز خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید. از ۱۶ درصد محلات دارای خوشه‌بندی در بعد تنها ۱ درصد محلات در دسته با ارزش بالا - بالا قرار می‌گرفتند که عمدتاً در شرق منطقه ۲۲ و جنوب غرب منطقه ۵ واقع شده بودند. ۱۵ درصد دیگر در دسته با ارزش پایین - پایین قرار داشتند که دارای دو محدوده متمرکز جداگانه بودند. نخست در نیمه شرقی تهران که به صورت پیوسته در مناطق ۴، ۸، ۱۳ و ۱۴ قرار داشتند. تمرکز دیگر محلات مجاور هم در مناطق ۲، ۵، ۶ و ۹ بود. در محلات تشکیل دهنده ناخوشه نیز ۱ درصد محلات واقع در دسته با ارزش بالا - پایین و ۳ درصد دیگر در دسته با ارزش پایین - بالا قرار می‌گرفتند. محلات دارای ارزش بالا - پایین از لحاظ فضایی در غرب منطقه ۱۸ و جنوب شرقی منطقه ۳ واقع شده بودند و محلات دارای ارزش پایین - بالا، عمدتاً در نیمه غربی تهران و به ویژه منطقه ۵ واقع شده بودند. در نهایت در شاخص نهایی آسیب‌پذیری نیز نتایج نشان داد که به صورت کلی ۳۰ درصد محلات دارای خوشه‌بندی و ۴ درصد آن‌ها تشکیل ناخوشه می‌دادند. برای ۶۶ درصد محلات نیز خوشه‌بندی خاصی مشاهده نگردید. در شاخص نهایی نیز محلات خوشه‌بندی شده عمدتاً در دسته با ارزش پایین - پایین قرار داشتند. ۲۸ درصد محلات دارای خوشه‌بندی در این دسته بودند.

مسکونی قرار دارند و رودخانه وردآورد نیز دقیقا از همین محلات عبور می‌کند.

- اولویت دوم مربوط به مناطق ۱۳ و ۱۴ در نیمه شرقی تهران است که دو رودخانه سرخه حصار و گلابدره (صرفا از منطقه ۱۳ گذر می‌کند) محلات با ارزش بالا - پایین، آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند.
- اولویت آخر نیز مربوط به مناطق ۵ و ۱۸ است که دارای مناطق با ارزش پایین - بالا می‌باشند و رودخانه فرحزاد (در منطقه ۵) و کن از آن‌ها عبور می‌کند.

شامل این شرایط هستند. رودخانه کن و فرحزاد دقیقا از این محلات گذر می‌کنند.

- اولویت بعدی مربوط مناطق ۳ و ۱۸ است که رودخانه‌های گلابدره و کن، محلات دارای ارزش بالا - پایین را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
- اولویت آخر نیز مربوط به مناطق ۱۵ و ۴ است که تحت تاثیر رودخانه‌های سرخه حصار و دارآباد می‌باشند.
- در زمینه شاخص نهایی نیز پیشنهاد می‌گردد:
- منطقه ۲۲ در اولویت اول رسیدگی باشد. زیرا محلات دارای ارزش بالا - بالای آن در بخش غربی و در بافت

References

- [1] Ahmad Shah, A., Ye, J., Abid, M., Khan, J., & Amir, S.M. (2018). [Flood hazards: household vulnerability and resilience in disaster-prone districts of Khyber Pakhtunkhwa province](#), *Pakistan Natural Hazard*, 93(1): 147-165.
- [2] Asghari Moghadam, Mohammad Reza (1391). Floods and flood management. *Geography Quarterly*, 5(20): pp. 43-60. [In Persian]
- [3] Azadkhani, Pakzad; Hosseinzadeh, Jafar and Kamari, Shokoufeh (1400). [Evaluating the Vulnerability of Ilam City Facilities to Environmental Threats \(Flood\) Using Passive Defense Approach](#). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(29): pp. 52-33. [In Persian]
- [4] Behmai, Hojjat (2018). Flood crisis management in twin cities with urban resilience approach (Case study: Ahvaz metropolis). Ph.D. Thesis, Faculty of Literature and Human Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz. [In Persian]
- [5] Behzadipour, Arslan (2014). Investigating the impact of urban development and the application of low-impact development methods on flood conditions and pollution of urban rivers (Case study: Qamroud). Master's thesis, School of Civil Engineering, Khajeh Naseeruddin Toosi University of Technology, Tehran. [In Persian]
- [6] Bigi, V., Comino, E., Fontana, M., Pezzoli, A., & Rosso, M. (2021). Flood Vulnerability Analysis in Urban Context: A Socioeconomic Sub-Indicators Overview. *Climate*, 9(1): 1-18.
- [7] Birkmann, J., Cadona, O.D., Carreno, M.L., Barbat, A.H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., & Welle, T. (2013). [Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework](#). *Natural Hazards*, 67(2): 193-211
- [8] Cerbaro, M., Morse, S., Murphy, R., Middlemiss, S., & Michelakis, D. (2022). [Assessing urban vulnerability to flooding: A framework to measure resilience using remote sensing approaches](#). *Sustainability*, 14(4): 1-22.
- [9] Chang, H., Pallathadka, A., Saur, A., Grimm, N., Zimmerman, R., Cheng, C., Iwaniec, D., Kim, Y., Lloyd, R., McPhearson, T., Rosenzweig, B., Troxler, T., Welty, C., Bernner, R., & Herreros - Gantis, P. (2021). [Assessment of urban flood vulnerability using the social-ecological-technological systems framework in six US cities](#). *Sustainable Cities and Society*, 68(25): 1-15.
- [10] Chuanglin, F., Yan, W., & Jiawen, F. (2016). [A comprehensive assessment of urban vulnerability and its spatial differentiation in China](#). *Journal of Geographical Sciences*, 26(2): 153-170.
- [11] Country Mapping Organization (2018). [Tehran has the potential to be flooded / Where are the unsafe places in Tehran during floods?](#) [In Persian]
- [12] Davari, Seyedah Elham and Amini, Marzieh (2023). Measuring the spatial distribution pattern of population and activity and modeling the proposed zones of the Tehran city master plan. *Geographical Sciences*, 19 (17): pp. 180-203. [In Persian]
- [13] Diouf Sané, O., Thierno Gaye, A., Diakhaté, M., & Aziadekey, M. (2015). [Social Vulnerability Assessment to Flood in Medina Gounass Dakar](#). *Geographic Information System*, 3(7): 415-429.
- [14] Esmaili Alavijeh, Elham; Karimi, Saeed and Sadat Alavipour, Fatemeh (2019). [Vulnerability Assessment in Urban Areas against Flood with Fuzzy Logic \(case study: Tehran District 22\)](#). *Environmental Science and Technology*, 22(3): pp. 361-349. [In Persian]
- [15] Farahza, Mohammad Saeed (2014). Evaluation of the role of sustainable urban development in reducing vulnerability to natural disasters with an emphasis on floods (Case study: Qazvin city). Master's thesis, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin. [In Persian]

- [16] Farnam, Ali and Hamidpour Zare, Sara (2018). Investigating the flood incident of April 2018 (flood and damage to the housing and urban development sector). Islamic Council Research Center, Infrastructure Studies Office. [In Persian]
- [17] Fatemi, N., Asare Okyere, S., Kofi Diko, S., Kita, M., Shimoda, M., & Matsubara, S. (2020). [Physical Vulnerability and Local Responses to Flood Damage in Peri-Urban Areas of Dhaka , Bangladesh. Sustainability](#), 12(10): 1–23.
- [18] Haily Erena, S., & Worku, H. (2019). [Urban flood vulnerability assessments: the case of Dire Dawa city, Ethiopia. Natural Hazard](#), 97(1): 1-22.
- [19] Information and Communication Technology Organization of Tehran Municipality (2022). Statistics of Tehran city. [In Persian]
- [20] Jeong, S., & Yoon, D. (2018). [Examining vulnerability factors to natural disasters with a spatial autoregressive model : The case of South Korea. Sustainability](#), 10(5): 1–13.
- [21] Karmaoui, A., & Balica, S. (2019). [A new flood vulnerability index adapted for the pre-Saharan region. River Basin Management](#), 19(1): 93-107.
- [22] Kelman, I. (2018). [Lost for words amongst disaster risk science vocabulary? International Journal of Disaster Risk Science](#), 9(10): 281–291.
- [23] Khaledi, Shahriar; Farahmand, Qasem and Ali Bakhshi, Afsaneh (2021). Vulnerability analysis and zoning of natural geomorphological hazards (Flood and earthquake) of Kermanshah province. *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies*, 2(1): pp. 17-36. [In Persian]
- [24] Khalili, Ali and Asroosh, Arian (2019). Evaluation of flood vulnerability in Makran area using Arc GIS software. *The Geographical Quarterly of the Land*, 17(66): pp. 1-11. [In Persian]
- [25] Khorasan Razavi Regional Water Joint Stock Company (2019). [Flood](#). [In Persian]
- [26] Kubal, C., Haase, D., Meyer, V., & Scheuer, S. (2009). [Integrated urban flood risk assessment – adapting a multicriteria approach to a city. Natural Hazards and Earth System Sciences](#), 9(6): 1881–1895.
- [27] Kumar, D., & Kumar Bhattacharjya, R., Shyam, S., & Rohana Ratnayke, N. (2020). [Indicator based assesment of integrated flood vulnerability index for Brunei Darussalam. Disaster Risk Management](#), 2(2): 47–70.
- [28] Lavagnoli Moriera, L., Madruga de Brito, Mariana., & Kobiyama, M. (2021). [A systematic review and future prospects of flood vulnerability indices. Natural Hazards and Earth System Sciences](#), 21(5): 1513-1530.
- [29] Lavagnoli Moriera, L., Madruga de Brito, Mariana., & Kobiyama, M. (2021). [Effects of different normalization, aggregation, and classification methods on the construction offlood vulnerability indexes. Water](#), 13(98): 1-16.
- [30] Mason, K., Lindberg, K., Haenfling, C., Schori, A., Marsters, H., Read, D., & Borman, B. (2021). [Social vulnerability indicators for flooding in Aotearoa New Zealand. Environmental Research and Public Health Article](#), 18(10): 1–31.
- [31] Meshkini, Abolfazl; Mansourzadeh, Ali Mohammad; ShahrokhiFar, Zeinab and Mousavi, Seyedeh Shahrbanoo (2019). [Assessment of Spatial Distribution Model of Urban-Social Vulnerability in Natural Hazards \(A case study of Seven Municipality of Tehran\). Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards](#), 6(3): pp. 49-70. [In Persian]
- [32] Motawef, Sharif; Mahdipour, Haleh and Aslani, Fereshteh (2014). Assessing flood risk caused by human factors using geographic information system (GIS) (Case study: Tehran province). *Journal of Manzar Shahr Researches*, 2(4): pp. 69-80. [In Persian]
- [33] Munyai, R. B., Musyoki, A., & Nthaduleni, S. N. (2019). [An assessment of flood vulnerability and adaptation : A case study of Hamutsha-Muungamunwe village , Makhado municipality. Journal of Disaster Risk Studies](#), 11(2): 1–8.
- [34] National Program and Budget Organization (2019). A guide to preparing flood hazard maps. [In Persian]
- [35] 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.
- [36] Preciado, A., Ramirez-Gaytan, A., Carlos Santos, J., & Rodriguez, O. (2020). [Seismic vulnerability assessment and reduction at a territorial scale on masonry and adobe housing by rapid vulnerability indicators: The case of Tlajomulco, Mexico. Disaster Risk Reduction](#), 44(12): 1-35.
- [37] Qobadi, Morteza; Ahmadipari, Masoumeh and Salehi, Ismail (2015) Flood Risk Assessment and Zoning of Human Settlements in line with Sustainable Development using Fuzzy AHP in GIS Environment and DPSIR Model (Case study: Abali). *Environmental Science and Technology*, 18(2): pp. 363-351. [In Persian]
- [38] Salazar-Briones, C., Ruiz-Gibert, J.M., A. Lomelí-Banda, M., & Mungaray-Moctezuma, A. (2020). [An integrated urban flood vulnerability index for sustainable planning in arid zones of developing countries. Water](#), 12(608): 1-25.
- [39] [Scholarly community encyclopedia](#). (2022).

- [40] Sekovski, I., Del Rio, L., & Armaroli, C. (2020). [Development of a coastal vulnerability index using analytical hierarchy process and application to Ravenna province \(Italy\)](#). *Ocean & Coastal Management*, 183(6078): 1-11.
- [41] Spielman, S., Tuccillo, J., Folch, D., Schweikert, A., Davies, R., Wood, N., & Tate, E. (2020). [Evaluating social vulnerability indicators: Criteria and their application to the social vulnerability index](#). *Natural Hazards*, 100 (3): 417–436.
- [42] Tahmasebi, Qobad and Mohammadi, Alireza (2021). [Capacity Assessment of Flood Crisis Management Stages in Ilam City from the Perspective of Target Groups](#). *Geography and Development*, 19(65): pp. 256-227. [In Persian]
- [43] Tanir, T., Bugra Findik, S., Fikret Girayhan, T., & Yorulmaz, O. (2022). [Flood social vulnerability assessment: A case study of Türkiye](#). *Water Science & Management*, 6(2): 237-259.
- [44] United Nations (UN). (2002). Guidelines for Reducing Flood Losses.
- [45] Usman Kaoje, I., Zulkarnain Abdul Rahman, M., Idris, N. H., Azahari Razak, K., Nurul Mardiah Wan Mohd Rani, W., Tam, T. H., & Radhie Mohd Salleh, M. (2021). [Physical Flood Vulnerability Assessment using Geospatial Indicator-Based Approach and Participatory Analytical](#). *Water*, 13(1786): 1–22.
- [46] Yang, W., Xu, K., Lian, J., Bin, L., & Ma, C. (2018). [Multiple flood vulnerability assessment approach based on fuzzy comprehensive evaluation method and coordinated development degree model](#). *Environmental Management*, 213(25): 440-450.