



Research Paper

Ranking Urban Sustainability Levels and Explaining its Relation to Form and Spatial Structure Using FANP and Regression (Case study: 22 Regions of Tehran)

Azadeh Gharaei¹ , Hamid Majedi^{2*} 

¹ Ph.D. Graduated, School of Civil- Architecture and Arts, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Professor, School of Civil- Architecture and Arts, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran



10.22080/USFS.2023.4128.

Received:

August 14, 2022

Accepted:

October 23, 2022

Available online:

March 15, 2023

Abstract

Rapid urban development in recent decades has affected various dimensions of human life. The intensity of this impact, as well as the role of cities in the consumption of natural resources, the production of waste, and the concentration of human activities have made sustainable urban development a key element in the future, and therefore, efforts to understand urban sustainability and its various dimensions continue. With deductive exploration in the theoretical literature, the urban form can be categorized into components such as communication networks, public transportation systems, pedestrian and bicycle access, spatial structure, spatial distribution of activities, housing and settlement size, natural phenomena, and nonfunctional imagery. Due to the interdependence of the components of this concept with different dimensions of the city, its role in different aspects of sustainability will be undeniable to the extent that one of the most important sources of instability is the city's form. A critical review of the new frameworks for urban planning and redevelopment aimed at achieving sustainability points to a disagreement over the most desirable sustainable urban form. This problem can be solved only by the measurement of the relationship between sustainability indicators and urban form in different case samples with different resolving characteristics and their results can be generalized. This study, using inductive research method and FANP in Python, as well as GIS for analyzing spatial data and residents' questionnaires for quality indicators, aimed to evaluate the sustainability levels in the 22 regions of Tehran first, and then classify the regions according to the form and spatial structure. Finally, the relationship between urban form and spatial structure with sustainability components in the scale of Tehran's regions was measured. Regression outputs indicate the direct influence of urban form and urban structure parameters on sustainability components in the regions of Tehran.

Keywords:

Urban Form, Spatial Structure, Urban Sustainability, Tehran

* **Corresponding Author:** Hamid Majedi

Address: School of Civil- Architecture and Arts,
Science and Research Branch, Islamic Azad
University, Iran

Email: majedi@srbiau.ac.ir
Tel: 09121114998

Extended Abstract

1. Introduction

Rapid urban development in recent decades has affected various dimensions of human life. The intensity of this impact, as well as the role of cities in the consumption of energy and natural resources, the production of waste and contaminants, and the concentration of human activities have made sustainable urban development a key element in the future, and therefore, efforts to understand urban sustainability and its various dimensions continue. The efficient way of land use planning, access-appropriate and inclusive public transportation, optimal use of energy and land resources and the possibility of renewing its cycle, reducing environmental pollution, sustainable urban economy, social interactions, diversity, and maintaining and creating a healthy living environment contribute to urban sustainability and provide living conditions in cities. These issues are directly related to the components of the urban form on an intermediate scale. In the last century, fundamental changes in the urban spatial structure have taken place in the cities of the world, which have attracted the attention of geographers, economists, and urban planners (Li, 2020:2).

With deductive exploration in the theoretical literature, the urban form can be categorized into components such as communication networks, public transportation systems, pedestrian and bicycle access, spatial structure, spatial distribution of activities, housing and settlement size, natural phenomena, and non-functional imagery. Considering the interdependence of the components of this concept with different dimensions of the city and their impact on the two sources of land and energy, its role in different aspects of sustainability (environmental, economic, and social) will be undeniable to the extent

that one of the most important sources of instability is the form of the city. Therefore, achieving a sustainable city form that promotes the development of more efficient housing and urban activities has become a concern of urban planners. This challenge has led the developers to provide new frameworks for the rehabilitation of urban areas to achieve sustainability. These approaches refer to different special levels (regional, metropolitan, urban, local, etc.).

A critical review of the new frameworks for urban planning and redevelopment with the aim of achieving sustainability points to a disagreement over the most desirable sustainable urban form. In addition, there is no clear conceptual framework that can compare these approaches, proposals, and planning policies. This problem can be solved only by the measurement of the relationship between sustainability indicators and urban form in different case samples with different resolving characteristics, and their results can be generalized.

2. Research Methodology

This research aimed to evaluate the sustainability levels in the 22 regions of Tehran, and then to classify the regions according to the form and spatial structure using inductive research method and FANP in Python, as well as GIS for analyzing spatial data and residents' questionnaire (2200 questionnaires in the regions of Tehran) for quality indicators. Finally, the relationship between urban form and spatial structure with sustainability components in the scale of Tehran's regions was measured. In the FANP model, which combines the methods of network analysis process (ANP) and factor analysis (Factor Analysis), the correlation coefficients of the variables in the correlation matrix are considered as the coefficient of the importance of each of them. Thus, by using the FANP model, the total score of the special form and structure, as well as the stability score of the regions,

was obtained by considering different importance coefficients based on the correlations.

3. Research Findings

According to FANP model outputs, regions 22, 2, and 1 obtained the highest scores in terms of sustainability indicators, and regions 1, 21, and 22 have the highest scores in terms of urban form and urban structure indicators. Also, regions 6, 12, and 11 and regions 9, 8, and 11 obtained the lowest scores in terms of form and spatial structure and sustainability indicators, respectively. Regression outputs indicate the direct influence of urban form and urban structure parameters on sustainability components in the regions of Tehran.

4. Conclusion

If Tehran is considered in three locations (the center of Tehran Metropolitan, the city of Tehran, and all of 22 regions), some of the major axis of the urban form and spatial structure (such as urban communication networks, the share of urban areas from the population and natural and artificial structure) in the structural plan and comprehensive plan of Tehran and other cases such as population density, public transportation, and construction densities in a detailed plan of the city of Tehran have been analyzed without considering the purposeful and systematic effects of these components on different dimensions of sustainability. On the other hand, many foreign and domestic studies have focused

on explaining the effects of a limited number of form factors on some aspects of urban sustainability. Therefore, a comprehensive analysis of the relationship between urban form and spatial structure in Tehran's urban scale will be important in many ways. The results of the implementation of the theoretical framework in Tehran and the classification of its regions enable us to better understand the relationship between these concepts. Measuring the relationship between urban form and spatial structure with urban sustainability and testing the theoretical framework of the present study in different case studies with different spatial scales will be important for generalizations and quantitative modeling in future studies. Explaining the relationship and how the form and structure of space affect sustainability can be regarded as a way to move towards urban sustainability.

5. Funding

There is no funding support.

6. 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.

7. Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

8. Acknowledgments

The authors appreciate all the scientific consultants in this paper



علمی پژوهشی

رتبه بندی سطوح پایداری شهری و تبیین ارتباط آن با فرم و ساختار فضایی با استفاده از مدل FANP و رگرسیون؛ نمونه موردی: مناطق ۲۲گانه شهر تهران

آزاده قرائی^۱، حمید ماجدی^{۲*}

^۱ دانش آموخته دکترای شهرسازی، دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
^۲ استاد و عضو هیأت علمی، دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

doi 10.22080/USFS.2023.4128

چکیده

کاوشی استنتاجی در ادبیات نظری می‌توان دریافت فرم شهر در مقیاس میانی با دربر گرفتن مؤلفه‌هایی از قبیل شبکه‌های ارتباطی، سیستم‌های حمل و نقل عمومی، دسترسی‌های پیاده و دوچرخه، استخوان‌بندی فضایی، توزیع فضایی فعالیت‌ها، ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه، سیمای طبیعی و غیرفضایی از ابعاد مهم شناخت و تحلیل شهر محسوب می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به درهم‌آمیزی مؤلفه‌های این مفهوم با ابعاد مختلف شهر، نقش آن بر جوانب مختلف پایداری انکارناپذیر خواهد بود؛ به طوری که یکی از مهم‌ترین منابع ناپایداری شهرها، فرم و ساختارفضایی شناخته‌شده است. مروری منتقدانه بر چارچوب‌های جدیدی که برای بازطراحی مکان‌های شهری در راستای دستیابی به پایداری مطرح شده است، حاکی از عدم توافق درخصوص مطلوب‌ترین فرم شهری پایدار است. این مسأله تنها با سنجش ارتباط میان شاخص‌های پایداری و فرم شهر در نمونه‌های موردی مختلف قابل‌حل و نتایج آن قابل‌تعمیم است. لذا در پژوهش پیش‌رو، محقق با استفاده از روش پژوهش استقرایی و بهره‌گیری از مدل FANP در محیط نرم‌افزار Python و همچنین استفاده از نرم‌افزار GIS جهت تحلیل داده‌های مکانی و پرسش‌نامه ساکنین (۲۲۰۰ پرسش‌نامه در سطح مناطق شهر تهران) برای شاخص‌های کیفی، به دنبال آن است که در وهله اول سطوح پایداری در مناطق ۲۲گانه شهر تهران را ارزیابی و مناطق را نیز از لحاظ شاخص‌های فرم و ساختار فضایی طبقه‌بندی نماید و در مرحله بعد، ارتباط میان فرم شهر و ساختار فضایی با مؤلفه‌های پایداری درمقیاس مناطق شهر تهران را مورد آزمون قرار دهد. خروجی‌های رگرسیون نشان‌دهنده تأثیرگذاری مستقیم شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری بر مؤلفه‌های پایداری در سطح مناطق شهر تهران است.

تاریخ دریافت:

۲۳ مرداد ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش:

۳۰ آذر ۱۴۰۱

تاریخ انتشار:

۲۴ اسفند ۱۴۰۱

کلیدواژه‌ها:

فرم شهر، ساختار فضایی، پایداری شهری، تهران

* نویسنده مسئول: حمید ماجدی

آدرس: استاد دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

ایمیل: majedi@srbiau.ac.ir
تلفن: ۰۹۱۲۱۱۱۴۹۹۸



۱ مقدمه

ساختار کالبدی طبیعی و مصنوع در طرح مجموعه شهری و طرح ساختاری و برخی دیگر نظیر تراکم-های جمعیتی، حمل و نقل عمومی و تراکم‌های ساختمانی در طرح تفصیلی مناطق شهر تهران بدون مدنظر قرار دادن هدفمند و نظامند تأثیرات این مؤلفه‌ها بر ابعاد مختلف پایداری، مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده خارجی و داخلی نیز تنها بر تبیین تأثیرات تعداد محدودی از شاخص‌های فرم بر برخی جوانب پایداری شهری (الگوهای سفر و مصرف انرژی و یا پایداری اجتماعی) متمرکز شده‌اند (نظیر پژوهش‌های Bramley, 2009؛ Camagni, 2002؛ Arundel & Wheeler, 2004؛ Chen, 2008؛ Kim & Ahmed & Alipour, 2021؛ Ronald, 2017؛ Choi, 2019؛ & عزیزی و محمدزاده آذری^۱، ۲۰۱۹؛ خامنه و کولیوند^۲، ۲۰۱۱؛ نصیری هنده‌خاله^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). از این‌رو، تحلیل جامع ارتباط مؤلفه-های فرم شهری و ساختار فضایی در مقیاس شهر تهران با پایداری در ابعاد مختلف حائز اهمیت خواهد بود. نتایج پیاده‌سازی چارچوب نظری فوق در تهران و طبقه‌بندی مناطق آن، ما را در درک بهتر ارتباط میان این مفاهیم توانمند می‌سازد. در پژوهش حاضر محقق به دنبال پاسخگویی به این سؤال اصلی است که وضعیت مناطق شهر تهران در قیاس با هم از لحاظ فرم و ساختار فضایی و نیز پایداری شهری چگونه است؟ و آیا فرم شهر و ساختار فضایی مناطق شهر تهران بر میزان پایداری تأثیرگذارند یا خیر؟ لذا محقق با استفاده از روش‌های پژوهش قیاسی و استنتاجی و واکاوی مؤلفه‌های تشکیل-دهنده فرم شهری و پایداری، ارتباط میان مفهوم فرم و ساختار فضایی شهر با پایداری شهری در مناطق ۲۲گانه شهر تهران را تبیین می‌نماید. به‌نظر می‌رسد ویژگی‌های متفاوت فرم شهری در مناطق شهر تهران بر سطح پایداری این مناطق تأثیرگذار است. تبیین ارتباط و نحوه تأثیرگذاری فرم بر پایداری می‌تواند

توسعه سریع شهری در چند دهه اخیر ابعاد مختلف زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده‌است. شدت این تأثیرگذاری و نیز توجه به نقش شهرها در مصرف انرژی و منابع طبیعی، تولید ضایعات و آلاینده‌ها و نیز دربرداشتن تمرکز فعالیت‌های انسانی، توسعه شهری پایدار را به عنصری کلیدی در آینده مبدل نموده و لذا تلاش برای درک پایداری شهری و ابعاد مختلف آن ادامه دارد. مفاهیم فرم شهری و ساختار فضایی با دربرگرفتن محورهای گسترده‌ای از موضوعات مرتبط با شهرسازی، به عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد شناخت و تحلیل شهر، با تأثیرگذاری بر منابع زمین و انرژی، نقش غیر قابل انکاری بر پایداری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کالبدی ایفا می‌نمایند. "در قرن گذشته تغییرات اساسی در ساختار فضایی شهری در شهرهای جهان اتفاق افتاده که توجه جغرافی‌دانان، اقتصاد دانان و برنامه‌ریزان شهری را جلب کرده‌است (Li, 2020:2). لذا دستیابی به فرم شهری پایدار که موجب توسعه شیوه‌های کارآمدتر سکونت و فعالیت باشد، به یکی از دغدغه‌های برنامه‌ریزان شهری مبدل گردیده-است.

"ظهور توسعه پایدار به عنوان یک مفهوم عامه-پسند، بحث در مورد شکل شهرها را زنده کرد. بدون شک انگیزه محققان و دست اندرکاران را برانگیخت تا در رشته‌های مختلف، به دنبال فرم‌هایی برای سکونتگاه‌های انسانی باشند که الزامات پایداری را به همراه داشته باشد (Jabareen, 2006: 38). این رویکردها به سطوح مختلف فضایی اشاره دارند. اگر تهران در سه جایگاه مرکز مجموعه شهری تهران، شهر تهران و مجموعه‌ای متشکل از ۲۲ منطقه در نظر گرفته شود، برخی از محورهای فرم و ساختار فضایی در مقیاس کلان نظیر شبکه‌های ارتباطی برون‌شهری، سهم جمعیت حوزه‌های شهری و

² Khamene and Kouli van

³ Nasiri Hinde Khale

¹ Azizi and Mohammadzadeh Azari



راهگشای حرکت به سمت پایداری شهری تلقی گردد.

۲ مبانی نظری

۲.۱ فرم شهر و ساختار فضایی پایدار

توسعه سریع شهری در دهه‌های اخیر زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است. در دهه‌های گذشته شهرها به عنوان منابع تخریب محیط زیست و استهلاک منابع طبیعی دیده شده‌اند (Chen et al., 2008: 28). اهداف مهم توسعه شهری پایدار در کشورهای ثروتمند، کاهش تغییرات آب و هوایی، کاهش مصرف انرژی و آلودگی، حفاظت از نواحی طبیعی و زراعی و فراهم آوردن محیطی امن و سالم برای شهروندان به ویژه گروه‌های آسیب‌پذیر است (Næss, 2014: 1524). برخی ویژگی‌های شهر پایدار عبارتند از: عدالت میان‌نسلی، حفاظت از محیط زیست طبیعی، حداقل استفاده از منابع تجدیدناپذیر، حیات و تنوع اقتصادی، جامعه مستقل و غیر وابسته، رفاه افراد و برآورده‌سازی نیازهای اولیه انسانی (Maclaren, 2004: 205). بهره‌وری منابع در الگوهای مختلف سکونتگاهی منوط به حداقل دو منبع طبیعی محدود است: منبع زمین برای کاربردهای مسکونی و منابع انرژی برای کاربردهای جابه‌جایی (Camagni et al, 2002: 200). آنچه به پایداری شهری می‌انجامد شامل شیوه کارآمد کاربری زمین، ایجاد بهترین دسترسی‌ها و حمل و نقل به تمام نقاط شهر با حداقل استفاده از وسیله نقلیه موتوری آلوده‌کننده، کاربرد کارآمد منابع، فقدان انواع آلودگی‌های محیطی، استفاده درست از منابع طبیعی و امکان تجدید چرخه آن، ایجاد محله‌های سالم، برقراری نظام بوم‌شناسانه پایا، اقتصاد شهری پایدار، امکان فعالیت ساکنان شهرها در مشارکت‌های اجتماعی، حذف زاغه‌نشینی و مسکن غیر بهداشتی و بالاخره حفظ فرهنگ محیطی بر اساس استیلای خرد جمعی است (Wheeler, 2004). این موضوعات به طور مستقیم با ساختار فضایی شهر

در ارتباط است. ساختار فضایی شهر نظم و رابطه بین عناصر کالبدی و کاربری‌ها را در شهر نشان می‌دهد (Cheng et al., 2006). مفهوم ساختار فضایی به توصیف انتزاعی یا کلی توزیع پدیده‌ها در فضای جغرافیایی اشاره دارد. ساختار فضایی شهری نتیجه توزیع سکونت و فعالیت اقتصادی در فضا است که به نوبه خود نتیجه فرایندهای طولانی‌مدت شامل ترجیحات محلی و سیاست‌های عمومی است. توزیع فعالیت‌های اقتصادی، گاهی فرم شهری نامیده می‌شود، مربوط به تعاملات شهری است. شکل و تعاملات با هم باعث ایجاد ساختار فضایی می‌شوند (Burgalassi & Luzzati, 2015: 135). لذا می‌توان چنین استنباط نمود که فرم و ساختار فضایی شهر با دربرگرفتن مفاهیمی نظیر تراکم، چیدمان کاربری اراضی، فواصل میان مراکز شهری و الگوهای جابه‌جایی و ... و با تأثیرگذاری بر دو منبع زمین و انرژی، می‌توانند سبب افزایش، کاهش و یا تثبیت پایداری شهری شوند. "فرم شهری مشخصه ساختار فضایی عناصر ثابت در یک شهر است که بر زندگی روزمره تأثیر می‌گذارد و تأثیر قابل توجهی بر پایداری محیطی دارد. سنجش ویژگی‌های مکانی و زمانی یک فرم شهری و ارتباط آن با توسعه پایدار اساس برنامه‌ریزی شهری است (Dong et al., 2019: 632). فرم شهر عبارت است از کالبد و فرم ساخته شده شهر. فرم به معنای جانمایی (ساختار و دانه بندی)، تراکم، مقیاس (ارتفاع و جرم‌گذاری)، ظاهر (مصالح و جزئیات) و منظر توسعه است (Cowan, 2005). فرم شهری رابطه بین یک شهر و مناطق اطراف آن را نشان داده و تأثیر اقدامات انسانی را بر محیط درون و بیرون آن به نمایش می‌گذارد (Alberti, 2005). متغیرهای فرم شهری در مقیاس متروپلیتن عبارتند از: اندازه متروپلیتن، تراکم، توزیع نابرابر، مرکزیت، پیوستگی یا تداوم (Tsai, 2005: 143-144). در سطح راهبردی، فرم شهری با موقعیت توسعه‌های جدید نسبت به شهرها و زیرساخت‌های موجود، اندازه و شکل توسعه‌های جدید و گونه کاربری زمین ارتباط دارد. در سطح محلی، فرم شهری با سطح و مقیاس



پایدار تلقی شوند (Bramley et al, 2009: 2125). ساختار فضایی کارآمد می‌تواند به پشتیبان جهت پویایی اقتصادی و در نهایت، رقابت‌پذیری شهر مبدل شود. ساختار فضایی پایدار نتیجه به‌کارگیری معیارهای پایداری و شرایط مختلفی است که در طول زمان شکل می‌گیرند. تکوین ساختار فضایی پایدار به شرایطی چون تأمین سهولت دسترسی به همراه توجیه‌پذیری حمل و نقل عمومی، اختلاط کاربری‌ها و میزان انطباق و انعطاف‌پذیری، کیفیت زیست‌محیطی و رعایت فاصله بین مراکز فعالیت و سکونت بستگی دارد (Meijer et al., 2011). در ارتباط با فرم‌های شهری معاصر، سه الگوی کلی شهر فشرده، شهر گسترده و دیدگاه سازش‌گرانه میان تمرکز شهری و عدم تمرکز شهری که اکثر شهرها از یکی از این الگوها تبعیت می‌کنند، مدعی شکل پایدار شهر هستند. بر اساس ارزیابی چهار فرم توسعه سنت‌گرای جدید، شهر فشرده، شهر محدود و بوم‌شهر با استفاده از معیارهای فشردگی، حمل و نقل پایدار، تراکم، کاربری زمین مختلط، تنوع، طراحی با استفاده از انرژی خورشیدی و طراحی سبز، شهر فشرده، بوم‌شهر، توسعه سنت‌گرایی جدید و شهر محدود (مهار شهری)، به ترتیب، پایدارترین فرم‌های شهری معرفی شده‌اند (Jabareen, 2006: 39- 43). در واقع، این رویکردها متقابل نیستند و می‌توانند با برنامه‌ریزی شهری تقویت شوند (Al-Thani, 2019: 8). ویلر (Wheeler) در سال ۲۰۰۴، پنج اصل فرم شهری پایدار را معرفی می‌نماید: توسعه‌های فشرده، به‌هم‌پیوسته، متصل، متنوع و بوم‌شناسانه (Wheeler, 2004: 327- 328). اشنیکه (Echenique) و همکاران در سال ۲۰۱۲ برای سنجش پایداری فرم‌های شهری، متغیرهای ارزیابی را بدین شرح مطرح نمودند: مؤلفه منابع، مؤلفه زیست‌محیطی، مؤلفه اجتماعی و مؤلفه اقتصادی (Echenique et al., 2012: 129). تحقیقات نشان می‌دهد که نه تنها یک فرم شهری، بلکه تعدادی از فرم‌های شهری ممکن

اختلاط کاربری‌ها و اینکه توسعه تا چه میزان خوشه‌ای و یا متمرکز است، مرتبط می‌باشد. در سطح واحد همسایگی، فرم شهری با تراکم توسعه و چیدمان توسعه ارتباط دارد (Stead & Marshall, 2001: 114). در مقیاس محلی، این ویژگی‌ها و خصوصیات شامل مصالح ساختمانی، نماها و پنجره‌ها می‌شود (Jenks & Jones, 2009: 21). با توجه به نحوه توزیع فعالیت‌ها، فرم شهر شاید مهم‌ترین وسیله‌ای باشد که یک شهر به واسطه آن خودش را عرضه می‌کند (Steadman et al, 2000). فرم شهر مناسب یا خوب تبلور فضایی و عملکردی عوامل سازنده فرم شهری است که متضمن درک معنی و خوانش مناسب از آن است و به این واسطه در خوانایی، تصویرپذیری و ارتقای حس مکان تأثیرگذار است. در این میان، هر شهر به فراخور ویژگی‌های جغرافیایی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و سیاسی فرم خاص خود را شکل می‌دهد (دانشپور و دیگران، ۲۰۱۲: ۷۲). ساختار شهری یک شهر پایدار، دستیابی به اندازه شهر مناسب برای دوچرخه-سواری، پیاده‌روی و حمل و نقل عمومی کارآمد را فراهم می‌سازد. این‌گونه ساختار سلامت بلندمدت و وضعیت اجتماعی و زیست محیطی شهرها را بهبود می‌بخشد و سبب بهره‌وری در استفاده از زمین، استفاده کمتر از خودرو، سهولت دسترسی، بهره‌وری از منابع، کاهش آلودگی و ضایعات، احیای سیستم‌های طبیعی، مسکن و محیط زندگی خوب و محیطی سالم و اجتماعی می‌گردد (Ihsan Abbas et al., 2021: 1). از سوی دیگر، ساختار فضایی پایدار، نتیجه به‌کارگیری معیارهای پایداری و شرایط مختلفی است که در طول زمان شکل می‌گیرند (Chen, Chiu & Lin, 2020). تکامل ساختار فضایی نقش مهمی در شکل‌دهی به تعاملات میان عوامل تصمیم‌سازی در شهرها دارد (Kim & Choi, 2019: 1). فرم‌های شهری اگر از نظر مردم به عنوانی مکانی برای زندگی، کار و تعاملات قابل قبول نباشند و یا جوامعی بی‌ثبات و ناکارآمد باشند، نمی‌توانند

¹ Daneshpour



زیست‌محیطی و اقتصادی تراکم به طور تجربی اثبات شده اما، رابطه بین محیط‌های با تراکم بالاتر و پایداری اجتماعی بحث انگیزتر بوده است (Arundel & Ronald, 2017: 1).

پایداری اجتماعی، توسعه‌ای است سازگار با سیر تکاملی جامعه مدنی، ترویج محیط مساعد برای زندگی اجتماعی سازگار با گروه‌های فرهنگی و اجتماعی مختلف، همزمان با ترغیب یکپارچه‌سازی اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی تمامی اقشار مردم (Polese & Stren, ۲۰۰۰). از شاخص‌های پایداری اجتماعی عبارتند از: غرور و دل‌بستگی، تعاملات، امنیت، محیط‌زیست، رضایتمندی از سکونت، ثبات در مقابل جابه‌جایی، مشارکت در فعالیت‌های جمعی و گروهی، استفاده از خدمات واحد همسایگی (Jenks & Jones, ۲۰۰۹: ۱۱۲). از مشکلات تلاش در ارتباط با فرم شهری و پدیده‌های اجتماعی، دشواری جداسازی اثرات سببی از انتخابی است؛ جایی که اثرات انتخابی در نتیجه افراد و گروه‌های مختلفی است که در مکان‌های متفاوت زندگی می‌کنند (Bramley et al., ۲۰۰۹: ۲۱۲۹). لذا در ارزیابی فرم‌ها و ساختارهای پیشنهادی برای توسعه شهری مطلوب، از موضوعات چالش‌برانگیز، پایداری اجتماعی است که ابعاد متفاوتی را دربر می‌گیرد. در راستای دستیابی به پایداری اجتماعی، ارتقای مؤلفه‌هایی از فرم و ساختار فضایی که اولاً پایداری اجتماع و ثانیاً برابری در دسترسی به خدمات را سبب می‌شوند، کارگشا خواهد بود.

۲٫۳ فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری اقتصادی

فرم شهری علاوه بر جوانب زیست‌محیطی، کالبدی و اجتماعی، بر مؤلفه‌های اقتصادی نیز اثرگذار است. هزینه مصرف انرژی، فواصل میان هسته‌ها و مراکز کار و فعالیت، هزینه‌های ساخت و توسعه سکونتگاهی و هزینه احداث شبکه معابر و تجهیزات و زیرساخت‌های شهری از جمله پارامترهای فرم

است پایدار باشند (Williams, 2000). دیدگاه‌های کلان مجموعه‌ای از الگوها را برای شهر پایدار معرفی نموده‌اند. با این وجود نمی‌توان شکل واحدی را به عنوان شکل پایدار شهر معرفی نمود. انتخاب راهکار برنامه‌ریزی و طراحی برای شهر موجود بستگی به خصوصیات آن شهر دارد. "از طرف دیگر به جای تأکید بر نتایج حاصل از یک راه‌حل، دست‌اندرکاران باید در نظر داشته باشند که تنوعی از آینده‌های شهری می‌توانند در چارچوب یک شهر واحد همزیستی داشته باشند (ویلیمز^۱ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۲). در ادامه تلاش می‌شود تا نحوه اثرگذاری فرم شهری و ساختار فضایی بر مؤلفه‌های مختلف پایداری تبیین و تدقیق گردد.

۲٫۲ فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری اجتماعی

توسعه پایدار یک نیاز علمی برای توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به ویژه برای مناطق کمتر توسعه یافته برای دستیابی به توسعه با کیفیت بالا است (Su et al, 2022: 1). در دهه‌های اخیر و در ادبیات گسترده توسعه پایدار، توجه صرف به نگرانی‌های زیست‌محیطی کنار گذاشته شده و پایداری با رویکردهای اقتصادی و اجتماعی نیز مورد توجه قرار گرفته است. ویژگی‌های فرم شهری مختلف از جمله: تراکم، کاربری زمین، گزینه‌های جابه‌جایی، شبکه‌های جابه‌جایی، چیدمان خیابان‌ها، ایمنی و کیفیت محیط ساخته شده، عوامل اصلی تاثیرگذار بر پایداری اجتماعی هستند (Alipour & Ahmed, 2021: 1). صاحب‌نظران در خصوص پایدارترین فرم شهری از حیث اجتماعی نیز هنوز به اتفاق نظر دست نیافته‌اند؛ اما از دیدگاه تمامی آنان، تراکم یکی از جوانب فرم شهری است که می‌تواند به صورت مختلف بر پایداری اجتماعی شهر اثرگذار باشد. "سیاست شهری به طور فزاینده‌ای بر شهر فشرده و اشکال شهری با تراکم بالاتر در دستیابی به اهداف پایداری تأکید کرده است. اگرچه مزیت‌های

^۱ Williams



دهه ۱۹۷۰ میلادی مطرح شده است. اندازه بهینه و کارآمد شهر، یکی از معیارهای دستیابی به پایداری اقتصادی است. با این حال اندازه بهینه شهر به محصول تولیدی شهر، چگونگی فرایند تولید و چگونگی عملکرد محدوده در اقتصاد شهری بستگی دارد (Jenks & Jones, 2009). تبیین نقش فرم شهری بر ابعاد پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نشان می‌دهد که طراحی مجدد برخی از واحدهای همسایگی به شیوه‌ای پایدار از حیث کالبدی با تمرکز بر مؤلفه‌های کاربری زمین، حمل و نقل عمومی، تراکم، دسترسی‌ها و ... شرط کافی برای پایدار بودن شهر نیست؛ بلکه در بسیاری موارد، ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و جمعیتی می‌توانند عوامل تأثیرگذارتری باشد.

۲٫۴ فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری زیست‌محیطی

از جمله مؤلفه‌های تأثیرگذار بر پایداری زیست‌محیطی عبارتند از: مصرف انرژی و سوخت، کیفیت هوا، ردپای اکولوژیکی، میزان فضای باز و انتشار گازهای گلخانه‌ای. یکی از عوامل تأثیرگذار بر پایداری زیست‌محیطی، بحث رفتار سفر و عوامل مؤثر بر تقاضای آن است که بر کیفیت هوا، مصرف انرژی، ترافیک و آلودگی‌های محیطی تأثیرگذار است. شیوه سفر تأثیرات عمیقی بر پایداری دارد. «مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مرتبط با الگوهای جابه‌جایی شهری نشان می‌دهد که هسته اصلی بحث، تأثیر احتمالی فرم شهری بر الگوهای جابه‌جایی است» (Muniz & Galindo, 2005: 499). برنامه‌ریزان به تأثیر فرم شهری بر تعدادی از مؤلفه‌های پایداری نظیر برابری اجتماعی، دسترسی، اکولوژی، عملکرد اقتصادی، آلودگی و سلامتی توجه داشته‌اند. با این حال، تأثیر فرم شهری بر حمل و نقل، جابه‌جایی و مصرف سوخت موضوعی است که بیشترین توجه را در محافل علمی و عملی به خود جلب کرده است. خصوصاً این بررسی‌ها بر موضوع بهترین فرم شهری در راستای تسهیل راه‌حل‌های حمل و نقل پایدار، کاهش طول و زمان سفر، کاهش

شهری و ساختار فضایی هستند که بر پایداری اقتصادی جوامع تأثیرگذارند. نتایج پژوهش‌های مختلف، ارتباط قابل توجهی را میان فرم‌های مختلف شهری و هزینه‌های عمومی نشان می‌دهد. همانطور که در بخش‌های قبل مطرح گردید، فرم توسعه پراکنده، یکی از فرم‌هایی است که به عنوان فرم شهری پایدار توسط برخی صاحب‌نظران معرفی گردیده است. برخی استدلال می‌کنند که فرم پراکنده نیاز به تجهیزات و زیرساخت‌های جاده‌ای گسترده‌تر دارد؛ اما برخی دیگر استدلال می‌کنند که با وجود شبکه‌های گسترده‌تر، هزینه واحد نصب و راه‌اندازی پایین‌تر است» (Echenique et al., 2012: 125). در مقابل فرم پراکنده، فرم توسعه فشرده قرار دارد. از حیث پایداری اقتصادی، طرفداران این رویکرد معتقدند که «فرم‌های شهری با تراکم بالاتر از ارائه خدمات متنوع‌تر محلی از طریق کسب و کار محلی و واحدهای سرزنده‌تر و تقویت زنجیره محلی تأمین کالا حمایت می‌کنند؛ نواحی مرکزی مختلط و پرتراکم از تعاملات بیشتر و شبکه‌هایی برای ترویج نوآوری و خلاقیت و از این رو توسعه درونزا از طریق خوشه‌بندی‌های اقتصادی تشویق و حمایت می‌کنند. ادغام شهری هزینه زیرساخت‌ها را از طریق اقتصاد ناشی از مقیاس و اقتصاد شبکه‌ای و استفاده مجدد از ظرفیت‌های موجود کاهش می‌دهد؛ در حالی که ارزش زمین را بالا می‌برد و بنابراین توسعه مجدد را بادوام‌تر می‌سازد. محدوده و کیفیت خدمات محلی در نواحی پرتراکم‌تر خصوصاً در مکان‌های مرکزی مطلوب‌تر و بالاتر است؛ اما روندهای اقتصادی و فن-آوری برخی از بخش‌ها همچنان واحدهای اقتصادی بزرگ‌تر و غیر محلی را عقلانی و منطقی می‌دانند. بقا و دوام خدمات بستگی به درآمد و تراکم دارد و محله‌های شهری محروم ممکن است فاقد خدمات حتی در تراکم‌های بالا باشند. زنجیره تأمین کالای محلی در بسیاری از بخش‌ها ضعیف است و ممکن است به مرور و در طول زمان تضعیف گردد. این در حالی است که ارزش بالای زمین ممکن است مانع ارائه خدمات متنوع محلی شود. در کنار ادبیات شهر پایدار و قبل از آن، مفهوم اندازه بهینه شهر از اوایل



اندازه سکونتگاه، سیمای طبیعی و سیمای غیرفضایی و هر یک از مولفه‌ها به چندین شاخص قابل تفکیک است. همچنین در راستای سنجش ارتباط میان فرم و ساختار فضایی با پایداری شهری و بر اساس ادبیات نظری، مفهوم پایداری نیز در سه مولفه اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی به چندین شاخص قابل طبقه‌بندی است. لازم به ذکر است که شاخص‌های اندازه‌گیری تماماً از ادبیات و تجارب جهانی استخراج گردیده‌است.

۳ روش تحقیق

با توجه به اهداف پژوهش حاضر و ماهیت آن، روش پژوهش ترکیبی از روش‌های پژوهش قیاسی (استنتاجی) و استقرایی است. بدین ترتیب که در قسمت پیشینه تحقیق و مطالعات نظری، بر اساس روش پژوهش استنتاجی، با کاوش نظری در اندیشه‌های کلاسیک و مطالعه نظریه‌ها و آراء صاحب‌نظران، الگوی مفهومی استخراج و شاخص‌ها استنتاج می‌شود. در ادامه بر اساس روش پژوهش استقرایی، مناطق ۲۲گانه شهر تهران بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری در سطح میانی و نیز شاخص‌های پایداری با بهره‌گیری از مدل FANP (ترکیب روش‌های فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و تحلیل عاملی (Factor Analysis)) در محیط نرم‌افزار Python طبقه‌بندی می‌گردند. بر اساس نوع گردآوری و پردازش داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، روش توصیفی تحلیلی است. همچنین در پژوهش حاضر، از مدل‌های کمی نظیر تحلیل عاملی و رگرسیون خطی برای تحلیل روابط میان متغیرهای موردنظر در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شده‌است. ابزار گردآوری اطلاعات پیرامون شاخص‌های عینی و کمی فرم شهری و پایداری (۲۰ شاخص فرم و ۱۶ شاخص پایداری) عمدتاً اسناد بالادست (سالنامه آماری و آمارنامه شهر تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، مسیرها و ایستگاه‌های اتوبوس و مترو، نقشه‌های GIS طرح تفصیلی مناطق شهر تهران و ...) و ابزار

وابستگی به اتومبیل، توانمندسازی حمل و نقل عمومی، تشویق به پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و کاهش آلاینده‌ها و تصادفات مربوط به حمل و نقل متمرکز شده‌است (Williams, 2005: 1). حمایت از فرم‌های مختلف شهرسازی نئوسنتی، شهرهای فشرده، روستاشهری و توسعه حمل و نقل محور، همه به وضوح از سیاست کاربری زمین و طراحی شهری برای ترویج الگوهای پایدارتر سفر استفاده کرده‌اند (Stead & Marshall, 2001). چهار ویژگی طراحی مسکن متراکم و متمرکز، درجه نسبتاً بالایی از تراکم در نواحی مسکونی، کوتاه‌ترین فاصله ممکن تا مرکز شهر و اندازه متوسط محل سکونت می‌تواند بهترین نتایج در کاهش اثرات زیست‌محیطی را تولید کند. موضوع دیگر در بحث فرم و ساختار فضایی شهری پایدار، مصرف انرژی است. «ردپای اکولوژیکی ابزار تحلیلی برای تحلیل پیامدهای زیست‌محیطی مصارف انرژی است» (Holden, 2004). همچنین یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که در زمینه زیست‌محیطی و پایداری فرم شهری مطرح می‌شود، بحث کیفیت هوای شهری است. «نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که شکل یک شهر و توزیع کاربری زمین، موقعیت مکانی منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای و الگوی ترافیک شهری را تعیین می‌کند که بر کیفیت هوای شهری اثرگذار است» (Borrego et al., 2006). بر اساس تعاریف فرم شهری و ساختار فضایی در زمینه مؤلفه‌هایی نظیر شبکه‌های شهری مناسب، اختلاط کاربری، تراکم‌های توسعه مطلوب و تنوع عملکردی، فرم و ساختار فضایی شهر می‌تواند بر مصرف انرژی و اکوسیستم‌های طبیعی تأثیر گذارد.

۲٫۵ چارچوب نظری پژوهش

بر پایه مطالعات فوق و بر اساس جدول ۱، مؤلفه‌های فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی شهر تهران به هشت مؤلفه شبکه‌های ارتباطی، سیستم‌های حمل و نقل عمومی درون‌شهری، دسترسی‌های پیاده و دوچرخه، استخوان‌بندی فضایی، تراکم و توزیع فضایی فعالیت‌ها، ریخت‌شناسی مسکن و



جدول مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و سنجه‌های اندازه‌گیری ارتباط میان ساختار فضایی و فرم شهری و پایداری شهر تهران

مؤلفه	شاخص و سنجه اندازه‌گیری	کد	برخی از مآخذ
ساختار فضایی و فرم در مقیاس شهر تهران	طول خیابان‌های اصلی در دسترس	FV1	Echenique et al, 2012/ Chen et al, 2008/ Vance & Hedel, 2007/ Williams, 2005
	شبکه‌های ارتباطی	FV2-FV3	Echenique et al, 2012/ Thinh et al, 2002/ Stead & Marshall, 2001
	سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی درون-شهری	FV4-FV5	Jenks & Jones, 2009/ Vance & Hedel, 2007
	دسترسی‌های دوچرخه	FV6-FV7	Hamin & Gurran, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Holden, 2004/ Song & Knaap, 2004
		FV8-FV9	Jenks & Jones, 2009
	استخوان‌بندی فضایی	FV10	Jenks & Jones, 2009/ Muñiz & Galindo, 2005/ Holden, 2004/ Stead & Marshall, 2001
		FV11	Tsai, 2005
		FV12	Tsai, 2005/ Alberti, 2005
	توزیع فضایی فعالیتها	FV13	Echenique et al, 2012/ Bramley et al, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Chen et al, 2008
		FV14	Hamin & Gurran, 2009/ Chen et al, 2008/ Williams, 2005/ Song & Knaap, 2004/
ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه	FV15	Echenique et al, 2012/ Holden, 2004	
	FV16	Tsai, 2005/ Giuliano & Narayan, 2003/ Stead & Marshall, 2001	
سیمای طبیعی	FV17-FV18	Jabareen, 2006/ Thinh et al, 2002	
	FV19	Bramley & Power, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Hamin & Gurran, 2009/ Chen et al, 2008/ Holden, 2004/ Williams, 2005/ Camagni et al, 2002/ Muñiz & Galindo, 2005/ Giuliano & Narayan, 2003/ Banister et al, 1997/ Stead & Marshall, 2001	
سیمای غیرفضایی	FV20	Bramley & Power, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Hamin & Gurran, 2009/ Chen et al, 2008/ Holden, 2004/ Williams, 2005/ Camagni et al, 2002/ Muñiz & Galindo, 2005/ Giuliano & Narayan, 2003/ Banister et al, 1997/ Stead & Marshall, 2001	
	SQ4	Jenks & Jones, 2009/ Bramley & Power, 2009	
	SQ5	Echenique et al, 2012/ Bramley & Power, 2009/ Chen et al, 2008/ Stead & Marshall, 2001	
پایداری اجتماعی	SQ6	Bramley & Power, 2009/ Jenks & Jones, 2009	

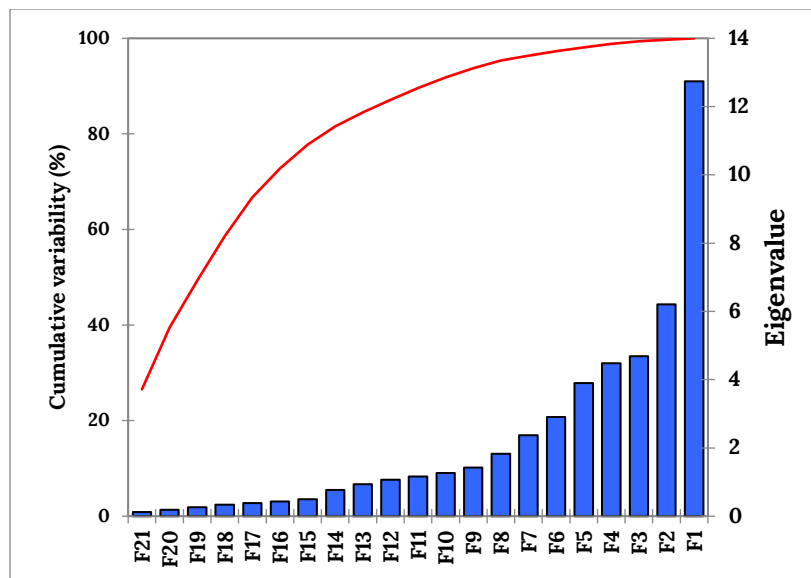


Bramley et al, 2009	SQ7	میزان دسترسی شهروندان به مسکن قابل استطاعت	
Jenks & Jones, 2009/ Bramley & Power, 2009	SQ8	میزان مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی و گروهی	
Bramley & Power, 2009/ Chen et al, 2008/ Leicester City Council, 1995	SQ9	میزان امنیت اجتماعی (فقدان جرم و بی-نظمی)	
Echenique et al, 2012/ Souche, 2010/ Banister et al, 1997	SQ10-SQ11	میانگین هزینه سفر با وسیله نقلیه شخصی و حمل و نقل عمومی	پایداری اقتصادی
Chen et al, 2008/ Camagni et al, 2002	SV21-SV22	هزینه‌های مربوط به ساخت و ساز جاده‌ها	
Banister et al, 1997	SV23-SV24-SV25	وضعیت اشتغال	
	SV36	بودجه مصوب پروژه‌های عمرانی شهرداری	
Camagni et al, 2002/ Leicester City Council, 1995	SV26-SV27	میزان آلودگی صوتی (هنگام صبح و شب)	پایداری زیست محیطی
Bramley et al, 2009/ Leicester City Council, 1995	SQ12	میزان دسترسی به باغات و فضای سبز	
Camagni et al, 2002/ Leicester City Council, 1995	SV28-SV29	آلودگی هوا و انتشار دی‌اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن	
Camagni et al, 2002	SV30	کیفیت زیست‌محیطی پروژه‌های آب و فاضلاب	
Leicester City Council, 1995	SV31-SV32-SV33-S34	مدیریت پسماند و آلودگی خاک	
Jenks & Jones, 2009/ Chen et al, 2008	SV35	مسافرین خدمات-رسانی‌شده با حمل و نقل عمومی	

مأخذ: نگارندگان

تست نرمال بودن یا نبودن انجام شده و شاخص‌های غیرنرمال با استفاده از روش فازی نرمال گردیده‌اند. همچنین از نرم‌افزار GIS نیز جهت تحلیل داده‌های مکانی استفاده شده‌است. قلمرو مکانی پژوهش، مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بوده و محدوده زمانی جمع‌آوری داده‌های پرسش‌نامه‌ای برای شاخص‌های کیفی، بهار سال ۱۳۹۷ می‌باشد.

شناخت شاخص‌های ذهنی و کیفی (۳ شاخص فرم و ۹ شاخص پایداری)، پرسش‌نامه ساکنین (تعداد پرسش‌نامه‌های ساکنین برحسب فرمول کوکران ۲۲۰۰ پرسش‌نامه بوده که به صورت تصادفی در سطح محلات مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بر حسب جمعیتشان توزیع و تکمیل شده‌است) بوده‌است. لازم به ذکر است که قبل از پیاده‌سازی شاخص‌ها در نرم‌افزار، آزمون چولگی و کشیدگی داده‌ها برای



شکل امقادر ویژه در تحلیل عاملی شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و پایداری؛ ماخذ: نگارندگان

نتایج از خروجی‌های تحلیل عاملی صورت می‌گیرد (جدول ۲ و ۳ و اشکال ۱-۳). همانطور که در شکل ۱ مشخص است، بر اساس مقادیر ویژه و تجمعی، شش عامل اول، ۷۲٫۷۷ درصد و ۱۲ عامل اول، ۹۱٫۷۹ درصد از تغییرات و داده‌ها را تبیین می‌نمایند. در جدول ۲، الگوی عاملی و ارتباط میان ۱۲ عامل اول با تمامی شاخص‌های پژوهش ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد هر یک از شاخص‌ها به چه میزان توسط هر عامل تبیین می‌شوند. در ستون Final Commuality هم نشان داده شده که با ۱۲ عامل مستخرج از تحلیل عاملی مجموعاً چند درصد از هر شاخص تبیین گردیده است. بدین ترتیب بر اساس جدول ۲، عامل اول با شاخص‌های طول خیابان‌های اصلی در دسترس، سهم درصدی کاربری مسکونی در فاصله ۴۰۰متری ایستگاه اتوبوس، تعداد ایستگاه اتوبوس، میانگین فاصله مرکز هندسی منطقه تا مراکز شهر، تعداد نقاط دارای کاربری مختلط، سرانه مسکن و ... ارتباط بیشتری دارد و به مابقی نیز به همین ترتیب که در جدول مذکور به صورت پر رنگ نمایش داده شده است.

۴ یافته‌ها و بحث

شهر تهران که در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده است، از سمت جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی‌شهربانو و دشتهای هموار شهریار و ورامین و از شمال به واسطه کوهستان محصور شده است. این شهر بر اساس آخرین تقسیمات قانونی به ۲۲ منطقه تقسیم شده است. لازم به ذکر است که شناخت مناطق ۲۲گانه شهر تهران در راستای شاخص‌های فرم شهری و شاخص‌های پایداری مندرج در چارچوب نظری پژوهش صورت گرفته که جهت عدم ابهام مطالب، به ذکر نتایج تحلیل اکتفا شده است.

ضرایب همبستگی متغیرها در ماتریس همبستگی به عنوان ضریب اهمیت هر یک از آنها در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب با استفاده از مدل FANP، مجموع امتیاز فرم و ساختار فضایی و نیز امتیاز پایداری مناطق با در نظر گرفتن ضرایب اهمیت متفاوت بر اساس همبستگی‌ها، بدست می‌آید. در ادامه پیش از ارائه نتایج FANP، استنتاج



ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری کسب نموده‌اند. پس از سنجش امتیاز نهایی هر یک از مناطق ۲۲گانه شهر تهران در راستای شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری شهری، جهت آزمون فرضیه پژوهش مبتنی بر تاثیر دو مولفه مذکور بر هم، تحلیل ارتباط میان فرم و ساختار فضایی با پایداری شهری در مناطق ۲۲گانه هر تهران نیز حائز اهمیت خواهد بود. جهت تحلیل و سنجش چگونگی و میزان ارتباط این دو مؤلفه، در ادامه از نرم‌افزار SPSS و روش رگرسیون دومتغیره استفاده می‌گردد. در این رگرسیون، متغیر وابسته پایداری شهری و متغیر مستقل، فرم شهر خواهد بود. بر اساس جدول ۵ و با توجه به میزان sig. و نزدیک بودن آن به میزان ۰،۰۵، می‌توان چنین استنباط کرد که فرض یک پذیرفته می‌شود و رگرسیون بدست‌آمده از نوع خطی قابل تأیید است؛ بدین معنی که، در سطح مناطق ۲۲گانه شهر تهران، مولفه‌ها و سنجه‌های فرم و ساختار فضایی شهر بر میزان پایداری تاثیرگذارند. محاسبات و ضرایب رگرسیون به شرح جداول ۵ و ۶ است.

در جدول ۳ نیز، ارتباط میان ۱۲ عامل اول منتج از تحلیل عاملی با نمونه‌های موردی پژوهش (مناطق ۲۲گانه شهر تهران) ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد هر یک از عوامل به چه میزان وضعیت هر منطقه را تبیین می‌نمایند. به عنوان مثال، عامل دوم، درصد بیشتری از وضعیت مناطق ۱، ۳، ۷، ۹ و ۱۹ را تبیین می‌نماید. در شکل شماره ۲، محور افقی عامل اول و محور عمودی عامل دوم منتج از تحلیل عاملی را نشان می‌دهد. هر چه شاخص‌ها به هر یک از این دو محور نزدیک‌تر باشند بدان معنی است که به طور مطلوب‌تری توسط آن عامل تبیین می‌گردند. در شکل شماره ۳ نیز، وضعیت مناطق نسبت به دو عامل اول نشان داده شده است.

بر اساس جدول شماره ۴ و اشکال ۴ و ۵، مناطق ۲۲، ۲ و ۱ از حیث شاخص‌های پایداری و مناطق ۱، ۲۱ و ۲۲ از حیث شاخص‌های فرم و ساختار فضایی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مناطق ۶، ۱۲ و ۱۱ و مناطق ۹، ۸ و ۱۱ به ترتیب کمترین امتیاز را در شاخص‌های فرم و

جدول ۲ الگوی عاملی و ارتباط میان ۱۲ عامل اول تحلیل عاملی شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری با شاخص‌های پژوهش

SQ7	-0.468	-0.763	-0.152	0.046	-0.186	-0.087	-0.129	0.009	0.100	-0.058	0.096	-0.083	1.000	0.914	0.086
SQ8	-0.016	-0.567	-0.014	0.015	-0.334	-0.208	0.243	0.123	-0.146	0.039	-0.543	0.237	1.000	0.924	0.076
SQ9	0.715	0.250	0.215	-0.158	0.182	0.000	0.188	0.106	-0.298	-0.141	-0.068	0.099	1.000	0.848	0.152
SV21	0.582	-0.165	0.132	0.620	-0.208	0.150	-0.170	0.165	0.028	-0.147	-0.060	0.088	1.000	0.924	0.076
SV22	-0.030	0.026	-0.358	-0.148	-0.139	-0.600	-0.330	0.323	0.252	-0.017	-0.033	0.353	1.000	0.934	0.066
SV23	-0.361	0.146	0.280	0.432	-0.257	0.406	0.190	-0.090	-0.060	0.159	-0.227	0.208	1.000	0.816	0.184
SV24	-0.169	0.176	-0.111	0.502	0.118	0.065	0.443	-0.543	0.191	-0.079	-0.111	0.134	1.000	0.906	0.094
SV25	-0.481	0.455	0.077	0.487	0.067	-0.294	0.139	0.074	-0.204	-0.039	0.084	0.311	1.000	0.945	0.055
SV36	0.631	0.299	-0.452	0.066	-0.103	-0.050	0.229	0.154	0.139	-0.048	-0.147	0.179	1.000	0.860	0.140
SQ10	-0.235	-0.740	0.317	0.206	-0.142	-0.137	-0.032	-0.081	-0.250	-0.159	-0.200	0.059	1.000	0.923	0.077
SQ11	0.106	0.491	-0.177	-0.458	0.248	-0.150	-0.250	-0.324	-0.197	-0.126	-0.025	0.287	1.000	0.882	0.118
SV26	-0.375	-0.654	-0.289	0.061	0.273	-0.263	0.263	-0.001	-0.033	-0.093	0.120	0.011	1.000	0.893	0.107
SV27	-0.310	-0.594	-0.254	-0.024	0.287	-0.174	0.418	0.000	-0.062	-0.070	0.053	0.111	1.000	0.825	0.175
SV28	-0.086	0.090	-0.079	-0.074	-0.753	-0.317	0.040	-0.048	0.207	0.407	-0.071	0.056	1.000	0.916	0.084
SV29	-0.184	0.155	0.273	-0.318	-0.520	0.079	0.211	0.213	0.386	-0.095	-0.284	0.212	1.000	0.884	0.116
SV30	0.351	-0.172	-0.015	-0.278	-0.027	0.570	-0.118	0.363	0.121	0.304	-0.094	0.050	1.000	0.820	0.180
SV31	0.135	0.030	0.277	-0.140	0.422	0.236	-0.447	0.058	0.457	-0.304	-0.009	0.263	1.000	0.922	0.078
SV32	0.201	-0.244	0.251	0.146	0.275	-0.601	0.223	-0.122	0.254	-0.066	-0.162	0.273	1.000	0.856	0.144
SV33	-0.196	-0.425	0.095	-0.114	-0.109	0.378	0.446	0.482	-0.054	-0.232	0.241	0.079	1.000	0.948	0.052
SV34	0.606	0.246	0.370	0.182	0.456	-0.278	0.052	0.116	0.080	-0.204	-0.046	0.019	1.000	0.950	0.050
SV35	-0.477	-0.539	0.193	0.432	-0.008	0.120	-0.275	-0.063	0.248	-0.082	-0.110	0.135	1.000	0.934	0.066
SQ12	0.591	0.272	0.336	-0.276	-0.369	-0.259	0.246	0.123	-0.006	-0.240	-0.060	0.011	1.000	0.952	0.048



	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	Initial communality	Final communality	Specific variance
FV1	0.730	-0.241	0.458	-0.212	0.299	-0.049	-0.009	0.080	-0.066	0.058	0.095	0.006	1.000	0.960	0.040
FV2	0.358	-0.432	0.351	-0.581	0.245	0.072	-0.122	0.059	-0.144	0.098	-0.012	0.144	1.000	0.911	0.089
FV3	0.074	-0.522	0.124	-0.533	0.212	-0.224	-0.312	0.092	0.085	-0.014	-0.155	0.311	1.000	0.906	0.094
FV4	-0.793	-0.114	0.317	-0.110	-0.070	-0.330	-0.104	-0.091	0.077	0.054	-0.018	0.007	1.000	0.897	0.103
FV5	-0.474	0.371	0.552	0.364	0.085	-0.001	-0.147	0.089	0.053	0.251	0.017	0.153	1.000	0.925	0.075
FV6	-0.017	0.086	0.737	0.416	0.314	-0.122	0.103	0.039	0.159	0.299	0.117	0.032	1.000	0.978	0.022
FV7	0.674	-0.335	0.500	0.162	0.251	-0.212	-0.036	0.059	0.027	0.076	-0.073	0.034	1.000	0.968	0.032
FV8	0.273	0.011	0.585	-0.009	-0.626	0.083	-0.164	-0.282	-0.012	-0.157	0.061	0.014	1.000	0.951	0.049
FV9	0.124	-0.041	0.659	-0.172	-0.481	0.040	-0.161	-0.315	-0.087	-0.221	0.112	0.073	1.000	0.913	0.087
FV10	0.753	-0.410	-0.183	-0.225	-0.131	0.220	0.048	-0.061	-0.076	-0.078	-0.040	0.164	1.000	0.932	0.068
FV11	0.185	-0.563	0.198	-0.249	0.000	0.325	0.364	-0.170	0.211	0.281	0.330	0.098	1.000	0.962	0.038
FV12	-0.217	-0.095	0.359	-0.319	0.363	0.461	0.130	-0.371	-0.040	-0.086	-0.394	0.057	1.000	0.952	0.048
FV13	-0.867	0.217	-0.067	-0.248	0.190	-0.007	0.056	-0.065	0.059	-0.123	-0.015	0.088	1.000	0.934	0.066
FV14	-0.441	0.077	0.275	0.398	0.375	0.000	-0.046	0.378	-0.366	0.181	-0.205	0.032	1.000	0.930	0.070
FV15	0.910	0.104	0.194	0.203	0.173	0.031	0.033	0.136	0.025	0.044	0.004	0.013	1.000	0.970	0.030
FV16	0.814	0.051	-0.293	-0.271	-0.114	0.014	0.118	-0.058	-0.091	0.215	-0.200	0.044	1.000	0.952	0.048
FV17	0.599	-0.329	-0.127	0.417	-0.181	-0.096	0.240	-0.011	0.109	-0.169	0.147	0.307	1.000	0.913	0.087
FV18	0.709	-0.229	-0.477	0.157	0.004	-0.120	-0.290	-0.135	-0.096	0.037	-0.080	0.021	1.000	0.941	0.059
FV19	-0.881	-0.120	-0.071	0.040	-0.227	0.236	-0.103	0.154	-0.014	-0.170	0.011	0.094	1.000	0.976	0.024
FV20	-0.746	0.154	-0.040	0.208	-0.207	0.191	-0.216	0.264	-0.216	-0.251	-0.041	0.095	1.000	0.943	0.057
FQ1	-0.627	-0.377	0.272	-0.142	-0.215	-0.302	-0.220	-0.022	-0.173	0.155	0.088	0.068	1.000	0.882	0.118
FQ2	0.454	-0.100	0.425	-0.118	-0.507	-0.279	0.105	0.002	-0.272	0.002	0.221	0.070	1.000	0.884	0.116
FQ3	-0.571	0.354	0.270	-0.447	0.046	-0.125	0.331	0.181	0.097	-0.071	-0.012	0.071	1.000	0.903	0.097
SQ4	-0.711	0.215	-0.015	-0.560	0.133	-0.092	0.057	-0.168	-0.129	0.129	-0.001	0.126	1.000	0.973	0.027
SQ5	-0.571	0.354	0.270	-0.447	0.046	-0.125	0.331	0.181	0.097	-0.071	-0.012	0.071	1.000	0.903	0.097
SQ6	0.526	0.757	0.047	0.020	-0.247	-0.024	-0.053	0.033	-0.014	-0.037	0.043	0.070	1.000	0.926	0.074
SQ7	-0.468	-0.763	-0.152	0.046	-0.186	-0.087	-0.129	0.009	0.100	-0.058	0.096	0.083	1.000	0.914	0.086
SQ8	-0.016	-0.567	-0.014	0.015	-0.334	-0.208	0.243	0.123	-0.146	0.039	-0.543	0.237	1.000	0.924	0.076
SQ9	0.715	0.250	0.215	-0.158	0.182	0.000	0.188	0.106	-0.298	-0.141	-0.068	0.099	1.000	0.848	0.152
SV21	0.582	-0.165	0.132	0.620	-0.208	0.150	-0.170	0.165	0.028	-0.147	-0.060	0.088	1.000	0.924	0.076
SV22	-0.030	0.026	-0.358	-0.148	-0.139	-0.600	-0.330	0.323	0.252	-0.017	-0.033	0.353	1.000	0.934	0.066
SV23	-0.361	0.146	0.280	0.432	-0.257	0.406	0.190	-0.090	-0.060	0.159	-0.227	0.208	1.000	0.816	0.184
SV24	-0.169	0.176	-0.111	0.502	0.118	0.065	0.443	-0.543	0.191	-0.079	-0.111	0.134	1.000	0.906	0.094
SV25	-0.481	0.455	0.077	0.487	0.067	-0.294	0.139	0.074	-0.204	-0.039	0.084	0.311	1.000	0.945	0.055
SV36	0.631	0.299	-0.452	0.066	-0.103	-0.050	0.229	0.154	0.139	-0.048	-0.147	0.179	1.000	0.860	0.140
SQ10	-0.235	-0.740	0.317	0.206	-0.142	-0.137	-0.032	-0.081	-0.250	-0.159	-0.200	0.059	1.000	0.923	0.077
SQ11	0.106	0.491	-0.177	-0.458	0.248	-0.150	-0.250	-0.324	-0.197	-0.126	-0.025	0.287	1.000	0.882	0.118
SV26	-0.375	-0.654	-0.289	0.061	0.273	-0.263	0.263	-0.001	-0.033	-0.093	0.120	0.011	1.000	0.893	0.107
SV27	-0.310	-0.594	-0.254	-0.024	0.287	-0.174	0.418	0.000	-0.062	-0.070	0.053	0.111	1.000	0.825	0.175
SV28	-0.086	0.090	-0.079	-0.074	-0.753	-0.317	0.040	-0.048	0.207	0.407	-0.071	0.056	1.000	0.916	0.084
SV29	-0.184	0.155	0.273	-0.318	-0.520	0.079	0.211	0.213	0.386	-0.095	-0.284	0.212	1.000	0.884	0.116
SV30	0.351	-0.172	-0.015	-0.278	-0.027	0.570	-0.118	0.363	0.121	0.304	-0.094	0.050	1.000	0.820	0.180
SV31	0.135	0.030	0.277	-0.140	0.422	0.236	-0.447	0.058	0.457	-0.304	-0.009	0.263	1.000	0.922	0.078
SV32	0.201	-0.244	0.251	0.146	0.275	-0.601	0.223	-0.122	0.254	-0.066	-0.162	0.273	1.000	0.856	0.144
SV33	-0.196	-0.425	0.095	-0.114	-0.109	0.378	0.446	0.482	-0.054	-0.232	0.241	0.079	1.000	0.948	0.052
SV34	0.606	0.246	0.370	0.182	0.456	-0.278	0.052	0.116	0.080	-0.204	-0.046	0.019	1.000	0.950	0.050
SV35	-0.477	-0.539	0.193	0.432	-0.008	0.120	-0.275	-0.063	0.248	-0.082	-0.110	0.135	1.000	0.934	0.066
SQ12	0.591	0.272	0.336	-0.276	-0.369	-0.259	0.246	0.123	-0.006	-0.240	-0.060	0.011	1.000	0.952	0.048

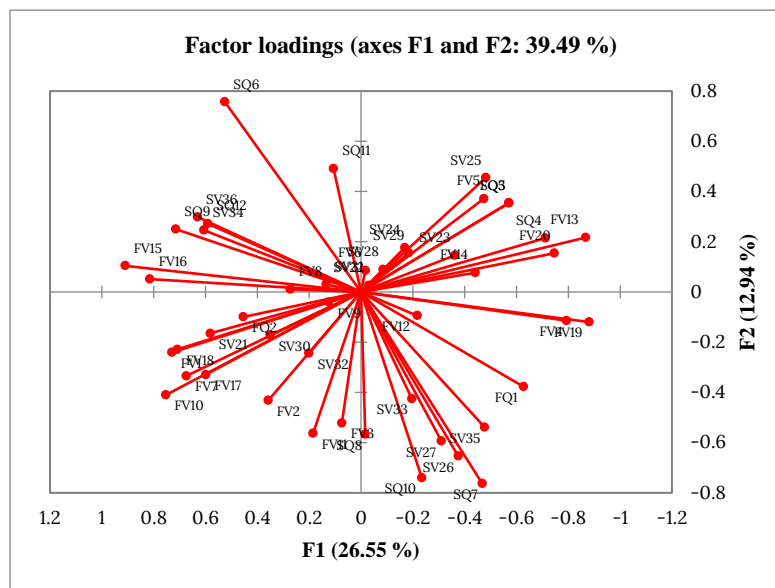
مأخذ: نگارندگان



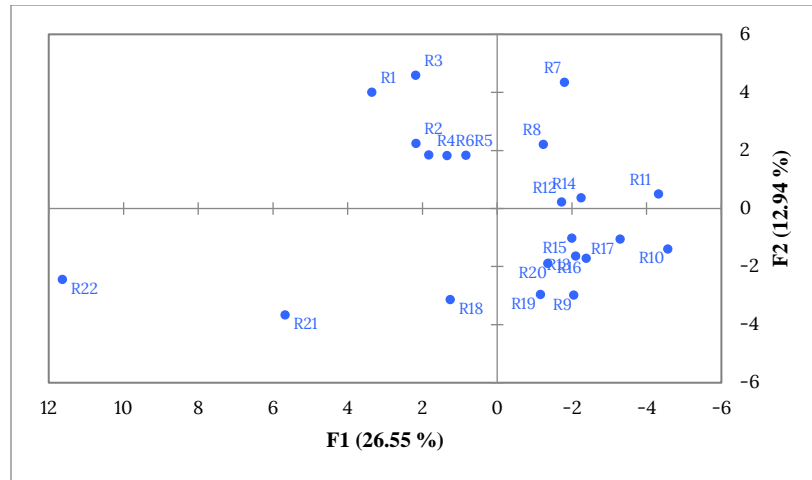
جدول ۲ ارتباط میان ۱۲ عامل اول تحلیل عاملی شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری با مناطق

Observation	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
R1	3.352	4.003	-1.671	-1.036	0.985	1.271	2.934	0.579	0.213	-0.769	-1.560	-0.703
R2	2.174	2.243	-2.615	-2.162	-2.689	-2.883	-0.721	2.307	0.475	1.580	1.068	-1.270
R3	2.177	4.586	-1.251	-1.223	3.708	0.856	-0.269	-0.557	-0.119	-1.160	1.976	0.839
R4	1.831	1.836	-2.231	-0.626	0.113	1.521	0.610	-0.815	0.955	1.118	-1.227	-0.134
R5	0.837	1.828	-0.800	-1.478	-3.840	-1.106	1.061	-0.003	-2.236	0.863	-0.685	1.124
R6	1.336	1.818	4.279	0.573	1.721	-2.840	-0.045	0.004	-0.821	-0.376	-0.529	-1.260
R7	-1.806	4.344	1.446	1.029	0.462	1.389	-2.097	-0.500	1.220	0.885	1.732	0.707
R8	-1.237	2.207	3.786	-0.043	-4.545	0.624	-1.954	-1.568	-0.568	-1.923	-0.280	-0.681
R9	-2.049	-2.987	1.287	-1.549	-0.836	2.075	1.840	0.098	2.058	1.049	0.429	-0.572
R10	-4.574	-1.395	-0.983	1.041	0.107	1.781	0.920	3.011	-1.534	-1.857	0.719	-0.426
R11	-4.325	0.498	1.045	2.905	2.029	0.969	-0.169	1.044	-2.156	1.919	-1.176	1.290
R12	-1.728	0.215	2.000	3.052	2.332	-2.776	1.425	-0.934	0.879	1.046	-0.449	-1.190
R13	-2.101	-1.642	1.255	1.159	-2.575	0.346	2.301	-0.668	0.202	0.859	1.466	0.919
R14	-2.245	0.360	-0.502	0.032	-0.814	1.098	0.160	-1.142	0.927	-0.220	-0.815	1.326
R15	-2.000	-1.023	-2.259	-0.590	0.305	0.028	0.063	-1.510	0.135	-1.524	-1.510	-0.572
R16	-2.387	-1.721	0.438	-1.767	0.445	-1.778	-2.400	1.552	2.340	-0.583	-1.667	1.576
R17	-3.295	-1.056	-0.609	0.639	0.328	1.605	-1.981	1.869	0.239	0.024	0.115	-1.853
R18	1.256	-3.136	-3.848	0.544	0.630	0.624	-2.823	-2.588	-1.438	1.173	0.079	-1.058
R19	-1.158	-2.959	-0.173	-0.586	0.383	-0.990	1.905	-1.426	0.037	-0.861	1.406	-0.606
R20	-1.359	-1.895	-2.597	0.191	0.802	-3.628	0.084	-0.139	-0.287	-1.123	0.826	1.537
R21	5.673	-3.673	3.850	-5.541	2.149	1.091	-0.442	0.346	-1.224	0.548	0.080	0.408
R22	11.629	-2.451	0.151	5.437	-1.201	0.722	-0.403	1.040	0.703	-0.669	0.004	0.597

مأخذ: نگارندگان



شکل ۲ ارتباط میان دو عامل اول تحلیل عاملی شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری با شاخص‌های پژوهش؛ مأخذ: نگارندگان

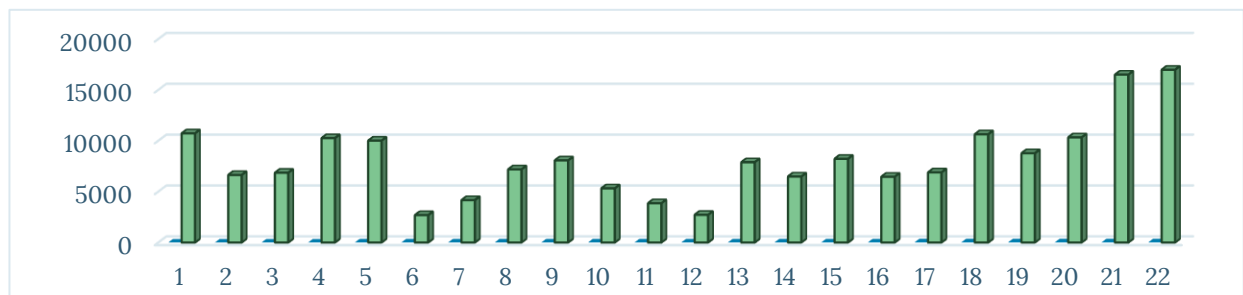


شکل ۳ ارتباط میان دو عامل اول تحلیل عاملی شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری با وضعیت مناطق ۲۲ گانه شهر تهران؛ مأخذ: نگارندگان

جدول ۳ امتیاز نهایی مناطق بر اساس مدل FANP

امتیاز نهایی پایداری	امتیاز نهایی فرم و ساختار فضایی	منطقه	امتیاز نهایی پایداری	امتیاز نهایی فرم و ساختار فضایی	منطقه
6.54E+08	2716.127	۱۲	2.68E+09	10725.67	۱
7.46E+08	7884.621	۱۳	2.27E+09	6633.217	۲
7.45E+08	6482.343	۱۴	1E+09	6851.817	۳
1.56E+09	8220.839	۱۵	1.35E+09	10256.66	۴
4.83E+08	6457.972	۱۶	9.03E+08	10008.79	۵
6.65E+08	6888.499	۱۷	7.08E+08	2686.944	۶
8.08E+08	10632.59	۱۸	7.67E+08	4162.726	۷
8.4E+08	8770.069	۱۹	4.43E+08	7184.641	۸
7.93E+08	10329.09	۲۰	3.66E+08	8063.475	۹
6.12E+08	16495.64	۲۱	4.9E+08	5319.743	۱۰
2.26E+09	16974.43	۲۲	4.67E+08	3857.455	۱۱

مأخذ: نگارندگان



شکل ۴ امتیاز نهایی مناطق بر اساس مدل FANP در ارتباط با شاخص‌های فرم و ساختار فضایی؛ مأخذ: نگارندگان



جدول ۴ محاسبات سنجش خطی بودن رگرسیون ارتباط فرم و ساختار فضایی با پایداری شهری

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1445330283262865410.000	1	1445330283262865410.000	3.959	.060 ^a
Residual	7302347997185715200.000	20	365117399859285760.000		
Total	8747678280448580600.000	21			

a. Dependent Variable: Sustainability
b. Predictors: (Constant), Form

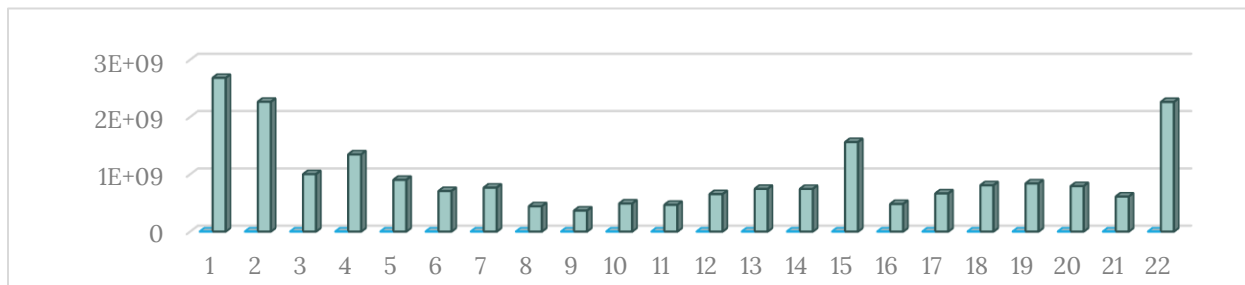
مأخذ: نگارندگان

جدول ۵ ضرایب رگرسیون ارتباط فرم و ساختار فضایی با پایداری شهری

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	409734223.154	315375099.966	1.299	.209
	Form	70945.511	35658.054	.406	1.990

a. Dependent Variable: Sustainability

مأخذ: نگارندگان



شکل ۵ امتیاز نهایی مناطق بر اساس مدل FANP در ارتباط با شاخص‌های پایداری شهری؛ مأخذ: نگارندگان

فرم شهری در نمونه‌های موردی مختلف با ویژگی‌های متفاوت قابل حل و نتایج آن قابل تعمیم است. در این پژوهش تلاش گردید با مطالعه‌ای استنتاجی و استقرایی، در وهله اول مولفه‌ها و شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و پایداری شهری تدقیق و تبیین گردد؛ لذا پژوهش حاضر می‌تواند با تمرکز بر انواع شاخص‌ها در ابعاد مختلف پایداری دریچه‌ای نوین و کلان در مطالعات سنجش پایداری بگشاید. ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که اطلس پایداری شهر تهران که در سال ۲۰۱۶ و در مقیاس تمامی محلات شهر تهران تهیه شد، بر تمام ابعاد پایداری توجه داشته و شاخص‌های پایداری در سطح محلات را با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست-محیطی، تاب‌آوری و پراکنده‌رویی بدست آورده‌است و مطالعه‌ای گرانقدر در این حوزه به شمار می‌آید

بر اساس خروجی‌های مدل FANP، مناطق ۲، ۲۲ و ۱ از حیث شاخص‌های پایداری و مناطق ۱، ۲۱ و ۲۲ از حیث شاخص‌های فرم و ساختار فضایی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مناطق ۶، ۱۲ و ۱۱ و مناطق ۹، ۸ و ۱۱ به ترتیب کمترین امتیاز را در شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری کسب نموده‌اند. خروجی‌های رگرسیون دومتغیره نیز نشان از ارتباط معنادار فرم و ساختار فضایی و پایداری در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران دارد.

مرور منتقدانه به رویکردها و دیدگاه‌ها، نشان‌دهنده عدم توافق بین مطلوب‌ترین فرم شهری در زمینه پایداری است. این مسأله تنها و تنها با پیاده‌سازی و سنجش ارتباط میان شاخص‌های پایداری و



داده‌اند (کیانی فیض‌آبادی، ۲۰۱۵). یا در مطالعه‌ای دیگر، عزیزی و محمدزاده آذری^۴ به ارزیابی پایداری اجتماعی در گونه‌های مختلف فرم شهری در سطح چهار محله شهر تهران پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که فرم محله‌های برنامه‌ریزی‌شده در برابر فرم محله‌های ارگانیک می‌تواند در شرایطی که برنامه‌ریزی و طراحی آنها منطبق با اصول پایداری باشد، تاثیر مثبتی بر پایداری اجتماعی داشته باشد (عزیزی و محمدزاده آذری، ۲۰۱۹). در سطح کلان نیز، دکتر رفیعیان^۵ در ترجمه کتابی با عنوان ابرشهرها؛ فرم شهری، حکمروایی و پایداری، به بررسی پایداری در نگاهی کلی در چندین ابرشهر جهانی پرداختند. در این کتاب و در بخش شهر تهران، مشکلات مربوط به توسعه پایدار به تصویر کشیده شده و فرایند حکمروایی شهری و مردم‌سالاری به عنوان راه حل آن پیشنهاد شده است (سورنسن، ۲۰۱۴).

همچنین قدمی و همکاران^۶ به ارزیابی ساختار فضایی شهر ساری در چارچوب پایداری پرداختند و این نتیجه حاصل شد که ساختار فضایی کنونی شهر با پایداری فاصله قابل توجهی دارد (قدمی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین نیک‌پور^۷ و همکاران به تحلیل شاخص‌های مسکن با رویکرد فرم شهری پایدار در شهر بابل پرداختند (نیک‌پور و همکاران، ۲۰۱۹). از سویی دیگر، مقاله ساسان‌پور و آقاجانی^۸ در موضوع پایداری و مقیاس مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با پژوهش حاضر اشتراکاتی دارد. نتایج پژوهش مذکور حاکی از آن است که با استفاده از روش تاپسیس و نمودار برخورداری، منطقه ۷ برخوردارترین و منطقه ۱۴ محروم‌ترین منطقه در میان مناطق ۲۲ گانه شهر تهران است (ساسان‌پور و آقاجانی، ۲۰۱۴). تعدد این‌گونه مطالعات در سطوح مختلف فضایی و بر پایه شاخص‌ها و ضرایب

(رصدخانه شهری تهران^۱ و همکاران، ۲۰۱۶)؛ اما با توجه به اهمیت فرم و ساختار فضایی در فرایند توسعه شهری و عدم امکان تغییرات کوتاه‌مدت در این ساختار، توجه به تاثیرات این ساختار بر میزان پایداری حائز اهمیت است. تبیین ارتباط میان فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی با ابعاد مختلف پایداری شهری هم از نظر تئوری و نظری و هم از لحاظ عملکردی از طریق سنجش این رابطه در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، نوآوری پژوهش حاضر است. در وهله دوم، امتیاز هر یک از مناطق شهر تهران از لحاظ فرم و ساختار فضایی و نیز از حیث پایداری شهری با استفاده از مدل FANP مشخص و بر اساس آن مناطق شهر رتبه‌بندی شود؛ یکی از نکات حائز اهمیت در پژوهش حاضر، استفاده از این مدل کمی برای تعیین ضرایب اهمیت مولفه‌ها و شاخص‌ها بر اساس وابستگی‌های درونی است که می‌تواند جنبه نوآوری پژوهش را ارتقا بخشد. در وهله سوم ارتباط میان فرم و ساختار فضایی با پایداری در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از روش آماری رگرسیون دو متغیره مورد آزمون قرار گیرد. با توجه به دستاورد نظری پژوهش حاضر در زمینه استنتاج و تدوین مولفه‌ها و شاخص‌های فرم و ساختار فضایی در سطوح مختلف کالبدی، سنجش و ارزیابی پایداری در سطوح مختلف بر اساس شاخص‌های معنادار در همان سطح می‌تواند گامی موثر در تکمیل یافته‌های این پژوهش گردد. در سطح خرد، به عنوان مثال پژوهشی در سطح محله‌های شهر آمل در سال ۲۰۲۱ صورت گرفته، که بر پایه ۱۲ شاخص فرم شهری ذیل سه مولفه تراکم و دسترسی و اختلاط، این مفهوم را در سطح محلات شهر آمل ارزیابی نموده‌است (نیک‌پور و همکاران^۲، ۲۰۲۱). در مطالعه‌ای دیگر، تقوایی و کیانی فیض‌آبادی^۳، پایداری محله نارمک تهران را با تاکید بر ابعاد فرم شهری مورد ارزیابی قرار

⁵ Rafiyan

⁶ Gadami

⁷ Nikpour

⁸ Sasanpour and Aghajani

¹ Tehran Urban Observatory

² Nikpour

³ Taqwai and Kayani Faizabadi

⁴ Azizi and Mohammadzadeh Azari



فعالیت و سکونت بستگی دارد. Echenique و همکاران در سال ۲۰۱۲ برای سنجش پایداری فرم‌های شهری، مؤلفه منابع، مؤلفه زیست‌محیطی، مؤلفه اجتماعی و مؤلفه اقتصادی را معرفی نموده‌اند. با توجه به نظریات فوق و بر اساس خروجی رگرسیون و سنجش ارتباط میان پایداری و فرم و ساختار فضایی در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، این پژوهش از تمامی تئوری‌های فوق پشتیبانی می‌نماید.

از آنجایی که نمونه موردی پژوهش حاضر، مناطق ۲۲ گانه شهر تهران است و این مناطق از نظر وسعت و جمعیت با بسیاری از شهرهای ایران متناظر است؛ لذا تحلیل ارتباط میان فرم و ساختار فضایی با پایداری شهری در این مناطق می‌تواند شمایی از وضعیت شهرهای میانی را از لحاظ فرم و ساختار فضایی به نمایش بگذارد. این در حالی است که با سنجش چارچوب نظری این پژوهش در شهرهای میانی می‌توان یافته‌های پژوهش را تعمیم داد و تکمیل نمود.

ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر بحث تعداد پرسش‌نامه‌ها و توزیع فضایی آنهاست. از آنجایی که مقیاس نمونه موردی در این پژوهش بسیار گسترده بود، ضمن حصول تحلیل و بینشی کلان، امکان تکمیل پرسش‌نامه‌های بیشتر وجود نداشت. تکمیل پرسش‌نامه‌های بیشتر در محلات هر یک از مناطق و انجام تحلیل‌ها در مقیاس محلی در کنار تحلیل‌های منطقه‌ای می‌تواند بستر تحلیل نتایج دقیق‌تری را فراهم سازد.

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

شیوه کارآمد برنامه‌ریزی کاربری زمین، دسترسی مناسب و حمل و نقل عمومی فراگیر، مصرف بهینه منابع انرژی و زمین و امکان تجدید چرخه آن، کاهش آلودگی‌های محیطی، اقتصادی شهری پایدار، تعاملات اجتماعی، تنوع، حفظ و ایجاد محیط‌های

اهمیت گوناگون در سلسله‌مراتبی نظام‌مند می‌تواند در پایش هدفمند سطوح پایداری کارگشا باشد.

در قسمت آخر پژوهش نیز تلاش می‌گردد تا نتایج کاربردی و عملیاتی تحلیل در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با برخی از مهم‌ترین نظریات و ادبیات جهانی مقایسه و مشخص گردد که یافته‌های پژوهش از کدام نظریات پشتیبانی می‌نماید. Ihsan Abbas و همکاران در سال ۲۰۲۱، ساختار فضایی یک شهر پایدار را زمینه‌ساز توسعه دوچرخه‌سواری، پیاده‌روی و استفاده از حمل و نقل عمومی معرفی می‌کنند. Su و همکاران در سال ۲۰۲۲، توسعه پایدار را در توسعه متوازن ابعاد اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی در محدوده‌های کمتر توسعه‌یافته امکان‌پذیر می‌داند. Alipour & Ahmed در سال ۲۰۲۱، تراکم، کاربری زمین، گزینه‌های جابه‌جایی، شبکه‌های جابه‌جایی، چیدمان خیابان‌ها، ایمنی و کیفیت محیط ساخته‌شده را به عنوان مولفه‌های فرم شهری و تاثیرگذار بر پایداری اجتماعی معرفی می‌نمایند. Chen و همکاران در سال ۲۰۰۸، مؤلفه‌های دسترسی به امکانات، کارآمدی زیرساخت‌ها، حمل و نقل عمومی، مصرف انرژی خانگی و منابع و اثرات جانبی زیست‌محیطی را به عنوان مؤلفه‌های فرم شهری پایدار معرفی می‌نمایند. Bramley و همکاران در سال ۲۰۰۹، با مطرح نموده تراکم به عنوان یکی از مؤلفه‌های فرم شهری، آن را بر پایداری اجتماعی، تأثیرگذار معرفی می‌نمایند. Jenks & Jones و همچنین Burton در سال ۲۰۰۹، به بیان تأثیرات فرم‌های مختلف توسعه شهری بر پایداری اجتماعی می‌پردازند. همچنین Jenks & Jones، فرم توسعه فشرده را به عنوان فرم پایدار از حیث اقتصادی معرفی می‌نمایند.

بر اساس نظریه Meijer و همکاران در سال ۲۰۱۱، تکوین یک ساختار فضایی پایدار به شرایطی چون تأمین سهولت حرکت و دسترسی به همراه توجیه‌پذیری حمل و نقل عمومی، توجیه‌پذیری اختلاط کاربری‌ها و میزان انطباق و انعطاف‌پذیری، کیفیت زیست‌محیطی و رعایت فاصله بین مراکز



ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه، سیمای طبیعی و سیمای غیر فضایی (از جمله تراکم جمعیتی)، ارتباط دارد. لذا برنامه‌ریزی و طراحی مطلوب و کارآمد فرم شهری در شهرهای آتی و نیز اصلاح آنها در وضع موجود، بر میزان پایداری اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست‌محیطی شهرها تأثیرگذار خواهد بود.

سالم، همه و همه به پایداری شهری می‌انجامد و شرایط زیست‌پذیری در شهرها را فراهم می‌سازد. این موضوعات به طور مستقیم با مؤلفه‌های فرم در مقیاس میانی (شهرها از جمله شهر تهران) از قبیل شبکه‌های ارتباطی، سیستم‌های حمل و نقل عمومی، دسترسی‌های پیاده و دوچرخه، استخوان-بندی فضایی، تراکم و توزیع فضایی فعالیت‌ها،



منابع

- Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International regional science review*, 28(2), 168-192.
- Alipour, S. M., & Galal Ahmed, K. (2021). Assessing the effect of urban form on social sustainability: A proposed 'Integrated Measuring Tools Method' for urban neighborhoods in Dubai. *City, Territory and Architecture*, 8(1), 1-21.
- Al-Thani, S. K., Amato, A., Koç, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2019). Urban sustainability and livability: An analysis of Doha's urban-form and possible mitigation strategies. *Sustainability*, 11(3), 786.
- Arundel, R., & Ronald, R. (2017). The role of urban form in sustainability of community: The case of Amsterdam. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 44(1), 33-53.
- Azizi, Mohammad Mehdi; Mohammadzadeh Azari, Nima. (2019). Analysis of the Relationship between types of Urban Form and Social Stability in the Neighborhoods of Tehran - case study: Chizer, Shahrek Gharb, Narmak and Imamzadeh Yahya Neighborhoods. *Letter of Architecture and Urban Planning*. 13 (28), 5-28. (In Persian)
- Banister. D. Watson. S. and Wood. C. (1997). Sustainable cities: transport. energy. and urban form. *Environment and Planning B*, 24, 125-144.
- Borrego, C., Martins, H., Tchepel, O., Salmim, L., Monteiro, A., & Miranda, A. I. (2006). How urban structure can affect city sustainability from an air quality perspective. *Environmental modelling & software*, 21(4), 461-467.
- Bramley, G., Dempsey, N., Power, S., Brown, C., & Watkins, D. (2009). Social sustainability and urban form: evidence from five British cities. *Environment and planning A*, 41(9), 2125-2142.
- Burgalassi, D., & Luzzati, T. (2015). Urban spatial structure and environmental emissions: A survey of the literature and some empirical evidence for Italian NUTS 3 regions. *Cities*, 49, 134-148.
- Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*, 40(2), 199-216.
- Chen T. L., Chiu H. & Lin Y. (2020). How do East and Southeast Asian Cities Differ from Western Cities? A Systematic Review of the Urban Form Characteristics, *Sustainability* 2020, 12, 2423; doi:10.3390/su12062423
- Chen, H., Jia, B., & Lau, S. S. Y. (2008). Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. *Habitat international*, 32(1), 28-40.



- Cheng, J., Turkstra, J., Peng, M., Du, N., & Ho, P. (2006). Urban land administration and planning in China: Opportunities and constraints of spatial data models. *Land Use Policy*, 23(4), 604-616.
- Cowan, Robert. (2005). Dictionary of Urbanism. Streetwise Press.
- Daneshpour, Seyyed-Abdolhadi; Rezazadeh, Razia; Sojudi, Farzan; and Mohammadi, Maryam. (2012). Investigating the Function and Meaning of the Modern City Form from the Perspective of Layered Semiotics, *Architecture and Urbanism*, 6 (11), 71-87. (In Persian)
- Dong, T., Jiao, L., Xu, G., Yang, L., & Liu, J. (2019). Towards sustainability? Analyzing changing urban form patterns in the United States, Europe, and China. *Science of the Total Environment*, 671, 632-643.
- Echenique, M. H., Hargreaves, A. J., Mitchell, G., & Namdeo, A. (2012). Growing cities sustainably: does urban form really matter? *Journal of the American Planning Association*, 78(2), 121-137.
- Gadami, Mustafa; Devsalar, Esdaleh; Zainab, Ranjbar; Gholamian Aghamohli, Tahereh. (2012). Strategic Evaluation of the Spatial Structure of the City in the Framework of Sustainability - a case study of the city of Sari. *Economics and Urban Management*, (3), 1-16. (In Persian)
- Giuliano. G. and Narayan. D. (2003). Another look at travel patterns and urban form: the US and Great Britain. *Urban studies*, 40(11), 2295-2312.
- Hamin. E. M. and Gurran. N. (2009). Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the US and Australia. *Habitat international*, 33(3), 238-245.
- Holden, E. (2004). Ecological footprints and sustainable urban form. *Journal of Housing and the Built Environment*, 19(1), 91-109.
- Ihsan Abbas, J., Haider Majid, H., Sabeeh Lafta, F., Khaleel H. (2021). Evaluating the structure of Al-Kut city according to sustainability. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 779.
- Jabareen, Y. R. (2006). Sustainable urban forms: Their typologies, models, and concepts. *Journal of planning education and research*, 26(1), 38-52.
- Jenks, M., & Jones, C. (Eds.). (2009). Dimensions of the sustainable city, (2), Springer Science & Business Media.
- Kayani Faizabadi, Mojtaba. (2015). Assessing the Social Sustainability of Urban Neighborhoods with an Emphasis on the Dimensions of the Urban Form - case example: Narmak Neighborhood of Tehran. Master's thesis in the field of urban planning. College of Arts and Architecture. Tarbiat Modares University. (In Persian)
- Kim, C., & Choi, C. (2019). Towards sustainable urban spatial structure: Does decentralization reduce commuting times? *Sustainability*, 11(4), 1012.



- Leicester City Council. (1995). Indicators of Sustainable Development in Leicester: Progress and Trends. Leicester. UK. Leicester City Council.
- Li, Y. (2020). Towards concentration and decentralization: The evolution of urban spatial structure of Chinese cities, 2001-2016. *Computers, Environment and Urban Systems*, 80, 101425.
- Maclaren, V. (2004). Urban Sustainability Reporting the Sustainable Urban Development Reader. Routledge.
- Majidi Khamene, Betul; Kolivand, Hojjat Elah. (2011). Analysis of the Spatial Structure of an Urban Neighborhood Based on Community-Oriented Sustainable Development - case study: Darabad Neighborhood of Tehran. *Environmental Study*. (19), 47-73. (In Persian)
- Meijer, M., Adriaens, F., van der Linden, O., & Schik, W. (2011). A next step for sustainable urban design in the Netherlands. *Cities*, 28(6), 536-544.
- Muñiz, I., & Galindo, A. (2005). Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona. *Ecological Economics*, 55(4), 499-514.
- Nasiri Handeh Khale, Ismail; Esmaili, Fazlullah; Yonsei Sandi, Rehane; Neazaft Takleh, Hasan. (2021). Assessing the Social Sustainability of Urban Areas with Emphasis on Land Use Composition Index - a case study of District 15 of Tehran. *Geography and Planning*. 25 (78). 363-376. (In Persian)
- Næss, P. (2014). Urban Form, Sustainability and Health: the case of Greater Oslo. *European Planning Studies*, 22(7), 1524-1543.
- Nikpour, Amer; Lotfi, Siddiqa; Lecourge, Zubaidah Mansour. (2021). Evaluating the Impact of Form on the Sustainability of Urban Neighborhoods - Case Study: Amol. *Geographical studies of coastal Areas*, 2(2), 5-30. (In Persian)
- Nikpour, Amer; Qasimpour, Fatima; Mollahosseini, Ali Asghar. (2019). Spatial Analysis of Housing Indicators with the Approach of Sustainable Urban Form - case study: Babol city. *Urban Social Geography* 7 (2), 58-41. (In Persian)
- Polese, M., Stren, R. (2000). The Social Sustainability of Cities: Diversity and Management of Change. Toronto: University of Toronto Press.
- Sasanpour, Farzaneh; Aghajani, Nafisa. (2014). Measuring Physical-Spatial Development of Urban Areas in the Direction of Urban Sustainability - case study: 22 areas of Tehran Metropolis. *Studies of urban areas*, 2 (2), 61-78. (In Persian)
- Sorensen, Andre. (2014). Megacities; Urban Form, Governance and Sustainability. Translated by Mojtaba Rafiyan. Study and Planning Center of Tehran City. (In Persian)
- Song, Y. and Knaap, G. J. (2004). Measuring urban form: Is Portland winning the war on sprawl? *American Planning Association*, 70(2), 210-225.



- Souche. Stephanie (2010). Measuring the structural determinants of urban travel demand. *Transport Policy*. Elsevier, 17 (3), 127-134.
- Steadman, P., Bruhns, H. R., Holtier, S., Gakovic, B., Rickaby, P. A., & Brown, F. E. (2000). A classification of built forms. *Environment and planning B: Planning and design*, 27(1), 73-91.
- Stead, D., & Marshall, S. (2001). The relationships between urban form and travel patterns. An international review and evaluation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1(2).
- Su, X., Zheng, C., Yang, Y., Yang, Y., Zhao, W., & Yu, Y. (2022). Spatial Structure and Development Patterns of Urban Traffic Flow Network in Less Developed Areas: A Sustainable Development Perspective. *Sustainability*, 14(13), 8095.
- Tehran Urban Observatory; University of Tehran; Deputy of Urban Planning and Architecture of Tehran Municipality. (2016). *Tehran City Sustainability Atlas: Evaluation of Urban Sustainability in Tehran Metropolis. Information and Communication Technology Organization of Tehran Municipality.* (In Persian)
- Thinh. N. X. Arlt. G. Heber. B. Hennersdorf. J. and Lehmann. I. (2002). Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review*, 22(5), 475-492.
- Tsai, Y. H. (2005). Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban studies*, 42(1), 141-161.
- Vance. C. & Hedel. R. (2007). The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation. *Transportation*, 34(5), 575-588.
- Williams, K., (2000). *Does Intensifying Cities make them more sustainable in Achieving Sustainable Urban Forms*, Spon, London, 30- 45.
- Wheeler, S.M. (2004). *Planning for Sustainability*. New York, Routledge.
- Williams, K. (2005). *Spatial Planning, Urban Form and Sustainable Transport*.
- Williams, Kathy; Barton, Elizabeth; and Jenks, Mike. (2003). *Achieving a Sustainable Urban Form.* (Varaz Moradi Meshii, Translator). Tehran, Processing and Urban Planning. (In Persian)