Urban Stucture and Function Studies
(USFS)

Volume 12. Issue 42. 2025. Pages 119 to 150.

Research Paper

Assessing the Physical Resilience of the Urban Fabric with a Crisis Management Approach Based on GIS (Case Study: Hadi Shahr Babolsar)

Rouhollah Rahimi[*1], Fateme Shabanpour Kasgari[2], Arian Irvanloo[3]

[1] Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
[2] MS.C, Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
[3] B.A Student, Department of Urban Planning, Faculty of Arts and Architecture, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

10.22080/usfs.2024.27435.2454

Received:
July 21, 2024
Accepted:
September 23, 2024
Available online:
November 30, 2024

Keywords:
Physical resilience, crisis management, Natural hazards, GIS

Abstract

Unforeseen crises and natural events are happening worldwide, which have destroyed and changed many people's lives; this has made it necessary, especially for statesmen and researchers, to always deal with their results and stay safe from the risks they cause. For example, the magnitude 7 earthquake in 1357 in the city of Tabas in Iran was recorded as the most severe earthquake in Iran, which caused the destruction of the entire historical fabric of this city and the loss of more than 20 thousand people, or the flood that occurred in 1380 in Golestan, North Iran has the highest number of casualties in the world. Based on this, the present research aims to evaluate and find solutions to reduce casualties and the destructive effects of natural crises. In doing so, first, the physical indicators at the level of a city, which have an impact on its resilience against crises, were extracted through the review of previous books and research, and then the Specialized GIS urban planning software was used to evaluate each one in the city in question Finally, by using the data obtained from output maps and field data from the region, the city's resilience was obtained regarding each of the indicators. In the end, considering the weakness of the urban structure in each of the components, solutions were provided to improve the existing situation so that the city could be brought to a higher degree of resilience. The study area in question was one of the newly built cities in the north of Iran.

Copyright © 2024 The Authors. Published by University of Mazandaran. This work is published as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author: Rouhollah Rahimi
Address: Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
Tel: 09177762438
Email: r.rahimi@umz.ac.ir

1. Introduction

Nowadays, due to the increase in the population rate and the indiscriminate expansion of construction, the issue of crisis management and resilience in the field of natural hazards has become very important. Because of the long history of destructive effects caused by natural hazards in our country, Iran, finding correct and effective solutions to reduce the risks caused by natural hazards is considered essential (Mohbian and Momeni, 2018).

Hadi Shahr was upgraded to Hadi Shahr in 1381 with the efforts of the municipality officials, now with the addition of Mir Bazar and Kikha Mahalla to the city limits. With great attention to the issues of the location of this city in the plains and lowlands of the Caspian Sea, and taking into account that from Kavos Dome to Noor and Tankabon to Haft Tir, Mazandaran is considered an earthquake-prone area. Moreover, with the proximity of this area to the edge of Babolrud River, which, according to the obtained statistics, has an area of 120.79 km composed of unstable beds, which ranks second after Payab Haraz in the north of Iran, the possibility of land subsidence and flooding is high, and the necessary measures should be planned to predict and prepare for the occurrence of any natural hazards (Hadi Kale Bast plan, 2012). By measuring the resilience of Hadi Shahr and providing effective solutions to improve its physical resilience, in addition to increasing physical resistance, an effective step can be taken in the development of the city and the improvement of the standard of living in it.

2. Research Methodology

The present study is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. First, by using library studies such as the study of texts and previous research on the issue of resilience, especially its physical aspect and the issue of reducing the effects of natural hazards on human life and using the opinions of experts in this field, the theoretical framework of the research was organized based on the three layers of crisis management, including the characteristics of crisis management at urban scale, local scale, and single building scale, and factors affecting physical resilience were categorized. Then, using the Geographic Information System (GIS), the physical resilience criteria obtained from the theoretical framework were measured, and analytical maps were extracted. Finally, by assembling them, the resilience of the city conductor was identified. In addition, with the help of Expert Choice software, a hierarchical questionnaire was prepared using the AHP method, and by collecting information from professors and experts, the importance and effectiveness of each indicator were determined, and it was determined which area has better resilience than the city. Therefore, with two general benchmarking methods, AHP and GIS, suggestions were finally presented to improve the resilience level of Hadi Shahr areas.

3. Research Findings

Thirteen indicators related to physical resilience were found from library studies and the review of existing research and were classified into three groups, which are derived from the three layers of non-active defense. The first layer includes the accesses, the area of the plots, the texture and structure of the neighborhood, land use, and the distance from the fault; the second layer includes the building density, roads, and infrastructure equipment, and

the third layer includes the type of materials and structures, the number of floors, and the age and quality of the buildings. Each of these items was entered separately in GIS software, and the city's components were distributed using two-dimensional maps. To draw a conclusion from the pairwise comparison in AHP in the three main districts of Hadi Shahr, Kale Bast district, which is located in the center of Hadi Shahr, has the highest level of physical resilience and resistance to natural hazards compared to Kikha Mahalle and Mirbazar.

4. Conclusion

The pillars and indicators of physical resilience were extracted in the first part of the research. The main feature of the indicators extracted in this research is its special classification and arrangement, which is derived from three layers of non-active defense, the stage related to the surrounding areas and the general area of the city, the stage related to the main body of the city and roads, and the stage related to the characteristics of buildings and their details. In order to measure the physical resilience of Hadi Shahr, each and every indicator in this city was examined, and two-dimensional maps were extracted from them, which showed that Hadi Shahr was divided into parts area, in which city structure, distance from the fault, building density, roads, urban equipment, quality, and urban infrastructure are weak. Also, according to the output of the Expert Choice software, the highest degree of physical resilience was determined in one area of the city compared to the other two parts, and the third layer of physical resilience criteria had a greater impact than the other two layers. Moreover, the distance from the fault, urban equipment, and infrastructures has the most weight and degree of importance.

Finally, the following solutions are suggested to improve the resilience level of Hadi Shahr against natural disasters:

1. Placing an appropriate number of medical, police, paramedics, and fire stations in the city
2. The existence of open land without obstacles for the construction of a temporary shelter
3. Separation of lands in such a way that the area between the buildings has a suitable space for the influx of people
4. The structure of the city should be changed from an organic and unprincipled form to a regular form
5. Control of the buildable area in each plot that does not exceed 50% of the site.
6. Increasing the width of the main roads and securing the riverside roads
7. Construction of security furniture and shelter facilities during a crisis and their proper arrangement
8. The lighting should be in such a way that the necessary light is sufficient in the main and high-traffic roads at night
9. Use of light and durable materials in buildings under construction and renovation of buildings over 30 years old.
10. Construction of urban sewage system.

Funding
There is no funding support.

Authors' Contribution
The 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.

Conflict of Interest
The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

علمی پژوهشی

ارزیابی تاب آوری کالبدی بافت شهری با رویکرد مدیریت بحران به کمک نرم افزار GIS (نمونه موردی: هادی شهر بابلسر)

روح الله رحیمی[1*]، فاطمه شعبانپور[2]، آرین ایروانلو[3]

[1] استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
[3] دانشجوی کارشناسی، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

10.22080/usfs.2024.27435.2454

تاریخ دریافت:
۳۱ تیر ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش:
۲ مهر ۱۴۰۳
تاریخ انتشار:
۱۰ آذر ۱۴۰۳

کلیدواژه ها:
تاب آوری، مدیریت بحران، تاب آوری کالبدی، سوانح طبیعی، GIS

چکیده

بحران ها و حوادث طبیعی پیش بینی نشده ای در سرتاسر جهان در حال رخ دادن هستند که زندگی مردمان بسیاری را نابود و دگرگون کرده اند و این امر باعث شده تا همواره مقابله با نتایج حاصل از آن ها و امن ماندن از خطرات وارد شده، موضوع مهمی برای دولتمردان و محققین باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی و یافتن راهکارهایی برای کاهش تلفات و اثرات مخرب بحران های طبیعی انجام شده است. به کمک روش تحقیق توصیفی-تحلیلی، ابتدا شاخصه های کالبدی شهری که بر میزان تاب آوری در برابر بحران ها تاثیر دارند، از طریق بررسی کتب و تحقیقات پیشین استخراج شده است. سپس شاخص ها و زیرشاخص ها، بر اساس سه لایه تفکیک شده از تک بنا تا تمام محدوده شهر، طبقه بندی شدند. به کمک نرم افزار تخصصی شهرسازی، برای بررسی هر شاخص در سطح هادی شهر، نقشه های تحلیلی خروجی گرفته شدند. در آخر با استفاده از داده های حاصل از نقشه ها و داده های میدانی از منطقه مورد مطالعه، میزان تاب آور بودن شهر در خصوص هر یک از شاخص ها به دست آمدند. نتایج نشان می دهد که هادی شهر در قسمت های مساحت قطعات، بافت و ساختار، فاصله از گسل، تراکم ساختمانی، معابر، تجهیزات شهری، کیفیت ابنیه و زیرساخت های شهری، دارای بیشترین ضعف است. همچنین اندازه گیری اهمیت هر یک از شاخص ها و زیرشاخص ها نسبت به هم، نشان می دهد که از بین لایه های مقاومتی مدیریت بحران، لایه سوم و از بین زیرشاخص ها، زیرساخت های شهری بیشترین تاثیر را بر میزان مقاومت در برابر بحران ها دارند. در انتها، با توجه به ضعف ساختار شهر در هر یک از مولفه ها و میزان اهمیت آن ها، راهکارهایی برای بهبود وضعیت موجود ارائه شده تا بتوان شهر را به درجه بالاتری از تاب آوری رساند.

* **نویسنده مسئول:** روح الله رحیمی
آدرس: استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران..
تلفن: ۰۹۱۷۷۷۶۲۴۳۸
ایمیل: r.rahimi@umz.ac.ir

۱ مقدمه

امروزه به دلیل افزایش نرخ جمعیت و گسترش بی-رویه ساخت و ساز، موضوع مدیریت بحران و تاب-آوری در زمینه مخاطرات طبیعی اهمیت بسیاری پیدا کرده است. چرا که با توجه به سابقه طولانی اثرات مخرب ناشی از مخاطرات طبیعی در کشورمان ایران، یافتن راهکارهایی درست و کارا در کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی امری ضروری به حساب می‌آید (محبیان و مومنی[1]، ۱۳۹۸). تاب‌آوری یکی از موضوعاتی است که در رخداد یک سانحه یا رویداد خطرزا، می‌تواند در زمینه اقدامات مدیریت بحران قبل، حین و پس از سانحه، کارکرد مهمی داشته باشد (Kärrholm et al, 2014). از گذشته تا به امروز شهرها دستخوش تغییرات فیزیکی و کالبدی فراوانی شدند که عوامل مختلف انسانی و طبیعی در آن دست داشتند. کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرار داشتن بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ-هیمالیا، همواره دستخوش سوانح طبیعی بوده و به دلیل ضعف در زمینه‌های طراحی کالبد شهر، معابر نامناسب، ازدحام جمعیتی و ساخت و ساز و نبود برنامه ریزی مناسب موجب آسیب‌پذیری بالا در سطح شهر شده است (رضایی[2]، ۱۳۹۰). از این رو داشتن یک برنامه صحیح و قابل اجرا برای کاهش اثرگذاری عوامل خارجی و مخاطرات طبیعی که می‌توانند خسارات جبران ناپذیری را به بار آورند، ضروری است که باعث می‌شود سیمای شهر و ویژگی‌های کالبدی آن دچار کمترین میزان تغییر شوند.

هادی شهر که روستایی بین شهرهای بابلسر و امیرکلا بوده است، در سال ۱۳۸۱ با همت مسئولین شهرداری، اکنون با اضافه شدن میر بازار و کیخا محله به محدوده شهر، به شهر هادی شهر ارتقا یافته است. با توجه فراوان به مسائل قرارگیری این شهر در محدوده جلگه‌ای و پست دریای خزر و با در نظر گرفتن اینکه از گنبد کاووس تا محدوده نور و تنکابن تا هفت تیر، ناحیه زلزله خیز مازندران به حساب می‌آیند و همینطور با نزدیکی این منطقه به حاشیه بابلرود که طبق آمار به دست آمده دارای مساحت ۱۲۰،۷۹ کیلومتر از بسترهای ناپایدار تشکیل شده که رتبه دوم بعد از پایاب هراز را در شمال کشور ایران دارد، احتمال فرونشستگی‌های زمین و همینطور جاری شدن سیل بالا بوده و می-بایست تمهیدات لازم جهت پیش‌بینی و آماده‌سازی در زمان وقوع هرگونه مخاطرات طبیعی برنامه‌ریزی شود (طرح هادی کله بست، ۱۳۸۲). با سنجش میزان تاب‌آوری هادی شهر و ارائه راهکارهای موثر در ارتقای سطح تاب‌آوری کالبدی آن، می‌توان علاوه بر افزایش مقاومت کالبدی، در پیشرفت شهر و ارتقای سطح زندگی در آن گام موثری برداشت.

پرسش‌های این پژوهش شامل موارد زیر می-باشد:

عوامل تاب‌آوری بافت کالبدی شهری کدامند؟

تاب آوری بافت شهری هادی‌شهر در برابر سوانح طبیعی (اعم از زلزله، سیل و آتش سوزی) به چه میزان است؟

چگونه می‌توان میزان تاب آوری کالبدی شهر هادی شهر را بالا برد؟

۲ مبانی نظری

۲،۱ تاب‌آوری

واژه تاب‌آوری از ریشه لاتین «Resilio» به معنای بازگشت به عقب یا گذشته گرفته شده است (زنگنه شهرکی و همکاران[3]، ۱۳۹۶). قدمت این واژه به سال ۱۹۷۳ زمانی که مقاله تاب‌آوری و پایداری سیستم های اکولوژیکی در زمینه رشته اکولوژی چاپ شد، بازمی‌گردد. اما اینکه اولین بار این واژه در کدام رشته مطرح شد، هنوز بین پژوهشگران جای سوال باقی می‌گذارد (زیاری و حسینی[4]، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه تاب‌آوری، مقاومت در برابر بلایای طبیعی و

[1] Mohibian & Momeni
[2] Rezaie
[3] Zanganeh shahraki et al
[4] Zyari & Hosseini

غیرطبیعی است، اما تعریف خاص و مفهومی برای آن ارائه نشده است. اما برای تشخیص تاب‌آوری و اندازه‌گیری آن در بافت شهری می‌بایست ابتدا شناخت اولیه از آن پیدا کرد و با عوامل تاثیرگذار بر آن و نحوه اندازه‌گیری آن نیز آشنا شد (Klein et al, 2004). تاب آوری شامل ۴ دسته کلی اجتماعی، کالبدی، نهادی و اقتصادی است. به ترتیب تاب‌آوری اجتماعی زمانی رخ می‌دهد که جوامع و بعد اجتماعی منطقه مورد نظر در برابر بلایای رخ داده شده، پایدار باشد و شامل ظرفیت‌های مقابله، ظرفیت‌های سازگاری و ظرفیت تغییر شکل پذیری است. یکی از ابعاد مهم تاب‌آوری، بعد کالبدی آن است که به میزان مقاومت و پایداربودن ساختمان‌ها و تجهیزات زیرساختی دارد. فضاهایی برای ایجاد پناهگاه و استفاده از کمک‌های درمانی در شکل گیری تاب-آوری کالبدی نقش مهمی دارند که در زمان وقوع حادثه از جان و مال مردم محافظت می‌کند. تاب-آوری نهادی، یکپارچگی و برنامه ریزی کارآمد قبل از وقوع حادثه است که بر اساس آن می‌توان احتمال تاثیرپذیری از حوادث ناگوار را به حداقل رساند. در نهایت تاب آوری اقتصادی به خوداتکایی و سیاست-های اقتصادی بادوام گویند که در زمان وقوع حادثه و پس از آن، ابعاد اقتصادی یک جامعه در جهت کاهش اثرات مخرب، پایدار باشد. (Jha, Miner, & Stanton-Geddes, 2013).

۲،۲ تاب‌آوری شهری

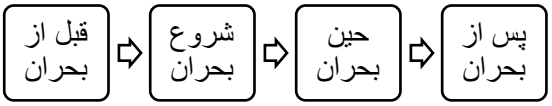
تاب‌آوری شهری اصطلاحی است که برای تعیین میزان مقاومت یک شهر در برابر بلایا به کار می‌رود. در حقیقت شهرهای تاب‌آور دارای سیستم مدیریت بحران در سه مرحله پیش‌بینی، دوام حین بروز بلای طبیعی و بهبود و از نو ساخته شدن پس از رخداد حادثه هستند که این نشان دهنده میزان بالای آگاهی و پایدار بودن این شهرها می‌باشد (سلمانی مقدم و همکاران[1]، ۱۳۹۳).

۲،۳ بحران

بحران یک پدیده اجتماعی است و زمانی اتفاق می-افتد که جامعه از عاملی مخرب و زیان‌بار رنج ببرد و برای حل آن مشکل نیاز به اقدامات اساسی و برنامه-ریزی شده‌ای است. بحران، حاصل حوادث طبیعی و انسان ساخت است که در زمان وقوع می‌بایست از تمام ارگان‌های حمایتی جهت خاتمه دادن به آن بهره گرفت (سوادکوهی‌فر و ذکائی[2]، ۱۳۹۲).

۲،۴ مدیریت بحران

واژه مدیریت بحران اولین بار در زمانی که احتمال جنگ آمریکا با کوبا مطرح شد، توسط رابرت مک فامار ارائه شد و از دهه ۱۹۷۰ در بین عموم رواج پیدا کرد. در ایران نیز این موضوع با عنوان «ستاد پیشگیری و مدیریت بحران در حوادث طبیعی و سوانح غیرمترقبه» در سال ۱۳۸۳ تاسیس شد. در حوزه مدیریت بحران باید به ۴ مفهوم توجه شود که شامل پیش‌بینی پدیده‌های مخرب چه انسان ساخت و چه طبیعی، برنامه ریزی اقتصادی، تشکیل تیم مربوط به مدیریت بحران و آموزش در این زمینه و طرح‌های اجرایی برنامه‌های عملی و آزمایشی می-باشد (غیاثی و همکاران[3]، ۱۳۸۹). شکل ۱ مراحل مدیریت بحران را از لحاظ زمانی بازگو می‌کند:



تصویر ۱) مراحل مدیریت بحران

هدف کلی مدیریت بحران بهسازی مراحل و اقدامات پیشگیری و کاهش صدمات بحران است. از ویژگی-های مدیریت بحران می‌توان به مشارکت داوطلبانه مردم در مراحل آمادگی و پیش از بحران، اطلاع رسانی به موقع و انجام تمهیدات لازم و ضروری در روابط عمومی، اهمیت به توسعه روش‌های مقابله با بحران، در نظر گرفتن نیازهای کاربران و افراد آسیب دیده و به‌کارگیری فلسفه ارزش‌های رهبران و مردم

منطقه اشاره کرد (حبیب زاده مالکی و جوادیان[4]، ۱۳۸۹).

۲،۵ شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی شهری

در جدول ۱ عوامل موثر بر سنجش تاب آوری کالبدی یک منطقه که از بررسی تحقیقات پیشین به دست آمده است، نشان داده شده است.

جدول ۱) شناسایی شاخص‌های موثر بر تاب‌آوری کالبدی شهری

تاب آوری شهری					
	شاخص ها		زیر شاخص ها	نحوه محاسبه شاخص ها	منبع
لایه اول	۱ دسترسی	دسترسی به مراکز درمانی	محله ای	کمتر از ۸۰۰متر	(ساسان پور و همکاران1، ۱۳۹۶)، (پاشاپور۲، ۱۳۹۶)، (عیسی لو و همکاران۳ ، ۱۳۹۵)، (حسین زاده و همکاران۴ ، ۱۳۹۹)، (نصیری و همکاران۵ ، ۱۴۰۰)، (کمالی و همکاران۶ ، ۱۴۰۰)
				بیشتر از۸۰۰متر	
			شهری	کل شهر	
				۲کیلومتری	
		دسترسی به ایستگاه آتش نشانی		کل شهر	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (پاشاپور، ۱۳۹۶)، (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۹)، (کمالی و همکاران،۱۴۰۰)
				۲کیلومتری	
		دسترسی به نیروی انتظامی		کل شهر	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (حیدری سورشجانی و همکاران۷ ، ۱۳۹۶)، (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۹)
				۲ کیلومتری	
		فضای سبز و باز		زیر۲۰۰ متر	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (پاشاپور،۱۳۹۶)، (امجد و سلطانی۸ ، ۱۳۹۷)، (سورشجانی و همکاران، ۱۳۹۶)، (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۹)، (عفیفی۹ ، ۱۴۰۱)
				بالای۲۰۰متر	
	۲ مساحت قطعات			۰تا۱۰۰ متر	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)
				۱۰۰تا ۲۰۰ متر	
				۲۰۰تا ۵۰۰ متر	
				۵۰۰ تا۵۰۰۰متر	
				بیشتر از ۵۰۰۰ متر	

[1] Sasanpour et al
[2] Pashapour & Pour Akrami
[3] Isalou et al
[4] Hossein Zadeh et al
[5] Nasiri et al
[6] Kamali et al
[7] Heydari Sureshjani et al
[8] Amjad & Soltani
[9] Afifi
[10] Aslani

	۳	بافت و ساختار محله	فرم و الگوی محله	(اصلانی و همکاران۱۰ ، ۱۳۹۷)
			نظام بلوک بندی	
	۴	کاربری اراضی	مسکونی	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)، (عیسی لو و همکاران، ۱۳۹۵)، (اصلانی و همکاران، ۱۳۹۷)
			بهداشتی و درمانی	
			آموزشی	
			صنعتی	
			تجاری-خدماتی	
			فرهنگی-هنری	
			پارک و فضای سبز	
			تجهیزات شهری	
			باير	
			ورزشی	
			اداری و انتظامی	
	۵	فاصله از گسل	۱۵۰۰ متر	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (عیسی لو و همکاران، ۱۳۹۵) (امجد و سلطانی، ۱۳۹۷)، (عفیفی، ۱۴۰۱)، (عشقی و همکاران۱ ، ۱۳۹۶)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)، (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵)
			۱۲۰۰ متر	
			۱۰۰۰ متر	
			۵۰۰ متر	
			کمتر از ۵۰۰ متر	
لایه دوم	۶	تراکم ساختمانی (نسبت قطعات ساخته شده به کل قطعات)	۰-۱۰ درصد	(امجد و سلطانی، ۱۳۹۷)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)، (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵)
			۱۰-۱۵ درصد	
			۱۵-۲۰ درصد	
			۲۰-۳۰ درصد	
			۳۰-۵۰ درصد	
			۵۰-۱۰۰ درصد	
	۷	معابر	عرض معابر	(پاشاپور و پوراحمد،۱۳۹۶)، (امجد و سلطانی، ۱۳۹۷)، (نصیری و همکاران ،۱۴۰۰)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)
			شیب معابر	
			معابر خطرناک دارای پل	
	۸	تجهیزات شهری	مبلمان امنیتی	(FEMA, 2007)
			نورپردازی امنیتی	
لایه سوم	۹	نوع سازه و مصالح	آجری و آهنی	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (امجد و سلطانی ، ۱۳۹۷) (محمدی و احدنژاد۲، ۱۳۹۴)، (عفیفی، ۱۴۰۱)، (نصیری و همکاران، ۱۴۰۰)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)، (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵)
			آجری و بلوکی	
			اسکلت بتنی	
			اسکلت فلزی	
			خشتی و چوبی	
	۱۰	تعداد طبقات	یک طبقه	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (محمدی و احدنژاد ، ۱۳۹۴)، (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵)
			دو طبقه	

			سه طبقه	
			بیش از سه طبقه	
	۱۱	قدمت ابنیه	زیر۵سال	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (عیسی لو و همکاران، ۱۳۹۵)، (محمدی و احدنژاد، ۱۳۹۴)، (کمالی و همکاران ،۱۴۰۰)، (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵)
			۵ تا ۱۰ سال	
			۱۰ تا ۳۰ سال	
			۳۰ سال به بالا	
	۱۲	کیفیت ابنیه	در حال ساخت	(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (امجد و سلطانی، ۱۳۹۷)، (عیسی لو و همکاران، ۱۳۹۵)، (حیدری سورشجانی و همکاران، ۱۳۹۶)، (محمدی و احدنژاد، ۱۳۹۴)، (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۹)، (کمالی و همکاران،۱۴۰۰)
			نوساز	
			قابل استفاده	
			مرمتی	
			تخریبی	
			مخروبه	
	۱۳	زیرساخت‌های محله	خطر پذیری آب و فاضلاب	(FEMA, 2007) (اصلانی و همکاران ، ۱۳۹۷)
			مخابرات و ارتباطات	
			خطرپذیری شبکه گاز	
			خطرپذیری خطوط نیرو	

۲،۶ پیشینه پژوهش

تحقیقات زیر در زمینه تاب آوری هنگام وقوع حوادث هستند که اهمیت این موضوع را در بین معماران، شهرسازان، برنامه ریزان و دیگر ارگان‌ها ثابت می‌کند:[1]

پوراحمد در سال ۱۳۹۷در تحقیقی در پی مقاوم سازی بافت منطقه ۱۰ شهرداری تهران در مقابل حادثه طبیعی (زلزله)، با یافتن مولفه‌های مهم تاب-آوری کالبدی در بافت شهر، شاخص‌ها را اولویت بندی کرده و پس از توزیع شاخصه‌های به دست آمده در سطح شهر به این نتیجه رسیدند که کدام ناحیه‌ها نسبت به بقیه نقاط از تاب‌آوری بیشتری برخوردار بوده‌اند. در پژوهشی حول محور چگونگی تأثیر فرم شهری بر تاب آوری در برابر سوانح، باقرنژاد در سال ۱۴۰۰ در پی این هدف بود که آیا فرم شهری نیز می‌تواند مانند ابعاد مختلف تاب‌آوری از جمله اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، زیرساختی، جامعه‌ای و نهادی، یکی از ابعاد آن باشد؟ بعد از بررسی عوامل کالبدی و ویژگی‌های تاب‌آوری ۳۶۸ محله در کلان شهر تهران به این نتیجه رسیدند که عوامل کالبدی و فرم شهری نقش مستقیمی بر تاب-آوری نداشته اما مولفه‌های فرمی بر ابعاد تاب‌آوری تاثیرات مهمی دارد. در تحقیقی دیگر کمالی در سال ۱۴۰۰ با بررسی محلات زنجان به تاب‌آورکردن محلات که اجزای تشکیل دهنده شهر خودکفا است پرداخت. این مقاله با کمک تکنیک تحلیلی فضایی موران و نرم افزار GIS شاخصه‌های کالبدی در سه ناحیه از محلات زنجان بررسی و میزان پراکندگی آن-ها مشخص شد. از بین مولفه‌ها، تراکم جمعیتی بیشترین و دسترسی به حمل و نقل عمومی کمترین اهمیت را دارند. مقاله‌ای توسط دلشاد در سال ۱۴۰۰ با هدف یافتن و اولویت‌بندی شاخص‌های تاب آوری فضایی-کالبدی در برابر زلزله انجام شد. با مطالعه بر بافت مرکزی شهر رشت، ۴ شاخص، ۲۰ معیار و ۳۵ زیرمعیار در نظر گرفته شد و با کمک مدل‌های (Fuzzy و AHP) این داده‌ها رتبه بندی شدند. در نهایت مشخص شد که وضعیت غشاهای باز به

[1] Eshghi et al
[2]Mohammadi & Ahadnejad

عنوان مهم‌ترین شاخص، ایمن سازی شبکه‌های زیرساختی مهم‌ترین معیار و فاصله تا نزدیک ترین فضای باز از مهم‌ترین زیرمعیار قرار گرفتند. شکری در سال ۱۳۹۶در تحقیقی برای اندازه‌گیری میزان تاب آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات طبیعی،[1]ابتدا با بررسی و تحلیل مناطق ۱۲ گانه شهر بابل، به ۱۶ شاخص و ۳۱ زیرشاخص در زمینه تاب-آوری شهری رسید. در نهایت نتیجه حاصل از تحقیق نشان داد که مولفه‌های کالبدی و اجتماعی در اکثر مناطق شهر به درستی رعایت شده‌اند؛ اما حدود ۵۰ درصد از مناطق شهر بابل دارای عدم تاب-آوری بوده و می‌بایست اقدامات اساسی صورت گیرد. چهاربرج و همکاران در سال ۱۳۹۶ به دنبال ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهری برای کاهش خطرات ناشی از زلزله، پس از استخراج نقشه‌های تاب‌آوری این ناحیه در (GIS)، طراحی با سناریوهای مختص به شدت‌های مختلف زلزله را انجام و بر روی نقشه-ها اعمال کردند. در مقاله‌ای که بر روی شهرداری بندرعباس انجام شد، عفیفی در سال ۱۴۰۱، در پی سنجش تاب‌آوری بافت فرسوده شهر در برابر زلزله، با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره میزان تاب‌آوری مناطق مورد مطالعه ارزیابی و وزن-دهی کرد. در روش «ANP» مشخص شد که شیب و فاصله از گسل کمترین تاثیر و معیارهای جنس مصالح و تعداد طبقات از مهم‌ترین عوامل هستند. سپس تمام اطلاعات به دست آمده در محیط «Gis» لایه‌بندی شدند. در مقاله‌ای مروری که توسط بوزا و همکارانش در سال ۲۰۱۷ انجام شد، با جمع‌آوری روش‌های موجود برای تعیین میزان تاب‌آوری شهری از دیدگاه مهندسی عمران، با هدف شناخت روشی منحصر به فرد برای کمی‌سازی اطلاعات مربوط به تاب‌آوری در زمان قبل از بحران، حین و پس از بحران شکل گرفت. مطالعاتی مربوط به سیستم‌های زیرساخت، سیستم‌های مدیریت ایمنی، سیستم‌های سازمانی، سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی، سیستم‌های اقتصادی و سیستم‌های اجتماعی. نتایج نشان می‌دهند که تمام مراحل قبل و بعد از وقوع یک رویداد شدید باید در ارزیابی تاب آوری در نظر گرفته شود. همچنین بیشتر شیوه‌های فعلی مربوط به ارزیابی تاب آوری قابل محاسبه و اندازه‌گیری هستند. اما هنوز برنامه اصولی برای ارزیابی اطلاعات کیفی تولید نشده است. مقاله‌ای توسط میرو و همکاران در سال ۲۰۱۶ با هدف بررسی ادبیات علمی در مورد تاب آوری شهری شکل گرفت. در نهایت به این نتیجه رسید که این اصطلاح به خوبی تعریف نشده است. تعاریف موجود با توجه به ادغام مفاهیم حیاتی در تئوری تاب آوری شهری ناسازگار و توسعه نیافته هستند. در نهایت تعریف جدیدی را از شهر تاب‌آور ارائه داد.

از آنجایی که تاب‌آوری به عنوان کانون برنامه-ریزی مدیریت سوانح و توسعه شهری است و از آنجایی که لازمه آن در مقاومت و پایداری شهرها و ساختمان‌ها در برابر بلایای طبیعی و غیرطبیعی مشهود است، می‌بایست در تمام مناطق زندگی بشر بررسی شده و در جهت افزایش آن کوشید. این تحقیق در راستای تاکید بر تحقیقات پیشین، مولفه-های کالبدی در قالب سه لایه از مدیریت بحران برگرفته از مطالعات کتاب‌های مربوط به پدافند غیر عامل را بررسی می‌کند. همچنین ضرورت تحقیق در هادی شهر به دلیل نوپا بودن و تازه تاسیس شدن آن است تا به کمک نتایج حاصل در انتهای تحقیق، مسئولین این شهر بتوانند از هرگونه آسیب کالبدی شهر در زمان رخدادهای غیرمنتظره جلوگیری کنند.

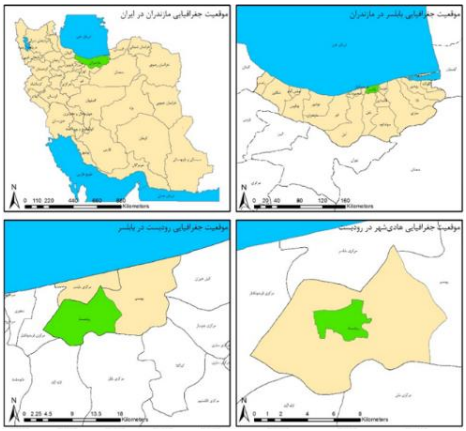
۳ روش تحقیق

مطالعه حاضر به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش توصیفی - تحلیلی است. اطلاعات مورد نیاز از منابع کتابخانه‌ای موجود و تحقیقات پیشین حول محور موضوع تاب‌آوری کالبدی و همینطور مدیریت بحران سوانح طبیعی و غیرطبیعی استخراج شد. چارچوب نظری پژوهش نیز بر پایه سه لایه مدیریت بحران در مقیاس شهری، مقیاس محلی و

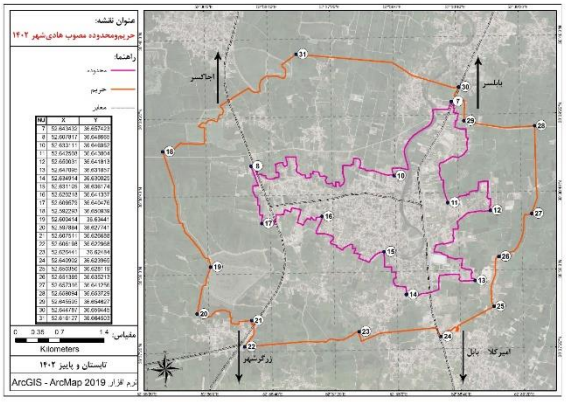
مقیاس تک بنا سازماندهی شده و شاخص‌های تاب-آوری کالبدی بین این سه دسته، تقسیم شدند. سپس با استفاده از نرم افزار Gis، معیارهای تاب-آوری کالبدی به دست آمده از چارچوب نظری بر سه لایه موجود در نقشه‌ها سنجیده شده و نقشه-های تحلیلی از آن خروجی گرفته شدند که در نهایت با ادغام کردن آن‌ها نواحی تاب‌آور و میزان تاب‌آوری هادی شهر شناسایی شدند. به علاوه به کمک نرم افزار Expert choice، پرسشنامه‌ای سلسله مراتبی به روش AHP، تهیه شده و با جمع‌آوری اطلاعات از اساتید و خبرگان موضوع تاب-آوری، میزان اهمیت و تاثیرگذار بودن هر یک از شاخصه‌ها تعیین شده و مشخص شده است که کدام ناحیه از شهر از تاب-آوری بهتری برخوردار است. لذا با داشتن دو روش کلی معیارسنجی AHPو GIS، در نهایت پیشنهاداتی برای ارتقای سطح تاب‌آوری نواحی هادی شهر ارائه گردید.

۳،۱ منطقه مطالعاتی

هادی شهر در جاده بابلسر به امیرکلا واقع است که به جاده فرعی بابلسر به آمل نیز راه دارد. هادی شهر در نزدیکی و حاشیه دریای خزر قرار داشته و دارای طول و عرض جغرافیایی 36.6406° N و 52.6253° E است. تمامی این منطقه جلگه‌ای در ارتفاع صفر متر از دریاهای آزاد بوده و دارای ناهمواری‌های توپوگرافی نمی‌باشد. بخش میر بازار از این شهر دارای ۴۰۰ سال قدمت بوده و تاریخی به حساب می-آید. از نظر زلزله خیز بودن، این نواحی در منطقه پست و هموار قرار داشته و به علت فعالیت تکتونیکی، شدت و همچنین نزدیکی به گسل‌های منطقه البرز، در ناحیه زلزله خیز قرار دارد(طرح هادی کله بست،۱۳۸۲). مدارک حاصل از آمارهای سرشماری سازمان مسکن کشور، بین سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۰ جمعیت هادی شهر به ۴۰۹۷ نفر و ۱۲۶۲ خانوار و طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر به ۷۸۸۹ نفر رسیده است.



تصویر۲) نقشه موقعیت جغرافیایی هادی شهر (طرح هادی)

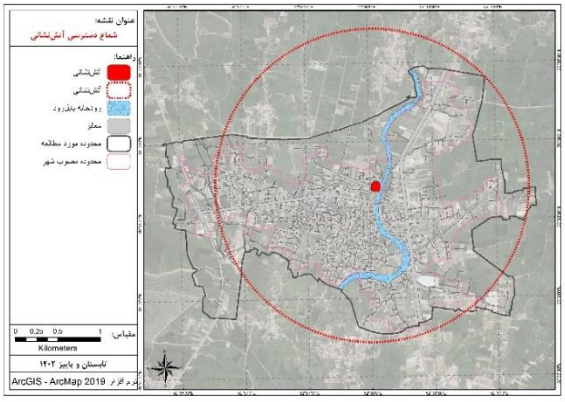


تصویر۳) محدوده و حریم شهر (GIS)

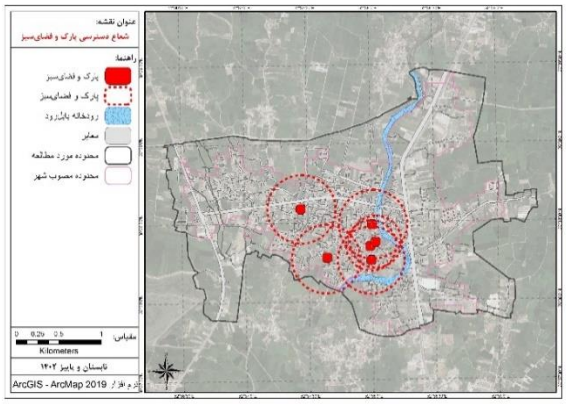
۴ یافته‌ها و بحث

جدول ۱، شاخص‌های مربوط به تاب‌آوری کالبدی از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی پژوهش‌های موجود را نشان می‌دهد. تعداد شاخص‌ها ۱۳ و در سه گروه طبقه بندی شدند که برگرفته از سه لایه پدافند غیر عامل است. لایه اول شامل دسترسی‌ها، مساحت قطعات، بافت و ساختار محله، کاربری اراضی و فاصله از گسل، لایه دوم شامل تراکم ساختمانی، معابر، تجهیزات زیرساختی و لایه سوم شامل نوع مصالح و سازه، تعداد طبقات، قدمت ابنیه، کیفیت ابنیه، زیرساخت‌های محله است که هرچه تعداد مولفه‌ها در این بررسی بیشتر باشند، نتایج دقیق‌تر و قابل اتکاتر خواهند بود. در ادامه نقشه‌هایی که از طریق نرم افزار GIS برای این شاخص‌ها خروجی گرفته شدند نشان داده شده است که در قسمت تحلیل‌ها تمام این اطلاعات بصری، ارزیابی شدند.

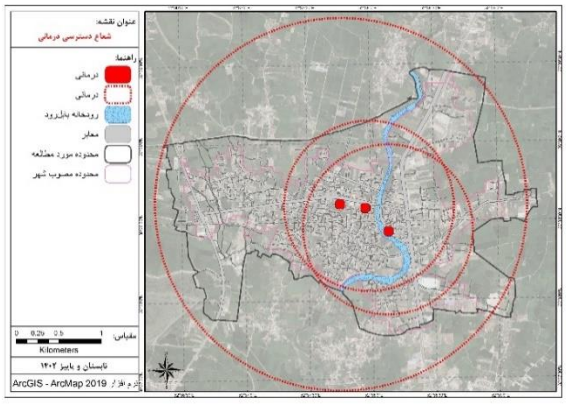
همانطور که در روش تحقیق گفته شد، تک تک آیتم‌های به دست آمده از مطالعات اولیه در زمینه شناسایی عوامل کالبدی موثر بر تاب‌آوری بافت شهری، به صورت جداگانه در نرم افزار Gis وارد شده و میزان پراکندگی مولفه‌ها در سطح شهر در قالب نقشه‌های دو بعدی نشان داده شده‌اند.



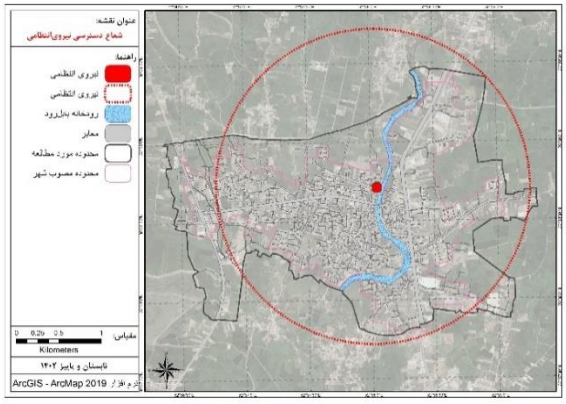
تصویر۴) دسترسی به ایستگاه آتشنشانی



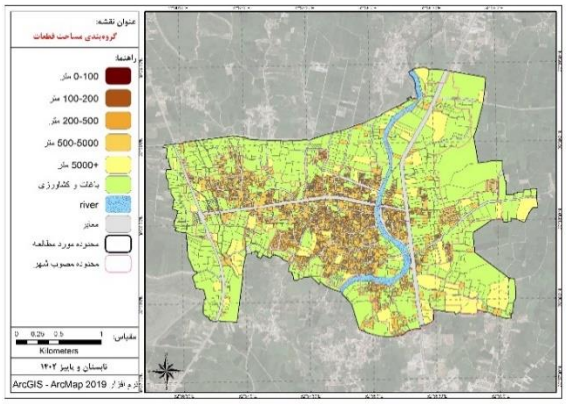
تصویر۵) دسترسی به فضای سبز



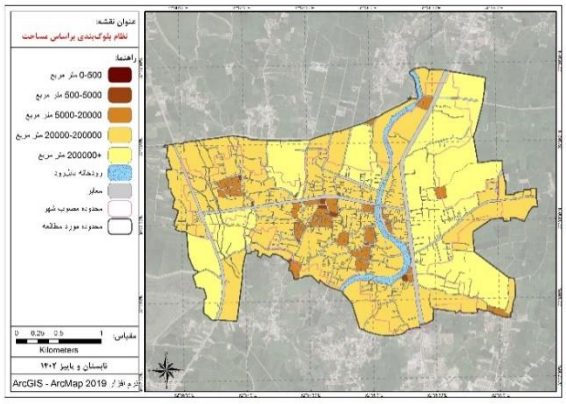
تصویر۶) دسترسی به مراکز درمانی



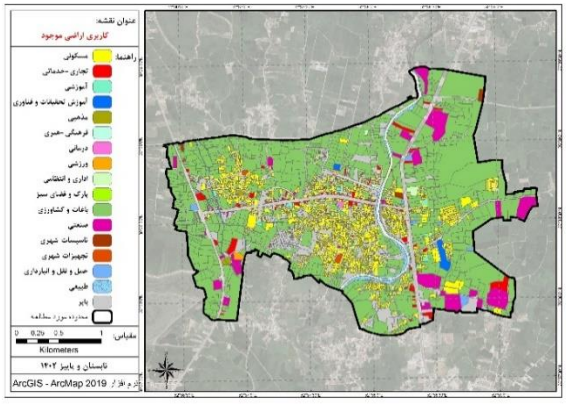
تصویر۷) دسترسی به نیروی انتظامی



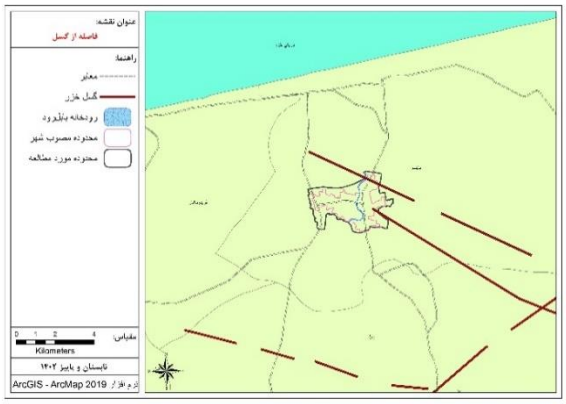
تصویر۸) مساحت قطعات



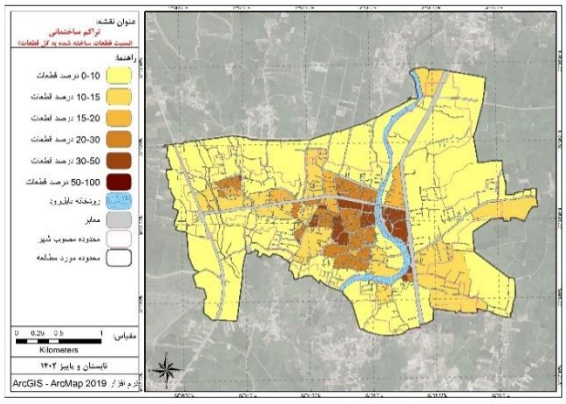
تصویر۹) نظام بلوک‌بندی و ساختار محله



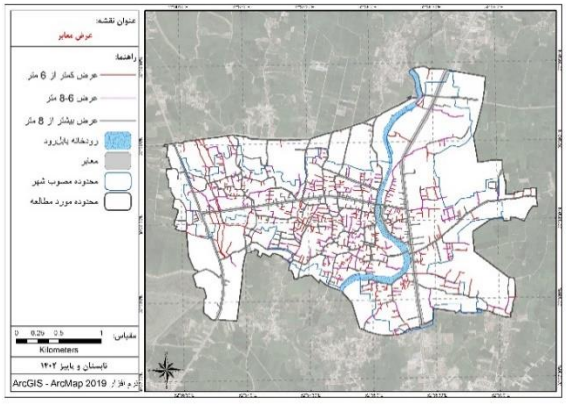
تصویر۱۰) کاربری اراضی



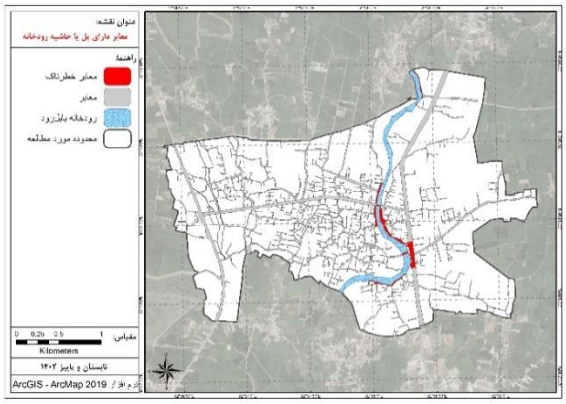
تصویر۱۱) فاصله از گسل



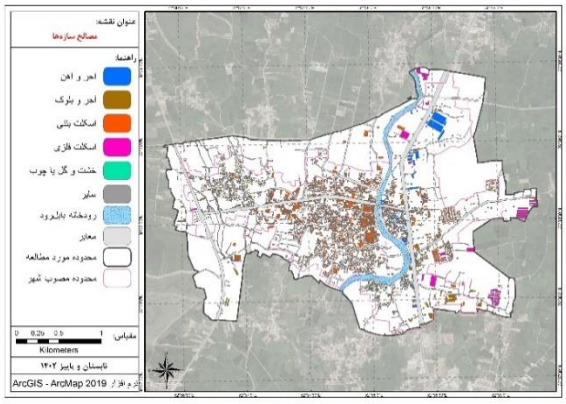
تصویر۱۲)تراکم ساختمانی



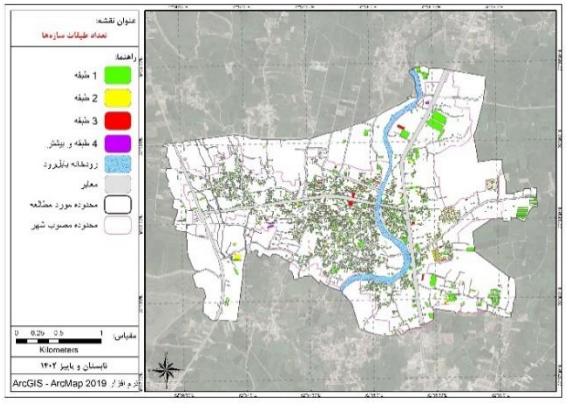
تصویر۱۳)عرض معابر



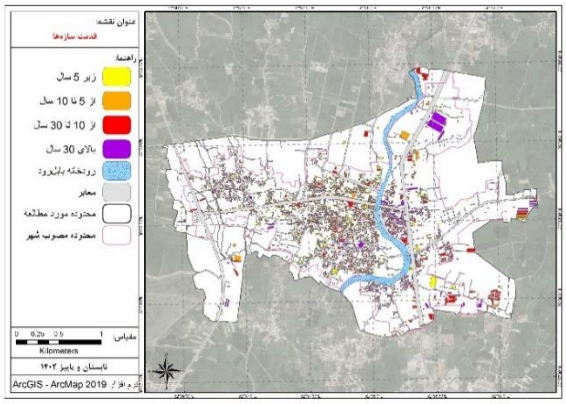
تصویر۱۴) معابر خطرناک



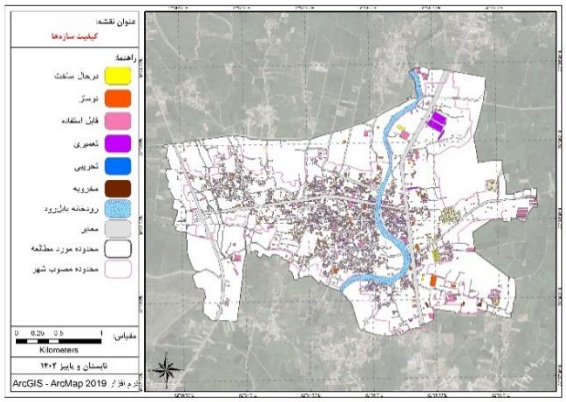
تصویر۱۵)نوع مصالح



تصویر۱۶) تعداد طبقات



تصویر ۱۷) قدمت بناها



تصویر ۱۸) کیفیت ابنیه

۴،۱ تحلیل نقشه‌های جی آی اس

۴،۱،۱ تاب آوری بافت هادی شهر نسبت به لایه اول (دسترسی‌ها)

دسترسی به برخی مراکز در زمان وقوع بحران و حتی پس از سانحه، می‌تواند احتمال ایجاد خسارت مالی و جانی را به طور چشم‌گیری پایین بیاورد. برخی مراکز مانند ایستگاه‌های آتشنشانی، درمانی و نیروی انتظامی باید به تمام نقاط دسترسی مناسبی داشته و وجود فضای سبز نیز به تخلیه مناطق پرتراکم در هنگام زلزله کمک بسزایی می‌کند. طبق نقشه، دسترسی به آتشنشانی و نیروی انتظامی کم‌ترین و دسترسی به فضای سبز بیشترین سهولت را دارند. مرکز بهداشت شهر در نزدیکی مهم‌ترین گره شهر قرار دارد که این موضوع دسترسی به آن را برای شهروندان آسان می کند.

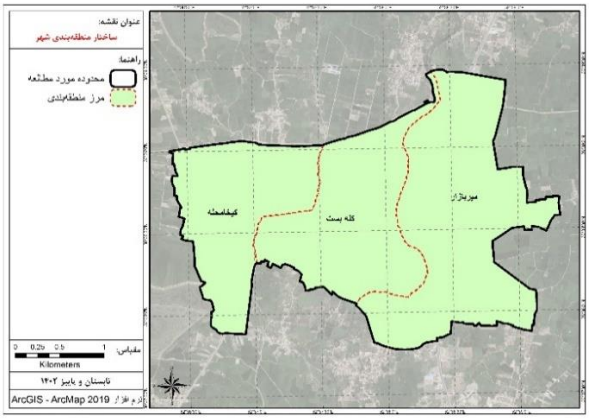
۴،۱،۲ مساحت قطعات

کوچک بودن قطعات تاثیر عکس بر تاب‌آوری در برابر زلزله می‌گذارد. چراکه کمبود فضا به علت ساخت و ساز فراوان موجب کمبود فضا برای فرار و اسکان موقت و پناهگیری می‌شود. در بین اراضی، مساحت‌های ۲۰۰ تا ۵۰۰ متری سهم بیشتری نسبت به مابقی مساحت‌های اراضی دارد.

۴،۱،۳ بافت و ساختار محله

کوچک بودن بلوک‌ها نشان از نفوذپذیری بیشتر آن-ها و در نتیجه دسترسی و حق انتخاب بیشتر مسیرها برای ساکنین در مواقع اضطراری است. این

درحالیست که بزرگ مقیاس بودن بیش از نیمی از شهر نشانه تاب‌آوری پایین است.



شکل ۱۹) نقشه هوایی ساختار کلی هادی شهر

۴،۱،۴ کاربری اراضی

وجود کاربری‌های مورد نیاز در زمان وقوع حادثه و قرارگیری درست آن‌ها نسبت به یکدیگر و همچنین عدم وجود کاربری ناسازگار با سایر کاربری‌ها، تاب-آوری شهر را در برابر حوادث خطرآفرین بالا می‌برد. از بین کاربری‌های این شهر، بیشترین درصد موجودیت از آن مسکونی و کم‌ترین درصد را تجهیزات شهری و مراکز ورزشی دارند.

۴،۱،۵ فاصله از گسل

وجود گسل که منطقه‌ای زلزله‌خیز به حساب می-آید، احتمال رخداد حادثه را زیاد می‌کند. طبق نقشه، خطوط گسل البرز از کناره شهر می‌گذرد.

۴،۱،۶ تاب آوری بافت هادی شهر نسبت به لایه دوم (تراکم ساختمانی)

هرچه تراکم ساختمانی بیشتر باشد نشان از خطرپذیری بیشتر هنگام بروز زلزله است. زیرا خطر ریزش آوار بالا رفته و زمان لازم در پناه‌گیری وجود ندارد. نقشه تراکم ساختمانی نشان می‌دهد که شهر در مرکز خود بیشترین احتمال ریزش آوار را دارد.

۴،۱،۷ معابر

وضعیت معابر شهری، چه اصلی و چه فرعی، در هنگام وقوع زلزله که نیاز به تخلیه زودهنگام از ساختمان‌ها به محیط باز و رسیدن بدون خطر به مراکز درمانی است، بسیار حائز اهمیت می‌باشد (رشیدی‌فر و همکاران، ۱۳۹۳). برای درک بهتر عرض معابر، در شکل‌های زیر برش‌هایی از چند معبر مهم در هادی شهر آمده است.

شکل ۲۰) برش عرضی معابر (نگارندگان)

۴،۱،۸ تجهیزات شهری

طبق اطلاعات مربوط به طراحی تجهیزات ایمن شهری در کتاب طراحی امنیتی شهری سازمان مدیریت بحران شیکاگو (FEMA)، حفظ حریم پیاده رو از خیابان و ماشین‌ها یکی از موارد مهم در ایمن سازی شهر است. طبق شکل زیر، مبلمان شهری می‌تواند به عنوان مرزی بین انسان‌ها و وسایل نقلیه واقع شده تا هنگام وقوع بحران، از حوادث غیرمتقربه جلوگیری شود.

شکل ۲۱) نمونه تجهیزات شهری مدیریت بحران (FEMA, 2007)

در مقابل آن، طراحی نامناسب تجهیزات شهری موجب افزایش خطرپذیری هنگام بحران نیز می‌شود. شکل زیر چیدمان نامناسب و خلاف هندسه خطی پیاده رو را نشان می‌دهد که در زمان وقوع بحران مانع از تردد افراد می‌شود.

شکل ۲۲) نمونه تجهیزات شهری نامناسب (FEMA, 2007)

همچنین در این کتاب آمده است که پیاده روها باید دارای نسبت طول به عرض مناسبی بوده و دارای چند ردیف مسیر تفکیک شده باشد تا تردد با عجله در آن آسان بیاید (FEMA, 2007).

شکل ۲۳) نمونه پیاده رو مناسب در برابر بحران (FEMA, 2007)

۴،۱،۹ تاب آوری بافت هادی شهر نسبت به لایه سوم (نوع سازه و مصالح)

هرچه سازه‌هایی با مصالح اسکلت فلزی و بتنی در شهر بیشتر باشد، احتمال ریزش ساختمان‌ها در زمان وقوع زلزله کاهش می‌یابد و کم بودن سازه‌های خشت و گل و چوب و آجر نشانه خوبی در تاب‌آوری بالای شهر است.

۴،۱،۱۰ تعداد طبقات

هرچه تعداد طبقات ساختمان‌ها بیشتر باشد، خطر تخریب در اثر زلزله نیز بالاتر می‌رود. به دلیل اینکه بار ناشی از زلزله از تمام جهات بوده و ساختمان بلندتر، خطر ریزش بیشتری پیدا می‌کند.

۴،۱،۱۱ قدمت ابنیه

تجربیات نشان داده است که هرچه عمر مفید بنا بیشتر باشد در نتیجه میزان مقاومت و تاب‌آوری آن در برابر زلزله کاهش می‌یابد. این به دلیل روش‌های قدیمی ساخت و فرسودگی مصالح می‌باشد. طبق نقشه، درصد ساختمان‌های بین ۱۰ تا ۳۰ سال نسبت به قدمت‌های دیگر بیشتر است.

۴،۱،۱۲ کیفیت ابنیه

کیفیت ابنیه مکملی از نوع سازه و نوع مصالح ابنیه است که مجموعی از آن‌ها کیفیت کلی را شکل می-دهند.

۴،۱،۱۳ زیرساخت‌های محله

وجود خطوط اصلی گاز زیر معابر اصلی شهر نشان از آسیب پذیری زیرساخت‌هاست. همچنین وجود مسیرهای اصلی خطوط برق در نزدیکی معابر اصلی، در مواقع اضطراری بسیار خطرناک و احتمال مسدود شدن معابر اصلی در مواقع بحران وجود دارد. سیستم فاضلاب شهری نیز موجب کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود.

۴،۲ تحلیل سلسله مراتبی

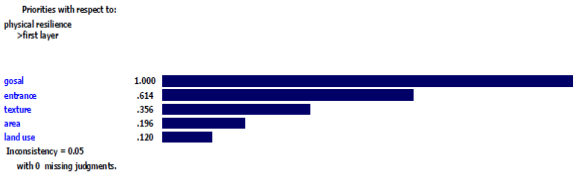
بعد از بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی و نتایج حاصل از روش نقشه‌های جی آی اس، طبق روش تحقیق که در مورد رده بندی و میزان درجه اهمیت هر یک از شاخص‌ها بحث شد، به کمک روش AHP و استفاده از نرم فزار تحلیل داده‌های مقایسه‌ای، می‌توان هر یک از شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی که در بخش نخست استخراج شدند را به صورت زوجی مقایسه کرد و در نهایت با کمک نرم افزار Expert choice، به هر یک با توجه به میزان اهمیت آن‌ها در افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر، وزنی اختصاص داد. در مجموع پرسشنامه بین ۵۰ نفر از خبرگان در زمینه تاب آوری و مدیریت بحران توزیع شده و میزان امتیازدهی آن‌ها در آخر میانگین گرفته شد. با توجه به بررسی عوامل تاب‌آوری شهری در جدول ۱، به کمک داده‌های نظری و تصویری موجود، میزان تاب‌آوربودن هادی شهر مورد تحلیل قرار گرفته و در جدول زیر مشخص شده است.

جدول۲) مقایسه میزان تاب‌آوری کالبدی سه منطقه هادی شهر

ناحیه	وزن	رتبه
کله بست	۰٫۴۵۳	۱
کیخا محله	۰٫۳۵۱	۲
میربازار	۰٫۱۹۷	۳

برای نتیجه گیری از مقایسات زوجی در سه ناحیه اصلی هادی شهر، جدول بالا نشان می‌دهد که ناحیه کله بست که در مرکز هادی شهر واقع است، دارای بیشترین سطح از تاب‌آوری کالبدی و مقاومت در برابر مخاطرات طبیعی نسبت به کیخا محله و میربازار است.

شکل ۲۴) مقایسه تاب آوری کالبدی سه معیار (یافته های پژوهش)



شکل ۲۵) مقایسه تاب آوری کالبدی زیرمعیارهای لایه اول (یافته های پژوهش)

شکل ۲۶) مقایسه تاب آوری کالبدی زیرمعیارهای لایه دوم (یافته های پژوهش)

شکل ۲۷) مقایسه تاب آوری کالبدی زیرمعیارهای لایه سوم (یافته های پژوهش)

در مقایسه وزنی سه لایه معرفی شده طبق جدول ۱ در شکل۲۴ ،همانطور که پیداست، لایه اول با وزن یک، بیشترین تاثیر را در تاب آوری کالبدی شهر نسبت به لایه دوم با وزن ۰،۴۰۵ و لایه سوم با وزن ۰،۱۶۴، دارد. در شکل ۲۵ که مقایسه وزنی زیرشاخص‌های لایه اول را نشان می‌دهد، به ترتیب زیرشاخص فاصله از گسل با وزن یک، دسترسی با وزن ۰،۶۱۴، بافت و ساختار محله با وزن ۰،۳۵۶، مساحت قطعات با وزن ۰،۱۹۶ و کاربری اراضی با وزن ۰،۱۲۰ بر میزان تاب آوری کالبدی تاثیر دارند و از بین آن‌ها فاصله از گسل سهم پررنگ‌تری را داراست. همچنین در شکل ۲۶، که مقایسه زیرشاخص‌های لایه دوم تاثیرگذار بر تاب آوری کالبدی را نشان می‌دهد، تجهیزات شهری با وزن یک، بیشترین تاثیر را نسبت به زیرشاخص تراکم ساختمانی با وزن ۰،۵۰۰ و زیرشاخص معابر با وزن ۰،۱۶۷ دارد. در شکل ۲۷ نیز، زیرساخت‌های محله با وزن یک، نسبت به زیرشاخص سازه و مصالح ساختمانی با وزن ۰،۵۳۵، کیفیت ابنیه با وزن ۰،۴۰۸، قدمت ابنیه با وزن ۰،۳۱۰و تعداد طبقات با وزن ۰،۱۳۱، بیشترین درجه اهمیت را در میزان تاب آوری و مقاومت در برابر عوامل خطرزا ناشی از حوادث را دارد.

جدول ۳) تحلیل نقشه‌های جی آی اس

تاب آوری هادی شهر							
	شاخص ها		زیر شاخص ها	خوب	متوسط	ضعیف	تحلیل نقشه‌ها
لایه اول	۱	دسترسی	مراکز درمانی				وجود یک مرکز درمانی در سطح شهر بسیار کارامد است. اما تمرکز این نوع مراکز در مرکز شهر نشان از ضعف در مکانیابی آنهاست و محله‌های اطراف شهر را از خدمات درمانی مورد نیاز محروم کرده است.
			ایستگاه آتش نشانی				وجود تنها یک مرکز آتشنشانی و نیروی انتظامی در شهر کافی نیست. اما وجود آن در مرکز شهر، این مزیت را برای شهر دارد که خدمات رسانی به همه نقاط را داشته باشد.
			نیروی انتظامی				
			فضای سبز و باز				کمبود فضاهای سبز و باز در اطراف شهر نشانه ضعف در ساختار شهر است، اما با توجه به قرارگیری زمین های کشاورزی و فضای باز در اطراف شهر این ضعف زیاد به چشم نمی‌آید و تاثیر به سزایی در تاب‌آوری شهر نگذاشته است.

	۲	مساحت قطعات						وجود قطعات کوچک بسیار زیاد در مرکز شهر نشان از فرسودگی و قدیمی بودن بافت شهر است که تاثیر بدی بر تاب آوری شهر میگذارد، اما هرچه از مرکز شهر به سمت اطراف حرکت می‌کنیم، قطعات بزرگ تر شده که به دلیل وجود باغ ها و زمین های کشاورزی است.
	۳	بافت و ساختار محله	فرم و الگوی محله					بافت ارگانیک و ساختار اصلاح نشده بلوک ها و معابر محلی، ضعفی بزرگ در تاب‌آوری شهر است و همینطور بزرگ مقیاس بودن بلوک تاثیر منفی بر روی تاب‌آوری شهر گذاشته است.
			نظام بلوک بندی					
	۴	کاربری اراضی						مکانیابی کاربری های مورد نیاز برای زمان حوادث خطر آفرین، مانند نیروی انتظامی، فضاهای باز، تاسیسات و تجهیزات شهری و مراکز درمانی بیشتر در مرکز شهر است که به خوبی به کل شهر امکان استفاده میدهد، اما تعداد آنها و سرانه این کاربری ها برای کل شهر کافی نیست.
	۵	فاصله از گسل						رد شدن خطوط فرعی گسل البرز از شرق و جنوب هادی شهر و نزدیکی بسیار زیاد این خطوط به شهر نشان از شدت بالای خرابی ها در زمان وقوع زلزله است و تاب آوری شهر را به حد زیادی کاهش میدهد.
لایه دوم	۶	تراکم ساختمانی (نسبت قطعات ساخته شده به کل قطعات)						وجود بلوک هایی با سطح ساخته شده بیش از ۵۰ درصد در مرکز شهر، سطح تاب‌آوری محلات را پایین آورده و وجود فضای خالی کم در آن محدوده، در موقع حوادث بسیار خطر آفرین خواهد بود.
	۷	معابر	عرض معابر					بسیاری از معابر در سطح محله و ناحیه دارای شیب کمتر از حداقل یعنی زیر ۶ یا ۸ متر هستند که این مشکل در مراکز محله به شدت دیده میشود و میزان خطرات و آسیب را افزایش میدهد. شیب شهر و معابر حداکثر ۳-۴ درصد است که بسیار مطلوب بوده و تاب‌آوری شهر را افزایش داده است. با توجه به مقیاس کوچک شهر، معابری در امتداد یا مقطوع با رودخانه وجود دارد که از لحاظ ایمنی سطح پایین و غیر قابل قبولی دارند.
			شیب معابر					
			معابر خطرناک دارای پل					

	۸	تجهیزات شهری	مبلمان امنیتی				این محله طبق آمار میدانی به دست آمده، فاقد برنامه ریزی‌های مربوط به پدافند غیر عامل در هنگام بروز تحدیدات طبیعی و غیر طبیعی می‌باشد. چرا که در سطح شهر هیچ گونه مبلمان و تجهیزات مربوط به پناهگیری و یا کاهش دهنده اثرات مخرب ناشی از حوادث وجود ندارد.
			نورپردازی امنیتی				
لایه سوم	۹	نوع سازه و مصالح					مصالح سازه های شهر به ندرت آجر یا بلوک، خشت و گل یا چوب است و اکثریت سازه ها را اسکلت های فلزی یا بتنی تشکیل داده اند، که دلیل آن وجود بسیار زیاد سازه های زیر ۳۰ سال هستند، اما در بخش جنوبی، شرقی، و جنوب شرقی شهر میزان سازه هایی با عمر بالای ۳۰ سال بسیار زیاد است، که نشان از کیفیت پایین آنهاست که سازه های تعمیری و تخریبی یا مخروبه شکل میدهند که تاب آوری این بخش از شهر را پایین آورده است، اما به دلیل کم ارتفاع بودن بیش از ۸۰ درصد سازه ها(۱ طبقه) و وجود تعداد بسیار کمی سازه های ۳ طبقه(۶ درصد) و ۴ طبقه یا بیشتر(۲ درصد)، احتمال تخریب در مواقع حادثه و زلزله، بسیار کم است.
	۱۰	تعداد طبقات					
	۱۱	قدمت ابنیه					
	۱۲	کیفیت ابنیه					
	۱۳	زیرساخت-های محله					رد شدن خطوط اصلی و تقسیم کننده گاز از زیر ۳ معبر اصلی شهر نشان از ضعف و آسیب پذیری شدید معابر است، همچنین وجود مسیر های اصلی خطوط برق در دوطرف معابر اصلی، در مواقع اضطراری بسیار خطرناک است همچنین شهر با دارا نبودن سیستم فاضلاب شهری احتمال رانش زمین و همچنین آلودگی آب‌های زیرزمینی را به شدت افزایش داده است.

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شده است تا بررسی و سنجش شاخصه‌های تاب‌آوری کالبدی در شهر هادی شهر و میزان تاب‌آوری این شهر در برابر مخاطرات طبیعی را ارزیابی کند و در نهایت با توجه به تحلیل‌های خروجی گرفته شده از طریق نرم افزار GIS، و همینطور آمار به دست آمده از طریق مطالعات سلسله مراتبی و دیدگاه صاحب‌نظران راجع به شاخص‌ها، راهکارهایی را در جهت بهبود سطح مقاومتی و تاب‌آوری کالبدی پیشنهاد کند. در بخش اول که در جهت پاسخ به پرسش یک در بیان مسئله صورت گرفت، با توجه به تحقیقات گذشته که در زمینه تاب‌آوری کالبدی انجام شد، جدولی در انتهای بخش مبانی نظری قرار گرفت که ارکان و شاخصه‌های تاب‌آوری کالبدی را از ابعاد مختلف

شامل می‌شود. این شاخصه‌ها به ۱۳ دسته کلی تقسیم شدند و هریک دارای زیرمجموعه‌هایی برای تسهیل در تحلیل نقشه‌های جی آی اسی هستند. این شاخص‌ها در سه دسته لایه اول، لایه دوم و لایه سوم چیدمان شدند که برگرفته از سه لایه پدافند غیر عامل کتاب (FEMA) می‌باشد. این سه لایه مقاومتی به ترتیب مرحله مربوط به مناطق اطراف و محدوده کلی شهر، مرحله مربوط به کالبد اصلی شهر و معابر و مرحله مربوط به ویژگی‌های ساختمان‌ها و جزئیات تک بنا هستند. پس از استخراج شاخصه‌ها و دسته بندی آن‌ها، برای پاسخ به پرسش دوم که در زمینه سنجش میزان تاب‌آوری کالبدی هادی شهر است، با کمک نرم افزار تحلیلی GIS، تک تک شاخصه‌ها در این شهر بررسی شده و نقشه‌های دوبعدی از آن‌ها خروجی گرفته شد که با توجه به بخش یافته‌ها میزان تاب‌آوری هر شاخص در هادی شهر مشخص شد. هم‌چنین طبق خروجی حاصل از نرم افزار Expert choice، درجه اهمیت ابعاد مختلف تاب‌آوری کالبدی به دست آمده و میزان هر یک در سه بخش اصلی شهر یعنی کله بست، میربازار و کیخا محله محاسبه شد. خروجی حاصل از این نرم افزار نشان می‌دهد که لایه سوم از معیارهای تاب آوری کالبدی، تاثیر بیشتری نسبت به دو لایه دیگر داشته است. همینطور درجه اهمیت زیرشاخص‌های لایه اول، به ترتیب از زیاد به کم، فاصله از گسل، مصالح و سازه، کیفیت، قدمت و در نهایت تعداد طبقات هستند. طبق جدول ۳ نیز، بافت شهر به دلیل گذر از خطوط گسل البزر، دارای ریسک زیادی است. از نظر دسترسی در موقعیت متوسطی قرار داشته و تنها با افزایش فضای باز در مرکز شهر و گسترده کردن مکان‌های اضطراری ایمنی در سطح شهر می‌توان آن را تقویت کرد. بافت و ساختار شهر بی‌قاعده و بی برنامه است. اراضی با مساحت‌های کوچک در مرکز بافت جای داشته و همچنین کاربری‌های نامناسب نیز گردهم آمده اند و این موضوعات نشان از ضعف شهر می‌باشند. میزان اهمیت زیرشاخص‌های لایه دوم نیز از زیاد به کم، تجهیزات شهری، تراکم ساختمانی و معابر قرار دارند که طبق جدول ۳، از نظر داشتن تجهیزات شهری امنیتی و تراکم ساختمانی به دلیل ساخت بیش از ۵۰ درصد سطح زمین و نبود برنامه عملیاتی ساخت مبلمان قابل پناهگیری ضعیف است. معابر نیز در وضعیت متوسطی قرار داشته و می‌بایست معابر نزدیک به پل‌ها را از نظر ایمنی تقویت کرد. از زیرشاخص‌های لایه سوم نیز از زیاد به کم، زیرساخت شهری، مصالح و سازه، کیفیت، قدمت و تعداد طبقات قرار داشته و طبق جدول ۳، از نظر زیرساخت شهری در موقعیت بحرانی قرار دارد. اکثر بناها نیز دارای سازه و مصالح جدید با مقاومت بالا هستند. هادی شهر از نظر کیفیت ابنیه ضعیف است. چرا که قسمت‌های جنوبی، شرقی و جنوب شرقی هادی شهر، دارای سازه هایی با عمر بالای ۳۰ سال بوده و می‌بایست با طرح نوسازی و بهسازی، کیفیت سازه و مصالح آن مناطق را بالا برد. اما به دلیل کم ارتفاع بودن بیش از ۸۰ درصد سازه ها، از نظر تاب‌آوری در موقعیت قابل قبولی قرار دارد.

درنهایت با درنظرگرفتن دوبخش نخست این تحقیق، برای پاسخ به بخش سوم و در نظر گرفتن جدول شماره ۳ که ضعف هادی شهر را در هر بخش از تاب آوری مشخص کرده است، راهکارهای زیر برای ارتقای سطح تاب‌آوری هادی شهر در حوادث طبیعی پیشنهاد می‌شود:

۱. قرارگیری تعداد مناسبی از قرارگاه‌های نیروی درمانی، پلیس و امداد و آتش نشانی در سطح شهر به طوری که در زمان فرار از بحران، به آسانی بتوان از خدمات این ارگان‌ها، بهره مند شد.

۲. وجود اراضی باز بدون داشتن موانعی که در زمان پس از بحران بتوان از این فضاهای باز برای ساخت پناهگاه‌های موقت استفاده کرد.

۳. تفکیک اراضی به صورتی باشد که چه در مرکز شهر و چه در اطراف، مساحت

بین ساختمان‌ها، فضای مناسب برای هجوم مردم به بیرون ساختمان‌ها، مهیا شود.

۴. ساختار شهر از فرم ارگانیک و غیر اصولی، به فرم منظم و باقاعده تبدیل شده تا در زمان سرگردانی بتوان جهت-گیری درست را پیدا کرد.

۵. کنترل مساحت قابل ساخت در هر قطعه که بیش از ۵۰ درصد از سایت نشود.

۶. افزایش عرض معابر اصلی و ایمن‌سازی معابر حاشیه رودخانه که در زمان طغیان رودخانه، آسیب کمتری به معابر وارد شود.

۷. احداث مبلمان‌های امنیتی و دارای امکانات پناه‌گیری در زمان وقوع بحران و چیدمان مناسب آن‌ها در سطح شهر به گونه‌ای باشد که مزاحمتی برای تردد افراد ایجاد نکرده و همچنین مانع برخورد وسایل نقلیه به پیاده‌روها شود.

۸. نورپردازی به گونه‌ای باشد که در هنگام شب نور لازم در معابر اصلی و پرتردد کافی بوده و برق اضطراری در هر زمان فعال شود.

۹. به کارگیری مصالح سبک و بادوام در ساختمان‌های در حال ساخت و همچنین مرمت ساختمان‌های بالای ۳۰ سال با استفاده از مصالح و روش‌های مرمتی مرغوب در سطح شهر.

احداث سیستم فاضلاب شهری برای جلوگیری از رانش زمین هنگام وقوع بحران.

منابع

Afifi, M. E. (2022). Evaluation of Resilience of Urban Decay Texture against Earthquake using GIS (Case study: District 2 of Bandar Abbās Municipality). *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 3(2), 69-88. [In Persian].
https://doi.org/10.22124/gscaj.2022.21511.1142

Aslani, F., Amini Hosseini, K., & Falahi, A. (2017). The physical and social resilience framework of the neighborhood against earthquakes (case study: Keshavarz neighborhood located in the 6th district of Tehran). *Environmental Risk Management*, 5(4), 417-433. [In Persian].
https://doi.org/10.22059/jhsci.2019.278000.455

Baghernejhad, E., Zebardast, E., & Azizi, M. M. (2022). Assessing How Urban Form Eff ects Disaster City Resilience at Tehran Metropolis Neighborhoods. *Memari-va-shahrsazi (Honar-haye-ziba)*, 26(4), 15-25. [In Persian].
https://www.doi.org/10.22059/jfaup.2021.318385.672586

Bastaminia, A., Rezaie, M. R., & Saraie, M. H. (2016). Explaining and Analyzing the Concept of Resiliency and its Indicators and Frameworks in Natural Disasters, *Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge*, 6(1), 32. [In Persian].
http://dorl.net/dor/20.1001.1.23225955.1395.6.1.3.1

Bozza, A., Asprone, D., & Fabbrocino, F. (2017). Urban Resilience: A Civil Engineering Perspective. *Sustainability*, 9(1), 103.
https://doi.org/10.3390/su9010103

Davis, I., & Aysan, Y. (1992). *Disasters and the small dwelling-process, Perspectives for the UN IDNDR*. Routledge, London.
https://doi.org/10.4324/9781315073613

Delshad, M., Tabibian, M., & Habibi, S. M. (2021). Investigation of the Concept of Spatial-Physical Resilience in relation to Earth quake, through Introducing and Prioritizing Its Most Significant Criteria by Using Fuzzy-AHP Model (case study: The central texture of the city of Rasht). *Armanshahr*, 14(36), 204-223. [In Persian].
https://doi.org/10.22034/aaud.2020.228193.2187

Eshgi, A., Nazmfar, H., & Gafari, A. (2018). Assessing the physical resilience of a city against possible earthquakes (Case Study: region one of Tehran). *Physical Social Planning*, 4(4), 11-26. [In Persian].
https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_4624.html

Habib, F. (2011). *The role of city form in reducing earthquake risks*. Gisom books, Tehran. [In Persian].

Habibzadeh, M., & Javadian, R. (2011). MEDIA STRATEGY IN CRISIS MANAGEMENT. *TOWSEE-QUARTERLY DEVELOPMENT OF THE HUMAN RESOURCES AND LOGISTICS*, 5(18), 103-123. [In Persian].

https://www.sid.ir/paper/202086/fa

Heydari Sureshjani, R., Gholami, Y., and Salimi, Z. (2016). Measuring and evaluating the physical resilience of urban tissues against earthquakes (case example: worn out neighborhoods of Bushehr city). *Geography and environmental hazards*, 6(4), 63-80. [In Persian].

https://doi.org/10.22067/geo.v6i4.57852

Hosseinzadeh, N., Amini, E., Aghanasab, A., Kermani, M., Shakori, S., & Khanmohammadi, E. (2021). Locating Urban Vulnerable Areas Using Crisis Management Approach Using GIS and Weighted Overlapping Model (Case Study: region 17 of Tehran). *GEOGRAPHICAL JOURNAL OF TERRITORY*, 17(68), 77-92. [In Persian].

B2n.ir/r83283

Jha, A. K., Miner, T. W., & Stanton-Geddes, Z. (Eds.). (2013). *Building urban resilience: principles, tools, and practice*. The World Bank.

http://dx.doi.org/10.1596/978-0-8213-8865-5

Kamali, M., Tabibian, M., & Elahi, M. (2022). Analysing the Physical Resilience of Neighborhood Patterns in Zanjan City Using NSFDSS Model. *Physical Social Planning*, 8(4), 133-148. [In Persian].
https://dorl.net/dor/20.1001.1.26455471.1400.8.4.8.8

Klein, R. J., Nicholls, R. J., & Thomalla, F., (2004). Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, London, UK, 5 (1-2), 35-45.

http://dx.doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001

Mayunga J. S. (2007). Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A Capital-based Approach. *A draft Working Paper Prepared for the Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*, PP. 22 – 28.
https://www.researchgate.net/publication/284894850_Understanding_and_applying_the_concept_of_community_disaster_resilience_A_capital-based_approach

Meerow, S., Newell, J, P., & Stults, M (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning* ·147, 38-49.
https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011

Mohammadi sarin dizaj, M., & Ahadnejad roshti, M. The evaluation of the urban fabric resiliency against earthquake risk Case Study: Zanjan. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 3(1), 103-114. [In Persian]. http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2547-fa.html

Mohebbian, M., & Momeni, K. (2019). Clarifying the Principles of Passive Defense in the Architectural Design of Underground Residential Complexes by Delphi Method. *Passive Defense*, 10(3), 39-50. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086849.1398.10.3.4.0

Movahed, A., Firoozi, M.ALI, Hadidi, M., & Esafi, A. (2014). Identifying and prioritizing the intervention of old urban texture using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) model: central area of SAQEZ city. *Spatial planning*, 18(1), 153-180. [In Persian].

B2n.ir/f67585

Nasiri Hende Khaleh, E., Eftekhari, E., & Nezafat, H. (2021). Evaluation of environmental physical resilience components of dysfunctional urban tissues to reduce earthquake crisis: A case study on Mallard. Urban Structure and Function Studies, 8(29), 149-169. [In Persian].

https://doi.org/10.22080/usfs.2021.3442

PourAhmad, A., Ziyari, K., and Sadeghi, A. (2018). Spatial Analysis of Physical Resilience Components of Urban attrited/beaten tissues against Earthquakes (Case Study: District 10 of Tehran Municipality). Spatial planning, 8(1), 111-130. [In Persian]. https://doi.org/10.22108/sppl.2018.109941.1178

Rashidifard, S. N., Gheysvandi, A., Mohit, M., & Daneshi, S. S. (2014). Optimal locate fire stations in urban traffic networks to aid the earthquake (Case study: Dehdasht). Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 23(SEPEHR), 48-53. [In Persian].

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25883860.1393.23.901.6.2

Salmani Moghaddam, M., Ahmadi, A. A., & Kavian, F. (2022). Investigating the role of land use planning in improving earthquake resilience of urban communities (case example of Sabzevar city). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 5(17), 17-34. [In Persian]. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161365.html

Savadkouhifar, S., & Zakai Fatheh, J. (2013). Subsurface site design considerations with passive defense approach. *National Conference on Passive Defense Agriculture*, [In Persian]. https://elmnet.ir/doc/20127884-14454

Shokri Firoozjah, P. (2017). Spatial Analysis of Resilience of Babol's Regions to Environmental Hazards. *Physical Social Planning*, 4(2), 27-44. [In Persian].

https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_4146.html

The Federal Emergency Management Agency (FEMA), (2007). *Site and Urban Design for Security: Guidance against Po-tential Terrorist Attacks. Washington, D.C.*

https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema430.pdf

Zanganeh Shahraki, S., Ziari, K., & Pourakrami, M. (2017). Evaluation and analysis of the physical

https://dorl.net/dor/20.1001.1.22516131.1395.6.23.1.3

resilience of the 12th district of Tehran against earthquakes using FANP and Vicor models. Geography, 15(52), 81-101. [In Persian]. https://journal.eri.acecr.ir/Article/8937

Zargar, A., Ahari, Z., & Razeghi, F. (2015). Assessing Resilience of an Urban Neighborhood. *Soffeh*, 25(2), 89-118. [In Persian].

https://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1394.25.2.6.4

Ziari, K., & Hosseini, M. (2016). Evaluate the relationship between viability and resilience in the neighborhoods metropolitan Mashhad. *Journal of Greater Khorasan*, 7(23), 26-11. [In Persian].