



Research Paper

Urban Carrying Capacity (UCC) as a Benchmark for Sustainability Assessment Modeling and Policy Making of Urban Spatial Structure the Case study of Shiraz City

Seyyed Mehdi Moussakazemi ^a✉, Esmail Aliakbari ^a, Hossein Zamani ^a

^a. Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: moosa_ka@pnu.ac.ir

ARTICLE INFO

Keywords:

Urban carrying capacity,
Spatial structure,
System thinking,
Vensim,
Shiraz.

Received:

27 March 2023

Received in revised form:

11 June 2023

Accepted:

2 July 2023

Available online:

1 August 2023

pp. 1-20

ABSTRACT

Environmental problems are the most important problem in Iranian cities, including Shiraz. The main goal of this research is to provide an assessment and policy model for the sustainability of the spatial structure of Shiraz based on the urban carrying capacity. In terms of methodology, this article is of applied type and is supported by the theories of systemic thinking, complexity and sustainable development. In order to evaluate the carrying capacity of Shiraz city and their compatibility with the characteristics of the geographical base, the building indicators of the urban carrying capacity were explained and selected. By studying the state of the spatial structure of Shiraz city and collecting data for each of the indicators of the conceptual model, the sustainability of the spatial structure was analyzed using Vensim software. The results of the model showed that the current development process of Shiraz city is beyond the city's carrying capacity and is in conflict with the principles of sustainable development. In order to change the current trend, the employment policy was first used. This policy has the most effect in the model, but it leads to problems over time. In order to moderate these problems and increase the urban carrying capacity and sustainable development, it is inevitable to apply environmental policies at the same time. The results of the sustainable development policy package showed that these policies can increase the GDP per capita and reduce the effects of development by reducing the negative effects of economic stimulation (employment). In addition, the implementation of these policies in a general perspective has led to the improvement of the city's carrying capacity and provides a suitable platform for the future development of the spatial structure of Shiraz.

Citation: Ghasem, M., Balai Oskoui, A., Shahbazi, Y., & Farahnaki, M. (2023). Regeneration of Urban Riverside's Worn-Out Textures The Case Study of Urban worn-out textures of the Abshuran Riverside in Kermanshah. *Journal of Sustainable City*, 6 (2), 1-20.

<http://doi.org/10.22034/JSC.2023.341573.1624>



© The Author(s)

Publisher: Iranian Geography and Urban Planning Association.

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Cities are occupying more and more surface area of the planet every year, and to survive, consume more natural resources, and the other hand their emissions of waste, sewage, and carbon and greenhouse gases are increasing. But can the geographical context of cities be able to load and accept this level of development? Today, Environmental problems are the most important issue in the cities of developing countries, especially in Iran. The main purpose of this study is to introduce sustainability assessment model and policy making of urban spatial structure based on urban carrying capacity. Is the development of the spatial structure of Shiraz as the largest metropolis of the southern half of the country is coincident with regional and extra-regional functions with the geographical carrying capacity and spatial carrying capacity and has led to the development of a sustainable spatial structure or not? It seems that Shiraz is far from the indicators of a sustainable city.

Methodology

This research is descriptive-analytical in terms of nature and method and because the results can be used to improve models and provide solutions in the field of urban development programs, it is a type of applied research. By examining different methods of assessing carrying capacity and by examining and matching the methods of evaluating the concept (urban carrying capacity) with the features and characteristics of the geographical context of Shiraz and also considering this basic concept in geography that places have unique properties. In explaining and selecting indicators and constructive factors, urban carrying capacity was used, and the best evaluation method was selected and compiled in the form of an analysis model according to the conceptual model and the features and characteristics of the spatial structure of Shiraz. After this stage, by field study and perception of the spatial structure of Shiraz and also collecting the required data for each of the indicators and factors of the conceptual

model, the Sustainability of the spatial structure of the city was analyzed using Vensim software. In the end, according to the obtained results and using the opinion of experts and experts in urban planning, as well as interventors in the field of services and urban management familiar to the metropolis of Shiraz (including 15 people, 10 of whom have Ph.D. in the fields of urban planning and urban development and urban management, 5 people are senior experts in the these fields; five people are working as university faculty members, and the other ten people are working in the municipality and of Roads and Urban Development Administrations) to determine planning priorities and provide the best solution and the solution for the development of the spatial structure of Shiraz in relation to the urban bearing capacity was discussed

Results and discussion

The results of the model showed that the current development trend of Shiraz is completely out of urban carrying capacity and is contradict with the principles of sustainable development. To change the current trend, first, the economic policy of job creation was used. The results showed that this policy has the most impact on the model and has led to economic prosperity and increased GDP, but over time and with a delay, it leads to issues such as traffic, pollution, migration, water shortage, green space destruction, housing problems and so on. In order to mitigate these problems, simultaneous implementation of environmental policies will be inevitable. For this purpose, policies were adapted such as strengthening the culture of reducing per capita waste production and encourage the separation of waste from the source, car ownership reduction policies, and increase public transport capacity, increasing the rate of wastewater purification, with development of municipal wastewater collection infrastructure; reducing per capita water demand for green space, by increasing irrigation efficiency supply of water from purified water, reduce per capita household water consumption; completion of the water supply project from

Dorodzan dam, in order to increase urban carrying capacity and contribute to the sustainable development of the spatial structure of Shiraz.

Conclusion

This research with an environmental approach and in order to achieve sustainable development in the urban planning process provided a model to assess the carrying capacity of the urban environment, to be a basis for measuring the sustainable development of the spatial structure of the city. Since achieving an acceptable level of quality of life for citizens is the ultimate goal of urban planning, this quality can not be achieved except by using the resources and capacities of the environmental and the geographical context in which the city is located. If the process of using resources has a logical and principled course, achieving quality of life will be accompanied by sustainable development. On the other hand, if the use of resources and development load is more than the capacity of the environment, environmental sustainability is in danger. Knowing that the development process of the spatial structure of Iranian cities, especially Shiraz, is far from sustainable

development patterns, this study tried to make the view of urban development more aware of the carrying capacity of the geographical context of Shiraz. The proposed model can be used as a basis for decision-making process of planning, development and management of Shiraz city, and in preparing development and development plans of the city, as well as strategic development plan of the city, decision-making institutions, including roads and urban planning, the municipality and the city council.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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



مدل ارزیابی و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری

سید مهدی موسی کاظمی^۱ ✉، اسماعیل علی‌اکبری^۲، حسین زمانی^۳

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: moosa_ka@pnu.ac.ir

۲- گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

مشکلات زیست‌محیطی مهم‌ترین مسئله شهرهای ایران و از جمله شهر شیراز است. هدف اصلی این پژوهش ارائه مدل ارزیابی و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری است. از نظر روش‌شناسی مقاله حاضر از نوع کاربردی بوده و توسط نظریه‌های تفکر سیستمی، پیچیدگی و توسعه پایدار پشتیبانی می‌شود. برای ارزیابی ظرفیت تحمل شهر شیراز و تطابق آن‌ها با خصوصیات بستر جغرافیایی، شاخص‌های سازنده ظرفیت تحمل شهری تبیین و انتخاب شدند. با مطالعه وضعیت ساختار فضایی شهر شیراز و گردآوری داده‌ها برای هر یک از شاخص‌های سازنده مدل مفهومی، اقدام به تحلیل وضعیت پایداری ساختار فضایی با استفاده از نرم‌افزار ونسیم شد. نتایج حاصل از مدل نشان داد که روند فعلی توسعه شهر شیراز خارج از ظرفیت تحمل شهری بوده و با اصول توسعه پایدار در تضاد است. برای ایجاد تغییر در روند فعلی ابتدا از سیاست اشتغال‌زایی استفاده شد. این سیاست بیشترین اثرگذاری را در مدل دارد اما در طول زمان، مسائلی را به دنبال دارد. برای تعدیل این مشکلات و بالا بردن ظرفیت تحمل شهری و توسعه پایدار، به‌کارگیری سیاست‌های زیست‌محیطی به‌طور هم‌زمان اجتناب‌ناپذیر است. نتایج حاصل از بسته سیاستی توسعه پایدار نشان داد که این سیاست‌ها با کاستن از اثرات منفی ناشی از تحریک اقتصادی (اشتغال‌زایی) می‌تواند باعث افزایش سرانه تولید ناخالص داخلی و کاهش اثرات ناشی از توسعه شود. بعلاوه، اعمال این سیاست‌ها در یک برآیند کلی به بهبود ظرفیت تحمل شهر منجر شده و بستر مناسب برای توسعه آتی ساختار فضایی شیراز فراهم می‌آورد.

واژگان کلیدی:

ظرفیت تحمل شهری،
ساختار فضایی،
تفکر سیستمی،
ونسیم،
شیراز

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۱/۰۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۱/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۴/۱۱

تاریخ چاپ:

۱۴۰۲/۰۵/۱۰

صص. ۲۰-۱

استناد: موسی کاظمی، سید مهدی؛ علی‌اکبری، اسماعیل و زمانی، حسین. (۱۴۰۲). مدل ارزیابی و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری. *مجله شهر پایدار*، ۶ (۲)، ۱-۲۰.

<http://doi.org/10.22034/JSC.2023.341573.1624>

ناشر: انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ایران

© نویسندگان



مقدمه

سیاست‌های تمرکزگرا و توجه به شهرهای اصلی و مادر شهرها (طالشی، ۱۳۹۸: ۱۵۸) و تمرکز جریان سرمایه به سمت کلان‌شهرها (پور موسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۸) از یک طرف و بی‌توجهی به شهرهای کوچک و میانی (برزگر و فنی، ۱۳۹۷: ۱۷۸) و سوق پیدا کردن جریان اقتصادی از بخش‌های تولیدی به سمت بخش املاک و مستغلات، و اصولاً بخش‌های غیر تولیدی برای حفظ ارزش دارایی‌های و استفاده از مواهب نوسانات قیمت‌ها در حوزه املاک و مستغلات (یاصری و همکاران، ۱۴۰۰: ۸۱) از طرف دیگر باعث شده بیشترین کثرت بازار برای جذب سرمایه در این حوزه در شهرهای بزرگ و مادر شهرها قرار گیرد. این جریان‌ها به‌اضافه جریان مهاجرتی از روستاها و شهرهای کوچک و میانی به سمت کلان‌شهرها و همچنین رشد طبیعی جمعیت شهر در یک برآیند کلی ترسیم‌کننده چهره توسعه فضایی کالبدی کلان‌شهرها در دهه‌های گذشته بوده است.

از زمانی که مفهوم توسعه پایدار توسط کمیسیون توسعه جهانی و محیط‌زیست در سال ۱۹۸۷ مطرح شد، توسعه هماهنگ جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست همواره موضوع کلیدی توسعه پایدار شهری بوده است (Zou & Ma, 2021). با پیشرفت شهرنشینی و صنعتی شدن در سراسر جهان، تضاد بین توسعه اجتماعی-اقتصادی، جمعیت، منابع و محیط‌زیست به‌طور فزاینده‌ای برجسته شده و توسعه پایدار شهری را محدود کرده است. در همین حال، بسیاری از مسائل زیست‌محیطی جهانی مانند بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی، زباله‌های جامد شهری و وخامت محیط‌زیست سکونت انسانی پدیدار شده است. برای مقابله با این مشکلات، مفهوم ظرفیت تحمل در برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه شهری مطرح شده است. ظرفیت تحمل شهری و به بیان بهتر ظرفیت تحمل جامع شهری، فشارسنج مهم توسعه پایدار شهری است (Yo & Tao 2022: 1). مبحث ظرفیت تحمل شهری ابتدا در کشورهای شرق آسیا که عمدتاً با رشد جمعیت زیاد و حجم بالای جمعیت شهرنشین مواجه هستند مطرح شد و بیشتر مطالعات مربوط به کشورهایی از جمله چین، هنگ‌کنگ، اندونزی، ژاپن، کره جنوبی و هند می‌باشد. مهم‌ترین چالش پیش روی این کشورها در حوزه برنامه‌ریزی شهری انبوهی جمعیت در نواحی شهری و خطر از بین رفتن منابع و تخریب محیط‌زیست است به‌طوری‌که مسئله ظرفیت تحمل شهری از مطالعات شهری عبور کرده و در قوانین و مقررات این کشورها جایگاه پیدا کرده است. عبارت بهبود ظرفیت تحمل شهری در کشور چین در حال نفوذ به اسناد رسمی و مقررات می‌باشد و کاملاً در برنامه‌ریزی و سیاست‌های توسعه ملی نهادینه و سازمان‌دهی شده است (Wei et al, 2017). برخی از مطالعات صورت گرفته در سطح این کشورها و ایران عبارت‌اند از: اوه و همکاران (۲۰۰۵) تعیین تراکم توسعه پایدار با استفاده از سیستم ارزیابی ظرفیت تحمل شهری و شناسایی هفت عامل انرژی، نواحی سبز، جاده‌ها، سیستم مترو، تأمین آب، تهدیدهای فاضلاب و زباله برای مشخص کردن ظرفیت تحمل شهری؛ اسکرویل و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی در اندونزی، بررسی ظرفیت تحمل در دو مفهوم ظرفیت تحمل پشتیبان (SCC) و ظرفیت تحمل جایگزین (ACC) با تأکید بر ارتباط میان مصرف منابع و آلودگی، کمیت و کیفیت آب، امنیت غذایی، مدیریت زباله‌های جامد، حمل‌ونقل و کاهش سطوح جنگلی و اراضی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده ظرفیت تحمل؛ سو و همکاران (۲۰۱۹) ارائه یک مدل ارزیابی برای ظرفیت تحمل جامع شهر هاربین و ارتقای توسعه شهری، و نشان دادن پویایی سیستم شاخص ارزیابی به دلیل توسعه شهری؛ کائو و همکاران (۲۰۲۱) ارائه عوامل مؤثر بر ظرفیت تحمل شهری کلان‌شهر شانگهای بر اساس مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی چند مقیاسی، و استفاده از تأثیر موقعیت جغرافیایی، نسبت مساحت زیربنا، حمل‌ونقل عمومی، میزان مصرف ساکنان، تراکم

1. Supportive Carrying Capacity
2. Assimilative Carrying Capacity

شرکت‌های فناوری پیشرفته و محیط اکولوژیکی در مورد ظرفیت تحمل؛ تنگ و همکاران (۲۰۲۱) ارزیابی ظرفیت تحمل جامع زمین و تحلیل مکانی-زمانی مجموعه شهری هاربین-چانگچون، با ایجاد یک سیستم شاخص متشکل از چهار زیرسیستم ساخت‌وساز شهری، اقتصاد اجتماعی، توسعه صنعت و بوم‌شناسی شهری؛ کاو و ژو (۲۰۲۲) ارزیابی ظرفیت تحمل جامع شهرهای گره‌ای داخلی در امتداد راه ابریشم جدید بر اساس تعریف شهرهای گره‌ای، تئوری ظرفیت تحمل جامع و مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸؛ یو و تائو (۲۰۲۲) شبیه‌سازی سناریو برای ظرفیت تحمل شهری بر اساس مدل دینامیک سیستمی در شانگهای، چین، شامل تعاملات پیچیده بین جمعیت، اقتصاد و محیط و تغییرات پویای تحمل جمعیت، تولید ناخالص داخلی، شاخص اکولوژیکی سبز و ارزش افزوده صنعت ثانویه طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۵؛ لی و همکاران (۲۰۲۲) تعیین ظرفیت تحمل جامع شهری، مقیاس و جهت توسعه یک شهر در چارچوب منطقی «فشار-ظرفیت-پتانسیل»؛ عباس‌زاده تهرانی (۱۳۸۷) تدوین مدل فضایی عدد فشار ظرفیت برد شهری، با سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکان‌مند برای مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست در اکوسیستم شهری؛ قلی زاده سرابی و رهنما (۱۳۹۴) برآورد تراکم مطلوب توسعه شهری با رویکرد ظرفیت تحمل زیست‌محیطی در منطقه ۹ شهرداری مشهد بر اساس هفت عامل آب، فاضلاب، زباله، انرژی، راه، حمل‌ونقل همگانی و سطوح سبز؛ اسفندی و نوریان (۲۰۲۱) ارائه چارچوب ارزیابی ظرفیت تحمل شهری برای توسعه مگا مال‌ها در مناطق ۲۲ گانه کلان‌شهر تهران با استفاده از ترکیبی از روش‌های عینی و رتبه‌بندی ظرفیت تحمل مناطق برای مگا مال‌ها.

با توجه به تحقیقات فوق، بررسی پایداری ساختار فضایی شهرها امری بسیار مهم برای تداوم حیات شهرها است و ظرفیت تحمل شهری به‌عنوان یک روش بسیار توانمند محکی برای تحلیل وضعیت پایداری ساختار فضایی شهرها است (Wei et al 2015). تفکر سیستمی این امکان را می‌دهد که با توجه به ویژگی‌های سیستم شهرهای امروزی (پیچیدگی، پویایی، عدم قطعیت و غیره) به تحلیل ظرفیت تحمل ساختار فضایی پرداخته و با ارائه نقاط سیاست‌گذاری، بهترین نوع مداخلات در سیستم را برای مدیران و تصمیم‌گیران (طیبیان و همکاران، ۱۳۸۶) نمایان سازیم.

در کلان‌شهر شیراز، جریان‌های اقتصادی و اجتماعی تأثیرگذار بر رشد کالبدی شهر (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۲۴) از یک طرف، و همچنین عدم توجه به اصول شهرسازی نوین و پایدار، شهر هوشمند و شهر فشرده و رشد پراکنده (تمایل به ساخت خانه‌های ویلایی و دو طبقه، رشد پراکنده شهر)، تحولات جمعیتی و مهاجرتی و در نتیجه تمرکز بیش‌ازحد جمعیت و فعالیت‌های انسانی از طرف دیگر، باعث ایجاد چالش‌ها، مسائل و مشکلات شهری (تخریب محیط‌زیست، فقر زیرساخت‌ها و خدمات عمومی ناکافی، کاهش سرانه‌های مسکونی، فضای سبز، آموزشی، ورزشی و بهداشتی و درمانی و غیره) شده و مانع از توسعه پایدار بزرگ‌ترین کلان‌شهر نیمه جنوبی کشور است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۱). این پژوهش با هدف ارائه مدل ارزیابی و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری، توسط نظریه‌های تفکر سیستمی، نظریه پیچیدگی و نظریه توسعه پایدار پشتیبانی می‌شود. پیش‌فرض‌های اساسی آن رشد شهرنشینی، تمایل به رشد مادر شهری در نظام شهری کشور و دوران رشد شتابان شهرنشینی، و لزوم بررسی روند شهرنشینی و ارتباط آن با عدم هماهنگی با ظرفیت تحمل شهر و در نتیجه شکل‌گیری ساختار فضایی غیر پایدار کلان‌شهر شیراز هستند. در این مقاله با ارائه یک مدل مفهومی برای سنجش پایداری ساختار فضایی کلان‌شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل و با استفاده از نرم‌افزار ونسیم، به شبیه‌سازی و سیاست‌گذاری برای نیل به هدف پژوهش پرداخته است.

مبانی نظری

تاریخ جمعیت جهان، داستان اشکال مختلف سازگاری انسان با شرایط محیطی است. تا قبل از انقلاب صنعتی، نوع بشر عمدتاً تابع محیط طبیعی بود، زیرا منابع اصلی غذا، سوخت و انرژی از محیطزیست گرفته می‌شد. اما، از دهه ۱۸۰۰ به بعد، فشار بر روی زمین و محیطزیست به‌طور مداوم و به‌طور چشمگیری افزایش یافت که منجر به خارج شدن "حداقل یک‌سوم کل فضا حیاتی از محیط طبیعی شد". در طول دهه‌های بعدی، کیفیت هوا و آب بدتر شد، منابع آب کاهش یافت، و کیفیت زمین آسیب دید. مسائل اکولوژیکی جدید و به‌ویژه پیچیده از جمله تغییرات آب‌وهوا، در طول زمان پدیدار شدند (Hunter, etal 2022: 16). با توجه به این که منابع و ذخایر کره زمین محدود هستند و فقط یک کره زمین وجود دارد اهمیت پرداختن به مسئله محیطزیست و ظرفیت تحمل آن و توسعه پایدار دوچندان می‌شود.

شهر، پیچیده‌ترین و بزرگ‌ترین پدیده ساخت بشر است و مجموعه‌ای از عوامل مختلف محیطی، اقتصادی، کالبدی در ارتباط با نیازهای اجتماعی انسان (زندگی جمعی) باعث شکل‌گیری فضاهای شهری شده است. این فضاها دارای ساختار و کلیتی است که آن‌ها را از سایر انواع سکونتگاه‌های انسانی متمایز می‌کند و به‌عبارت‌دیگر ساختار شهر، هویت و شخصیت شهر را شکل می‌دهد. ساختار فضایی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین مفاهیم مطرح در مطالعات شهری و جغرافیای شهری است. ساختار فضایی ترتیب و آرایش فضایی عناصر موجود در عرصه یک فضا را نمایان می‌سازد. ساختار فضایی شهرها یکی از مهم‌ترین زیرسیستم‌های شهری به شمار می‌رود. چنین ساختاری از یک‌سو به‌عنوان مجموعه‌ای متشکل از اجزا و عناصر مختلف به شمار می‌رود و از سویی دیگر خود در پناه سیستمی بزرگ‌تر و فراتر از خود تحت عنوان سیستم شهری عمل می‌کند و نمی‌تواند جدا از سایر زیرسیستم‌های شهری موجودیت داشته باشد بنابراین بر طبق نظریه سیستمی‌بایستی شهر سازان و برنامه‌ریزان شهری در مطالعه و تحلیل عوامل موثر بر شکل‌گیری و روند تحولات ساختار فضایی شهرها از رویکردهای مختلف بهره ببرند

در تفکر سیستمی و مفهوم پیچیدگی، سیستم به‌عنوان مجموعه‌ای از عناصر با روابط داخلی است که الگویی یکپارچه از پدیده‌ها را تشکیل می‌دهد. جوهر اصلی تفکر سیستمی تغییر از نگرش خطی به نگرش تکرارپذیر و حلقوی است (قبادی، ۱۳۹۳: ۱۳). برای حل دائمی مشکلات پیچیده دنیای امروز، رویکرد سیستمی دینامیک می‌شود. این رویکرد، با مدل‌سازی واقعیت به ما این فرصت را می‌دهد که بتوانیم بدون صرف زمان و هزینه، سیاست‌های گوناگون را بر روی مدل پیاده کنیم و نتایج آن‌ها را ببینیم و سیاستی که بهترین کارایی را دارد برای اجرا انتخاب کنیم. سیستم دینامیک روشی برای فهم و مدل کردن رفتار و فعالیت‌های یک سیستم پیچیده در طول زمان است. این روش از ابزارهای کنترلی مختلف مانند حلقه‌های بازخورد و تأخیرهای زمانی استفاده می‌کند. با مشاهده چگونگی واکنش سیستم نسبت به تغییرات و رفتارهای پیچیده و پویای سیستم، تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران می‌توانند تصمیم‌ها و سیاست‌های مؤثرتری اتخاذ کنند. با تجزیه و تحلیل سیستم می‌توانیم موقعیت کنونی سیستم را به‌خوبی درک کنیم، از جریان کار مطلع شویم، و آن را مورد ارزیابی قرار دهیم و برای رفع نارسایی‌ها و مشکلات بهترین راه‌حل را انتخاب کنیم (مهدوی نیا، ۱۳۹۵: ۱۳).

نظریه توسعه پایدار، مفهوم پایداری را به‌عنوان واکنشی به صنعتی شدن و گسترش شهرنشینی و پیامدهای نامطلوب آن؛ شامل، تخریب محیطزیست و کاهش منابع مطرح می‌کند. (Barbour, 1993). پایداری معیاری است برای اینکه مشخص شود آیا (یا تا چه حد) یک فرآیند یا عمل می‌تواند ادامه یابد (Thompson & Norris 2021: 14). نظریه توسعه پایدار عنصر اصلی راهکار ۲۱ در سال ۱۹۹۲ در نشست سران جهان در ریو بوده است (موسی کاظمی، ۱۳۸۰: ۹۴-۹۵). از جمله چالش‌ها و مسائل سکونتگاه‌های شهری این است که آیا پارادایم رشد اقتصادی مبتنی بر شهرنشینی

تنها پاسخ به تلاش برای توسعه پایدار است، یا نیاز مبرمی به ایجاد تعادل بین رشد اقتصادی از یک سو و بازسازی و حفاظت اکوسیستم از سوی دیگر - برای پایداری آینده زیست‌بوم‌های انسانی وجود دارد؟ چه نوع تغییراتی در برنامه‌ریزی، مدیریت و حکمرانی فعلی سکونتگاه‌های انسانی برای رویارویی با محیط در حال تغییر از جمله آب‌وهوا و افزایش خطرات بلایای طبیعی مورد نیاز است؟ (Dahiya, 2022). درک طیف چالش‌های مختلفی که سکونتگاه‌های انسانی با آن روبرو هستند با سه رکن پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و پنج بعد حیاتی به‌عنوان پنج مفهوم توسعه پایدار، یعنی مردم، سیاره زمین، رفاه، صلح و مشارکت، مرتبط است (United Nations, 2015).

توسعه پایدار شهری به‌عنوان یک مفهوم فضایی به هدف شهری است که از نظر زیست‌محیطی قابل سکونت و زندگی، از نظر اقتصادی با دوام و از نظر اجتماعی همبسته باشد (موسی کاظمی ۱۳۸۱: ۳۰). دستور کار شهری جدید که در کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد مسکن و توسعه شهری پایدار (معروف به هیئتات ۳) در کیتو، اکوادور، در ۲۰ اکتبر ۲۰۱۶ به تصویب رسید، "یک تغییر پارادایم مبتنی بر علم شهرها را ارائه داد و استانداردها و اصولی را برای برنامه‌ریزی، ساخت، توسعه، مدیریت و بهسازی نواحی شهری در امتداد پنج رکن اصلی اجرای آن: سیاست‌های شهری، قوانین و مقررات شهری، برنامه‌ریزی و طراحی شهری، اقتصاد محلی و امور مالی شهرداری، و مدیریت محلی طرح کرد (UN-Habitat, 2020). این دستور کار جهانی همچنین به‌عنوان «شتاب‌دهنده» اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه برنامه هدف ۱۱ آن؛ شهرها و سکونتگاه‌های انسانی فراگیر، ایمن، انعطاف‌پذیر و پایدار، عمل می‌کند (United Nations, 2021).

در تعریف توسعه پایدار ارائه‌شده از سوی اتحادیه حفاظت جهانی در سال ۱۹۹۱ میلادی "بهبود کیفیت زندگی انسانی در عین زندگی در درون ظرفیت تحمل^۱ اکوسیستم‌های پشتیبان آن" بیان شده است (جمعه پور، ۱۳۹۵: ۵۳). در واقع ارزیابی ظرفیت تحمل علی‌رغم پیچیدگی و ابهامات موجود در آن، پایه و اساس مطالعات جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری است. بسیاری از مشکلات فعلی شهرهای جهان به‌ویژه شهرهای جهان سوم و از جمله شهرهای ایران نادیده گرفتن ظرفیت تحمل در فرایند توسعه شهری است. ظرفیت تحمل، توانایی تأمین حداکثر تعداد افراد یک‌گونه توسط محیط، بدون کاهش ظرفیت آن محیط برای تأمین آینده آن‌گونه (بوتکین و کلر، ۱۳۸۲: ۱۱)؛ توانایی پشتیبانی حداکثر تعداد جمعیت به‌وسیله محیط یک منطقه از طریق بهترین شکل بهره‌برداری از منابع موجود (Sarma, et al 2012)؛ حد رشد و توسعه یک سطح یا تمام سطوح سلسله‌مراتب یکپارچگی بیولوژیکی (زیست‌محیطی) شکل‌گرفته از جمعیت و به‌وسیله فرایندها و روابط متقابل بین منابع معین با مصرف‌کنندگان این منابع (Monte-luna et al, 2004)؛ و به عبارت ساده حداکثر تعداد جمعیتی تعریف می‌شود که یک ناحیه شهری می‌تواند از طریق استفاده بهینه از منابع موجود در محیط‌زیست آن پشتیبانی کند (Voulellis et al, 2017).

در برنامه‌ریزی شهری اگر جمعیت شهری و فعالیت‌های انسانی بی‌نهایت گسترش یابد و از حد مجاز ظرفیت تحمل شهری (UCC)^۲ فراتر رود، شهروندان دیگر نمی‌توانند رفاه و کامیابی را درک کنند و از طرف دیگر به‌واسطه زوال کلی در جنبه‌های اجتماعی - اقتصادی و زیست‌محیطی دچار رنج و زحمت خواهند شد. علت اولیه این مشکلات، توسعه بیش از حد یا تمرکز بیش از حد جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی - اجتماعی در نواحی شهری است که از توان ذاتی و ظرفیت تحمل شهری تجاوز کرده است (Aspesslagh, 1994). ظرفیت تحمل شهری، سطحی از پشتیبانی فعالیت‌های انسانی، رشد جمعیت، الگوها و وسعت کاربری زمین و توسعه فیزیکی به‌وسیله محیط شهر، بدون تباهی جدی و خسارت برگشت‌ناپذیر (Kyushik oh et al, 2005)؛ حداکثر مقاومت یک فضا در برابر عواملی چون رشد جمعیت، بیکاری،

1. Carrying Capacity

2. Urban Carrying Capacity

جرائم، آلودگی هوا، کیفیت آب، اندازه پسماندهای جامد و مایع، ازدحام، سطوح ساخته شده (Onishi, 1994) است. ظرفیت تحمل شهری به محدودیت توسعه شهری ناشی از اثرات محیطی و منابع طبیعی، زیرساخت و خدمات شهری، ادراک عمومی، نظم و مقررات نهادی (سازمانی) و ظرفیت پشتیبانی جامعه اشاره دارد (Wei et al, 2015). به کارگیری ظرفیت تحمل در برنامه ریزی شهری همراه با مشکلاتی از جمله، کمی کردن روش ظرفیت تحمل در سیستم های شهری؛ ساختار بسیار پیچیده پدیده شهر با مسائل گوناگون محیطی، اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی؛ و فقدان یا کمبود اطلاعات قابل اطمینان و دقیق به ویژه در ابعاد اقتصادی و اجتماعی است. شاخص سازی در بررسی های مربوط به مطالعات شهری و ظرفیت تحمل به دلیل این ماهیت چندگانه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، با دشواری هایی روبرو است. (Vouelllis et al, 2015). ارزیابی ظرفیت تحمل شهری تا حدی یک فرایند پیچیده است (Summers, 2004) و ظرفیتی از انسان ها را پشتیبانی می کند که به وسیله انواع گوناگونی از مصرف منابع، انواع گوناگونی از تولید زباله، انواع مختلفی از تغییر کاربری های زمین تعیین می شود که خود باعث عدم تعادل اکولوژیکی و تغییرپذیری بسیار زیاد در تکنولوژی، سازمان ها و شیوه زندگی هستند (Sarma et al, 2011-2012). این ارزیابی، یک شالوده نظری مفید و یک اساس روش شناسی برای راهنمایی توسعه شهری پایدار فراهم می آورد (Wei 2016: 88). در مفهوم ظرفیت تحمل شهری، یک حدومرز ذاتی معین در یک ناحیه شهری مشخص وجود دارد و فراتر رفتن از آن منجر به تغییرات جبران ناپذیر، تخریب یا صدمه به محیط می شود (Liu & Borthwick, 2011). بنابراین ارزیابی ظرفیت تحمل شهری می تواند نشانی از حداکثر پتانسیل جمعیت را فراهم آورد و به عنوان یک راهنمای مهم برای بارگذاری خدمات منطقه بکار گرفته شود که باید بالای یک استاندارد مشخص، حداقلی و قابل پذیرش نگه داشته شود (Summers, 2004).

روش پژوهش

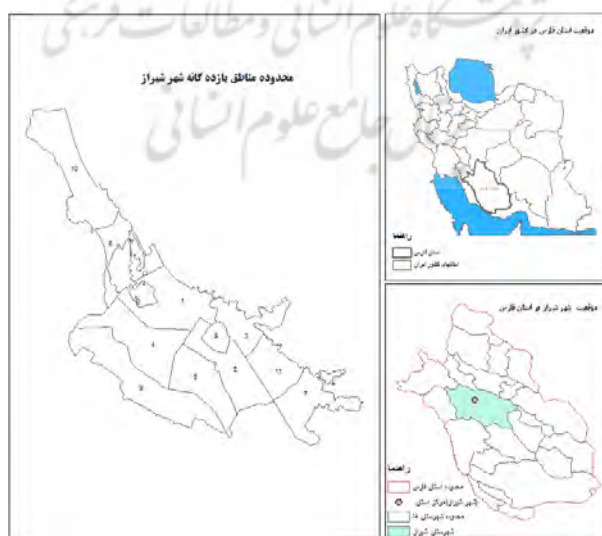
این پژوهش از جنبه ماهیت و روش از نوع مطالعات توصیفی - تحلیلی و از جنبه هدف از آن جهت که نتایج حاصل از آن در بهبود الگوها و ارائه راهکار در زمینه برنامه های توسعه و عمران شهری می تواند مورد استفاده قرار گیرد از نوع تحقیق های کاربردی است. با بررسی روش های مختلف ارزیابی ظرفیت تحمل و تطابق روش های ارزیابی مفهوم ظرفیت تحمل شهری با ویژگی های بستر جغرافیایی حوزه مورد مطالعه (با توجه به این مفهوم اساسی در جغرافیا که مکان ها خاصیت منحصربه فرد دارند) سعی در تبیین و انتخاب شاخص ها و عوامل سازنده ظرفیت تحمل شهری شد، و بهترین روش ارزیابی با توجه به مدل مفهومی و ویژگی های ساختار فضایی شهر شیراز در قالب یک الگوی تحلیل برگزیده و تدوین شد. بعد از این مرحله و با مطالعه میدانی از وضعیت ساختار فضایی شهر شیراز و گردآوری داده های مورد نیاز برای هر یک از شاخص ها و عوامل سازنده مدل مفهومی اقدام به تحلیل وضعیت پایداری ساختار فضایی شهر با استفاده از نرم افزار ونسیم شد. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده و با بهره گیری از نظر کارشناسان و خبرگان امر برنامه ریزی شهری و مداخله گران حوزه خدمات و مدیریت شهری، آشنا به کلان شهر شیراز (متشکل از ۱۵ نفر که ۱۰ نفر دارای مدرک دکتری در رشته های برنامه ریزی شهری و شهرسازی و مدیریت شهری، ۵ نفر کارشناس ارشد در همین رشته ها؛ پنج نفر عضو هیئت علمی دانشگاه و ده نفر دیگر شاغلین در شهرداری و ادارات کل راه و شهرسازی) در جامعه آماری (کلان شهر شیراز) که هدفمند انتخاب شده اند، اقدام به تعیین اولویت های برنامه ریزی و ارائه بهترین راهکار و راه حل توسعه ساختار فضایی شهر شیراز در ارتباط با ظرفیت تحمل شهری پرداخته شد. مطالعه طرح های توسعه شهر شیراز (طرح جامع، بازنگری طرح جامع، طرح تفصیلی مناطق یازده گانه) اطلاعات مناسبی برای انجام پژوهش ارائه می دهند.

سالنامه‌های آماری مربوط به شهر شیراز و نتایج حاصل از سرشماری‌های عمومی و گزارش‌های منتشر شده از سوی وزارت نیرو، سازمان محیط‌زیست و شهرداری (سالنامه آماری شهرداری و گزارش عملکرد شهرداری و سایر سازمان‌های دولتی در بازه سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۸) از دیگر منابع داده‌های مورد استفاده در پژوهش هستند.

برای شبیه‌سازی و سیاست‌گذاری از نرم‌افزار ونسیم^۱ استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای موجود در زمینه مبانی تفکر سیستمی و روش پویایی سیستم (سیستم دینامیک) و شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های واقعی می‌باشد. با استفاده از نرم‌افزار ونسیم، مدل‌های دینامیکی، آنالیز و توسعه داده می‌شوند. این نرم‌افزار یک شیوه انعطاف‌پذیر و ساده را برای شبیه‌سازی مدل‌های دینامیکی از طریق نمودار علت و معلولی و نمودار حالت و جریان مدل، فراهم می‌کند. به‌وسیله ارتباط بین متغیرهای سیستم، رفتار مدل را در طول زمان می‌توان مورد بررسی قرار داد. نرم‌افزار ونسیم شامل تکنولوژی‌های ثبت شده برای تشخیص خطا، پیشگیری از خطا و درک سریع نتایج پیچیده است. کاربرد این نرم‌افزار بیشتر در ارتباط با مباحث تحلیل سیستم‌ها می‌باشد (Sapiri et al, 2017).

محدوده مورد مطالعه

از لحاظ قلمرو مکانی پژوهش، با علم به اینکه مسائل زیست‌محیطی و توسعه شهری در ارتباط با مکان‌ها و نقاط جغرافیایی دیگر حالت انتشار دارند، و شکل‌گیری نقاط شهری متأثر از بسیاری از عواملی است که بعضاً خارج از حوزه جغرافیایی شهر و در مقیاس‌های ناحیه‌ای، منطقه‌ای، کشوری، و حتی جهانی قابل بررسی و ردیابی هستند و با این استدلال که پایداری یک محیط مبتنی بر عوامل درون‌زا بوده و تا حدی از نیازهای شهر برای رسیدن به پایداری در همان حوزه شهری تأمین و برطرف می‌شوند، قلمرو مکانی تحقیق حاضر را به حوزه شهری شیراز محدود کرده‌ایم و با توجه به این نکته که اطلاعات در محدوده طرح جامع و تفصیلی قابل حصول می‌باشد، سطح تحلیل به محدوده شهر شیراز بر اساس طرح بازنگری جامع و تفصیلی مصوب ۱۳۹۳ محدود شده است (شکل ۱). ساختار فضایی شیراز، به‌عنوان کهن‌ترین کلان‌شهر کشور، به تبعیت از تاریخ پرفرازونشیب آن تحولات گسترده‌ای را پشت سر گذاشته است؛ از دهکده‌ای کوچک تا پایتختی آباد، از شهری محصور در برج و بارو تا کلان‌شهری با بیش از ۲۳ هزار هکتار مساحت.

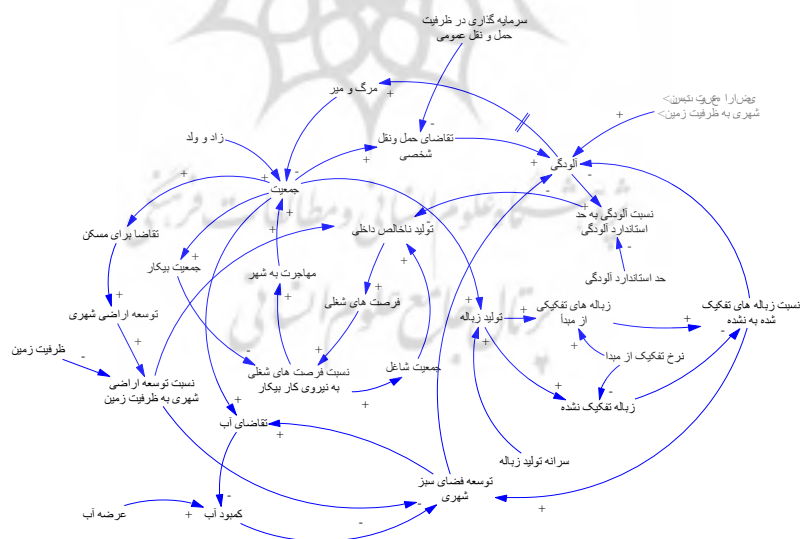


شکل ۱. موقعیت شهر شیراز

بررسی ساختار فضایی شیراز نشان می‌دهد که شهر بر بستر دشتی با گسترش شمالی - جنوبی، محدود به ارتفاعات در سمت شمال، جنوب و غرب و وجود دریاچه مهارلو در سمت شرق شکل گرفته است. رودخانه خشک (خرم دره) به‌عنوان یک عامل طبیعی و شکل‌دهنده به محورهای ارتباطی در امتداد طولی دشت (شمال غربی - جنوب شرقی) و محور انسان‌ساخت در جهت عمود بر آن، استخوان‌بندی اصلی شهر شیراز و بستر شکل‌گیری این ساختار و زمینه شکل‌گیری شهر در طول تاریخ به همراه عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بوده است. برخی از این عوامل همچون عوامل تاریخی و تصمیمات سیاسی و سیاست‌های تمرکزگرا نقش بسیار ویژه‌ای دارند. عوامل اقتصادی و به‌ویژه بورس‌بازی زمین و موقعیت ویژه شیراز در میان نواحی جنوبی و مکانی برای جذب سرمایه‌ها و انباشت مازاد اقتصادی مناطق پیرامونی تأثیر غیرقابل‌انکاری دارند. گستردگی حوزه نفوذ شیراز از سرتاسر استان فارس تا استان‌های هم‌جوار شمالی و غربی و تا نواحی ساحلی جنوب در شکل‌گیری ساختار فضایی شیراز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مقایسه شاخص‌های توسعه پایدار با وضعیت موجود همین شاخص‌ها در شیراز از جمله: شاخص نخست شهری، پراکند رویی، تفکیک و بازیافت زباله، تصفیه فاضلاب، انرژی‌های پاک، فاصله سرانه‌های کاربری‌ها با سرانه‌های استاندارد، سهم حمل‌ونقل عمومی، بافت‌های فرسوده و ناکارآمد نشان از ناپایداری توسعه شهری دارند.

یافته‌ها

با ارائه مدل مفهومی پژوهش (شکل ۲) و سپس اجرای مدل مذکور با توجه به اطلاعات مکانی کلان‌شهر شیراز، بر اساس شاخص‌های کلیدی، تحلیل ظرفیت تحمل شهری و ارزیابی پایداری ساختار فضایی شهر شیراز انجام شده و با انتخاب و معرفی متغیرهای کلیدی و تأثیرگذار، سیاست‌های توسعه شهری ارائه می‌شود.



شکل ۲. مدل علت و معلولی تحقیق در شکل‌گیری ظرفیت تحمل شهری

در این مدل (شکل ۲) بر اساس نظریات گروه کانونی (خب‌رگان) و مطالعه مبانی نظری و ادبیات موضوع به‌عنوان شاخص‌های پرتکرار و اساسی پژوهش، مجموع روابط میان شاخص‌ها و عملگرهای ظرفیت تحمل شهری به‌صورت خلاصه و شماتیک به نمایش گذاشته شده است. برآیند مجموعه‌ای از توان‌ها و عوامل در کنار هم ظرفیت تحمل شهری

را به وجود می‌آورند که بارگذاری محیطی شهر و در نهایت توسعه و دوام شهر (توسعه پایدار) به عملکرد این عوامل بستگی دارد. با توجه به پیچیدگی و گستردگی سیستم کلان‌شهرها و پویایی بسیار پیچیده آن، به دو دلیل به این تعداد از عوامل در مدل بسنده شده است؛ دلیل نخست، گستردگی بسیار زیاد سیستم شهری که ما را به ناچار مجبور به بستن مرزهای سیستم می‌کند؛ و دوم، به جهت عدم وجود داده‌های آماری دقیق در رابطه با شاخص‌های مختلف است. این مدل مفهومی خلاصه‌ای از مجموع ده مدل ریاضی در زیرسیستم‌های تولید ناخالص داخلی شهر (شامل زیرسیستم جمعیت، زیرسیستم زباله‌های شهری، زیرسیستم آلودگی هوا، زیرسیستم کاربری‌های مسکونی و غیرمسکونی، زیرسیستم فضای سبز، زیرسیستم جمعیت شاغل، زیرسیستم آب، زیرسیستم تصفیه آب و زیرسیستم ترافیک و حمل‌ونقل) به‌عنوان مهم‌ترین شاخص اقتصادی در مطالعات اقتصاد کلان است که بیانگر بسیاری از کارکردهای شهری نیز هست. بر این مبنا مهم‌ترین شاخص‌های مدل تحقیق، شاخص جمعیت، آب، زمین، آلودگی، تولید ناخالص داخلی، زباله و حمل‌ونقل هستند که در هر بخش به‌عنوان یک متغیر استاک (سطح) و کلیدی انتخاب شده و با بررسی روند (ترند) برای بهبودی وضعیت آن‌ها در شیراز اقدام شده است. نتیجه اعتبار سنجی شاخص‌های کلیدی قابل تسری به کلیه شاخص‌ها بوده و بیانگر اعتبار سنجی کل مدل است و اجازه انجام سایر مراحل مدل‌سازی و شبیه‌سازی را به ما می‌دهد.

اعتبارسنجی مدل پژوهش

پس از تعریف روابط بین متغیرها، اعتبار مدل طراحی‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت تا از عملکرد مطلوب آن اطمینان حاصل شود. با توجه به داده‌هایی با ماهیت‌های متفاوت در مدل، بر اساس توابع look-up در نرم‌افزار ونسیم، نرمال‌سازی داده‌ها و برقراری روابط میان متغیرهای الگوی سیستمی صورت گرفته است. این تابع زمینه نرمال‌سازی متغیرهای ورودی و برقراری ارتباط آن‌ها با متغیرهای هدف را فراهم می‌سازد (نگاه کنید به؛ Serman, 2000). برای اطمینان از اعتبار عملکرد مدل و روابط تعریف‌شده، آزمون‌های متعددی توسط نرم‌افزار ونسیم انجام شد که نتایج آن‌ها به شرح زیر است:

آزمون رفتار مجدد: هدف این آزمون مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های واقعی برای اطمینان از صحت عملکرد رفتار الگو است. به عبارتی دیگر در این حالت رفتار شبیه‌سازی‌شده برای الگو، بازتولید می‌شود تا با داده‌های واقعی مقایسه شود. اطلاعات واقعی و نتایج شبیه‌سازی متغیرهای کلیدی الگو نشان می‌دهد که رفتار متغیرهای موردبررسی به‌خوبی شبیه‌سازی شده است. خطای متغیرهای کلیدی نیز بر اساس روش‌های حداقل خطای مجذورات (RMSPE) و شناسایی ریشه‌های خطا محاسبه شد.

الف. حداقل خطای مجذورات (RMSPE): در این شاخص هر چه میزان تفاوت بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی‌شده کمتر باشد، به نتایج شبیه‌سازی بیشتر می‌توان اعتماد کرد. میزان خطا در این روش بر اساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta} \sum_{t=1}^{\theta} \left(\frac{Y_{T+i}^a - Y_{T+i}^s}{Y_{T+i}^a} \right)^2} * 100 \quad (1)$$

در این فرمول: Y_{T+i}^s نتایج شبیه‌سازی متغیر الگو، Y_{T+i}^a داده‌های واقعی و θ نشان‌دهنده تعداد مشاهدات است. هر چه میزان RMSPE به صفر نزدیک‌تر باشد به مفهوم خطای کمتر و نزدیک بودن به ۱۰۰ درصد نیز نشان‌دهنده خطای بالا است (Serman, 2000).

ب. شناسایی ریشه‌های خطا: روش دیگر برای سنجش انحراف مقادیر شبیه‌سازی‌شده از داده‌های واقعی، محاسبه UT

است که طبق رابطه ذیل به دست می‌آید^۱.

$$UT = \sqrt{\frac{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2}{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s)^2 + \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^a)^2}} \quad (۲)$$

مقدار UT همواره بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد، مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی انحراف کمتری از یکدیگر دارند. با توجه به اهمیت خطا در پیش‌بینی، شناخت منابع خطا و کاهش آن می‌تواند در افزایش اعتماد به نتایج الگو بسیار موثر باشد. ریشه‌های خطا ناشی از سه عامل است: ۱. خطای مبنا؛ زمانی که خروجی‌های الگو با داده‌ها با هم سنخیت نداشته باشند که به آن خطای سیستماتیک می‌گویند، ۲. خطای انحراف؛ زمانی که واریانس‌های داده‌های واقعی و شبیه‌سازی با هم تفاوت زیادی داشته باشند، و ۳. خطای نابرابری کوواریانس‌ها؛ زمانی که نتایج الگو و داده‌ها با هم همبستگی نداشته باشند، که اصطلاحاً خطای غیرسیستماتیک نامیده می‌شود (Theil, 1966). برای محاسبه ریشه‌های خطا از رابطه شماره ۳ استفاده می‌شود:

$$U^m + U^s + U^c = 1 \quad (۳)$$

در حالت بهینه هرچقدر که میزان خطای سیستماتیک و غیرسیستماتیک کمتر شود به مفهوم صحت عملکرد الگوی شبیه‌سازی است. به عبارت دیگر در حالت ایده‌آل $U^c = 1$ و $U^s = U^m = 0$ خواهد شد و مجموع این خطاها باید برابر یک باشد. متغیرهای فوق از طریق روابط شماره ۴، ۵ و ۶ به دست می‌آیند.

$$U^m = (\bar{Y}^s - \bar{Y}^a)^2 / \left[\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2 \right] \quad (۴)$$

$$U^s = (SDS - SDA)^2 / \left[\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2 \right] \quad (۵)$$

$$U^c = [2 * (1 - r) * (SDS * SDA)] / \left[\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2 \right] \quad (۶)$$

در روابط فوق، \bar{Y}^a متوسط اطلاعات واقعی، \bar{Y}^s متوسط اطلاعات شبیه‌سازی و همچنین SDS و SDA به ترتیب انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی و r ضریب همبستگی بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های محاسبه خطا در جدول شماره (۱) برحسب متغیرهای کلیدی الگو نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میزان خطا در کلیه متغیرهای مورد بررسی در سطح قابل قبولی است. مقادیرهای RMSPE و UT همواره بین صفر و یک است. همچنین این مقادیر به صفر نزدیک‌تر است، بنابراین مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی انحراف کمی از یکدیگر دارند. از طرفی مجموع ریشه خطاها برای کلیه متغیرها برابر با یک است.

جدول ۱. نتایج آزمون‌های آماری مربوط به اعتبارسنجی الگو

متغیرهای کلیدی الگو	RMSPE	UT	U^m	U^s	U^c	$U^c + U^s + U^m$
جمعیت	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۲۳	۰/۱۲	۰/۶۴	۱
آلودگی	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۵۲	۱
فضای سبز	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۷۷	۱
نسبت زباله‌های تفکیکی به تفکیک نشده	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۷۴	۱
تعادل آب	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۷۵	۱
تقاضای سفر حمل‌ونقل شخصی	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۳۶	۰/۲۴	۰/۷۲	۱

1. U-Theil's.

سیاست‌گذاری

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته از پیشینه موضوع و همچنین جمع‌بندی صورت گرفته از مجموع آرای خبرگان و مطلعین از مسائل کلان‌شهر شیراز، سیاست اشتغال‌زایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و اثرگذارترین سیاست‌های ممکن برای اعمال در مدل انتخاب شد. که بعد از اعمال سیاست در مدل و مقایسه نتایج و خروجی‌های آن با سایر سیاست‌های ممکن، مشخص شد که سیاست اشتغال‌زایی در تمامی بخش‌های مدل دارای تأثیر می‌باشد. نظر به اینکه توسعه پایدار تمامی بخش‌های اقتصادی اجتماعی و محیطی را در برمی‌گیرد، این سیاست با اثرگذاری بر تمام بخش‌ها دارای تبعاتی از جمله تشدید ترافیک، آلودگی، تولید زباله و کمبود آب است که باید با اتخاذ تدابیر در حوزه سیاست‌گذاری و مدیریت شهری کنترل شود. مقایسه نتایج حاصل از مدل با نظرات خبرگان امر دلیل دیگری بر اعتبارسنجی مدل می‌باشد.

برای اجرای این سیاست، نرخ ایجاد فرصت شغلی از ۰/۰۱ به ۰/۰۳ درصد افزایش یافت. نتایج این سیاست حاکی از آن است که سیاست اشتغال‌زایی هرچند منجر به افزایش تولید ناخالص داخلی شده است، این سیاست به‌واسطه تشویق مهاجرت به داخل شهر، منجر به تشدید مسائلی نظیر تخریب فضای سبز به دلیل توسعه شهری، افزایش میزان زباله‌های شهری، افزایش ترافیک درون‌شهری و در نتیجه، افزایش میزان آلودگی هوا شده است. از طرفی یکی از مشکلات جدی شهر شیراز مشکل کمبود آب است که با اجرای سیاست اشتغال‌زایی این مشکل به دلیل مهاجرت جمعیت به داخل شیراز تشدید می‌شود. بنابراین با توجه به مشکلات فوق، ظرفیت تحمل شهر شیراز بر اساس بسته‌ای از سیاست‌های توسعه پایدار در افق سال ۱۴۱۹ بهبود داده شد.

بسته سیاستی توسعه پایدار برای افزایش ظرفیت تحمل شهری

یکی از تبعات سیاست اشتغال‌زایی^۱، جذابیت شهر شیراز برای افراد مهاجر است. این وضعیت با تأخیر زمانی منجر به افزایش زباله‌های شهری و به دنبال آن افزایش میزان آلودگی شهر می‌شود. برای مدیریت این شرایط می‌توان بر تقویت فرهنگ‌سازی برای کاهش سرانه تولید زباله و تشویق طرح تفکیک زباله از مبدأ اقدام کرد. بدین منظور در الگوی سیستمی، سرانه تولید زباله از ۰/۲۳۸ به ۰/۱۷ و میزان تفکیک از مبدأ زباله‌ها از ۰/۰۲۵ به ۰/۰۴ درصد تغییر داده شد. از دیگر تبعات سیاست اشتغال‌زایی، افزایش ترافیک شهری به دلیل افزایش سفرهای درون‌شهری با خودروهای شخصی است که البته این مشکل با تأخیر زمانی بروز پیدا می‌کند. برای مدیریت این شرایط می‌توان از سیاست‌های کاهش ضریب مالکیت خودرو و افزایش ظرفیت حمل‌ونقل عمومی نظیر مترو و اتوبوس بهره برد. بدین منظور ضریب مالکیت خودرو از ۳۰ درصد به ۲۰ درصد، ظرفیت مترو از ۱۲۰۰۰۰ هزار نفر به ۱۸۰۰۰۰ هزار نفر و ظرفیت اتوبوس از ۸۵۰ دستگاه به ۹۰۰ دستگاه افزایش داده شد.

یکی دیگر از تبعات سیاست اشتغال‌زایی، کمبود منابع آبی است. برای مدیریت تعادل میان عرضه و تقاضای منابع آبی با توجه به مشکل جدی این حوزه، سیاست‌های زیر پیشنهاد داده شده است: افزایش نرخ تصفیه آب‌های برگشتی به همراه توسعه زیرساخت جمع‌آوری فاضلاب شهری؛ کاهش سرانه تقاضای آب فضای سبز با فرض افزایش راندمان آبیاری و تأمین آب مصرفی این بخش از موجودی آب‌های تصفیه؛ کاهش سرانه مصرف آب خانگی؛ اتمام پروژه تأمین آب شیراز از سد درودزن. بنابراین تغییرات زیر در الگوی سیستمی پژوهش اعمال شد:

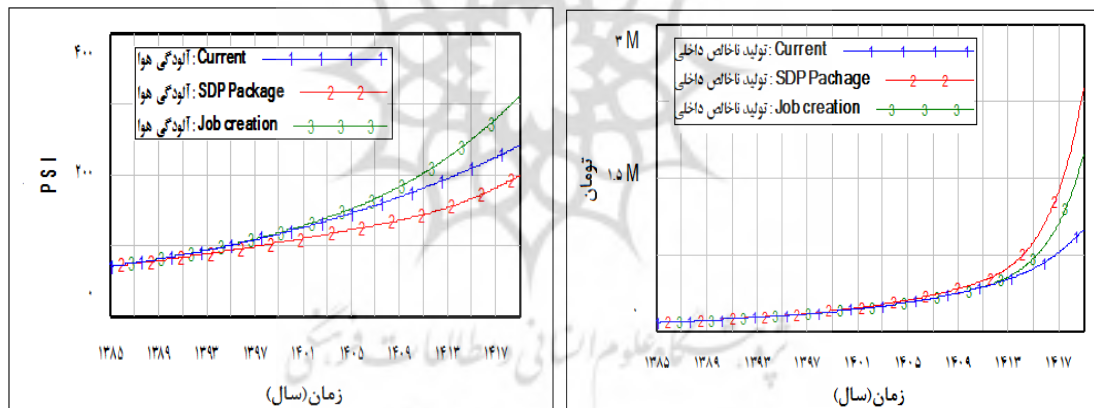
۱. کاهش سرانه تقاضای آب فضای سبز از میزان ۱/۴ به ۰/۷ لیتر در مترمربع با فرض افزایش راندمان آبیاری؛ ۲.

۱. سیاست اشتغال‌زایی زیرمجموعه بسته سیاستی توسعه پایدار نیست لیکن یکی از مهم‌ترین سیاست‌های اقتصادی است که می‌تواند باعث ایجاد تغییر در کل سیستم شود.

تأمین آب مصرفی فضای سبز از موجودی آب‌های تصفیه: سهم ۵۰٪ درصدی از منابع آب تصفیه‌شده؛ ۳. کاهش سرانه آب خانگی از ۵۱۱۳۰ به ۴۵۵۰۰ لیتر برای هر فرد؛ ۴. اتمام پروژه تأمین آب شیراز از سد درودزن از سال ۱۴۰۷ از ۲۷ درصد به ۷۰ درصد؛ ۵. افزایش ضریب تصفیه آب برگشتی از ۵۵٪ به ۸۰٪ درصد به همراه توسعه زیرساخت جمع‌آوری فاضلاب شهری از ۲۳۰۰ به ۳۰۰۰ انشعاب فاضلاب.

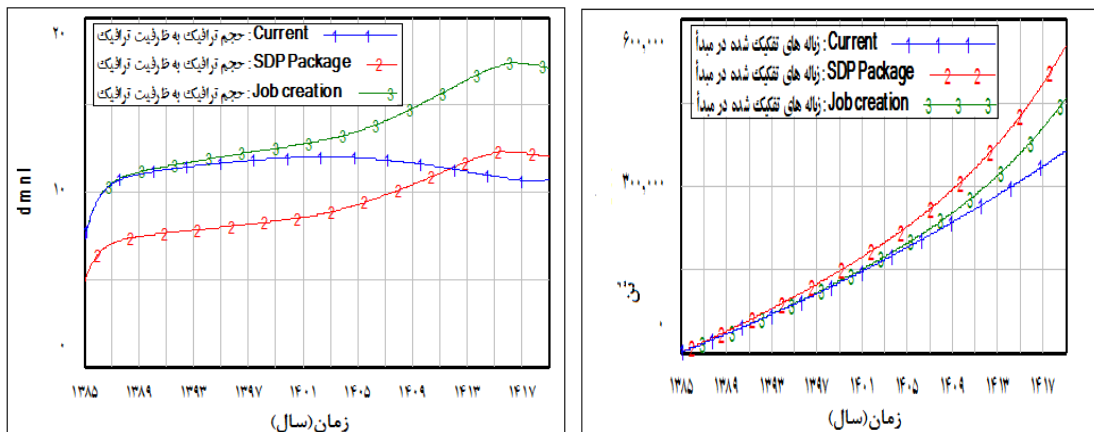
در نهایت تأثیر بسته سیاستی فوق بر تولید ناخالص داخلی و مشکلات اصلی شهر شیراز، در شکل‌های ۳ تا ۹ با خط شماره (۳) نشان داده شده و بیانگر وضعیت کنونی و آینده‌های ۹ با اعمال سیاست‌های توسعه پایدار است. ۱۳۸۵ این شکل‌ها، اثربخشی سیاست فوق در رشد اقتصادی شیراز و مدیریت مشکلات آن را نشان می‌دهند. در شکل‌ها، وضعیت current، شرایط هر یک از شاخص‌ها بدون اعمال سیاست‌ها و بر اساس داده‌های موجود و واقعی است که با خط شماره (۱) قابل نمایش می‌باشد و خط شماره (۲) بیانگر وضعیت و شاخص با اعمال سیاست اشتغال است. شاخص با اعمال سیاست اشتغال است.

شکل (۳) نشان می‌دهد که مجموع سیاست‌های توسعه پایدار تأثیر مضاعفی بر تولید ناخالص داخلی داشته به طوری که سرانه تولید ناخالص داخلی به بیش از دو میلیون تومان برای هر نفر در افق سال ۱۴۱۷ می‌رسد. همچنین با اعمال سیاست‌های توسعه پایدار میزان تولید آلودگی به نزدیک $\text{psi}200$ کاهش خواهد یافت. این در حالی است که سیاست اشتغال‌زایی به تنهایی باعث بالا رفتن شاخص به بیش از $\text{psi}300$ می‌شود.

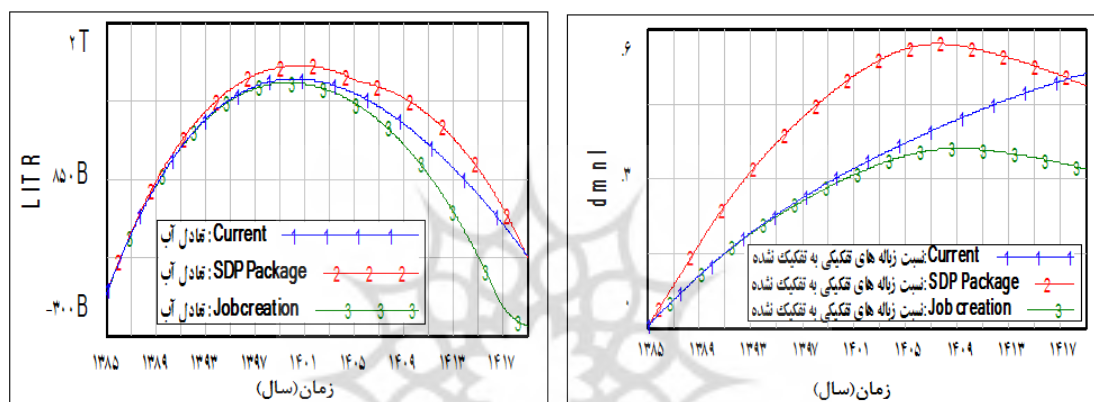


شکل ۳. اثر بسته سیاست‌های توسعه پایدار بر تولید ناخالص داخلی (نمودار سمت راست) و بر آلودگی هوا (نمودار سمت چپ)

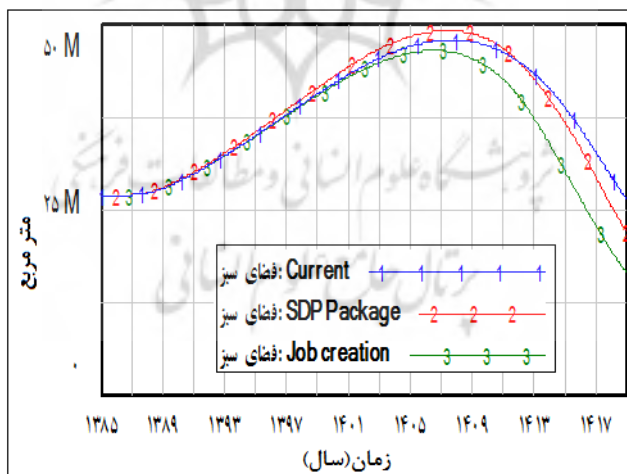
در شکل (۴) با بهره‌گیری از سیاست‌های توسعه پایدار، نسبت حجم ترافیک به ظرفیت ترافیک رشد بسیار اندکی داشته در صورتی که بدون اعمال سیاست‌های پایدار این شاخص رشد بسیار زیادی خواهد داشت. اثر این سیاست بر سایر شاخص‌ها در ادامه و در شکل‌های شماره (۵) و (۶) نشان شده است.



شکل ۴. اثر بسته سیاست‌های توسعه پایدار بر زیاده‌های تفکیک‌شده در مبدأ (نمودار سمت راست) و بر ترافیک درون شهری (نمودار سمت چپ)



شکل ۵. اثر بسته سیاست‌های توسعه پایدار بر نسبت زیاده‌های تفکیک نشده به تفکیک شده (نمودار سمت راست) و بر تعادل آب (نمودار سمت چپ)



شکل ۶. نمودار اثر بسته سیاست‌های توسعه پایدار بر فضای سبز

بحث

نظام شهری ایران و توزیع فضایی و شکل‌گیری الگوی نخست شهری یک پیش‌فرض اساسی و پایه‌ای برای شکل‌گیری تفکر به‌کارگیری ظرفیت تحمل شهری در راستای ارزیابی پایداری در مطالعه حاضر بوده است. امروزه در مطالعات جغرافیایی رشد شهرنشینی و پی‌آمدهای آن دغدغه اصلی اندیشمندان است. مطمئناً پایداری منابع یکی از

بزرگ‌ترین وظایف نوع بشر در قبال یکدیگر است. پایداری یک محیط در واقع قابلیت استقامت آن محیط است. بنابراین به‌خوبی می‌توان گفت که پایداری به‌وسیله ظرفیت تحمل قابل‌اندازه‌گیری است. ظرفیت تحمل شهری بیانگر ظرفیت بارگذاری محیط است. ارزیابی پایداری ساختار فضایی شهرها برای تداوم حیات شهرها بسیار مهم می‌باشد. ظرفیت تحمل شهری به‌عنوان یک روش بسیار توانمند محکی برای تحلیل وضعیت پایداری ساختار فضایی شهرها است. تفکر سیستمی این امکان را می‌دهد که با توجه به ویژگی‌های کلان‌شهرهای امروزی (پیچیدگی، پویایی و عدم قطعیت)، به تحلیل ظرفیت تحمل ساختار فضایی بپردازیم و با ارائه نقاط سیاست‌گذاری، بهترین نوع مداخلات در سیستم را برای مدیران و تصمیم‌گیران نمایان سازیم. تبیین پویایی پدیده‌ها از طریق تئوری ساختار سیستم‌ها انجام می‌شود. شناسایی قانونمندی‌های حاکم بر تحولات پدیده‌ها هدف بزرگ پویایی سیستم است که با ابزار شبیه‌سازی امکان ساختن مدلی از پدیده‌های واقعی را فراهم می‌آورد. در نهایت اعمال سیاست‌های پیشنهادی و خروجی‌های منطقی مدل نشان می‌دهد که از مدل ارائه‌شده برای برنامه‌ریزی و توسعه پایدار و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شیراز می‌توان بهره برد.

شهر شیراز همواره به‌عنوان کلان‌شهر منطقه‌ای جاذب جمعیت و فعالیت در سطح استان فارس و فراتر از آن بوده و با تمرکز جمعیت در بخش‌های مختلف شهر هم‌اینک دارای چندین مرکز و هسته اقتصادی است. به‌علاوه شیراز دارای ساختار فضایی گسترده می‌باشد که این نوع ساختار پیامدهایی چون افزایش انگیزه استفاده از اتومبیل شخصی، کاهش تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی، افزایش مصرف سوخت و آلودگی، تراکم، ترافیک و سختی روزافزون دسترسی به تسهیلات و خدمات شهری را در پی دارد. بنابراین باید عنوان داشت که ساختار فضایی این شهر اثرات قابل‌توجهی بر کارایی و کیفیت زیست‌محیطی شهری آن دارد. شکل یک شهر و الگوی توزیع جمعیت و تخصیص کاربری و فعالیت‌ها در کیفیت هوا و به‌تبع آن شاخص‌های دیگر شهر، نقش ایفا می‌کند و بقای شهرها بسته به یافتن راه‌حل‌های خلاقانه و سریع برای مسائل و مشکلات است. داشتن مدلی کمی و قابل‌اتکا چون مدل تحلیلی سیستم دینامیک راه‌حل‌های مطمئن‌تر و قابل‌اعتناتری را برای حل مسائل و مشکلات شهری فراهم می‌آورد.

با توجه به مباحث فوق و یافته‌های محققان (Yu, & Tao, 2022; Esfandi & Nourian, 2021; Li et al, 2022) و بنا بر اقتضات زمانی و مکانی و همچنین مسائل و مشکلات موجود بر سر راه تشکیل بانک اطلاعاتی دقیق و مورداطمینان و از طرفی دیگر گستردگی موضوع، لاجرم می‌بایست مرزهای مدل را در یک سطح قابل‌قبول که نمایی کلی از وضعیت ظرفیت تحمل ساختار فضایی شهر را نشان دهد، محدود کنیم. نتایج حاصل از مدل به‌خوبی نشان داد که هرگونه اعمال تغییر در یک قسمت از مدل باعث تغییر در سایر بخش‌ها می‌شود. هرچند که هرچه گستردگی مدل بیشتر باشد تأخیر زمانی در دریافت پاسخ بیشتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که می‌دانیم پایه همه اقدامات توسعه‌ای اقتصاد می‌باشد و تا در یک سیستم، مشکلات اقتصادی حل نشود پرداختن به سایر مسائل از جمله مسائل زیست‌محیطی امری بدون نتیجه خواهد بود. بدترین وضعیت عوامل توسعه پایدار در جوامعی دیده می‌شود که مشکلات مالی و اقتصادی دارند، و برعکس در جوامع پیشرفته وضعیت شاخص‌ها به‌مراتب بهتر است. به‌علاوه، پایه تمامی اقدامات اصلاحی و توسعه شهری، در توان مالی شهرداری‌ها و مجموعه مدیریت شهری خلاصه می‌شود. شهری که دچار مشکلات اقتصادی و درآمدی است توان سرمایه‌گذاری در زمینه‌های توسعه پایدار از جمله انرژی‌های پاک، تصفیه فاضلاب، تفکیک و بازیافت زباله و مواردی از این دست را ندارد. پس می‌طلبید که در

مطالعات شهری و تدوین چشم‌اندازها توسعه شهری، ابتدا به مسائل اقتصادی پرداخته شود. به همین منظور در این پژوهش ابتدا به این دست از سیاست‌ها پرداخته شد. هرچند که نتایج حاصل از مدل نیز نشان داد که این سیاست‌ها بیشترین اثرگذاری در نتایج مدل را به خود اختصاص می‌دهند. سیاست‌های اشتغال‌زایی اگرچه باعث رونق اقتصادی و بالا رفتن تولید ناخالص داخلی شهر شده و به تبعیت از آن بسیاری از مشکلات شهر را مرتفع می‌سازد خود در طول زمان و با تأخیر مسائلی چون ترافیک، آلودگی، مهاجرت، کمبود آب، تخریب فضای سبز و مشکلات مسکن را به دنبال دارد که برای تعدیل آن‌ها، نیازمند به‌کارگیری سیاست‌های زیست‌محیطی و توسعه پایدار به‌طور هم‌زمان و برای کاهش اثرات سوء توسعه اقتصادی هستیم.

نتایج نشان می‌دهد که سیاست اشتغال‌زایی به‌عنوان یک محرک اقتصادی و تأثیرگذار، هرچند منجر به افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود، پیامدهایی ازجمله تشویق مهاجرت به داخل شهر را به دنبال دارد که منجر به تشدید مسائلی نظیر تخریب فضای سبز، افزایش میزان زباله‌های شهری، افزایش ترافیک درون‌شهری و افزایش میزان آلودگی هوا می‌شود. سیاست اشتغال‌زایی مشکل کمبود آب را تشدید می‌کند. بنابراین با توجه به مشکلات فوق، ظرفیت تحمل شهر شیراز بر اساس بسته‌ای از سیاست‌های توسعه پایدار در افق ۱۴۱۹ بهبود داده شد. نتایج حاصل از بسته سیاستی توسعه پایدار نشان می‌دهد که: (۱) این سیاست‌ها ضمن کاستن از اثرات منفی ناشی از تحریک اقتصادی (اشتغال‌زایی) می‌توانند در مجموع باعث افزایش سرانه تولید ناخالص داخلی و در نهایت کاهش اثرات ناشی از توسعه شود؛ (۲) این سیاست‌ها در یک برآیند کلی منجر به تقویت، بهبود و توسعه ظرفیت تحمل شهر شده و بستر مناسبی را برای توسعه آتی ساختار فضایی شیراز فراهم می‌آورد.

یک مدل پویا سیستمی روشی مهم برای مطالعه سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اقتصادی-محیطی است و سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اقتصادی را یکپارچه می‌کند. این تحقیق با رویکرد محیط‌زیستی و در راستای دستیابی به توسعه پایدار در فرایند برنامه‌ریزی شهری به ارائه مدلی برای ارزیابی و سیاست‌گذاری ظرفیت تحمل محیط شهری پرداخت، تا مبنایی برای سنجش پایداری توسعه ساختار فضایی شهر قرار گیرد. مدل پیشنهادی می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری (قلی‌زاده سرابی و رهنما، ۱۳۹۴؛ Voulellis, & Serrao, 2017) فرایند برنامه‌ریزی و توسعه و مدیریت شهر شیراز قرار گیرد و در تهیه طرح‌های توسعه‌ای و عمرانی شهر و همچنین برنامه راهبردی توسعه شهر مد نظر نهادهای تصمیم‌گیر و تصمیم‌ساز ازجمله راه و شهرسازی، شهرداری و شورای شهر قرار گیرد. لازم به ذکر است که ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی مردم یک منطقه و همچنین سطح استفاده از تکنولوژی دو عامل اصلی هستند که در اداره کردن ظرفیت تحمل آن منطقه نقش دارند لذا استفاده هرچه بیشتر از تکنولوژی به‌ویژه در زمینه‌های تولید و مصرف انرژی، نقش بسیار زیادی در پایداری محیط خواهد داشت. به نقل از وی و همکاران (۲۰۱۵) سه پیشنهاد اساسی برای بهبود وضعیت ظرفیت تحمل شهری به ترتیب زیر هستند:

۱. جلوگیری از افتراق و جدایی ظرفیت تحمل شهری در اقدامات مربوط به خدمات شهری و ذخیره‌های زیرساختی شهر؛
۲. تغییر شیوه زندگی کنونی که مبتنی بر فشار حداکثر بر منابع (به‌ویژه منابع تجدیدناپذیر) می‌باشد به سمت یک شیوه پایدارتر جهت کاستن از اثرات محیطی و همچنین بازآفرینی کافی و همیشگی منابع طبیعی دارای اهمیت؛
۳. درحالی‌که دولت‌ها همواره به دنبال بهبود عملکردهای مدیریت شهری می‌باشند وضع قوانین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤثرترین رهیافت‌های بهبود مدیریت شهری تشخیص داده شده است (Wei et al, 2015).

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از رساله دکتری بوده و حامی مالی نداشته است.

منابع

- استرمن، جان د. (۱۳۹۷). *بویایی‌شناسی کسب‌وکار - جلد اول: تفکر سیستمی و مدل‌سازی برای جهانی پیچیده*. ترجمه کوروش برارپور؛ پریسا موسوی؛ بنفشه بهزاد؛ مرضیه امامی؛ لاله رضایی‌عدل و حسن فغانی، تهران: انتشارات سمت.
- باصری، بیژن؛ کیانی، غفار و ملکی پور، محمود. (۱۴۰۰). جذابیت مسکن به‌عنوان یک دارایی مالی در برابر پوشش تورم و اثرگذاری آن بر تقاضای مسکن در ایران. *اقتصاد مالی*، ۱۵ (۵۵)، ۱۰۶-۷۹. [doi: 20.1001.1.25383833.1400.15.55.4.7](https://doi.org/10.1001.1.25383833.1400.15.55.4.7)
- برزگر، صادق و فنی، زهره. (۱۳۹۷). تحلیل دیدگاه‌های برنامه‌ریزی و پیشرفت پایدار فضایی با تأکید بر تقویت شهرهای کوچک. *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۸ (۲۷)، ۲۰۳-۱۷۷.
- پورموسوی، سیدموسی؛ محمدیان، حسین و پوینده، محمدهادی. (۱۳۸۹) بررسی تأثیر تمرکز اقتصادی بر قدرت ملی مطالعه موردی: منطقه کلان‌شهر تهران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)*، ۱۵ (۱۸)، ۱۲۸-۱۰۷.
- جمعه پور، محمود (۱۳۹۵). *برنامه‌ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه‌ای*. چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- حمیده، سارا و نوید پور، محمدرضا. (۱۳۸۶). پایداری در شهرها از دیروز تا امروز. *نشریه هفت شهر*، (۲۱ و ۲۲)، ۲۲-۵.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس. (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹). *سالنامه آماری استان فارس*.
- شهرداری شیراز. (۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶). *گزارش عملکرد شهرداری شیراز*.
- شیخ‌الاسلامی، علیرضا؛ کریمی، ببراز و اقبالی، رضا. (۱۳۸۸). ارزیابی توسعه پایدار شهری کلان‌شهر شیراز. *فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*، ۱ (۲)، ۵۳-۳۱.
- طالشی، مصطفی. (۱۳۹۸). سیاست تمرکزگرایی و ناپایداری نظام سکونتگاهی در پیرامون کلان‌شهر تهران. *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، ۸ (۲۸) ۱۸۲-۱۵۷.
- طیبیان، منوچهر؛ ستوده، احمد؛ شایسته، کامران و چلبیانلو، رضا. (۱۳۸۶). جستاری بر مفاهیم و روش‌های برآورد کمی ظرفیت برد و ارائه یک نمونه کاربردی. *نشریه هنرهای زیبا*، ۲۹ (۲۸-۱۷).
- عباس‌زاده تهرانی، نادیا. (۱۳۸۷). *تدوین مدل عدد فشار ظرفیت برد شهری، به‌منزله سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، جهت پایش فشار وارد بر محیط‌زیست اکوسیستم شهری؛ منطقه مورد مطالعه، کلان‌شهر تهران*. رساله دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران.
- قبادی، شهلا. (۱۳۹۳). *سیستم دینامیک، کاربردی از تفکر سیستمی*. چاپ پنجم، تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.
- قلی‌زاده سرابی، شهرزاد و رهنما، محمدرحیم. (۱۳۹۴). ظرفیت تحمل زیست‌محیطی و تراکم توسعه پایدار شهری در منطقه ۹ شهرداری مشهد. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۶ (۴)، ۲۶۳-۲۸۶. [Dor: 20.1001.1.20085362.1394.26.4.14.9](https://doi.org/10.1001.1.20085362.1394.26.4.14.9)
- معاونت برنامه‌ریزی شهرداری شیراز. (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۸). *سالنامه آماری شهر شیراز*.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. (۱۳۸۶). *بازنگری طرح جامع شهر شیراز*.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. (۱۳۹۳). *طرح جامع حریم شهر شیراز*.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. (۱۳۹۳). *گزارش طرح تفصیلی مناطق ده‌گانه شیراز*.
- مهندسین مشاور فرهاد. (۱۳۹۳). *طرح تفصیلی شهر شیراز*.
- مهندسین مشاور طراحان بافت و معماری. (۱۳۸۶). *طرح بهسازی بافت فرسوده شهر شیراز، گزارش مرحله دوم*.
- موسی کاظمی، سید مهدی. (۱۳۸۰). توسعه پایدار شهری؛ مفاهیم و دیدگاه‌ها. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱۶ (۶۲)، ۱۱۳-۹۴.

موسی کاظمی، سید مهدی و شکویی، حسین. (۱۳۸۱). سنجش پایداری اجتماعی توسعه شهر قم. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۴ (۴۳) ۲۷-۴۲.

مهدوی نیا، ریحانه. (۱۳۹۵). تحلیل برداشت از آب‌های زیرزمینی با هدف بهبود شاخص‌های توسعه پایدار و با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز.

References

- Abbaszadeh Tehrani, N. (2008). *Compilation of the pressure number model of urban range capacity, as a support system for spatial decision-making, to monitor the pressure on the environment of the urban ecosystem; Study area, Tehran metropolis*. Doctoral thesis on environmental planning, University of Tehran, Tehran. [In Persian].
- Barbour, Ian G. (1993). *Ethic in an Age of Technology*. Edition 1, San Francisco: Harper Collines.
- Barzegar, S. & Fani, Z. (2017). Analysis of planning perspectives and sustainable spatial development with an emphasis on strengthening small cities. *Strategic Studies of Public Policy*, 8 (27), 177-203. [In Persian].
- Baseri, B., Kiyani, Gh., & Malekipour, M. (2021). The attractiveness of housing as a financial asset against inflation and its effect on housing demand in Iran. *Financial Economics*, 15(55), 79-106. doi: 20.1001.1.25383833.1400.15.55.4.7 [In Persian].
- Button, K. (2002). City Management and Urban Environmental Indicators. *Ecological Economics*, 40 (2) 217-233. doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00255-5
- Campbell, D. E. (1998). Emery Analysis of Human Carrying Capacity and Regional Sustainability: an Example Using the State of Maine. *Environmental Monitoring and Assessment*, 51, 531-569. doi.org/10.1023/A:1006043721115
- Cao, X., Shi, Y., Zhou, L., Tao, T., & Yang, Q. (2019). Analysis of Factors Influencing the Urban Carrying Capacity of the Shanghai Metropolis Based on a Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) Model. *Land*, 10, 578. doi.org/10.3390/land10060578.
- Cao, X., & Zhou, Y. (2022). Comprehensive Carrying Capacity of the Inland Node Cities along the Belt and Road. *Environmental Engineering Science*. 39-47. doi.org/10.1089/ees.2020.0455.
- Ceulemans, K., Del Mar Alonso-Almeida, M., & Lozano, R. (2015). Sustainability reporting higher education: interconnecting the reporting process and organisational change management for sustainability. *Journal of sustainability*, 7 (7), 8881-8903. doi.org/10.3390/su7078881
- Ceulemans, K., Van Caillie, D., Molderez, I., & Van Liedekerke, L. (2014). A management control perspective of sustainability reporting in higher education: in search of a holistic view. *Proceedings of the International Research Conference on Finance, Risk and Accounting Perspectives (FRAP)*, 13, 421 - 437.
- City and house consulting engineers. (2006). *Revision of the master plan of Shiraz city*. [In Persian].
- City and House Consulting Engineers. (2013). *Report on the detailed plan of ten districts of Shiraz*. [In Persian].
- City and house consulting engineers. (2013). *The master plan of the city of Shiraz*. [In Persian].
- Consultant Engineer for Textile and Architectural Designers. (2006). *The plan for improving the dilapidated fabric of Shiraz city, the report of the second stage*. [In Persian].
- Dahiya, B. (2022). *Advances in 21st Century Human Settlements*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Esfandi, S., & Nourian, F. (2021). Urban carrying capacity assessment framework for mega

- mall development; A case study of Tehran's 22 municipal districts. *Land Use Policy*, 109, 105628. doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105628.
- Farnhad Consulting Engineers. (2013). *Detailed plan of Shiraz city*. [In Persian].
- Fars Province Management and Planning Organization. (2010 to 2020). *Statistical Yearbook of Fars Province*. [In Persian].
- Hamide, S., & Navidpour, M. (2006). Sustainability in cities from yesterday to today. *Haft Shahr*, (21 and 22) 5-22. [In Persian].
- Hunter, Lori M., Gray, C., & Véron, J. (2022). *Handbook on Population and Environment*. Springer Nature Switzerland AG.
- Joumapour, M. (2016). *Environmental planning and urban and regional sustainability*. 2nd edition, Tehran: Samt Publications. [In Persian].
- Li, B., Guan, M., Zhan, L., Liu, Ch., Zhang, Z., Jiang, H., Zhang, Y., & Dong, G. (2022). Urban Comprehensive Carrying Capacity and Development Order: A "Pressure-Capacity-Potential" Logical Framework. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 935498. doi:10.3389/fenvs.2022.935498
- Liu, R. Z., & Borthwick, Alistair G. L. (2011). Measurement and Assessment of Carrying Capacity of the Environment in Ningbo, China. *Journal of Environmental Management*, 92 (8), 2047-2053. doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.033
- Mahdavi Nia, Reyhane. (2015). *Analysis of groundwater extraction with the aim of improving sustainable development indicators and using the dynamic system approach*. Master's thesis in the field of industrial engineering, Shiraz University of Technology, Shiraz. [In Persian].
- Monte-Luna, P. D., Brook, Barry W., Zetina-Rejón, M. J. & Cruz-Escalona, Victor H. (2004). The Carrying Capacity of Ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 13 (6), 485-495. doi/10.1111/j.1466-822X.2004.00131.x
- Moussakazemi, S. M., & Shakoui, H. (2002). Assessing the social sustainability of Qom city development. *Geographical Research*, 34 (43) 27-42. [In Persian].
- Moussakazemi, S. M. (2001). Sustainable urban development; concepts and views. *Geographical Research Quarterly*, 16 (62) 94-113. [In Persian].
- Oh, K., Jeong, Y., Lee, D., Lee, W., & Choi, J. (2005). Determining Development Density Using the Urban Carrying Capacity Assessment System. *Landscape and Urban Planning*, 73 (1), 1-15. doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.06.002
- Pourmousavi, S. M., Mohammadian, H., & Pouyandeh, M. H. (2009) A review of the impact of economic concentration on national power, a case study: Tehran metropolitan area. *Applied Research Journal of Geographical Sciences (Geographical Sciences)*, 15 (18) 107-128. [In Persian].
- Qobadi, Sh]. (2013). *Dynamic system, an application of systemic thinking*. Fifth edition, Tehran: Industrial Management Organization Publications. [In Persian].
- Qolizade Sarabi, Sh., & Rahnama, M. R. (2014). Environmental carrying capacity and density of sustainable urban development in District 9 of Mashhad Municipality. *Environmental Geography and Planning*, 26(4) 263-286. doi: 20.1001.1.20085362.1394.26.4.14.9 [In Persian].
- Sapiri, H., Zulkepli, J., Ahmad, N., Zainal, A. N., & Hawari, N. N. (2017). *Introduction to System Dynamic Modelling and Vensim Software*. UUM Press, Malaysia.
- Schroll, H., Andersen, J., & Kjærgård, B. (2012). Carrying Capacity: An Approach To Local Spatial Planning In Indonesia, *The Journal Of Transdisciplinary Environmental Studies*, 11 (1), 27-39.
- Sheikhul-Islami, A., Karimi, B., & Iqbali, R. (2008). Evaluation of sustainable urban development of Shiraz metropolis. *Geographical Journal of Zagros Landscape*, 1 (2), 31-53. [In Persian].

- Shiraz Municipality Planning Deputy. (2005 - 2019). *Statistical yearbook of Shiraz city*. [In Persian].
- Shiraz Municipality. (2006 to 2016). *Performance report of Shiraz municipality*. [In Persian].
- Sterman, John D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin McGraw-Hill, Boston.
- Sterman, John D. (2017). *Business Dynamics (Vol.1): Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Translated by Kouros Bararpour, Banafsheh Behzad, Laleh Rezaii Adl, Marziyeh Emami, Parisa Mousavi Ahrangani & Hasan Faghani, Tehran: Samt Publications. (In Persian).
- Su, Y., Xue, H., & Liang, H. (2019). An Evaluation Model for Urban Comprehensive Carrying Capacity: An Empirical Case from Harbin City. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16 (367), doi:10.3390/ijerph16030367.
- Summers, P]. (2004). *Population Carrying Capacity in Noosa Shire*. Tewantin: Noosa Council.
- Tabibian, M., Sotoudeh, A., Shayesteh, K., & Chalabianlou, R. (2006). Researching the concepts and methods of quantitative assessment of capacity and presenting a practical example. *Journal of Fine Arts*, 29 (17-28). [In Persian].
- Takashi, O]. (1994). A Capacity Approach for Sustainable Urban Development: An Empirical Study. *Regional Studies*, 28 (1) 39-51.
- Taleshi, M. (2018). The policy of centralization and instability of the settlement system in the vicinity of the metropolis of Tehran. *Space Economy and Rural Development Quarterly*, 8 (28).157-182. [In Persian].
- Tang, Y., Yuan, Y., & Zhong, Q. (2021). Evaluation of Land Comprehensive Carrying Capacity and Spatio-Temporal Analysis of the Harbin-Changchun Urban Agglomeration. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18 (521). doi.org/10.3390/ijerph18020521
- Thompson, P. B. & Norris, P. E. (2021). *Sustainability: what everyone needs to know*. Oxford University Press, New York.
- UN-Habitat. (2020). *The new urban agenda illustrated*. UN-Habitat, Nairobi.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. In: Sustainable Development Knowledge Platform. New York.
- United Nations. (2021). *The 17 Goals*. Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development, New York.
- Vouelllis, P., & Serrao, K. (2017). The role of carrying capacity as a quantitative method for urban sustainable development. *Conference: Changing Cities III*, Syros, Greece.
- Vouelllis, P., & Serrao, K. (2015). *Carrying Capacity and Sustainable Urban Developmen*. Volos Plpr, National Technical University of Athens, School of Architecture.
- Wei, F., Haizhong, A., Huajiao, L., Xiangyun, G., & Xiaoqi, S. (2017). Urban Economy Development and Ecological Carrying Capacity: Taking Beijing City as The Case. *Energy Procedia*, 105, 3493 – 3498. doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.801
- Wei, Y. (2016). An Evaluation Model for Urban Carrying Capacity: A Case Study of China's Mega-Cities. *Habitat International*, 53, 87-96. doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.025
- Wei, Y., Cui, H., Lan, P. T.I. & Yuan, Zhiyang. (2015). Sustainable Urban Development: A Review On Urban Carrying Capacity Assessment. *Habitat International*, 46, 64-71. doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.10.015
- Wim, A. (1994). *Carrying Capacity and Its Application to The Portland Metropolitan Area*. Institute For A Sustainable Environment University Of Oregon, Portland, Oregon.
- Yu, W., & Tao, T. (2022). Scenario Simulation for the Urban Carrying Capacity Based on System Dynamics Model in Shanghai, China. *Sustainability*, 14, 12910. doi.org/10.3390/su141912910.

Zou, H., & Ma, X. (2021). Identifying resource and environmental carrying capacity in the Yangtze River Economic Belt, China: The perspectives of spatial differences and sustainable development. *Environment, Development and Sustainability*. 23, 14775–14798. doi: 10.1007/s10668-021-01271-w

