

Evaluation of the effective indicators on the resilience of urban form and space with an emphasis on flood and surface runoff (case study: Noor city, Mazandaran province)

Zainab Akbari Zarin¹, Mahmoud Ghalehnoee², Safoora Mokhtarzadeh³

1. Department of Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran, Email: z_akbari1993@yahoo.com

2. Department of Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran Email: m.ghalehnoee@aui.ac.ir

3. Department of Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Daneshpajooohan Pishro Institute of Higher Education, Isfahan, Iran, Email: mokhtarzadeh.safoora@gmail.com

Abstract

Since the emergence of the concept of urban resilience, this concept has mostly been concerned with urban planning, and resilient urban design approaches have been a less developed field. The current research is of applied type and uses descriptive-analytical methods. This research deals with urban resilience in urban design and focuses on how urban forms affect urban resilience against floods and inundation. In this regard, indicators for evaluating the resilience of urban forms against floods and urban runoff have been explained and these indicators have been measured and evaluated within the scope of the study area of Noor City at the level of neighborhoods and urban blocks to determine the level of resilience of each. It should be determined from the research indicators at the level of urban cells that, in this regard, TOPSIS technique was used for data analysis. The results show that the study area of Noor is in an unfavorable situation regarding resilience. Based on the evaluation done at the block level, the results indicated that 27.7 hectares of the study area have very low resilience, 62.6 hectares have low resilience, 48.4 hectares have medium resilience, 53 hectares have high resilience, and 16.8 hectares have very resilience. The largest area is related to the low resilience level with 62.6 hectares. In total, 90.3 hectares of the study area have low and very low resilience, which is about 43% of the total studied area.

Keywords: urban resilience, resilient urban design, urban form, flood, surface runoff

Extended Summary

Introduction

In recent years, northern cities in Iran have repeatedly faced heavy rains, which resulted in floods and overflowing of rivers. Preventive measures are taken for natural disasters. The coastal city of Noor in Mazandaran province (Iran) has been affected by factors such as physical development in agricultural land, and these physical developments are almost unregulated. The mentioned factors, along with the lack of appropriate green and open spaces in this city, show that it needs measures to reduce concerns about the severity of damage caused by this natural disaster. The main goal of this research is to evaluate the central area of Noor using resilience indicators of urban form against flood and surface runoff. Flood resilience is reflected in flood adaptation, flood evacuation, and changing urban landscape functions to accommodate floods. Urban form refers to the size, shape, and configuration of an urban area or its parts in different scales. Resilient urban form is then the degree to which it can absorb shocks, facilitate rapid recovery after disasters, and increase the adaptive capacity of the urban system. This research conducted in meso-scale, and the elements of the urban form are explained and their relationship with resilience is expressed. The important elements in the mentioned scale are neighborhood shape and design, neighborhood density, land use mix, size and arrangement of parts and blocks, design and structure of streets and size, and shape and pattern of distribution of open spaces.

Materials and methods

As applied research, this paper investigates on physical and functional factors, and the dominant method of research is quantitative. This research elaborates the indicators to evaluate the resilience of urban form in meso-scale. Considering the urban blocks as the unit of measurement, the collected data, made it possible to compare different blocks constituting the study area. These indicators are related to the ratio of connected nodes, density of intersections, permeability of surfaces and variety of public spaces were investigated at the neighborhood scale, and their results were applied at the block level. All indicators were measured using GIS and Excel. The research uses TOPSIS technique to examine positive and negative quantitative indicators. In total, 7 neighborhoods and 170 blocks were analyzed in three urban contexts: old, middle, and new. The intersection density, the ratio of connected nodes, the number of public space types, and the percentage of permeable surfaces indicators were elaborated at the neighborhood level and the rest of the indicators were elaborated at the block level. Five levels of resilience were considered and applied at the neighborhood or block level.

Discussion of results

Based on the survey conducted at the block level, the results indicated that 27.7 hectares of the study area have very low resilience, 62.6 hectares have low resilience, 48.4 hectares have medium resilience, 53 hectares have high resilience, and 16.8 hectares have very high resilience. The largest area is related to the low resilience level with 62.6 hectares. 46% of the area of the old tissue has very low resilience or low resilience. This ratio is 43% for the middle tissue and 24% for the new tissue. Also, of the total areas with very low and low resilience, 37% belong to the old tissue, 60% to the middle tissue, and 3% to the new tissue. According to the statistics, the conditions of the new tissue in terms of resilience are more favorable than the old and middle tissues. Attrition, low permeability, and greater proximity to the river are the reasons for the lower level of resilience in these two tissues. In total, 90.3 hectares of the study area have low and very low resilience, which is about 43% of the total studied area.

Conclusions

The role of urban form is important to increase the resilience against floods and surface runoff. As evaluated in this research, different types of urban fabrics have different levels of resilience according to the elaborated indicators. In the studied area adjacent to the Caspian Sea and local rivers in Noor (Mazandaran, Iran), as the case study, the resilience in new developments areas is higher than middle and old ones, rather linked to building materials and techniques in architecture, and the standards of planning and design specially in street networks which helps a better water evacuation and drainage. The urban blocks characteristics also has determinant role dependent of its localization; where if it is situated alongside the rivers, less permeability is more convergent to the resilience against floods and runoffs because it plays the role of the barrier.

ارزیابی شاخص های موثر بر تاب آوری فرم و فضای شهری با تاکید بر سیل و رواناب های سطحی (مورد پژوهی: شهر نور، استان مازندران)

زینب اکبری زرین*^۱، محمود قلعه نویی^۲✉، صفورا مختارزاده^۳

۱. گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، رایانامه: z_akbari1993@yahoo.com

۲. گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، رایانامه: m.ghalehnoee@au.ac.ir

۳. گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان، ایران، رایانامه:

mokhtarzadeh.safoora@gmail.com

چکیده

در سال های اخیر رویکردهای غالب در حوزه برنامه ریزی و طراحی شهری از تمرکز بر موضوع کاهش آسیب پذیری، به برنامه های افزایش تاب آوری در برابر سوانح تغییر جهت داده است. مفهوم تاب آوری شهری از زمان ظهور، اغلب با برنامه ریزی شهری سروکار داشته است و رویکرد های طراحی شهری تاب آور یک زمینه کمتر توسعه یافته است. پژوهش حاضر که از نوع کاربردی است و از روش های توصیفی-تحلیلی استفاده کرده است به تاب آوری شهری در حوزه طراحی شهری می پردازد. هدف پژوهش بررسی تاثیر فرم های شهری بر تاب آوری شهری در برابر سانحه سیل و آبگرفتگی است لذا شاخص هایی برای ارزیابی تاب آوری انواع فرم های شهری در برابر این سوانح تبیین شده است. محدوده ی مطالعه در مساحتی به وسعت ۳۲۰ هکتار در شهر نور قرار داد و شاخص ها در مقیاس محلات و بلوک های محدوده ی مطالعه مورد سنجش قرار گرفته اند تا میزان تاب آوری هریک از شاخص ها در برابر سیل و آبگرفتگی مشخص شود. برای تحلیل اطلاعات از تکنیک تاپسیس استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که ۲۷.۷ هکتار از محدوده ی مطالعه دارای تاب آوری بسیار پایین، ۶۲.۶ هکتار تاب آوری پایین، ۴۸.۴ هکتار تاب آوری متوسط، ۵۳ هکتار تاب آوری بالا و ۱۶.۸ هکتار تاب آوری بسیار بالا داشتند. بیشترین مساحت مربوط به سطح تاب آوری پایین با ۶۲.۶ هکتار است. در مجموع ۹۰.۳ هکتار از محدوده مطالعه تاب آوری پایین و بسیار پایین دارند که حدود ۴۳ درصد از مساحت کل مورد بررسی است.

کلیدواژه: تاب آوری شهری، طراحی شهری تاب آور، فرم شهری، سیل، رواناب سطحی

* این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در دانشگاه هنر اصفهان به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم می باشد.

۱. مقدمه

بارش های سیلابی و خشکسالی دو نمونه از نتایج نوسانات و تغییرات اقلیمی است و طی سال های اخیر، ایران شاهد بارش های شدید در شهرهای زیادی بوده است که پیامد آن سیل و طغیان رودخانه ها بوده است. بارندگی های سیل آسا و سرریز شدن رودخانه ها آسیب های بسیاری به بافت های شهری زده، زیرساخت ها را با مشکل جدی مواجه نموده و باعث انتشار آلودگی ها می شوند. پهنه های بسیاری در شهرها از جمله بافت های همجوار رودخانه ها در معرض خطر چشمگیر سیل و آب گرفتگی هستند و توسعه های کالبدی بدون سنجش دقیق وضعیت موجود، آسیب های ناشی از سیل و سوانح طبیعی مشابه را تشدید می نماید. بخشی از خسارات به دلیل وجود عدم قطعیت ها، اجتناب ناپذیر است اما بخش قابل توجهی از اثرات سیلاب ها قابل کنترل، تعدیل و یا سازگاری است. در گزارش «دفتر کنترل سیلاب و آبخوان داری سازمان جنگل ها» از سیل های رخ داده در سال ۹۸ آمده است که تغییرات اقلیمی و عدم رعایت حریم رودخانه ها از دلایل عمده رخداد سیل در این سال بوده اند و همچنین در همین سال، در دیگر نقاط کشور نیز ۱۳۸ مورد سیل به وقوع پیوسته است که دو مورد آن ها از جمله ویرانگرترین سیل های ۴۰ سال گذشته بوده اند. در گزارشی دیگر به نقل از ستاد مدیریت بحران کشور در پی سیلاب مرداد ۱۴۰۱، ۵۶۶۰ واحد شهری و روستایی تخریب و بیش از ۱۰ هزار واحد نیازمند مرمت و بازسازی هستند. ۱۶ هزار خانوار درگیر آسیب شده و به جاده های فراوانی در سراسر کشور خسارت وارد شده است. سیلاب های مرداد ماه که ناشی از پدیده ی مانسون (نسیم های دریایی شدید که در فصل تابستان منجر به بارندگی بسیار و در پی آن جاری شدن سیلاب می شود) بوده اند ۲۴ استان کشور از جمله استان مازندران را درگیر کرده و تعداد زیادی جانبخته و مفقودی به جا گذاشته است. این موارد در حالی است که این سیل ها می توانند در کاهش بحران آبی و پر کردن ذخایر آب های زیرزمینی موثر واقع شوند و با ایجاد زیرساخت های لازم این آب ها ذخیره و در بحران آبی کشور مورد استفاده قرار گیرند. افزایش وقوع و شدت سیل ها رابطه مستقیمی با اقداماتی همچون توسعه بی رویه مناطق شهری، افزایش نفوذ ناپذیری اراضی و انتقال آب های سطحی شهر به مسیل ها و تغییر کاربری زمین مراتع به باغات و اراضی کشاورزی و یا جنگل ها به انواع کاربری های دیگر دارد.

به طور معمول تا پیش از رخداد حوادث، کاهش ریسک و آسیب پذیری نادیده انگاشته می شوند (Namjooyan et al 2016). با وجود برخی اقدامات پیشگیرانه، در برابر بلایای طبیعی، جلوگیری از پیامدهای این بلایا به طور کامل میسر نیست؛ به این ترتیب افزایش توان و ظرفیت محیطی به افزایش مقاومت و تاب آوری زندگی در برابر بلایا کمک خواهد نمود. در رویکرد جدید با هدف کاهش پیامدهای ناشی از بلایای طبیعی، تاب آوری جوامع و سکونتگاه ها مورد توجه است. بنا بر تعریف، جامعه تاب آور جامعه ای است که در برابر بلایا مقاومت بیشتری داشته و از رهگذر سازگاری با خطر ها، پیامدهای آن را کاهش می دهد (Ramezanzadeh et al., 2014). به این ترتیب شهرها برای ادامه حیات و شکوفایی در مواجهه با تغییرات جهانی محیط زیست باید از ظرفیت های تاب آور خود استفاده کنند (Sharifi and Yamagata, 2018). در حالی که فرم کالبدی شهرها در ظاهر صلب و غیر قابل تغییر به نظر می رسد، ویژگی های آن می تواند بر پویایی و بازخوردهای آن از جمله جنبه های اجتماعی - اقتصادی و زیست محیطی شهر تأثیر می گذارد. می توان چنین استدلال کرد که مداخله در فرم فیزیکی شهرها باید به عنوان راهکاری در نظر گرفته شود که از طریق آن می توان پیشرفت هایی را از نظر تقویت تاب آوری شهری انجام داد (Sharifi and Yamagata, 2018). در پژوهش حاضر به این پرسش پاسخ داده می شود که برای رسیدن به تاب آوری شهری چه تغییراتی در فرم کالبدی نیاز است و اینکه از سه نوع بافت مرکزی، میانی و جدید شهر نور کدام یک بر اساس شاخص های تبیین شده دارای تاب آوری بالاتری می باشند.

۱-۱. تاب آوری شهری در برابر وقوع سیل

دفتر کاهش بلایای سازمان ملل^۱ (2004) تاب آوری را توانایی سیستم، افراد و جامعه در معرض خطر برای مقاومت، جذب، بهبود شرایط، سازگاری و خودسازماندهی به موقع و کارآمد در برابر بلایا از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و عملکردهای اساسی سیستم عنوان کرد. گادچاک (۲۰۰۳) در تعریف تاب آوری آن را شبکه ای پایدار از سامانه های کالبدی و انسانی می داند که می توانند حوادث غیر مترقبه را به هنگام بحران مدیریت کرده و از آن به سلامت گذر نمایند.

در ارتباط با مفهوم تاب آوری شهری آلبرتی و همکاران (۲۰۰۳) بیان نموده اند که «تاب آوری شهری درجه ای از تحمل دگرگونی توسط شهرها قبل از سازماندهی مجدد در مجموعه جدیدی از ساختارها و فرآیندها است». از دیدگاه کاتر و همکاران (۲۰۰۸) «تاب آوری شهری توانایی سیستم های

شهری برای پاسخگویی به تنش ناشی از سوانح و بازسازی سریع پس از آن تعریف می شود. این توانایی، ظرفیت و شرایط ذاتی سیستم را شامل می شود و جذب اثرات بحران و کنار آمدن با بلایا را تسهیل می کند» (Meerow et al., 2016).

در سال های اخیر از مفهوم تاب آوری شهری به عنوان رویکرد جدیدی در زمینه ی مدیریت ریسک سیل استفاده می شود که استراتژی هایی را که خطر آب و سیل را در برنامه ریزی شهر و آمادگی در برابر بلایا در نظر می گیرند معرفی می کند. مفهوم تاب آوری شهری دیدگاهی متفاوت از گذشته را در مدیریت خطر سیل و رواناب های سطحی به وجود آورده است که در آن تفکر خلاق در راهبردهای مواجهه با بحران با تمرکز بر رویکردهایی پویا، سیستمی و یکپارچه مورد توجه است. راهکارهای جدید در برنامه ریزی و طراحی شهری پویایی و امکانات نوین برای توسعه و تحول شهری و تغییرات در بافت را ترویج می کنند و به این ترتیب فرصت هایی را برای ایجاد تاب آوری در برابر سیل فراهم می نمایند (Serre et al., 2018). افزایش اقبال و توجه به مفهوم و سیاست های تاب آوری شهری ناشی از افزایش دغدغه ها در رابطه با تحولات شهری، افزایش رویداد بلایای طبیعی و عدم اطمینان در مورد آینده از جمله به دلایلی چون تغییر اقلیمی، رکود اقتصادی و غیره است. (Tabibian and Rezapour, 2016).

۱-۲. طراحی شهری تاب آور در برابر سیلاب

مفهوم تاب آوری شهری اغلب با مقیاس کلان سروکار داشته است

و مقیاس کلان زمینه های برنامه ریزی شهری و رویکردهای مرتبط با آن را در بر میگیرد. در نتیجه رویکردهای سطح خرد به مفهوم تاب آوری که همان طراحی شهری تاب آور است کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در رابطه با طراحی شهری، مفهوم تاب آوری بر موضوع اصلی آن یعنی فضاهای شهری و همگانی همچون خیابان ها، میدان ها، پارک ها، متمرکز است. فضاهای همگانی برخوردار از کیفیت بالاتر می توانند در تاب آوری بیشتر مناطق شهری تاثیر مثبتی داشته و نقش مهمی ایفا کنند. در مورد شهرهایی که برای مواجهه با سیلاب نیاز به زیرساخت های مناسب زیست محیطی دارند، تاب آوری در برابر رواناب های سطحی در همسازی با آن، تخلیه سریع رواناب و انعطاف پذیری عناصر منظر شهری در برابر آن عنوان می شود. (Kekovic and Antonic, 2018)

۱-۳. فرم شهری تاب آور

اصطلاح «فرم شهری» برای تشریح ویژگی های کالبدی یک شهر به کار می رود. بر اساس یک تعریف کلی، فرم شهری به اندازه، شکل و پیکربندی یک پهنه شهری یا بخش هایی از آن اشاره دارد. همچنین مقیاس در چگونگی درک کلی ساختار و تجزیه و تحلیل آن نقش تعیین کننده دارد. بنابراین عناصر تشکیل دهنده فرم شهری، از مقیاس محلی و مواردی همچون مصالح ساختمانی و جزئیات نما تا مقیاس بزرگ تر از جمله گونه ساختمان، نوع خیابان، و چیدمان فضایی آن را در بر می گیرد (Živković, 2019). به طور کلی فرم شهری عناصر غیر کالبدی همچون تراکم را نیز در بر می گیرد. مقیاس، بیانگر یک جنبه اساسی از فرم شهری بوده و می تواند در بر گیرنده عناصری از ساختمان، خیابان و بلوک شهری تا محله و شهر باشد. از یک دیدگاه عناصر فرم شهری قابل دسته بندی در پنج دسته شامل: زیرساخت های مربوط به آمد و شد، کاربری زمین، چیدمان فضا، گونه های ساختمان و تراکم قابل دسته بندی است (Dempsey et al., 2010).

شریفی و یاماگاتا (۲۰۱۹) طبقه بندی جامع تری از عناصر فرم شهری ارائه نموده اند که پویایی مقیاس را در نظر می گیرد، بر اساس این طبقه بندی عناصر فرم شهری را می توان به سه دسته مقیاس شامل کلان، میانی و خرد تقسیم کرد. از دید آنها عناصر اصلی هر مقیاس این گونه است:

الف-مقیاس کلان که شامل ساختار کلی شهر و عناصر اصلی آن همچون سلسله مراتب مقیاس، اندازه، چگونگی توسعه (فشرده و پراکنده)، الگوی پراکنش افراد و مشاغل و درجه خوشه بندی و ارتباط با منظر طبیعی می شود؛

ب- مقیاس میانی که کانون توجه آن بر ساختار و چگونگی چینش محلات، بلوک ها، قطعات ساختمانی، فضاهای باز و خیابان ها است. عناصر و جنبه های مهم در این مقیاس شامل مواردی همچون شکل و طرح کالبدی محله، تراکم، اختلاط کاربری زمین، اندازه و چیدمان قطعات و بلوک ها، طراحی و ساختار خیابان ها و اندازه، شکل و الگوی پراکنش فضاهای باز می شود؛

ج- مقیاس خرد که در بر گیرنده ویژگی های طراحی و ساختار توده و فضا، موقعیت آن ها نسبت به قطعات مجاور و دسترسی ها است. عناصر مهم در مقیاس خرد شامل مواردی از جمله مصالح، سقف، دیوارها، اتاق ها، نما، مسیرهای اضطراری، پارکینگ و گونه ساختمان و مسکن است.

شریفی (۲۰۱۹) مطابق با تعاریف «فرم شهری» و «تاب آوری»، از «فرم شهری تاب آور» این تعریف را ارائه می کند: «فرم شهری تاب آور عبارت است از درجه ای که می تواند شوک ها را جذب کرده، بازگشت [به شرایط اولیه] پس از رخداد حوادث را آسان ساخته و گنجایش تطبیقی سیستم یا سامانه شهری را افزایش می دهد. فرم شهری تاب آور، سیستم شهری را به مثابه سامانه ای که در یک شبکه به هم پیوسته از سیستم های فضایی و اجتماعی-زیست محیطی قرار گرفته و در فضا و زمان پویا است، قدرت می بخشد تا به شکلی سودبخش و کارآمد، یکپارچگی، زیست پذیری و کارایی آن با دگرگونی پیوسته وضعیت اجتماعی - اقتصادی و محیطی ماندگار گردد.»

۴-۱. کیفیت های مرتبط با تاب آوری فرم شهر

در پژوهش های انجام شده، کیفیت های مختلفی برای تاب آوری فرم شهری مطرح شده است. فلیچیوتی و دیگران (۲۰۱۶) پنج کیفیت تنوع، ارتباط و اتصال، افزونگی، مدولار بودن و کارایی را به عنوان کیفیت های تاب آوری فرم شهری می دانند. شریفی و یاماگاتا (۲۰۱۹) ویژگی هایی همچون استواری، مانایی، افزونگی، کارآمدی، مدولار بودن، پیچیدگی، انعطاف پذیری، کارکرد چندگانه، خود سازماندهی و کارایی را معرفی کرده اند. همچنین شش بعد تاب آوری شهری سازگاری، استحکام، بازسازی، افزونگی، کارآمدی و قابلیت یادگیری مطرح شده است. سه مورد اول ویژگی های کلی تاب آوری شهری را توصیف شده و سه مورد آخر مراحل توسعه با جزئیات به تصویر کشیده شده است (Ba et al, 2022). پژوهش حاضر با مرور پژوهش های موجود، کیفیت های پرتکرار برای تاب آوری فرم شهری را برگزیده است. این کیفیت ها عبارتند از: افزونگی، تنوع، کارایی و بهره وری، مدولار بودن، ارتباط یا پیوند، گنجایش سازگاری یا انطباق پذیری، استوار بودن (استحکام) و انعطاف پذیری.

۵-۱. عناصر فرم شهری و ارتباط آن ها با تاب آوری

عناصر فرم شهری در مقیاس کلان، میانی و خرد ذکر شد. به دلیل آن که پژوهش حاضر در مقیاس میانی متمرکز بود، عناصر فرم شهری مرتبط با مقیاس میانی در جدول زیر به تفصیل آمده است و ارتباطشان با تاب آوری شده است.

جدول ۱: عناصر فرم شهری و ارتباط آن ها با تاب آوری

کیفیت	عناصر فرم شهری	ارتباط با تاب آوری	معیارهای فرم شهری	ماخذ
افزونگی	فضاهای سبز، باز و آبی	استفاده از قطعات کوچک زمین با سطوح متوسط تراکم و اختصاص زمین های بیشتر به فضاهای سبز و باز	فضاهای سبز شهری	Sharifi and Yamagata, (2018)
	تراکم		تراکم تقاطع ها	Nikpour et al. (2017)
کارایی	تراکم	پراکندگی موجب سطوح نفوذناپذیر بیشتر و آسیب پذیری بیشتر محدود کردن توسعه و تراکم در مناطق پرخطر عدم استقرار کاربری های و تاسیسات عمومی در مناطق پرخطر	تراکم جمعیتی	Irajifar.(2015) Sharifi and Yamagata, (2018)
استحکام	قطعات و بلوک ها	تاب آوری بالاتر ساختمان های بتنی و فلزی	کیفیت ساختمانی	Gharai et al., (2018)
		تاب آوری بالاتر ساختمان های با مصالح آجر و فلز	مصالح ساختمانی	Abdi et al., (2019)
ارتباط و اتصال	خیابان و شبکه دسترسی	برنامه ریزی تخلیه و پاسخ موثر اورژانس استفاده از شبکه شطرنجی موجب نفوذپذیری بهتر	نفوذپذیری کالبدی	Nikpour et al., (2017)
			گره متصل	Soofi, (2016)
تنوع	کاربری	استفاده از فضاهای چندعملکردی و چندمنظوره	تنوع کاربری	Sharifi, (2019)
	فضاهای سبز، باز و آبی		تنوع فضاهای عمومی	Gharai et al., (2018)
انطباق پذیری	فضاهای سبز، باز و آبی	محدود کردن توسعه در مناطق پرخطر از طریق حفاظت اراضی به صورت فضاهای سبز	فاصله از رودخانه	Jayakody, et al., (2016)
			شیب زمین	Abdi et al., (2019)
انعطاف پذیری	کاربری	حفاظت زمین در مناطق با خطر سیل به صورت فضاهای سبز و تبدیل به فضاهای عمومی و در نظر گرفتن عملکرد مناسب هم در زمان اضطرار و هم در شرایط عادی	نفوذپذیری سطوح	Jayakody, Amarathunga and Haigh, (2016)
	قطعات و بلوک ها		گونه ساختمانی	Feliciotti, Romice and Porta,(2016)

Feliciotti, Romice and Porta,(2016)	دانه بندی قطعات	ترکیب قطعات در بلوک ها (قطعات کوچک و متوسط زیاد و قطعات درشت کم)؛ استفاده از تعداد کمی از بلوک ها و قطعات کوچک برای عملکردهای خاص و ایجاد تنوع	
-------------------------------------	-----------------	--	--

۲. پیشینه ی پژوهش

در سال های اخیر، در سطح جهان مطالعات و پژوهش های تاب آوری شهری در حوزه ی طراحی شهری به ویژه تاب آوری فرم های شهری در برابر سیل و رواناب های سطحی گسترش یافته است. این در حالی است که در ایران پژوهشی در ارتباط با تاب آوری در برابر سیل و رواناب های شهری در حوزه طراحی شهری صورت نگرفته است. بنابراین پژوهش حاضر با توجه به اهمیت این موضوع و گسترش پژوهش های مرتبط با آن در ایران تلاش داشته است که به پیشرفت و فراگیرترشدن این موضوع و به دنبال آن به مرحله عمل رسیدن و ساخت شهرهایی تاب آورتر کمک کند.

علیزاده، ایرجی فر و سایپ (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «تأثیر فرم شهری بر تاب آوری در برابر بلایا: مطالعه موردی بریزبن و ایپسویج در استرالیا» با تبیین شاخص های فرم شهری همچون اختلاط کاربری، تراکم جمعیتی و گونه های ساختمانی در پیشرفت بازسازی پس از سیل سال ۲۰۱۰ در بریزبن و ایپسویج و شاخص های غیر فرمی مانند درآمد، مالکیت و خانه های تک خانواری را به عنوان متغیرهای کنترل کننده، تأثیر مولفه های فرمی بر تاب آوری شهری را بررسی و میزان تأثیر هریک را مورد توجه قرار داده اند. لیائو و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «اصول طراحی شهری برای تاب آوری در برابر سیل: یادگیری از منطق اکولوژیکی زندگی با سیل در دلتا ویتنامی مکنون» با کاوش در سبک زندگی شهروندان در دلتای مکنون ویتنام که نمونه ای از سازگاری با سیل است بر دگرگونی پارادایم از مهار سیل به سازگاری با سیل تأکید نموده اند. در همین راستا، آنها برای انطباق دانش زیست محیطی زندگی با پدیده سیل برای شهرهای امروزی، آن را بر پایه سه رکن طراحی شهری تبیین نموده اند: الف) طراحی شهری باید سیل را پیش بینی کرده توجه داشته باشد که این امر با ساختمان های دارای پیلوتی، زمین های گود مرطوب منطبق با محیط زیست، باغچه های نفوذ پذیر آب باران و تالاب های مصنوع قابل دسترس است؛ ب) طراحی شهری باید به فرایند زیست محیطی سیل توجه داشته باشد؛ بازگشت سیل به عنوان یک فرایند اکولوژیکی در آغاز می تواند در پارک های کناره رودخانه رخ بدهد که پیشتر، بخشی از دشت برای رویداد سیل طبیعی بوده است؛ ج) طراحی شهری باید سیل را به عنوان پدیده ای پویا از راه طراحی سازگار با محیط زیست برای مردم معرفی کند. شریفی و یاماگاتا (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «فرم های شهری تاب آور: یک چارچوب مفهومی» عناصر فرم شهری را در سه مقیاس کلان، میانی و خرد و ارتباط هریک را با تاب آوری را در کنار شاخص های تاب آوری فرم شهری در یک چارچوب مفهومی ارائه کرده اند.

۳. روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی است که از روش های توصیفی- تحلیلی استفاده کرده است. برای جمع آوری داده ها روش های کتاب خانه ای و میدانی مورد استفاده بوده است. در نهایت شاخص هایی برای ارزیابی و ارائه چارچوب محله تاب آور شهری گردآوری و تبیین شدند. هدف این پژوهش اندازه پذیر ساختن تاب آوری در برابر سیل و رواناب های سطحی است که مقیاس خود را سطح میانی قرار داده است. با توجه به اینکه در بحث تاب آوری در برابر سیل و رواناب های سطحی در طراحی شهری بیشتر عوامل و ابعاد کالبدی و عملکردی دخیل هستند، روش غالب این پژوهش کمی است. برای کمی سازی مفهوم تاب آوری و اندازه گیری و بررسی کیفیت ها از شاخص ها استفاده شده است. کیفیات مربوط به تاب آوری شهری در کنار عناصر سازنده فرم شهری به تبیین و تدوین معیارها و شاخص های این پژوهش کمک کرده است که در قالب جدول ۲ ارائه شده است.

۳-۱. روش تبیین شاخص ها

شاخص های این پژوهش و روش اندازه گیری آن ها در جدول ۲ آمده است. بلوک های شهری، مبنای تحلیل شاخص های این پژوهش قرار گرفته اند. بدین ترتیب شاخص ها در سطح بلوک های شهری اندازه گیری شدند. در مورد شماری از شاخص ها همچون «نسبت گره های متصل»، «تراکم تقاطع ها»، «نفوذپذیری سطوح» و «تنوع فضاهای عمومی» که نیاز به بررسی در مقیاسی بزرگتر داشتند، نخست در سطح محله بررسی شده و نتایج آن ها در سطح بلوک های شهری پیاده شد. محاسبه و اندازه گیری شاخص ها در نرم افزارهای Arc GIS و اکسل انجام شده است.

جدول ۲: چگونگی تبیین شاخص ها

کیفیت	معیار های تاب آوری فرم شهری	شاخص های تاب آوری فرم شهری	تاثیر بر تاب آوری	روش اندازه گیری	ابزار یا تکنیک	ماخذ
کارایی	تراکم جمعیتی	متوسط تراکم جمعیتی در هر بلوک	معکوس	$PD = \frac{\text{جمعیت هر بلوک}}{\text{مساحت بلوک}}$	بلوک آماری GIS	Abdi et al., (2019)
اتصال و ارتباط	نفوذپذیری کالبدی	مساحت بلوک	معکوس	اندازه گیری مساحت بلوک ها بر حسب مترمربع	GIS	Sharifi and Yamagata, (2018)
	تراکم تقاطع ها	تعداد گره های واقعی سه راه و چهار راه در هر محله	مستقیم	$D = \frac{\text{تعداد گره های واقعی سه راه چهار راه}}{\text{مساحت محله}}$		Nikpour et al., (2017)
افزونی	گره های متصل	نسبت گره های واقعی سه راه و چهار راه به کل گره ها در هر محله	مستقیم	$P = \frac{\text{گره های واقعی سه و چهارراه در هر محله}}{\text{تعداد تقاطع ها + تعداد بن بست ها}}$		Nikpour et al., (2017)
	فضاهای سبز شهری	شعاع عملکرد فضاهای سبز	مستقیم	$P = \frac{\text{قطعات زمین در شعاع عملکردی فضای سبز}}{\text{تعداد کل قطعات زمین بلوک}}$		Sharifi and Yamagata, (2018)
استواری یا استحکام	کیفیت ساختمان ها	درصد ساختمان های دارای کیفیت مرمتی و تخریبی در هر بلوک	معکوس	$P = \frac{\text{ساختمان های دارای کیفیت ناپایدار در بلوک}}{\text{تعداد کل ساختمان های بلوک}}$		Gharai et al., (2018)
	مصالص ساختمانی	درصد ساختمان های دارای اسکلت فلزی و بتنی در هر بلوک	مستقیم	$P = \frac{\text{ساختمان با اسکلت فلزی و بتنی در بلوک}}{\text{تعداد کل ساختمان های بلوک}}$		Abdi et al., (2019)
	عرض خیابان	ضریب نفوذپذیری بلوک	مستقیم	$BPR = \frac{\text{جمع نصف سطح خیابان های اطراف بلوک}}{\text{مساحت بلوک}}$		Dadashpoor and Adeli, (2016)
انطباق پذیری	نفوذپذیری سطوح	درصد سطوح نفوذ پذیر در هر محله	مستقیم	$P = \frac{\text{مساحت سطوح نفوذپذیر}}{\text{مساحت محله}}$		Rojers et al (2019)
	فاصله از رودخانه	فاصله عناصر شهری از رودخانه و حریم آن	مستقیم	فاصله نسبی هر بلوک از رودخانه		Abdi et al., (2019)
	نفوذپذیری کالبدی	طول بلوک های لبه رود	مستقیم	اندازه گیری طول بلوک ها به متر		
	شیب زمین	درصد شیب زمین	معکوس	-		
انعطاف پذیری	دانه بندی قطعات	میزان درشت دانه گی قطعات در بلوک ها	معکوس	$P = \frac{\text{تعداد قطعات زمین بالاتر از ۶۰۰ مترمربع}}{\text{تعداد کل قطعات زمین در بلوک}}$		Sharifi and Yamagata, (2018)
	گونه ساختمانی	درصد گونه های یک طبقه بدون پیلوت	معکوس	$P = \frac{\text{گونه های ساختمانی یک طبقه بدون پیلوت}}{\text{تعداد کل ساختمان های بلوک}}$		Abdi et al., (2019)
تنوع	تنوع کاربری	اختلاط کاربری هر بلوک	مستقیم	دسته بندی براساس مناطق تک، دو و سه عملکردی	GIS MXI,	Gharai et al., (2018)
	تنوع فضاهای باز عمومی	تعداد فضاهای عمومی واقع در هر محله	مستقیم	تعداد انواع فضاهای عمومی سبز، خیابان، ساحل دریا و رودخانه واقع در هر محله	GIS	

۳-۲. روش تحلیل اطلاعات:

پژوهش حاضر به علت در برداشتن شاخص های کمی مثبت و منفی، بررسی آن ها در سطح محلات و بلوک های محدوده و اولویت دهی مناطق بر اساس میزان تاب آوری آن ها از تکنیک تاپسیس بهره می گیرد. این روش بر این رابطه استوار شده است که در گام نخست ایده آل های مثبت (کارآمدترین وضعیت) و ایده آل های منفی (ناکارآمدترین وضعیت) را برای هر یک از شاخص ها بررسی نموده و سپس فاصله هر یک از گزینه ها از

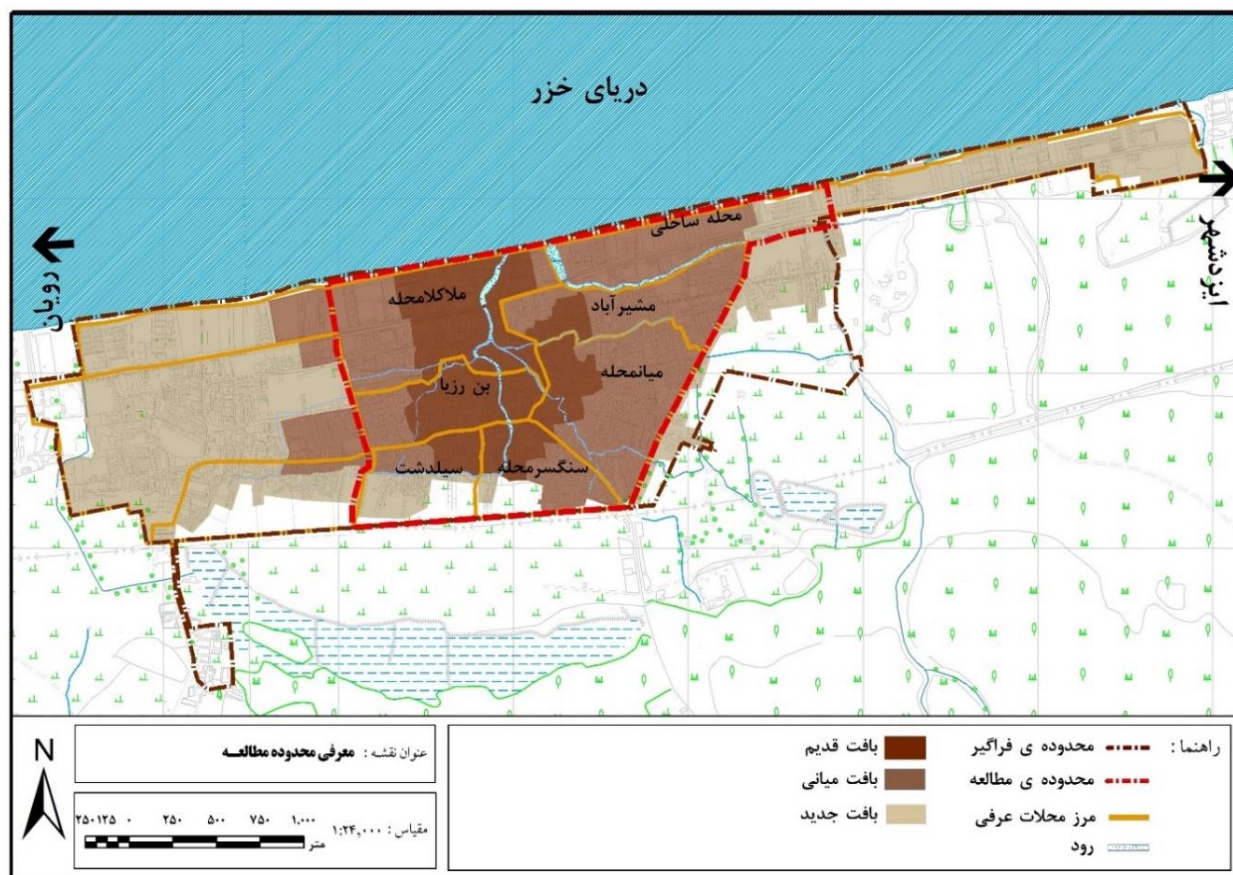
از این دو قطب (مثبت و منفی) مورد سنجش قرار می گیرد. گزینه برتر، گزینه ای است که کمترین فاصله از ایده آل های مثبت و بیشترین فاصله از ایده آل های منفی را داشته باشد.

۳-۳. معرفی محدوده مطالعه

شهر نور (نمونه مورد مطالعه) دارای آب و هوای معتدل خزری است، این شهر از سطح دریاهای آزاد نزدیک به ۲۱ متر پایین تر قرار گرفته است و شیب ملایم و نسبتاً پیوسته آن به سوی دریا و نزدیک به صفر تا ۲ درصد است (Tarhe Mohite Paidar, 2013). این شهر با توجه به موقعیت جغرافیایی آن و قرارگیری در اقلیم ساحلی دریای خزر و نیز شرایط ویژه ی جلگه ای، از بارش سالیانه ی زیادی برخوردار بوده و در همه ماه های سال بارش در آن دیده می شود که ناشی از همجواری با دریای خزر و همچنین رشته کوه البرز است. بارش چشمگیر روزانه به طور کلی بیانگر الگوی بارندگی زیاد در این شهر است که خود زمینه رخ دادن سیل و آب گرفتگی مسیرها و دسترسی های شهری را موجب می گردد (Tarhe Mohite Paidar, 2013).

شیب عمومی زمین و به تبع آن حرکت آب های سطحی از سمت جنوب به سمت شمال (دریای خزر) است. رواناب حاصل از بارندگی در شهر از راه کانپو و های خیابان ها، کانال ها و جوی ها، پس از اینکه به رودخانه های نزدیک در شهر سرازیر می شوند به سوی دریای خزر هدایت می گردند، شیب کم زمین در شهر و میزان زیاد آب های سطحی که بیشتر از گنجایش کانال های جابجایی آب هستند سرریز آب از کانال ها و سرایز شدن آنها به سطح گذرهای سواره و پیاده شهر را موجب می شود. بافت شهر نور بر حسب دوره شکل گیری به سه دسته قدیم، میانی و جدید تقسیم شده است.

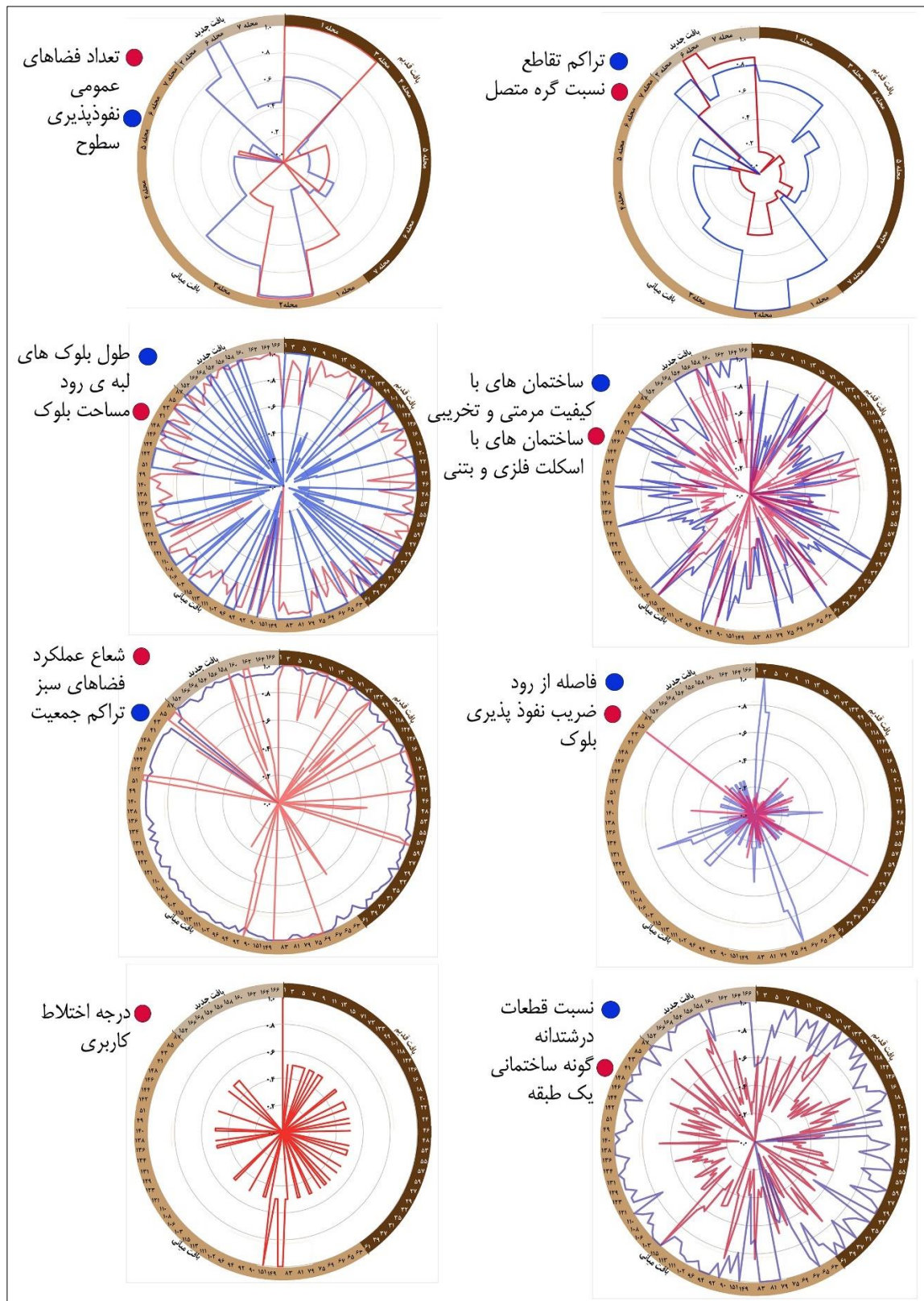
محدوده مطالعه شامل هر سه نوع این بافت ها می شود به طوری که بافت قدیم را به طور کامل و بخشی از بافت میانی و جدید را در بر می گیرد. محدوده مطالعه به شکلی انتخاب شد که بافت های شهری همجوار و هم پیوند با رودخانه های شهر را در بر بگیرد. به همین دلیل از محلات عرفی استفاده شد. بر اساس نظام محلات عرفی، شهر متشکل از ۱۰ محله است و محدوده ی مطالعه شامل محله های هفت گانه ساحلی، مشیرآباد، میان محله، بن رزیا، ملاکلا، سنگسر و سیل دشت است. این پژوهش تاب آوری شهری در برابر سیل و رواناب های شهری را در بافت های سه گانه ی شهر و با مبنا قرار دادن محله ها و بلوک های شهری به مساحت نزدیک به ۳۲۰ هکتار بررسی کرده است.



نقشه ۱: محدوده ی مطالعه

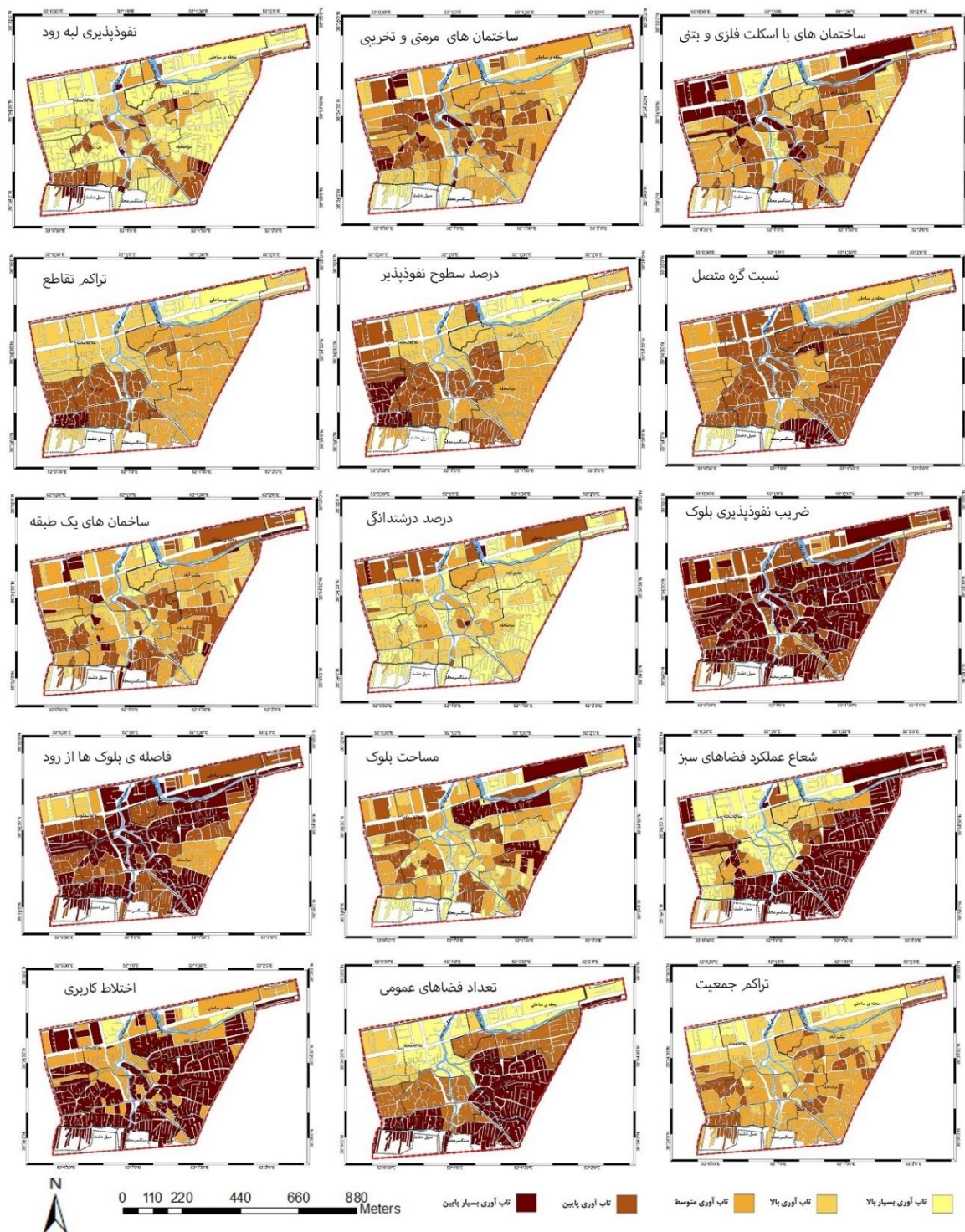
۴. یافته های پژوهش

شاخص های پژوهش در محدوده مداخله در ۷ محله و ۱۷۰ بلوک مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته اند. شاخص های مورد استفاده عبارت اند از: تراکم تقاطع ها، نسبت گره های متصل، شمار گونه های فضای همگانی و میزان سطوح نفوذپذیر برای رواناب در محلات و سایر شاخص ها نیز در مقیاس بلوک های شهری مورد ارزیابی قرار گرفته اند. به منظور گردآوری داده های مربوط به هر شاخص، از «نرم افزار GIS» و همچنین «نرم افزار اکسل» استفاده شد. پس از این گردآوری، با بکارگیری «تکنیک تاپسیس» داده ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اندازه هر شاخص در بازه ای بین ۰ تا ۱ ارزش گذاری شد. نمودارهای مربوطه بررسی شاخص ها در سطح محله را نشان می دهند که به تفکیک محله ها و بافت های قدیمی، میانی و جدید انجام شده و نمودارهایی که بررسی شاخص ها در مقیاس بلوک های شهری را نشان می دهند، به تفکیک برای بافت های سه گانه مورد اشاره در بازه ی ۰ تا ۱ ارائه گردیده است.



شکل ۱: شاخص های تاب آوری در برابر سیلاب

در بررسی شاخص ها در نقشه ها، پنج سطح از تاب آوری در نظر گرفته شده که بسته به مقیاس هر شاخص، در سطح محله یا بلوک شهری اعمال شده است. به این ترتیب دسته بندی میزان تاب آوری از پایین ترین سطح به این شکل می باشد: ۱: تاب آوری بسیار پایین؛ ۲: تاب آوری پایین؛ ۳: تاب آوری متوسط؛ ۴: تاب آوری بالا و ۵: تاب آوری بسیار بالا.



شکل ۲: شاخص های تاب آوری در برابر سیلاب

۴-۱. شاخص گستره (مساحت) بلوک

به طور کلی پهنه ای که بافت قدیم در آن قرار گرفته ۳۲ درصد و بافت میانی (شامل بلوک هایی با ابعاد ۳ تا ۱۰ هکتار)، ۴۷ درصد از مساحت را پوشش داده اند که بر اساس شاخص های مورد استفاده از تاب آوری پایین یا بسیار پایین برخوردار می باشند. این پهنه ها به این دلیل که در آنها الگوی توسعه بافت اندام واره یا ارگانیک دیده می شود و همچنین زمین های بایر با مساحت بالا را در خود جای داده اند نماینده بیشترین میزان بلوک های شهری بزرگ می باشند که در تاب آوری پایین در برابر سیل و رواناب را نشان می دهد. در بافت جدید اما به دلیل وجود الگوی توسعه شطرنجی و بلوک های نسبتاً کوچک تر مستطیل شکل، تاب آوری بالا یا بسیار بالا ارزیابی شده است. در شاخص اندازه سطح بلوک، بخش عمده پهنه تشکیل دهنده محله ی مشیرآباد تاب آوری پایین بوده و در برابر آن، محله ی سیل دشت از بیشترین میزان تاب آوری برخوردار بوده است به گونه ای که پهنه ای با تاب آوری پایین در آن دیده نمی شود.

۴-۲. شاخص طول بلوک های لبه ی رودخانه

در دو محله ساحلی و مشیرآباد که در پیوند با رودخانه ی حاجی ماه رود قرار دارند، ضلع بزرگ تر بلوک ها در راستای رود شکل گرفته اند و نفوذپذیری بافت کناره ی رود پایین و تاب آوری آن بالاست. همچنین در محله ملاکلا در بخش های شمالی، کشیدگی بلوک ها در راستای امتداد رود است اما در بخش های جنوبی آن، از اندازه بلوک ها کاسته شده و کشیدگی آن ها کم می شود و به این ترتیب تاب آوری آن کاهش می یابد. در دیگر محله ها، در دیگر محله ها، با کاسته شدن از پهنای بستر رود، پیوند و هماهنگی بلوک ها با رودخانه دیگر به چشم نمی خورد. نفوذپذیری بلوک ها در این محله ها بالا و تاب آوری پایین است. این امر در محله ی سیل دشت که با بافت جدید شکل گرفته است چشمگیرتر می باشد، به گونه ای که پهنای بلوک ها در راستای کشیدگی رودخانه شکل گرفته اند. در مورد شاخص نفوذپذیری لبه ی رودخانه، وضعیت بلوک های شهری کناره حاجی ماه رود بهتر و تاب و در این پهنه، تاب آوری بالاتر از سنگ کله رود است. در بافت قدیم و تا اندازه ای بافت میانی به دلیل جانمایی هماهنگ تر این بلوک ها نسبت به رود، تاب آوری بالاتر است. در بافت جدید اما، بلوک های شهری از نظر شکل و کشیدگی، هماهنگی کمتری با رودخانه داشته و نفوذپذیری بالا و تاب آوری پایین تری برخوردار است. توضیح این نکته ضروری است که همان گونه که در توضیحات شاخص گستره بلوک شهری آمد، به طور کلی بلوک های نفوذپذیر تر دارای تاب آوری بالاتری هستند اما در مورد بلوک های دو سوی رودکنار، چون نفوذ پذیری بالا موجب سرریز بیشتر و سریع تر سیل در زمان طغیان رود به درون بافت می شود، نفوذ ناپذیر بودن بلوک های بلافاصله روخانه تاثیر بهتری در تاب آوری دارد. به این ترتیب با وجودی که قاعده کلی (نفوذ پذیری بیشتر برابر با تاب آوری بالاتر) به قوت خود باقی است، در مورد بلوک های همجوار رود با اینکه ابعاد و سطح بزرگ آنها هم توصیه نمی شود، نفوذناپذیر بودن و کشیدگی طولی با نفوذپذیری کمتر وضعیت بهتر از دید تاب آوری را به وجود می آورد.

۴-۳. شاخص ساختمان های مرمتی و تخریبی

در ارتباط با شاخص ساختمان های دارای کیفیت مرمتی و تخریبی، ۴۸ درصد از پهنه تشکیل دهنده بافت قدیم و نیز ۲۰ درصد از گستره تشکیل دهنده بافت میانی با میزان تاب آوری پایین و یا بسیار پایین ارزشیابی شده اند. در تحلیل این شاخص، بافت جدید به دلیل پیروی از الگوی ساخت و جانمایی جدید، از تاب آوری بالاتر برخوردار بوده و پهنه یا لکه ای با تاب آوری پایین در آن به چشم نمی خورد. در بررسی سایر محله ها، محله های ساحلی، سنگسر، سیل دشت و مشیرآباد از این نظر وضعیت خوبی در تاب آوری داشته و در عوض محله های بن رزیا و ملاکلا به خاطر وجود بناهای قدیمی و دارای ساختمان هایی ناپایدارتر، تاب آوری بسیار کمتری داشته اند. بلوک های شهری برخوردار از تاب آوری پایین در این محله ها عمدتاً در پیوستگی با رودخانه سنگ کله رود قرار گرفته اند. به این ترتیب بیشتر بلوک های پیرامون رودخانه سنگ کله رود از ساختمان هایی با کیفیت پایین برخوردار بوده و آسیب پذیری بیشتری از سیل دارند. در بررسی همین شاخص، بلوک های کناره حاجی ماه رود تاب آوری متوسط و یا بالا دارند.

۴-۴. شاخص ساختمان های دارای اسکلت فلزی و بتنی

در بررسی این شاخص، مشاهده می شود که در بافت قدیم و میانی متوسط قدمت ساختمان ها بالا بوده و تعداد کمتری از آنها از اسکلت و مصالح فلزی یا بتنی برخوردارند. با این وجود، در بافت قدیم ۴۸ درصد و در بافت میانی ۴۰ درصد از بافت با لحاظ این شاخص دارای سطح تاب آوری پایین و یا بسیار پایین هستند. در پهنه های مورد اشاره، بیشتر بناها دارای اسکلت نبوده و با مصالح بنایی و عمدتاً آجر و آهن ساخته شده اند. اما در بافت جدید مصالح بیشتر ساختمان ها را اسکلت فلزی و بتنی تشکیل داده و ۹۰ درصد گستره بافت جدید با توجه به این شاخص، دارای تاب آوری بالا می باشد. در این شاخص محله ی ساحلی و ملاکلا، تاب آوری بسیار پایینی داشته و بیشترین سطح نیز به این دو اختصاص دارد. در کناره هر دو رودخانه،

بلوک های شهری و محله هایی که رودخانه از آنها می گذرد، در این شاخص تاب آوری پایین داشته و با حرکت به سوی کناره دریا، تاب آوری بلوک های شهری پیرامون آنها بیشتر می شود.

۴-۵. شاخص گونه های ساختمانی یک طبقه بدون پیلوت

در زمان وقوع سیل، طبقات فوقانی ساختمان ها امن تر بوده و ارتفاع ساختمان ها نقش مهمی در امنیت ساکنین ایفا می کند. در مقابل ساختمان های یک طبقه در معرض خطر بیشتری در مقابل سیل قرار دارند. بنابراین شاخص «درصد ساختمان های یک طبقه بدون پیلوت» برای بررسی در هر بلوک به کار گرفته شد. بر پایه بررسی های انجام شده، ۳۹ درصد سطح پهنه بافت قدیم تاب آوری پایین یا نسبتاً پایین داشته است. این عدد برای بافت میانی ۳۵ درصد بوده و در بافت جدید به ۶۷ درصد می رسد. درصد زیاد ساختمان های یک طبقه در بافت جدید به دلیل تغییر کاربری زمین های کشاورزی در جنوب شهر نور به ساختمان های ویلایی و افزایش سکونت افراد غیربومی در این مناطق در سال های اخیر است. مساحت بالای ساختمان های یک طبقه در بافت قدیم و میانی به دلیل وجود بافت سنتی و ساختمان های ویلایی در آن هاست. تعداد زیادی از بلوک های پیرامون رودخانه ها خصوصاً بلوک های پیرامون سنگ کپله رود دارای درصد بالایی از ساختمان های یک طبقه اند که باعث تاب آوری پایین تر این بلوک های شهری شده است. با لحاظ این شاخص، در میان محله ها، محله ی ساحلی پایین ترین تاب آوری و مشیرآباد بیشترین تاب آوری را دارد.

۴-۶. شاخص سطوح نفوذ پذیر

شاخص نفوذپذیری سطوح بر مبنای مجموع زمین های سبز شامل پارک ها، فضاهای سبز موجود در خیابان ها، باغ ها، زمین های طبیعی و زمین های توسعه نیافته در سطح محله ها ارزیابی شد. نتایج ارزیابی ها نشان می دهد که پایین ترین سطح تاب آوری در میان محلات متعلق به محله ی بن رزیا است که از هر لحاظ میزان تاب آوری پایین یا بسیار پایینی را دارد. در همین راستا ۵۱ درصد از پهنه مربوط به بافت قدیم و همچنین ۳۳ درصد سطح بافت میانی از تاب آوری پایین یا بسیار پایین برخوردارند. تاب آوری پایین بخش های ذکر شده در این شاخص به علت تراکم ساختی بالای این بخش ها است. در مقابل، محله ساحلی و بافت جدید به دلیل دارا بودن الگوی توسعه پراکنده، با لحاظ این شاخص، تاب آوری بالایی دارند. همچنین در بافت های پیرامون رودخانه حاجی ماه رود تاب آوری بالا است، اما در بافت های پیرامون سنگ کپله رود، به جز محله ی ملاکلا، در سایر محلات تاب آوری پایین است که نشان از توسعه متراکم در پیرامون سنگ کپله رود دارد.

۴-۷. شاخص نسبت تعداد گره های سه راه و چهار راه به کل گره ها در هر محله

بافت جدید به دلیل شطرنجی بودن و نداشتن مسیرهای بن بست، در این شاخص تاب آوری بالایی را کسب کرده است. اما در بافت قدیم و میانی به ترتیب ۷۳ و ۶۱ درصد از سطح تشکیل دهنده آنها از تاب آوری پایین یا بسیار پایین برخوردارند. علت تاب آوری پایین این دو گونه از بافت، الگوی توسعه اندام واره یا ارگانیک و شمار زیاد بن بست ها می باشد. در بررسی این شاخص، محله مشیرآباد تاب آوری بسیار پایینی دارد. در محله های پیرامون رودخانه ها تعداد زیادی از معابر ختم شونده به رودخانه بن بست هستند و در حقیقت مسیرهای مجاور توسط ساختمان ها مسدود شده اند. این موضوع موجب تاب آوری پایین در این محلات خصوصاً محلات پیرامون سنگ کپله رود شده است.

۴-۸. شاخص نسبت گره های سه راه و چهار راه به مساحت محله

در شاخص تراکم تقاطع، بافت قدیم به علت مساحت بالای بلوک ها، رشد ارگانیک و وجود کوچه های بن بست تاب آوری پایینی دارد. در بافت های میانی و جدید در مقایسه با بافت قدیم، نظم بلوک ها بیشتر، تعداد بن بست ها کمتر و تعداد تقاطع ها نیز بیشتر است. در محلات سیل دشت (در بافت قدیم و میانی) و بن رزیا در این شاخص تاب آوری بسیار پایین است و در محله ی ساحلی به دلیل وجود بافت شطرنجی، تراکم تقاطع بالاتر و تاب آوری بالاتر است.

۴-۹. شاخص میزان درشت دانگی قطعات

در تحلیل این شاخص، درصد قطعات درشت دانه در هر بلوک شهری محاسبه شده است. با نگاهی به نقشه ی شاخص درشت دانگی می توان گفت که این ویژگی در پهنه هایی از دو بافت قدیم و میانی دیده می شود. بلوک هایی که در حد فاصل خیابان امام خمینی و کنار دریا به دلیل تراکم کاربری های دارای مقیاس ناحیه ای و شهری همچون اداری، نظامی، تاسیسات و تجهیزات شهری و مدارس و همینطور کاربری های فراشهری اقامتی-

گردشگری، درشت دانه بوده و دارای میزان انعطاف پذیری کم هستند و بنابراین از تاب آوری کمی برخوردارند. در نهایت در رابطه با شاخص درشت دانگی قطعات، در دو بافت قدیم و میانی، تاب آوری پایین بوده و در بافت جدید میزان تاب آوری بالا است.

۴-۱۰. شاخص ضریب نفوذپذیری بلوک

در بافت قدیم و میانی به دلیل وجود بلوک های بزرگ و معابر کم عرض، ضریب نفوذپذیری بلوک ها بسیار پایین است. در بافت جدید مساحت بلوک ها به نسبت دو بافت دیگر کوچکتر است. ۹۶ درصد از مساحت بافت قدیم، ۹۶ درصد از مساحت بافت میانی، ۷۷ درصد از مساحت بافت جدید و ۹۵ درصد از مساحت کل محدوده مطالعه در سطح تاب آوری پایین یا بسیار پایین در این شاخص قرار گرفته اند. نتیجه آن که محدوده ی مطالعه پایین ترین تاب آوری را در شاخص ضریب نفوذپذیری بلوک دارد. با بررسی سایر محله ها مشاهده می شود که محله های مشیرآباد و بن رزیا دارای کمترین میزان نفوذپذیری بلوک ها و کمترین تاب آوری و دو محله ی ساحلی و ملاکلا برخوردار از بیشترین حد نفوذ پذیری بلوک و تاب آوری هستند.

۴-۱۱. شاخص فاصله ی بلوک ها از رودخانه

در مورد شاخص متوسط فاصله از رودخانه، هر سه بافت قدیم، میانی و جدید تاب آوری پایینی دارند اما پایین ترین سطح تاب آوری در بافت قدیم دیده می شود. در میان محلات نیز، در این شاخص محله های سیل دشت، سنگسر، بن رزیا و مشیرآباد به دلیل استقرار در کنار رودخانه، دارای تاب آوری پایین یا بسیار پایین می باشند.

۴-۱۲. شاخص متوسط تراکم جمعیتی

در بلوک های مابین ساحل و خیابان امام خمینی غالب کاربری ها، تجاری، خدماتی و تفریحی هستند و کاربری های مسکونی کمتری وجود دارد. بنابراین این بلوک ها تراکم جمعیتی پایین و از حیث شاخص تراکم جمعیت، تاب آوری بالایی دارند. بلوک های هم جوار رودخانه به طور بالقوه در معرض خطر بالاتری در برابر سیل قرار دارند. در هر سه بافت قدیم، میانی و جدید تعداد زیادی از بلوک ها وجود دارند که تراکم جمعیت بالا و تاب آوری پایینی دارند. در بین محلات نیز محله ی سیل دشت، کم ترین تاب آوری را دارد به طوری که ۴۵ درصد از مساحت این محله در شاخص تراکم جمعیت، تاب آوری پایین یا بسیار پایین دارد.

۴-۱۳. شاخص شعاع عملکرد فضاهای سبز

شهر نور و به طور خاص محدوده ی مطالعه به لحاظ برخورداری از فضاهای سبز شهری فقیر است و سرانه ی فضای سبز عمومی بسیار پایینی دارد. در تحلیل شاخص فضاهای سبز، پارک ها و بوستان های محلی مورد استفاده قرار گرفته اند و لبه ی رود به دلیل عدم کارایی به عنوان فضای سبز عمومی در تحلیل قرار نگرفته است. ۴۰ درصد از مساحت بافت قدیم در شاخص فضای سبز تاب آوری پایین یا بسیار پایین دارد و این درصد برای بافت میانی ۷۰ درصد و برای بافت جدید ۷۵ درصد است. بنابراین اگرچه بافت قدیم شرایط بهتری را به لحاظ تاب آوری در شاخص فضاهای سبز نسبت به دو بافت میانی و جدید دارد اما همچنان از فضاهای سبز کافی بهره مند نیست. محلات ملاکلامحله، ساحلی و بن رزیا به دلیل برخورداری از پارک های شهری، تاب آوری بالاتری را در بین محلات به دست آورده اند. محلات مشیرآباد و سیل دشت، خود فاقد فضای سبز شهری اند اما بخشی از این محلات در شعاع عملکرد فضای سبز محلات دیگر واقع شده اند. محلات میان محله و سنگسرمحله پایین ترین میزان تاب آوری را در بین محلات دارا هستند به طوری که محله ی سنگسر محله به طور کامل دارای تاب آوری بسیار پایین است.

۴-۱۴. شاخص درجه اختلاط کاربری

خیابان های شریانی امام خمینی و ناطق نوری به دلیل داشتن بلوک هایی با کاربری های مختلط تجاری، مسکونی و خدماتی تاب آوری بالایی را در این شاخص دارند در حالی که باقی بلوک های واقع در محدوده ی مطالعه که تک عملکرد مسکونی دارند، در این شاخص تاب آوری پایینی را کسب کرده اند. بافت قدیم که خیابان های امام خمینی و ناطق نوری را در بر می گیرد، نسبت به بافت میانی و جدید در شاخص اختلاط کاربری، تاب آوری بالاتری دارد. در بین محلات، ملاکلامحله و محله ی ساحلی، تاب آوری بالایی دارند. بلوک های مجاور رودخانه در دو محله ی ذکر شده به دلیل وجود اختلاط کاربری، تاب آوری بالاتری دارند در حالی که در باقی محلات، بلوک های هم جوار با رودخانه تاب آوری پایینی در این شاخص دارند.

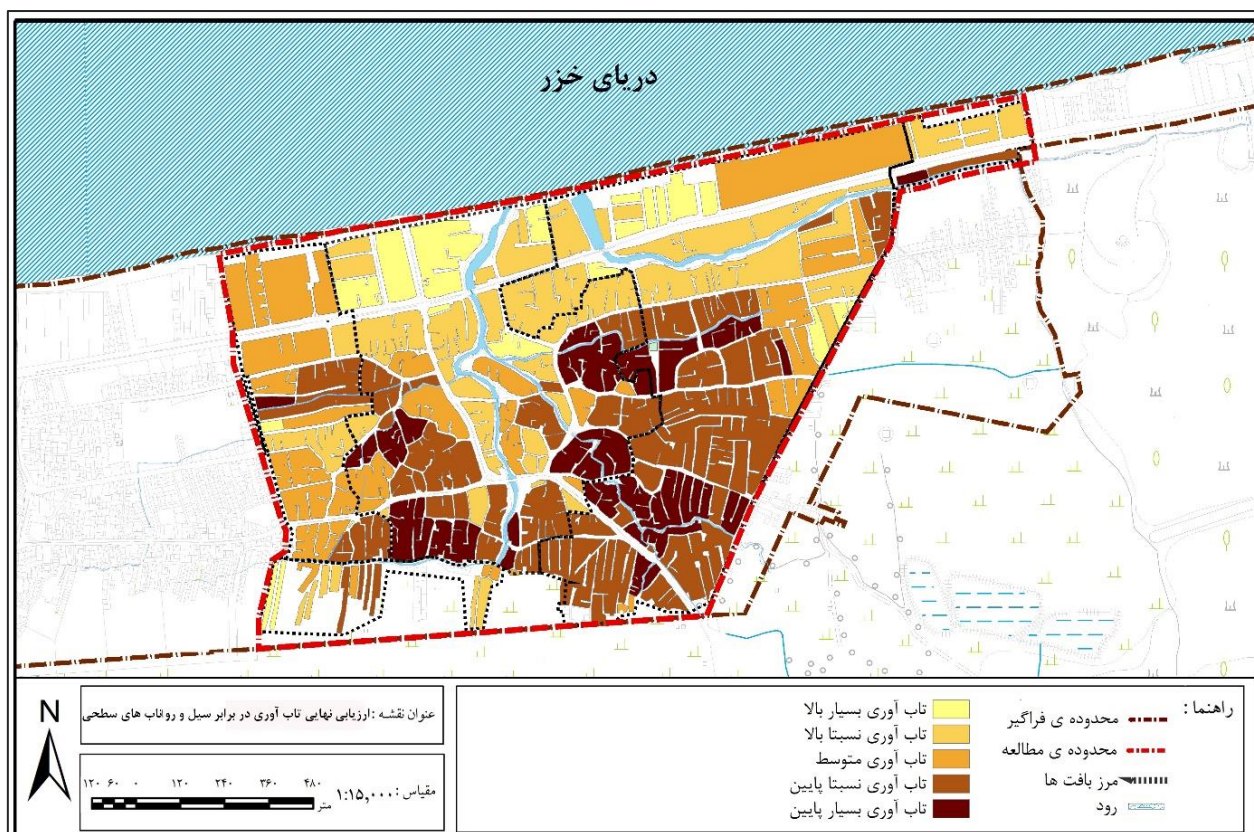
۴-۱۵. شاخص تعداد گونه ی فضاهای عمومی

در تحلیل شاخص تعداد گونه‌ی فضاهای عمومی در محدوده مطالعه، ساحل دریا، ساحل رودخانه، فضاهای سبز شهری و خیابان‌ها به عنوان فضاهای عمومی در سطح محلات مورد ارزیابی قرار گرفته است. در بین فضاهای عمومی ذکر شده، فضای شهری خیابان برای همه‌ی محلات ثابت است. محلات میان محله و سیل دشت به غیر از خیابان، از فضاهای عمومی دیگر بی بهره اند و در این شاخص تاب آوری بسیار پایین دارند. ملاکامحله و محله ساحلی به علت بهره مندی از فضاهای ساحل دریا و فضای سبز عمومی تاب آوری بالاتری دارند. هر سه بافت قدیم، میانی و جدید از نظر شاخص تنوع فضاهای همگانی، از تاب آوری پایینی برخوردار هستند. با لحاظ همین شاخص، ۶۱ درصد از بافت قدیم و همچنین ۶۶ درصد از بافت میانی و نیز ۴۸ درصد از بافت جدید تاب آوری پایین یا بسیار پایینی دارند.

۴-۱۶. شاخص درصد شیب زمین

با استفاده از لایه‌ی DEM محدوده در نرم افزار جی آی اس، جهت و درجه‌ی شیب محاسبه شد. اما به علت همگن بودن نسبی شیب زمین در کل محدوده، نقش کم‌رنگی در بررسی‌ها داشت و به همین علت از تحلیل و اعمال نتایج آن چشم‌پوشی شد.

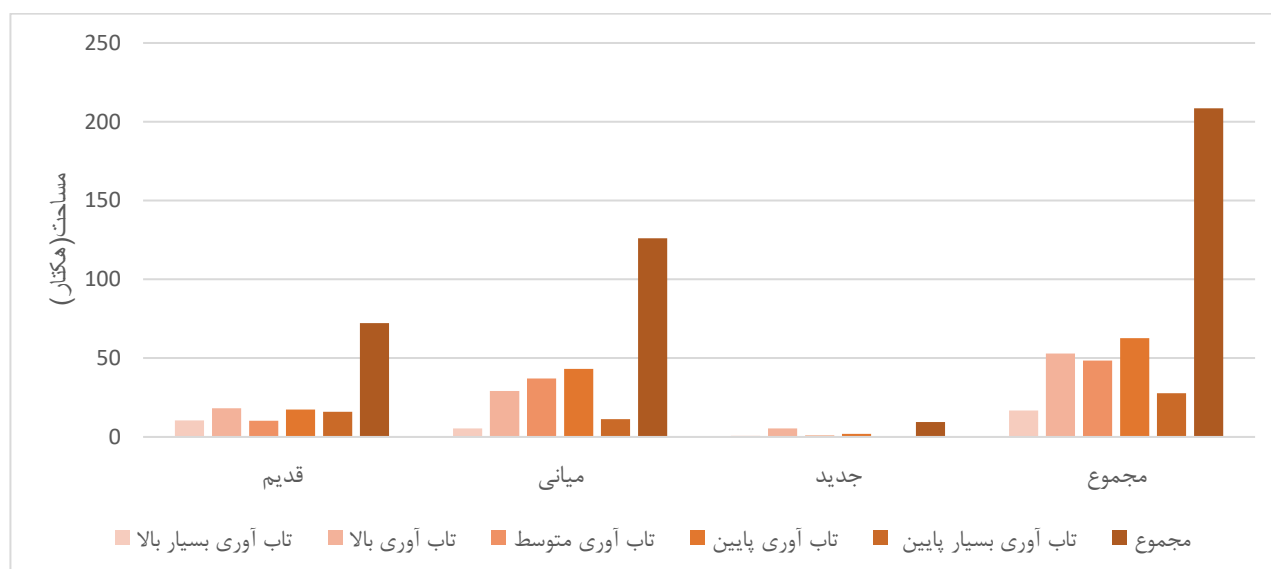
در نهایت با هدف شناخت میزان تاب آوری نهایی، شاخص‌های تاب آوری در یک نقشه به شکل یکپارچه ارائه شدند.



نقشه ۲: نقشه‌ی نهایی تاب آوری در برابر سیل و رواناب‌های شهری

براساس نقشه‌ی نهایی که درجات تاب آوری در سطح بلوک‌ها را نشان می‌دهد، نتایج نشان می‌دهد که میزان ۲۷.۷ هکتار از پهنه مورد مطالعه، دارای تاب آوری بسیار پایین، ۶۲.۶ هکتار برخوردار از تاب آوری پایین، ۴۸.۴ هکتار تاب آوری متوسط داشته، ۵۳ هکتار برخوردار از تاب آوری بالا و ۱۶.۸ هکتار از آن نیز تاب آوری بسیار بالا داشته است. سطح دارای تاب آوری پایین با ۶۲.۶ هکتار، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. به طور کلی ۴۶ درصد از گستره بافت قدیم دارای تاب آوری بسیار پایین یا پایین بوده است. این رقم در بافت میانی به ۴۳ درصد و در بافت جدید به ۳۴ درصد می‌رسد. از سطوح دارای تاب آوری بسیار پایین و پایین نیز، ۳۷ درصد مربوط به بافت قدیم، ۶۰ درصد متعلق به بافت میانی و تنها ۳ درصد از آن مرتبط با بافت جدید می‌باشد. با توجه به آنچه که گذشت، با شاخص‌های بررسی شده، وضعیت بافت جدید از نظر تاب آوری بهتر از دو بافت قدیم

و میانی بوده است. دلایلی چون فرسودگی بناها و بافت، نفوذپذیری کم بلوک ها و همجواری با رودخانه از علل پایین بودن تاب آوری در این دو بافت ارزیابی می شود. در کل، ۹۰.۳ هکتار از پهنه مورد پژوهش، تاب آوری پایین یا بسیار پایین داشته که نزدیک به ۴۳ درصد از کل پهنه مورد بررسی می باشد.



شکل ۳: تاب آوری محدوده مطالعه در برابر سیل و رواناب های سطحی

۵. بحث

در آغاز به نظر می رسید بافت های قدیمی و تا حدودی میانی در سایت مورد مطالعه به دلیل روند تدریجی شکل گیری که در گذشته با آزمون و خطا هم همراه بوده و در طول حیات خود رویدادهای طبیعی از جمله سیل را تجربه کرده اند، در زمینه تاب آوری هم وضعیت مناسبی دست کم در مقایسه با توسعه های جدید داشته باشند؛ اما یافته های این پژوهش همانگونه که در نقشه شماره ۲ هم دیده می شود، نشان داد که چند فاکتور مهم باعث شده که اینچنین نباشد و وضعیت بافت جدید بهتر باشد. از جمله یکی از موارد مهم در این ارتباط مصالح جدید می باشند که در برابر آسیب ناشی از سیل دوام و ماندگاری بهتری را نشان می دهند. همچنین امکان ایزولاسیون و ساخت با تکنولوژی های جدیدتر از این لحاظ وضعیت را برای بافت های جدید بهتر می کند. همچنین ضریب نفوذپذیری فیزیکی بلوک های شهری در بافت های تاریخی و میانی به دلیل ویژگی های شناخته شده این گونه بافت ها پایین بوده و به این ترتیب همان گونه که در شکل ۲ هم نشان داده شده از این نظر این بافت ها وضعیت ایده آلی نداشته و در برابر رواناب آسیب پذیر می باشند. از جمله فاکتورهای مهم تاثیر گذار دیگر نیز می توان به فاصله بلوک های شهری تا لبه رودخانه اشاره نمود که در بافت های تاریخی کم بودن این فاصله باعث آسیب پذیری بیشتر این بافت ها شده است. برخی از پارامترها نیز مختص بافت های قدیم، میانی و یا جدید نمی باشد که از آن جمله می توان به شعاع عملکرد فضاهای سبز اشاره کرد. با آنکه وضعیت بافت های قدیم و میانی از این نظر کمی بهتر به نظر می رسد اما سیاست حفظ و ایجاد فضای سبز می تواند به هر دو مورد به ویژه در توسعه های جدید از نظر تاب آوری در برابر رواناب کمک نماید.

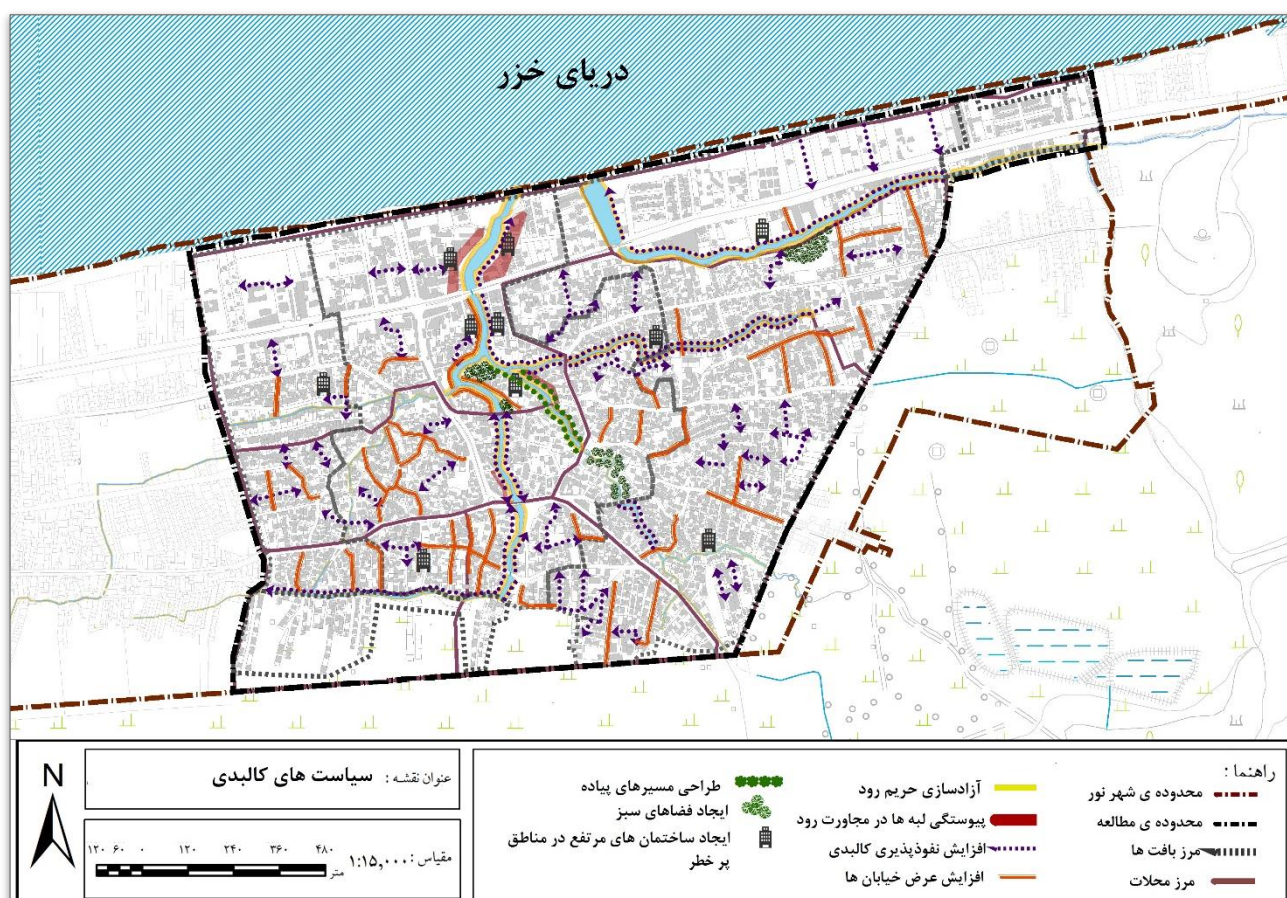
۶. نتیجه گیری

به منظور دستیابی به محله و شهر تاب آور، بازنمایی و ویژگی های فرم شهری از این منظر بسیار مهم و ضروری است زیرا در فرآیند برنامه ریزی و طراحی شهری، مواجهه با سوانح بخشی از سرنوشت همه شهرهاست اما مهم راهبری و اتخاذ تصمیم درست و بر پایه مطالعات در سطوح مختلف از راهبرد تا برنامه های اجرایی در زمینه ساختار کالبدی- عملکردی شهرهاست. در پژوهش حاضر با تاکید بر دو بعد کالبدی و کارکردی شاخص های تاب آوری بر اساس ادبیات مرتبط، تبیین و تشریح شده اند که با توجه به ماهیت رشته طراحی شهری که تخصص نگارندگان است، بعد کالبدی مورد تاکید بیشتر بوده و نقش پررنگ تری در تحلیل ها ایفا کرده است. این مجموعه شاخص ها شامل مواردی از جمله مساحت بلوک های شهری، تراکم تقاطع ها در شبکه دسترسی، نسبت گره های متصل به یکدیگر، درصد ساختمان های مرمتی و تخریبی، درصد بناهای برخوردار از اسکلت فلزی و

بتنی، ضریب نفوذپذیری بلوک های شهری، درصد سطوح نفوذ پذیر در بافت شهری، فاصله ی عناصر شهری از رودخانه و حریم آن، طول بلوک های لبه ی رودخانه، شیب زمین، قطعات درشت دانه و گونه های ساختمانی یک طبقه بدون پیلوت می شود. در بعد کارکردی، مواردی همچون درجه اختلاط کاربری ها، تنوع فضاهای باز همگانی، شعاع عملکرد فضاهای سبز و باز و متوسط تراکم جمعیتی مورد تاکید بوده است. در این پژوهش که در پهنه مورد مطالعه در شهر نور به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگی های محیط طبیعی شهر و استقرار آن در کنار دریا با وجود رودخانه و پیشینه رخداد سیل انجام شده است، به منظور ارزیابی میزان تاب آوری فرم و فضای شهری در برابر سیلاب و رواناب های سطحی معیارها و شاخص های مرتبط با تاب آوری تبیین و تدوین شده و وضعیت محلات شهر در سه گونه بافت تاریخی، میانی و جدید از این لحاظ مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این ترتیب نقشه های تاب آوری بر پایه شاخص های مورد اشاره، در سطح بلوک های شهری تهیه شده اند. در ادامه نقشه ی نهایی تاب آوری کل تهیه شد تا میزان تاب آوری در بلوک های محدوده ی مورد پژوهش در برابر سیلاب و رواناب های شهری مشخص شود. در نقشه ی نهایی مشاهده می شود که ۴۳ درصد از پهنه ی مورد مطالعه دارای تاب آوری بسیار پایین و پایین است. همچنین در شمال محدوده مورد مطالعه پتانسیل خطر کمتر و در نواحی مرکزی، جنوبی و به ویژه جنوب شرق، پتانسیل خطر بالاتری وجود داشته و موجب آسیب های بیشتری خواهد شد.

۷. پیشنهادها

ارزیابی انجام شده نشان می دهد که با شاخص های مورد استفاده، از جمله دلایل اصلی تاب آوری پایین، کمبود فضاهای سبز و باز همگانی، ساخت و ساز در حریم رودخانه و فرسودگی بافت ها می باشد. به این ترتیب تغییرات پیشنهادی در فرم شهری ارزیابی شده به منظور افزایش تاب آوری در برابر سیل و رواناب های سطحی می توانند اینگونه عنوان شوند: افزایش نفوذپذیری کالبدی در بلوک های شهری، آزادسازی حریم رودخانه، پیوستگی کالبدی در بلوک های همجوار رود، ایجاد اختلاط کاربری، ایجاد فضاهای سبز همگانی بیشتر در مقیاس های مختلف و جانمایی ساختمان های مرتفع و دارای تراکم در مناطق پرخطر. نقشه ی ۳ سیاست های تغییر فرم های کالبدی را در محدوده ی مطالعه نشان می دهد.



نقشه ۳: سیاست های کالبدی

1- UNDRR

۹. منابع

- Abdi, K., Kamyabi, S., Zand Moghaddam, M.R (2019). Integrated Assessment of Vulnerability, Resiliency and Space Risk against Flood in Sari, *Physical Geography Research Quarterly*, 51(109), 431-445.
- Dadashpoor, h., Adeli, z (2016). Measuring the Amount of Regional Resilience in Qazvin Urban Region, *Emergency Management*, 4(2), 73-84.
- Dempsey, N., Brown, C., Raman, S., Porta, S., Jenks, M., Jones, C., Bramley, G. (2010), Elements of Urban Form, in Jenks, M and Jones, C, *Dimensions of the Sustainable Cities*, Springer, London, 21-51
- Feliciotti, A., Romice, O., Porta, S. (2016). Design for change: Five proxies for resilience in the urban form. *Open House International*, 41(4), 23-30
- Gharai, F., Masnavi, M.R., Hajibandeh, M (2018). Urban Local-Spatial Resilience: Developing the Key Indicators and Measures, a Brief Review of Literature, *Bagh-e Nazar*, 14(57), 19-32
- Hyogo Framwork For Action 2005-2015 Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters (2012) The second global conference on risk reduction in the face of crises, (translated by Zohra Walizadeh, Maryam Rahmani and Maysam Mirtahri).
- Irajifar, L., Alizadeh, T., Sipe, N. (2016). The impact of urban form on disaster resiliency: A case study of Brisbane and Ipswich, Australia. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7, 259-275. Doi: 10.1108/IJDRBE-10-2014-0074
- Jayakody, R.R.J.C., Amarathunga, D & Haigh, R. (2016). The use of Public Open Spaces for Disaster Resilient Urban Cities, 12th International Confernce of the International Institute for Infrastructure Resilience and Reconstruction, University of Peradeniya, Sri Lanka
- Khane mahale shahr Consulting Engineers, Detailed plan of Noor city, (2020)
- Lazarevic, E. V., Kekovic, Z., Antonic, B.M. (2018). In search of the principles of resilient urban design: Implementability of the principles in the case of the cities in Serbia, *Energy and Buildings*, 158:1130-1138, DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.11.005
- Liao, K.H., Le, T.A., Nguyen, K.V. (2016). Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong DeltaKuei. *Landscape and Urban Planning*, 155, 69–78
- Management and Planning Organization of Mazandaran, Statistical Yearbook of Mazandaran. (2009-2018)
- Meerow, S., Newell, J., Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.11.011
- Namjooyan, F., Razavian, M., Sarvar, R (2017). urban resilience, the frame work for urban future management, *Territory*, 14(55), 81-95.
- Nikpour, A., Lotfi, S., Rezazadeh, M (2017). Analysis of the relationship between urban form and access indicator (Case study: Babolsar city), *spatial planing*, 7(3), 85-106.

- Ramezanzadeh Lasboei, M., Asgari, A., Badri, A (2014). Infrastructures and resiliency to natural disasters with emphasis on flood the case: Typical tourism regions in north of Iran (Cheshmekile and Sardabrud), *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 1(1), 35-52.
- Ba, R., Wang, C., Kou, L., Guo, X., Zhang, H. (2022). Rethinking the urban resilience: Extension and connotation, *Journal of Safety Science and Resilience* 3(4), 398–403, doi:10.1016/j.jnlssr.2022.08.004
- Serre, D., Barroca, B., Balsells, M., Becue, V. (2016). Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmanndai in Hamburg. *Flood Risk Management*, 11, 69-83. Doi: 10.1111/jfr3.12253
- Sharifi, A., Yamagata, Y. (2018). Resilient Urban Form: A Conceptual Frame-work, in: Resilience-Oriented Urban Planning: Theoretical and Empirical Insights (Y. Yamagata, A. Sharifi, eds.), Springer. Doi:10.1007/978-3-319-75798-8
- Sharifi, A. (2019). Resilient urban forms: A macro-scale analysis. *Cities*, 85, 1-14, Doi:10.1016/j.cities.2018.11.023
- Sharifi, A. (2019). Urban form resilience: A meso-scale analysis. *Cities*, 93, 238-252, doi:10.1016/j.cities.2019.05.010
- Tabibian, M., Rezapour, M. (2016). Assessment of urban resilience; a case study of Region 8 of Tehran city, Iran. *Scientia Iranica*, 23(4), 1699-1707
- Tarhe Mohite Paidar Consulting Engineers, Comprehensive plan of Noor city, (2011)
- The Statistical Center of Iran, Population and Housing Census, (2011) and (2016)
- The Statistical Center of Iran, Statistical blocks, 2016
- Ye, y., Van nes, A (2014). Quantitative tools in urban morphology: Combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in a GIS framework, *Urban Morphology*, 18(2), 97-118
- Živković J. (2019). Urban Form and Function. In: W. Leal Filho, U. Azeiteiro, A. Azul, L. Brandli, P. Özuyar and Wall T. (eds). *Climate Action*. 1-10, Doi: 10.1007/978-3-319-71063-1-78-1