Journal of Environmental Research
Vol. 16, No. 32, Autumn & Winter 2026

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

Environmental Impact Assessment of the Lack of Urban Self- Sufficiency in Yazd Based on a System Dynamics Approach

Document Type
Research Paper

Received
2024/12/20

Accepted
2025/10/12

Najmeh Bagheri Fahraji[1], Negin Anooshe[2], Fatemeh Zare[3], Parastoo Parivar[3*]

1. MSc. of Environmental Evaluation and Land use Planning. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
2. MSc. of Environmental Planning. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
3. MSc. of Environmental Evaluation and Land use Planning. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
4. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran. Email: Parivar.p@yazd.ac.ir

Abstract

The rapid urban development, often with insufficient land use regulation, results in urban sprawl, low-density areas, and notable environmental impacts. To achieve urban ecological sustainability, prioritizing the self-sufficiency of urban neighborhoods is essential. A study in Yazd found that rapid development in the past two decades has diminished neighborhood self-sufficiency and increased the need for citizen transportation access. The study used a system dynamics approach to assess the relationship between urban self-sufficiency and environmental consequences. The system dynamics model was developed in three key stages utilizing Vensim software: initial conceptual modeling through Causal Loop Diagrams, followed by Stock and Flow Diagrams and culminating in the creation of a dynamic system model designed to forecast extended scenarios. This research, anchored in the conceptual modeling phase, examined the intricate relationship between urban development and the erosion of urban self-sufficiency, as well as the declining quality of the urban environment. Furthermore, the modeling results indicate that, in the absence of intervention, the lack of self-sufficiency in urban neighborhoods and the instability of the environment are projected to intensify by 2040. Different scenarios indicated that a 30% increase in urban self-sufficiency while keeping the city's size constant could lead to a 10% decrease in active vehicles and a 5% reduction in air pollution by 2040. Conversely, a 20% rise in active cars would result in a 30% increase in air pollution and a 5% decline in urban sustainability by 2040. To address these challenges, crucial strategies include maintaining the city's size, promoting self-sufficiency to enhance urban cores, and ensuring balanced regional development. These initiatives are intended to reduce reliance on private vehicles, decrease local travel demands, and address air pollution.

Keywords: Urban development, System dynamics approach, Urban self-sufficiency, Modeling, Scenario writing

Cite this article: Bagheri Fahraji, N., Anooshe, N., Zare, F., & Parivar, P. (2026). Environmental Impact Assessment of the Lack of Urban Self- Sufficiency in Yazd Based on a System Dynamics Approach. *Journal of Environmental Research*, *16* (32), 83-99. https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246804

© The Author(s).

Publisher: Iranian Association for Environmental Assessment

DOI: https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246804

Introduction

The rapid urban development, often with insufficient land use regulation, results in urban sprawl, low-density areas, and notable environmental impacts (Venter et al., 2021). To achieve urban ecological sustainability, prioritizing the self-sufficiency of urban neighborhoods is essential. The concept of self-sufficiency in urban neighborhoods refers to these areas' ability to support their residents' needs by providing diverse local resources and services. Urban areas often face challenges related to self-sufficiency, especially in food production, energy, water, and urban services. Lack of self-sufficiency can have environmental and socio-economic effects because urban areas must rely on external sources to meet their needs (Toboso-Chavero et al., 2023). This reliance can lead to increased commuting, the use of private cars, and then an increase in environmental pollution, and the urban heat island effect (Braun et al., 2023; Kumar and Suhas, 2022). The city of Yazd has experienced significant population growth in recent decades. The percentage of built-up area has increased from 37% in 1375 to 62% in 1395 (Parivar et al., 2023); Therefore, the growth of construction and the size of the city in this area is significant. Despite the physical development in this city, the distribution of urban services such as education, healthcare, sports, and culture among urban neighborhoods is not proportionate and uniform. On the other hand, the quality of the environment in this city is decreasing. Therefore, this study aims to use the system dynamics approach to model and understand the complex interactions between urban development, reducing the self-sufficiency of urban areas, resource consumption, and environmental degradation.

Methodology

The study used a system dynamics approach to assess the relationship between urban self-sufficiency and environmental consequences. The system dynamics approach provides the possibility of examining dynamics and communication in complex systems such as cities (Asif and Zeeshan, 2020).

Results and Discussion

The first stage of evaluation is done with the system dynamics approach by determining the boundary of the study based on the subsystems affecting the research topic. Concerning the research problem, five sub-systems can be distinguished, including the urban population, the economic situation, the environmental situation, the urban transportation system, and the self-sufficiency of urban areas. In the second step, the CLD diagram, which shows the general architecture of the model, i.e. the relationships between the variables, has been expanded. The feedback loops developed in this research to evaluate the environmental effects of the lack of self-sufficiency in Yazd City. In this research, after identifying the subsystems and causal links between the variables, the state and flow diagram was developed, which is shown in Figure(1).

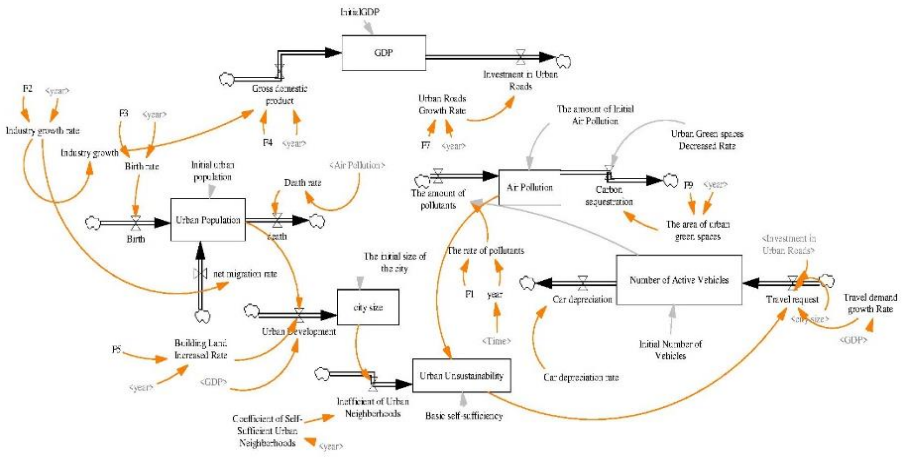


Figure 1. Diagram of the state and flow of the lack of self-sufficiency in Yazd city

Base-Run Scenario: The modeling results suggest that without intervention, the lack of self-sufficiency in urban neighborhoods and environmental unsustainability will worsen by 2040.

Scenario 1: In this scenario, indicated that a 30% increase in urban self-sufficiency while keeping the city's size constant could lead to a 10% decrease in active vehicles and a 5% reduction in air pollution by 2040, Figure(2).

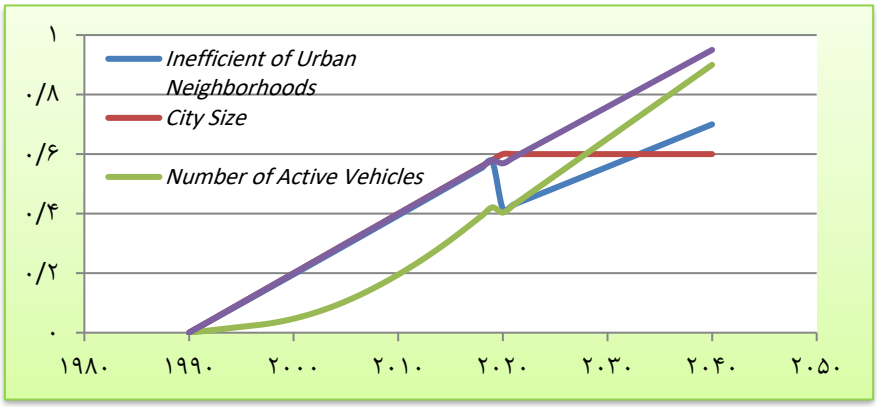


Figure 2. The First Scenario

Scenario 2: Conversely, a 20% rise in active cars would result in a 30% increase in air pollution and a 5% decline in urban sustainability by 2040, Figure(3).

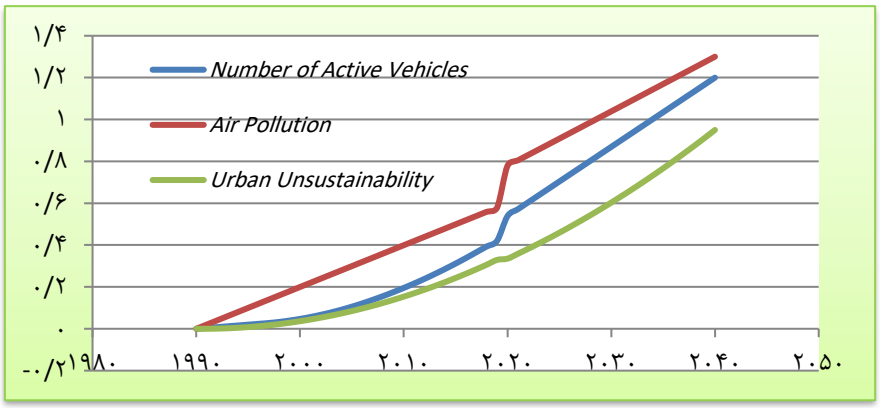


Figure 3. The Second Scenario

Conclusion

To address these challenges, crucial strategies include maintaining the city's size, promoting self-sufficiency to enhance urban cores, and ensuring balanced regional development. These initiatives are intended to reduce reliance on private vehicles, decrease local travel demands, and address air pollution.

References

Asif, A. & Zeeshan, M. (2020). Indoor temperature, relative humidity, and CO_2 monitoring and air exchange rates simulation utilizing system dynamics tools for naturally ventilated classrooms. *Building and Environment*. 180 (106980).

Braun, A., Duffy, C. E., Warth, G., & Hochschild, V. (2023). Relationship of urban heat with building density and green spaces remote sensing-based study across Vietnam's metropolitan areas. *Vietnam Journal of Science and Technology. 61*: 108-121.

Kumar, T. M., & Suhas, K. (2022). A Case study of Urban Heat Island and Air Pollution Mechanism in Bengaluru Metropolitan city. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 4 (01201).

Parivar, P., Saadatmand, M., Dehghan Manshadi, Z., Morovati Sharifabadi, A., & Malekinezhad, H. (2023). Evaluation of the effect of unsustainable urban development on water bankruptcy in arid regions using the system dynamics method: the case of Yazd, Iran. *Sustainable Water Resources Management. 9*(166).

Toboso Chave, S., Montealegre, A. L., Garcia Perez, S., Sierra Perez, J., Munozliesa, J., Durany, X. G., Villalba, G., & Madrid Lopez, C. (2023). The potential of local food, energy, and water production systems on urban rooftops considering consumption patterns and urban morphology. *Sustainable Cities and Society. 95* (104599).

Venter, C., Mahendra, A., & Lionjanga, N. (2021). Urban expansion and mobility on the periphery in the global South. Urban form and accessibility. Elsevier.

پژوهش‌های محیط‌زیست

سال ۱۶، شماره ۳۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی عدم خودکفایی منطقه‌های شهری یزد با رویکرد پویایی سیستم

نجمه باقری فهرجی[۱]، نگین انوشه[۲]، فاطمه زارع[۳]، پرستو پریور*[۴]

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۷/۲۰

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران.
۴. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران. رایانامه: Parivar.p@yazd.ac.ir

چکیده

فرایند پر شتاب توسعه شهری، که اغلب با کنترل ضعیف کاربری‌ها همراه است، از یک‌سو باعث گسترش پراکنده، کم‌تراکم و ناکارامد شهری می‌شود، از سوی دیگر، پیامدهای محیط‌زیستی فراوانی به دنبال دارد. از این‌رو، لازم است برای دستیابی به پایداری شهرها، ارتقاء خودکفایی محله‌های شهری از اولویت‌های اصلی در بسط راهبردهای توسعه شهری باشد. پژوهش حاضر در شهر یزد انجام شده است. با توجه به روند توسعه پرشتابی که طی دو دهه اخیر در این شهر اتفاق افتاده، خودکفایی محله‌ها، کاهش یافته است. در نتیجه نیاز به توسعه دسترسی‌ها برای جابه‌جایی شهروندان، در حال افزایش است. در این مطالعه از رویکرد پویایی سیستم برای ارزیابی و درک ارتباط عدم خودکفایی شهری و پیامدهای محیط‌زیستی آن در شهر یزد، استفاده شد. مدل پویایی سیستم، در سه مرحله اصلی شامل مدل‌سازی مفهومی، ترسیم نمودار جریان و توسعه مدل سیستم دینامیکی در نرم‌افزار ونسیم، بسط داده شد. بر اساس مدل‌سازی مفهومی در این تحقیق رابطه بین توسعه شهری و کاهش خودکفایی محله‌ها و نیز کاهش کیفیت محیط‌زیست شهری بررسی شد. همچنین نتایج مدل سیستم دینامیکی، نشان داد که با ادامه وضع موجود، عدم خودکفایی محله‌های شهری و ناپایداری محیط‌زیست، تا سال ۲۰۴۰، افزایش پیدا می‌کند. همچنین نتایج سناریونویسی نشان می‌دهد که اگر خودکفایی مناطق شهری، ۳۰ درصد افزایش یابد، با فرض ثابت ماندن اندازه شهر تا سال ۲۰۴۰، تعداد خودروها، ۱۰ درصد و آلودگی هوا ۵ درصد کاهش می‌یابد. و در صورتی که تعداد خودروهای فعال در شهر یزد ۲۰ درصد افزایش پیدا کند، تا سال ۲۰۴۰ آلودگی هوا ۳۰ درصد و ناپایداری شهری ۵ درصد افزایش می‌یابد. در نتیجه، ثابت نگه‌داشتن اندازه شهر، توجه به ارتقاء خودکفایی با هدف ایجاد هسته‌های شهری کارامد و توجه به توسعه متوازن کاربری‌های شهری در سطح مناطق، از جمله راهبردهایی هستند که وابستگی به خودروهای شخصی، نیاز به سفرهای درون شهری و آلودگی هوا را کاهش می‌دهند.

کلید واژه‌ها: توسعه شهری، رویکرد پویایی سیستم، خودکفایی شهری، سناریونویسی، شهر یزد.

استناد: باقری فهرجی، نجمه؛ انوشه، نگین؛ زارع، فاطمه و پریور، پرستو (۱۴۰۵). ارزیابی اثرات محیط‌زیستی عدم خودکفایی منطقه‌های شهری یزد با رویکرد پویایی سیستم. *نشریه پژوهش های محیط‌زیست*، ۱۶ (۳۲)، ۸۳-۹۹. https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246804

ناشر: انجمن ارزیابی محیط‌زیست ایران.

© نویسندگان.

سرآغاز

رشد سریع شهرها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، پدیده‌ای با پیامدهای مهم محیط‌زیستی است. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، اندازه شهرها در این مناطق تقریبا سه برابر شود. شهرنشینی سریع، که اغلب با کنترل ضعیف کاربری زمین همراه است، به توسعه‌های پراکنده، کم‌تراکم و تضعیف هسته‌های شهری می‌انجامد، همچنین به نوبه خود می‌تواند کارایی حمل‌ونقل شهری را کاهش داده و برنامه‌ریزان شهری را مجبور به توسعه فیزیکی هر چه بیشتر دسترسی‌های شهری کند (Venter et al., 2021). هر چند توسعه شهری باعث گسترش راه‌حل‌های نوآورانه‌ای مانند سیستم‌های حمل‌ونقل شهری هوشمند (Ganiyu & Kawu 2022) و گونه‌شناسی در برنامه‌ریزی شهری[1] (Tobey et al., 2019) است، ولی از سوی دیگر، رشد شهرها عوارض محیط‌زیستی منفی به‌دنبال دارد. به‌طوری که در شهرهای در حال رشد، تخریب مناطق طبیعی و افزایش ردپای کربن از جمله اثراتی هستند که منجر به تغییرات آب‌وهوایی در مقیاس جهانی می‌شود (Venter et al., 2021).

مفهوم خودکفایی در محله‌های شهری، به توانایی این مناطق برای حمایت از نیازهای ساکنان خود از طریق در اختیار قرار دادن منابع و خدمات محلی متنوع گفته می‌شود. به‌طوری که برخی از مطالعات بر جنبه‌های اجتماعی و بهداشتی خودکفایی محله‌های شهری، مانند در دسترس بودن سازمان‌های مراقبتی (Kim et al., 2022) و برخی دیگر بر بعد محیط‌زیستی، مانند ادغام سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر برای ارتقای خودکفایی در مصرف انرژی (Todeschi et al., 2021) تاکید دارند. علاوه بر این، مفهوم خودکفایی با پویایی در مقیاس محله‌های شهری (Harris et al., 2021) در ارتباط است که به نوعی تاکید بر پویایی اجتماعی و استفاده از منابع محلی و تاب‌آوری (Alawneh & Rashid 2022) دارد. به‌طور خلاصه، خودکفایی در محله‌های شهری یک مفهوم چندبعدی است که تحت تأثیر طیف وسیعی از عوامل از جمله خدمات مراقبت اجتماعی، پایداری محیطی، سیستم‌های انرژی، تحرک شهری و پویایی اجتماعی است. از این‌رو برای دستیابی به خودکفایی در مقیاس محله‌های شهری، برنامه‌ریزان شهری نیازمند رویکرد جامعی هستند تا ابعاد مختلف آن از طریق ابزارهایی مانند ارزیابی محیط‌زیستی، راهبردهای برنامه‌ریزی و مشارکت جامعه، پردازش شود (Arab et al., 2022; Alipour & Galal Ahmed 2021; Chookah et al., 2021; Cheshmehzangi et al., 2020). مناطق شهری اغلب با چالش‌های مربوط به خودکفایی، به‌ویژه در حوزه‌های تولید غذا، انرژی، آب و خدمات شهری مواجه هستند. فقدان خودکفایی می‌تواند تأثیرات محیطی و اقتصادی- اجتماعی داشته باشد، زیرا مناطق شهری باید برای رفع نیازهای خود به منابع خارجی متکی باشند (Toboso-Chavero et al., 2023). چنین روندی می‌تواند منجر به افزایش رفت‌وآمدها، استفاده از خودروهای شخصی و به دنبال آن افزایش آلودگی‌های محیط‌زیستی، اثر جزیره گرمایی شهری (Braun et al., 2023; Kumar & Suhas 2022) و کاهش انعطاف‌پذیری در مواجهه با اختلالات در زنجیره تامین و تولید خدمات شود (Guillén-Lambea et al., 2023). پرداختن به این چالش‌ها نیازمند برنامه‌ریزی شهری و مداخلات سیاستی یکپارچه است که برای این منظور باید ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر منطقه شهری در نظر گرفته شود (Hassan et al., 2023; Sun et al., 2022). بر این اساس یکی از معیارهای سنجش پایداری شهری، خودکفایی محله‌های شهری است که بر ابعاد تو در توی محیط‌زیست شهری شامل زیرسیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی موثر است. ارزیابی این معیار بر اساس سنجه‌هایی مانند مصرف انرژی، حمل‌ونقل و ترافیک، اندازه شهر، دسترسی‌ها، سرانه کاربری‌ها و خدمات شهری، آلودگی هوا، رضایت و کیفیت زندگی شهروندان قابل انجام است. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی یک ابزار اساسی برای توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست است. در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی برای رفع کاستی‌ها و سازگاری با چالش‌های محیط‌زیستی و درک ارتباط‌های چندگانه متقابل بین مسائل محیطی و بهداشتی (Gigimon & Darsana 2024)، بهبود ارتباط با تصمیم‌گیرندگان، اطمینان از مشارکت معنادار عمومی (Bond et al., 2024)، حاکمیت محیطی و حفاظت از ارزش‌های آن در مقیاس‌های مختلف محلی و جهانی (Mwanga 2022; Sánchez & Duarte 2022) تلاش می‌شود. در سال‌های اخیر از رویکرد پویایی سیستم به‌عنوان ابزار ارزشمندی برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی به‌ویژه در مطالعات محیط‌زیست شهری استفاده شده است. استفاده از این رویکرد، امکان درک تعاملات پیچیده بین زیرسیستم‌های مختلف شامل (اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیکی و زیرساختی) در طیف متنوعی از اکوسیستم‌ها از جمله مناطق شهری را فراهم می‌کند (Guo et al., 2024; Kankhva et al., 2024;

1. Typology in urban planning

Manshadi et al., 2024). به‌طور مثال، در مطالعه‌ای که توسط Guo و همکاران در سال ۲۰۲۴، انجام شد، استفاده از رویکرد پویایی سیستم برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از عدم خودکفایی در محله‌های شهری مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که این رویکرد، بینش‌هایی را در مورد روابط پیچیده بین سیستم‌های شهری و انعطاف‌پذیری آنها در برابر وابستگی‌های خارجی، فراهم می‌کند (Guo et al., 2024; Kankhva et al., 2024). Soria-Lara و همکاران در سال ۲۰۱۵، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری با روش نظرسنجی مبتنی بر وب به بررسی مسائل مربوط به اثرات توسعه حمل‌ونقل شهری پرداختند. نتایج این مطالعه مشارکت غیرساختاری ذی‌نفعان و مشارکت عمومی ناکارآمد در زمینه حمل‌ونقل شهری را نشان داد (Soria-Lara et al., 2015). Khosravi و همکاران در سال ۲۰۲۰، در پژوهشی با عنوان ارزیابی مقیاس کلان سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل شهری در مرکز تجاری شهر[2] در اصفهان انجام داده و با استفاده از روش مدل‌سازی پویایی سیستم، سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل را در این شهر ارزیابی کردند. نتایج حاکی از آن است که به‌ترتیب تکمیل توسعه شبکه مترو، توسعه شبکه بی‌آرتی، بهبود امکانات دوچرخه، قیمت‌گذاری راه‌بند، افزایش قیمت پارکینگ، بهبود خدمات اتوبوسرانی، بهبود خدمات تاکسی‌رانی، سیاست زوج و فرد، از موثرترین سیاست ترکیبی برای کاهش آلودگی هوا و مصرف انرژی و افزایش تحرک ترافیک در آینده این شهر می‌باشد (Khosravi et al., 2020). در مطالعه دیگری با عنوان یک رویکرد یکپارچه مبتنی بر پویایی سیستم و فرآیند تحلیل شبکه[3] سیاست‌های حمل‌ونقل شهری پایدار مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه بر اساس روش‌های ارزیابی دریافتند که سیاست‌های مبتنی بر اشتراک‌گذاری سفر در مقایسه با سایر سیاست‌ها برای دستیابی به پایداری در سیستم حمل‌ونقل شهری موثر است (Sayyadi & Awasthi 2020).

شهر یزد، طی دهه‌های اخیر رشد جمعیتی چشمگیری را تجربه کرده است به‌طوری که جمعیت این شهر از ۳۲۶۷۷۶ نفر در سال ۱۳۷۵ (Yazd ProvinceVirtual Portal, 2023) به ۵۸۲۶۸۲ نفر در سال ۱۴۰۰ (Fatemi et al., 2023) با ۷۸/۳۱ درصد تغییر رسیده است. درصد مساحت مناطق ساخته شده از ۳۷ درصد در سال ۱۳۷۵ به ۶۲ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است (Parivar et al., 2023)؛ بنابراین رشد ساخت‌وساز و اندازه شهر در این منطقه قابل توجه است. علی‌رغم توسعه کالبدی در این شهر، توزیع خدمات شهری از جمله آموزشی، بهداشتی– درمانی، ورزشی و فرهنگی بین محله‌های شهری به‌طور متناسب و یکنواخت نیست. از این‌رو سرانه خودروهای شخصی از ۰/۰۱ در سال ۱۳۸۵ به ۰/۰۵ در سال ۱۳۹۵ افزایش داشته است و همچنین سفرهای درون شهری از ۳۰۷ سفر درون شهری با سواری در سال ۱۳۸۵ به ۳۰۳۵ سفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است (Statistical Center of Iran, 2023) و در حال افزایش است. از سوی دیگر کیفیت محیط‌زیست با سنجش شاخص‌هایی مانند افزایش ۲۰ درصدی روزهایی با هوای ناسالم (Air Pollution Monitoring System in Iran,2024)، در حال کاهش است. بر اساس مسائلی که مطرح شد، پرسش اصلی در این پژوهش این است که کدام متغیرهای اثرگذار و اثرپذیر، رابطه بین کیفیت محیط‌زیست‌شهری و خودکفایی محله‌های شهری را نمایش می‌دهند. چرا که بر اساس شناسایی متغیرها، برنامه‌ریزان شهری می‌توانند به مجموعه راهبردهای موثر بر کیفیت محیط‌زیست شهری دست یابند. پرسش دوم در این پژوهش مربوط به شرایط محیط‌زیست شهر یزد با ادامه روند توسعه شهری موجود در این منطقه است. همچنین این تحقیق به دنبال پاسخ به این پرسش است که آیا برنامه‌ریزی در جهت افزایش خودکفایی مناطق شهر یزد، می‌تواند راهبرد موثری برای بهبود کیفیت محیط‌زیست این منطقه باشد. از این‌رو هدف این مطالعه به‌کارگیری رویکرد پویایی سیستم برای مدل‌سازی و درک تعاملات پیچیده بین توسعه شهری، کاهش خودکفایی مناطق شهری، مصرف منابع و تخریب محیط‌زیست است. همچنین به‌طور خاص، هدف پژوهش حاضر تحلیل و تعیین اثرات محیط‌زیستی ناشی از عدم خودکفایی محلات شهری بر کیفیت محیط‌زیست شهری در یزد است.

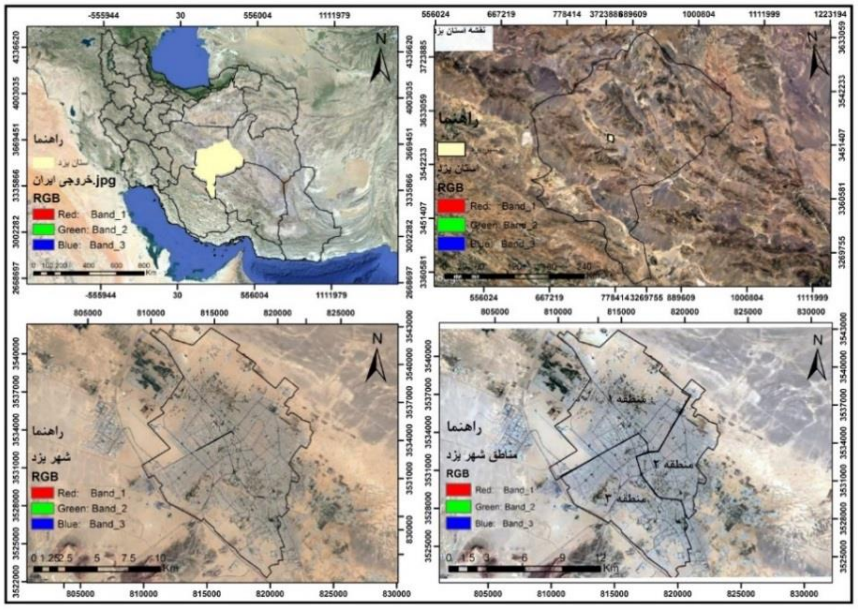
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر یزد در منطقه‌ای وسیع و خشک با مختصات ۱۵ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۱۵ درجه

2. Central Business Distric (CBD)
3. Analytical Network Process (ANP)

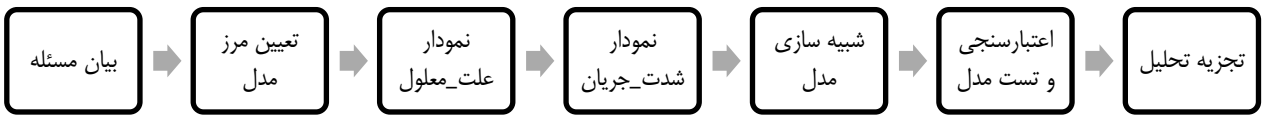
و ۳۲ دقیقه قرار دارد (Niknam et al., 2023). یزد با مساحت ۱۱۰ کیلومتر مربع و ارتفاع ۱۲۱۵ متری از سطح دریا، در بخش مرکزی فلات ایران واقع شده است (Parivar et al., 2023). شکل (۱) موقعیت شهر یزد را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه موقعیت شهر یزد در ایران

روش

در این مطالعه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی عدم خودکفایی منطقه‌های شهری در یزد با استفاده از رویکرد پویایی سیستم انجام گرفته است. رویکرد پویایی سیستم[۴]، رویکردی است که امکان بررسی پویایی و ارتباطات در سیستم‌های پیچیده مانند شهر را فراهم می‌کند (Asif & Zeeshan 2020). این رویکرد وابستگی بین اجزای سیستم از جمله حلقه‌های بازخورد را مدل می‌کند. اهمیت رویکرد پویایی سیستم در پیش‌بینی رفتار آینده یک سیستم بر اساس تعاملات درونی بین زیرسیستم‌های مختلف، و پیشنهاد راه‌حل‌ها و تطبیق سیاست‌ها است. از این‌رو، بسیاری از تحلیل‌گران و برنامه‌ریزانی که در زمینه پایداری فعالیت می‌کنند از این رویکرد برای تحلیل سیستم‌های پویا استفاده می‌نمایند (Sayyadi & Awasthi, 2020). به‌طورکلی فرآیند ساخت مدل‌های پویایی سیستم شامل سه مرحله مدل‌سازی مفهومی، ترسیم نمودار جریان و توسعه مدل سیستم دینامیکی در نرم‌افزار ونسیم[۵] است که از طریق تعیین مرز مدل، ترسیم نمودارهای زیرسیستم، نمودارهای علّی، نمودارهای جریان و معادلات و تاخیرهای زمانی[۶] انجام می‌گیرد (Khosravi et al., 2020). شکل (۲) فرایند انجام مطالعات در رویکرد پویایی سیستم را نشان می‌دهد.



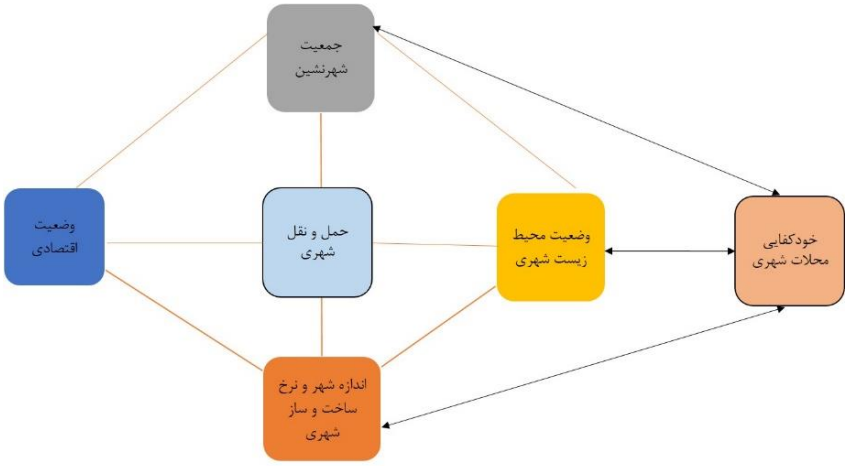
شکل ۲. فرایند انجام مطالعات در رویکرد پویایی سیستم

4. System Dynamic (SD)
5. Vensim
6. Mathematical delays (به تاثیر زمان در روابط بین متغیرها در مدل‌های دینامیک سیستم اشاره می‌کند.)

یافته‌های تحقیق

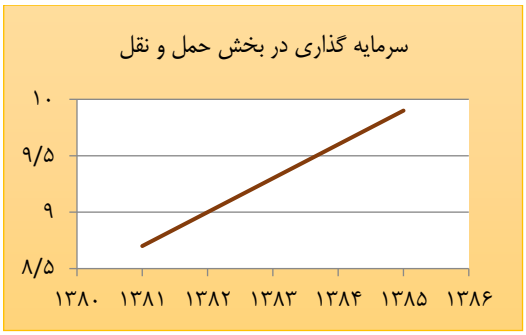
- **تعیین مرز مدل بر اساس زیرسیستم‌های موثر در سیستم**

در نمودار مرزی مدل، محدوده مدل از طریق فهرست کردن متغیرهای درون‌زا، برون‌زا، ورودی و خروجی و متغیرهایی که بر مدل تأثیر می‌گذارند، نشان داده می‌شود. در ارتباط با مسئله پژوهش حاضر پنج زیرسیستم قابل تشخیص شامل جمعیت شهرنشین، وضعیت اقتصادی، وضعیت محیط‌زیست، سیستم حمل‌ونقل شهری و خودکفایی محلات شهری در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشخص است هر چه وضعیت اقتصادی رشد بیشتری داشته باشد، میزان مهاجرت به شهر بیشتر و جمعیت شهری افزایش می‌یابد. بنابر افزایش جمعیت و تقاضا برای ساخت‌وساز، اندازه شهر افزایش یافته و اراضی باغات و فضاهای سبز و باز شهری در اثر توسعه ساخت‌وساز کاهش خواهد یافت. همچنین رشد جمعیت با افزایش تقاضا برای زیرساخت‌های حمل‌ونقل و رشد وسایل نقلیه در شهرها همراه است. به‌دنبال این تغییرات کیفیت محیط‌زیست شهری کاهش می‌یابد. همچنین تغییرات ساختاری در شهرها، خودکفایی در محلات شهری را تحت تاثیر قرار خواهد داد. عمدتا رشد ساخت‌وسازها با توزیع خدمات شهری همگام نیست. در نتیجه این مسئله به‌دنبال خود، افزایش رفت‌وآمدهای شهری، خودرو و ساخت‌وسازها و در نهایت افت کیفیت هر چه بیشتر محیط‌زیست شهرها را به‌دنبال خواهد داشت.

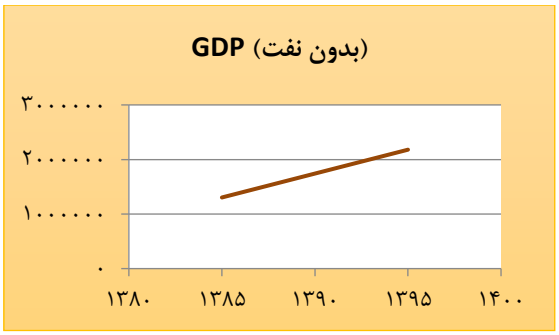


شکل ۳. نمودار زیرسیستم عدم خودکفایی منطقه‌های شهری در یزد

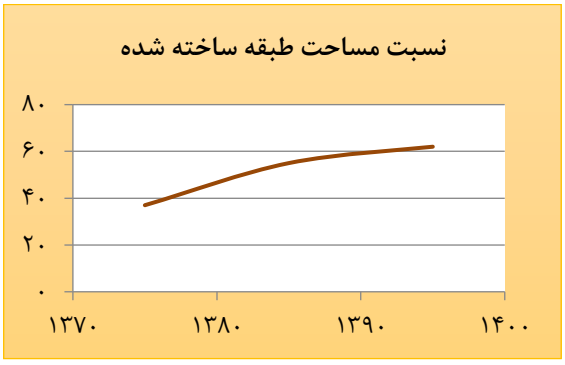
بر اساس زیر سیستم‌های تشخیص داده شده در این پژوهش، رشد اقتصادی، رشد توسعه شهری، خودکفایی مناطق شهری بر اساس سرانه کاربری‌ها و رشد جمعیت و حمل‌ونقل در شهر یزد بررسی شد. در شکل (۴) رشد شاخص GDP در استان یزد نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص می‌باشد از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ تولید ناخالص داخلی در این منطقه رشد ۶۷/۲۱ درصدی داشته است. در شکل (۵) رشد خودروهای فعال در شهر یزد از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۵ و در شکل (۶) رشد سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت‌های مربوط به حمل‌ونقل شهری از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۸۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تعداد خودروهای فعال در شهر یزد رشد ۲۴۱/۴۹ درصدی و میزان سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل رشد ۱۳/۷۹ درصدی داشته است. سهم موجودی سرمایه بخش حمل‌ونقل از کل موجودی سرمایه اقتصاد در طول دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۱ به طور میانگین برابر با ۸/۵ درصد بوده است. این نسبت به طور متوسط در دهه ۱۳۷۰ برابر با ۸/۷ درصد، در دهه ۱۳۸۰ برابر با ۹/۴ درصد و در دهه ۱۳۹۰ برابر با ۹/۲ درصد بوده است که با افزایش سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل شهری روبه‌رو بوده است (Yazd ProvinceVirtual Portal, 2023). در شکل (۷) نمودار میزان ساخت‌وساز در شهر یزد نشان داده شده است. روند ساخت‌وساز در شهر یزد که با متریک PLAND محاسبه شده است نشان می‌دهد که طی دوره مورد مطالعه رشد ۶۸ درصدی داشته است.



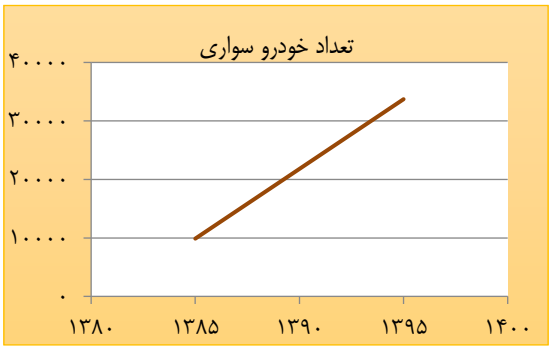
شکل ۵. میزان سرمایه‌گذاری در بخش حمل و نقل



شکل ٤. رشد تولید ناخالص داخلی



شکل ۷. نسبت مساحت طبقه ساخته شده



شکل ٦. تعداد خودروهای سواری

شهر یزد تا سال ۱۳۹۶ دارای سه منطقه شهری بود ولی بعد از آن به پنج منطقه تقسیم شد. به دلیل عدم دسترسی به آمار جمعیتی به تفکیک مناطق پنج‌گانه، این پژوهش براساس داده‌ها و آمار سه منطقه شهری انجام شده است. در مطالعه حاضر، سرانه کاربری‌های آموزشی، بهداشتی- درمانی، فرهنگی، ورزشی، فضای سبز، تجاری- خدماتی برای مناطق سه گانه شهر یزد محاسبه شد. سرانه آموزشی برای مناطق ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱/۵۵، ۲/۱۴، ۱/۲۹ است. سرانه کاربری بهداشتی- درمانی در ۳ منطقه به ترتیب ۰/۵۹، ۱/۹ و ۰/۴۳ می‌باشد. سرانه کاربری فرهنگی به ترتیب ۰/۳، ۰/۷ و ۰/۲ است. سرانه کاربری ورزشی به ترتیب ۱/۴۶، ۰/۷۵ و ۱/۲۵، سرانه فضاهای سبز به ترتیب، ۲/۷۳، ۱/۸۳ و ۲/۲۶، سرانه کاربری اداری- تجاری به ترتیب ۸/۳، ۱۱/۲۴ و ۳۶/۹۶ می‌باشد. در مقایسه با سرانه ملاک عمل در طرح تفضیلی شهر یزد می‌توان این‌گونه استنباط کرد که کاربری‌های فرهنگی و بهداشتی- درمانی در منطقه سه از سرانه استاندارد کمتر است و کاربری ورزشی در منطقه ۲ با تفاوت اندکی کمتر از ملاک عمل می‌باشد. در صورتی که کاربری‌های فضای سبز و آموزشی که دارای تاثیر بیشتر در زندگی روانی و اجتماعی افراد جامعه هستند، با اختلاف بسیار زیادی در هر سه منطقه شهر یزد از ملاک عمل فاصله دارد که نشان‌دهنده ضعف این مناطق در پوشش این دو کاربری می‌باشد و فقط کاربری تجاری- خدماتی با تفاوت چشمگیری بالاتر از حد استاندارد در این مناطق جاگیری شده است.

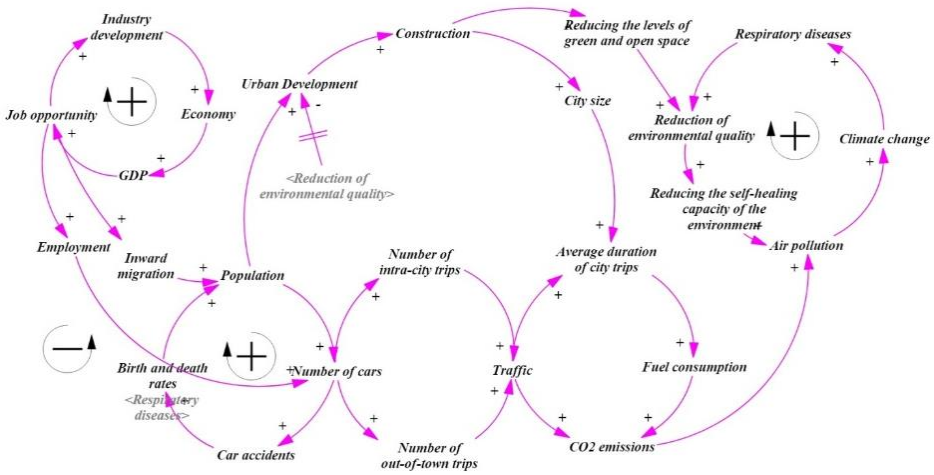
- **نمودار علت و معلولی[7]**

نمودار زیرسیستم با عنوان نمودار CLD معماری کلی مدل یعنی روابط بین متغیرها را نشان می‌دهد. عناصر اصلی در این نمودار شامل متغیرهای مستقل (علت)، متغیرهای وابسته (اثر) و فلش‌هایی است که رابطه بین علت و معلول را نمایش می‌دهد. رابطه بین این متغیرها منجر به تشکیل حلقه‌های بازخورد می‌شود (Baugh Littlejohns et al., 2021). CLDها به نشان دادن چگونگی تعامل متغیرها از

7. Causal Loop Diagram

طریق حلقه‌های تقویت‌کننده[8] و متعادل‌کننده[9] کمک می‌کنند. درک این حلقه‌ها برای تجزیه‌وتحلیل رفتار سیستم در طول زمان بسیار مهم است. حلقه‌های تقویت‌کننده به‌عنوان حلقه‌های بازخورد مثبت شناخته می‌شوند، برای تقویت اثرات درون حلقه عمل می‌کنند. آنها معمولاً با یک "R" یا "+" در نمودارها مشخص می‌شوند. حلقه‌های متعادل‌کننده یا حلقه‌های بازخورد منفی، برای تثبیت یا خنثی کردن تغییرات درون یک سیستم عمل می‌کنند و سیستم را به سمت یک حالت یا تعادل مطلوب سوق می‌دهند. آنها معمولاً با یک "B" یا "-" در نمودارها مشخص می‌شوند (Sterman, 2002). حلقه‌های بازخورد توسعه‌یافته در این تحقیق برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی عدم خودکفایی شهر یزد در شکل (۸) نشان داده شده است. در این پژوهش نمودار علت- معلولی از ۲۵ متغیر مستقل و وابسته و چندین حلقه بازخورد مثبت و منفی تشکیل شده است.

با توجه به نمودار بسط داده شده در این پژوهش، حلقه بازخورد مثبت توسعه صنعت باعث افزایش اقتصاد و به ترتیب افزایش تولید ناخالصی داخلی فرصت شغلی می‌شود که در حلقه بعدی فرصت شغلی سبب افزایش مهاجرت و افزایش جمعیت شهرنشین شده است که خود مسبب افزایش تعداد خودرو و افزایش تعداد تصادفات خودرو می‌شود و متاسفانه تصادفات باعث افزایش نرخ مرگ‌ومیر شده و در نهایت سبب کاهش جمعیت تشکیل حلقه بازخورد منفی می‌شود. از سوی دیگر، افزایش تعداد خودروها، تعداد سفرهای درون شهری و برون شهری را نیز افزایش می‌دهد. واضح است در این صورت ترافیک و مصرف سوخت و انتشار CO_2 نیز با افزایش روبه‌رو می‌شود که مسبب افزایش آلودگی هوا هستند. با رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی با پدیده توسعه شهری روبه‌رو هستیم که سبب افزایش ساخت‌وساز و کاهش سطوح فضای‌سبز و باز و همچنین کاهش کیفیت محیط‌زیست و ظرفیت خودپالایی محیط می‌شود که در نهایت منجر به افزایش آلودگی هوا و تغییر اقلیم و گسترش بیماری‌های تنفسی می‌گردد. همین بیماری‌های تنفسی می‌تواند باعث کاهش جمعیت شود که به صورت یک حلقه متوازن‌کننده تعادل در چرخه جمعیت است.

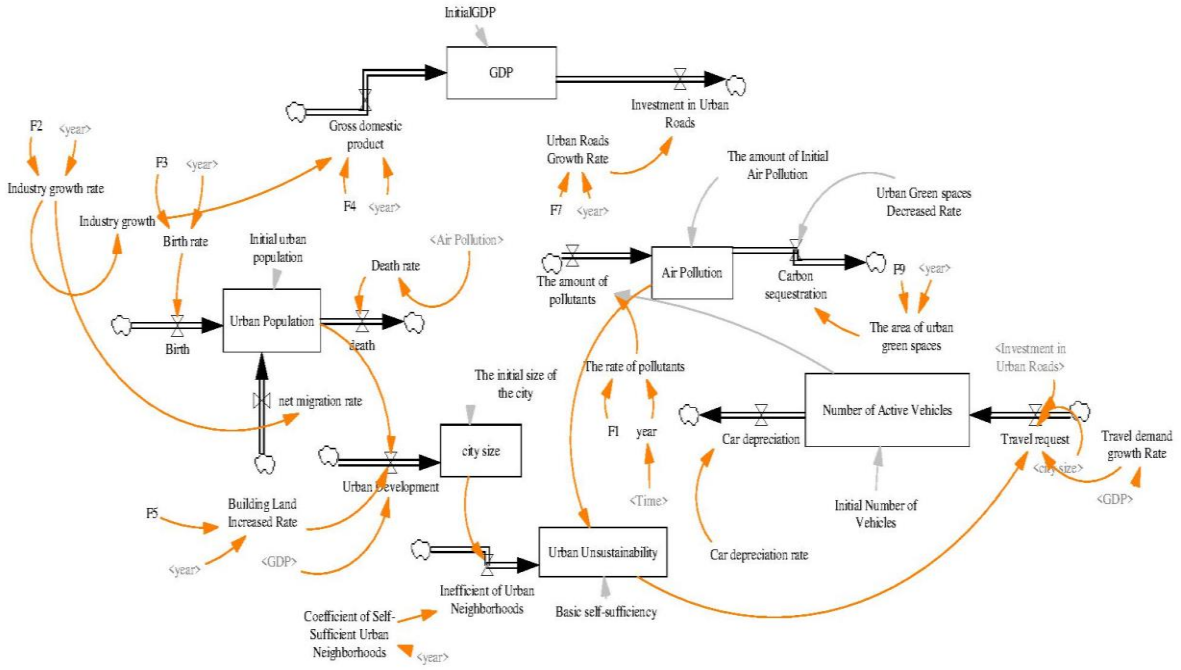


شکل ۸. نمودار علت_معلولی (CLD) عدم خودکفایی منطقه‌های شهری در شهر یزد

- **نمودار حالت- جریان[10]**

در این تحقیق پس از شناسایی زیرسیستم‌ها و پیوندهای علّی بین متغیرها، نمودار حالت و جریان بسط داده شد (شکل ۹). معادلات ریاضی متغیرهای اصلی در جدول (۳) نشان داده شده است.

8. Reinforcing
9. Balancing
10. Stock and Flow Diagram



شکل ۹. نمودار حالت و جریان عدم خودکفایی منطقه‌های شهری در یزد

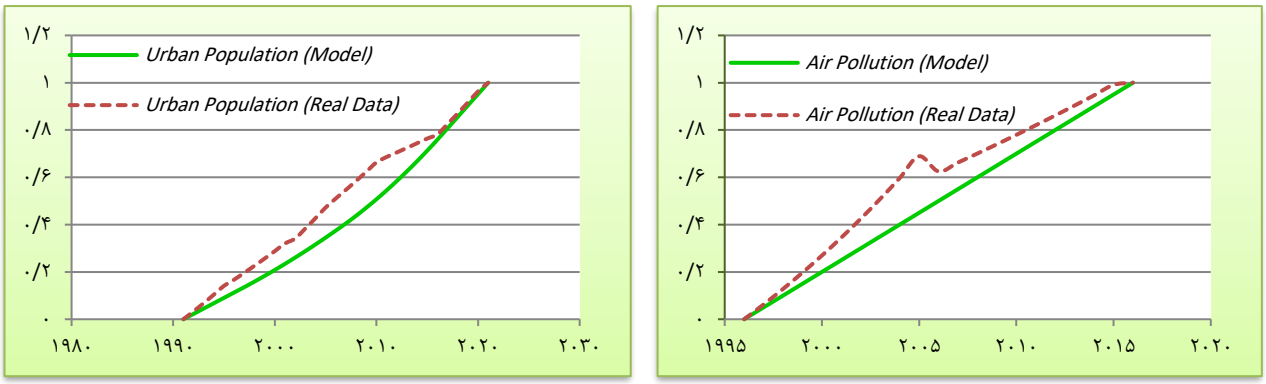
جدول ۱. متغیرهای اصلی و معادله در نمودار حالت- جریان عدم خودکفایی منطقه‌های شهر یزد

شماره معادله	متغیر	معادله
(1)	Urban Population	INTEG (Birth + Net migration-death, initial value)
(2)	Birth	Birth rate × total urban population/100
(3)	Death	Death rate × total urban population/100
(4)	GDP	SMOOTH (Gross domestic product-Investment in Urban Roads, 2040)
(5)	Air Pollution	SMOOTH (The amount of pollutants-Carbon sequestration, 2040) + RAMP (5, 2021, 2040)
(6)	Number of Active Vehicles	$dV/dt = \alpha * P * I - \beta * V$

V: تعداد وسایل نقلیه، V : زمان، dV/dt: میزان تغییر تعداد وسایل نقلیه در طول زمان، α: نرخ مالکیت وسیله نقلیه برای هر نفر، α: نرخ مالکیت وسیله نقلیه برای هر نفر ، I: سطح درآمد شهر در زمان t ، β: نرخ اسقاط وسیله نقلیه

- **اعتبارسنجی مدل**

اعتبارسنجی یکی از مراحل ضروری در فرآیند مدل‌سازی است. البته با وجود عدم قطعیت‌های فراوان در دنیای واقعی و این که مدل‌ها توسط ذهن محدود انسان ساخته شده‌اند، هیچ مدلی نمی‌تواند کاملا معتبر باشد. مدل‌ها نمونه‌های ساده شده‌ای از موقعیت‌های دنیای واقعی هستند. با توجه به این‌که متغیرهای متعددی وجود دارند که می‌توانند بر مشکل مورد مطالعه تأثیر بگذارند، به‌دلیل محدودیت‌های مدل‌سازی و محدودیت برای آن، نمی‌توان همه متغیرهای تأثیرگذار را در نظر گرفت. با این حال، یکی از روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی اعتبار مدل، مقایسه نتیجه شبیه‌سازی با داده‌های مرجع است (Manshadi et al., 2024). نتایج شبیه‌سازی و داده‌های واقعی دو متغیر جمعیت و آلودگی هوا در طول زمان مورد بررسی قرار گرفت و روند مشابهی را نشان داد (شکل ۱۰). بنابراین، می‌توان به نتایج مدل‌سازی در این مطالعه برای پیش‌بینی آینده اعتماد کرد.

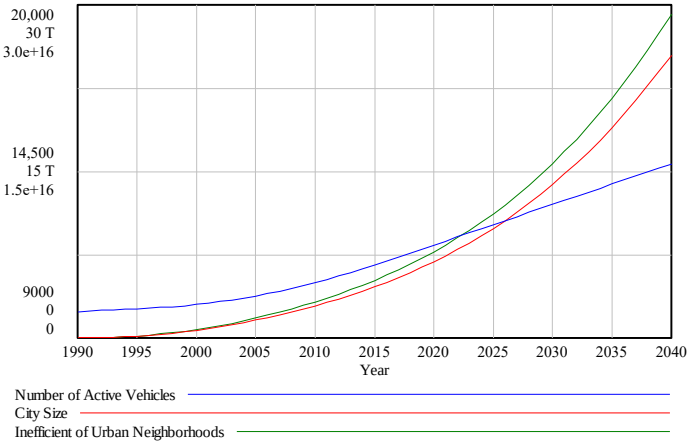


شکل ۱۰. نتایج اعتبارسنجی مدل

- **نتایج شبیه‌سازی**

ادامه وضع موجود[11]

نتیجه مدل‌سازی در نمودار حالت و جریان برای سه متغیر اندازه شهر، عدم خودکفایی محله‌های شهری و ناپایداری محیط‌زیست شهر یزد تا سال ۲۰۴۰ در شکل (۱۱) نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار زیر مشخص است، با ادامه روند وضع موجود هر سه متغیر تا سال ۲۰۴۰، روند افزایشی خواهند داشت.



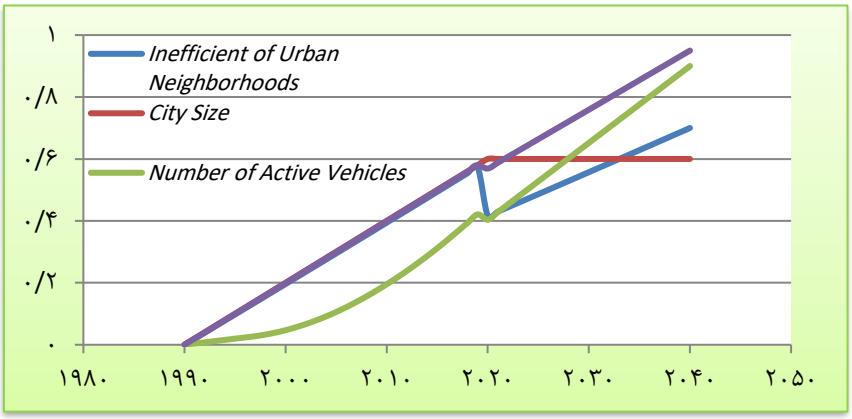
شکل ۱۱. رفتار متغیرهای انتخاب شده مدل در دوره شبیه‌سازی (۱۹۹۰- ۲۰۴۰) در اجرای پایه

در این بخش سعی شده است اثرات محیط‌زیستی در رابطه با عدم خودکفایی منطقه‌های شهری شهر یزد بر اساس دو سناریو مورد ارزیابی قرار گیرد.

- **سناریوی اول: فرض تاثیر افزایش ۳۰ درصدی خودکفایی مناطق شهری در یزد و ثابت ماندن اندازه شهر روی تعداد خودرو و آلودگی هوا**

نتیجه شبیه‌سازی سناریوی اول در شکل (۱۲) نشان می‌دهد که اگر خودکفایی مناطق شهری در شهر یزد ۳۰ درصد افزایش پیدا کند و اندازهٔ شهر ثابت بماند تا سال ۲۰۴۰ تعداد خودروها ۱۰ درصد و آلودگی هوا ۵ درصد کاهش پیدا می‌کند که نسبت به ادامه وضع موجود شهر یزد شرایط بهتری خواهد داشت.

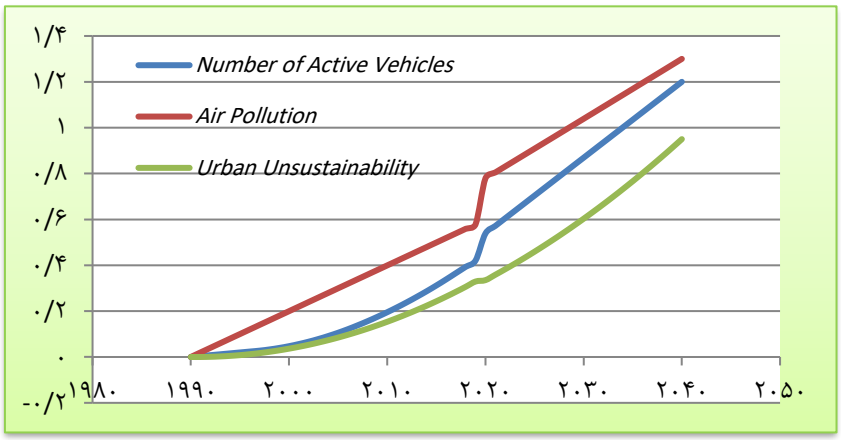
11. Base Run



شکل ۱۲. رفتار متغیرهای انتخاب شده مدل در دوره شبیه‌سازی (۱۹۹۰-۲۰٤۰) در سناریوی اول

- **سناریوی دوم: تاثیر افزایش ۲۰ درصدی تعداد خودروهای فعال روی آلودگی هوا و ناپایداری شهری**

نتیجه شبیه‌سازی سناریوی دوم در شکل (۱۳) نشان می‌دهد که اگر تعداد خودروهای فعال در شهر یزد ۲۰ درصد افزایش پیدا کند تا سال ۲۰۴۰ آلودگی هوا ۳۰ درصد افزایش و ناپایداری شهری ۵ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۱۳. رفتار متغیرهای انتخاب شده مدل در دوره شبیه‌سازی (۱۹۹۰-۲۰٤۰) در سناریوی دوم

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثرات محیطزیستی خودکفایی مناطق شهری یزد که طی سال‌های اخیر با روند نامتعادلی در حال توسعه است، مطالعه شد. مدل مفهومی بسط داده شده در بستر رویکرد پویایی سیستم در این پژوهش، رابطه بین پایداری محیطزیست شهری و میزان خودکفایی محله‌های شهری را نشان می‌دهد. به‌طوری که توسعه شهری با رشد اندازهٔ شهر همراه است که خود مسبب افزایش نیاز شهروندان به خدمات شهری می‌شود. چنین تغییراتی، سفرهای درون شهری را افزایش می‌دهد. این روند باعث افزایش تعداد خودرو و افزایش تعداد تصادفات می‌شود و از سوی دیگر، ترافیک، مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها را در شهر افزایش می‌دهد که در نتیجه باعث آلودگی هوا و کاهش کیفیت محیطزیست شهری می‌شود. همچنین رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی، افزایش ساخت‌وساز و کاهش سطوح فضای‌سبز و باز و نیز کاهش کیفیت محیطزیست و ظرفیت خودپالایی محیط را به‌دنبال دارد، که در نهایت منجر به افزایش آلودگی هوا، تغییر اقلیم، گسترش بیماری‌های تنفسی و کاهش رضایت شهروندان می‌شود. نتایج این مطالعه در یزد نشان داد که رشد و توسعه شهری طی دو دهه اخیر باعث توسعه نامتوازن مناطق، کاربری‌ها و خدمات در مناطق سه گانهٔ این شهر شده است. همین امر عدم خودکفایی این مناطق را به‌دنبال داشته به‌طوری که باعث افزایش تعداد خودروها و جابه‌جایی‌های شهری همچنین کاهش کیفیت محیطزیست شهر شده است.

متاسفانه سیاست‌های توسعه شهری در این منطقه تنها در جهت افزایش دسترسی‌ها برای پاسخ‌گویی به نیاز در حال رشد جمعیت شهری است. به‌طوری که در مدل توسعه داده شده در این تحقیق نیز نشان داده شد که ادامه وضع موجود، تا سال ۲۰۴۰ ناپایداری محیط‌زیست شهر یزد را به شدت افزایش می‌دهد. این در حالی است که بر اساس متغیرهای اثرگذار و اثرپذیر و روابط درونی آنها، سیاست توسعه دسترسی‌ها خود مشوق افزایش تعداد خودروها و سفرهای درون شهری است. ولی اگر سیاست‌ها بر مبنای توسعه خودکفایی مناطق شهری و محله محوری استوار باشد، این روند می‌تواند به نفع محیط‌زیست‌شهری تغییر کند. به‌طوری که نتایج سناریونویسی نشان می‌دهد که اگر خودکفایی مناطق شهری، ۳۰ درصد افزایش یابد، با فرض ثابت ماندن اندازهٔ شهر تا سال ۲۰۴۰، تعداد خودروها، ۱۰ درصد و آلودگی هوا ۵ درصد کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق هم‌راستا با تحقیقاتی است که در ارتباط با اثرات توسعه شهری انجام شده است. به‌عنوان مثال، مطالعه‌ای که توسط Khosravi و همکاران در سال ۲۰۲۰ در ارتباط با ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل شهری با استفاده از تحلیل پویایی سیستم انجام شده است نیز کیفیت محیط‌زیست و شاخص‌های آلودگی هوا، مصرف انرژی را متاثر از سیستم حمل‌ونقل شهری معرفی کرده است. همچنین در مطالعه‌ای که Thaller و همکاران در سال ۲۰۱۷ از طریق روش پویایی سیستم انجام دادند رفتار تقاضای حمل‌ونقل را تاثیرگذار بر وضعیت ترافیک و محیط‌زیست معرفی کردند (Thaller et al., 2017). در مطالعه‌ای هم که توسط Jifeng و همکاران در سال ۲۰۰۸ در ارتباط با سیستم حمل‌ونقل شهری انجام دادند، نشان داده شده است که اعمال سیاست‌های محدودکننده بر تعداد وسایل نقلیه، با تاخیر زمانی روی آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای اثرگذار است (Jifeng et al., 2008). در جمع‌بندی می‌توان اظهار داشت که اعمال سیاست‌های کنترل‌کننده رشد شهر، بالابردن خودکفایی مناطق شهری بر کیفیت محیط‌زیست موثر خواهد بود. برای این منظور، برنامه‌ریزی شهری در جهت توزیع متوازن خدمات شهری در سطح مناطق، افزایش ارائه خدمات الکترونیک، و بهبود عملکرد حمل‌ونقل عمومی می‌تواند بر کنترل تقاضای خودروهای شخصی و آلودگی‌های محیط‌زیستی موثر باشد.

منابع

Alawneh, S. M., & Rashid, M. (2022). Revisiting urban resilience: a review on the resilience of spatial structure in urban refugee neighborhoods facing demographic changes. *Frontiers in Sustainable Cities. 4* (806531).

Alipour, S. H., & 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).

Air Pollution Monitoring System in Iran. (2024). https://aqms.doe.ir/.

Arab, W., Mohamed, M. & Saoudi, H. (2022). Assessment of urban sustainability in collective residential neighborhoods. A case study of the neighborhood of 400 dwellings in the city of Milan. *Technium Soc. Sci. J. 38* (895).

Asif, A., & Zeeshan, M. (2020). Indoor temperature, relative humidity, and CO2 monitoring and air exchange rates simulation utilizing system dynamics tools for naturally ventilated classrooms. *Building and Environment. 180* (106980).

Baugh Littlejohns, L., Hill, C., & Neudorf, C. (2021). Diverse Approaches to Creating and Using Causal Loop Diagrams in Public Health Research :Recommendations From a Scoping Review. *Public Health Rev. 42* (1604352).

Bond, A., Retief, F., Morrison Saunders, A., Pope, J., Alberts, R. C., Roos, C., & Cilliers, D. (2024). Investigating communication of findings in Environmental Impact Assessment and developing a research agenda for improvement. *Environmental Impact Assessment Review. 105* (107453).

Braun, A., Duffy, C. E., Warth, G., & Hochschild, V. (2023). Relationship of urban heat with building density and green spaces remote sensing-based study across Vietnam's metropolitan areas. *Vietnam Journal of Science and Technology. 61*: 108-121.

Cheshmehzangi, A., Dawodu, A., Song, W., Shi, Y., & Wang, Y. (2020). An introduction to neighborhood sustainability assessment tool (NSAT) study for China from a comprehensive analysis of eight Asian tools. *Sustainability. 12* (2462).

Chookah, N. A., Mushtaha, E., Alsyouf, I., & Alkhalidi, A. (2021). Sustainable Neighborhood Assessment: Evaluating Residential Sustainability in Sharjah City's Old Neighborhoods Using the UN-Habitat's Sustainable Neighborhood Principles. *Civil Engineering and Architecture. 9***:** 1206-1216.

Fatemi, F., Fallah Aliabadi, S., Sarsangi, A., Dehghani, M., & Heydari, A. (2023). Investigating the impacts of socio-economic vulnerability indicators on COVID-19: A case study of Yazd, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction. 91***(**103676).

Ganiyu, M. A., & Kawu, A. M. (2022). Bus Rapid Transit and the Opportunities and challenges of sustainable urban transportation in Metropolitan Kano, Nigeria.Journal of Inclusive Cities and Built Environment.

Gigimon, V. S., & Darsana, R. S. (2024). Integrating Health Impact Assessment and Environmental Impact Assessment: A Catalyst for Sustainable Development and Public Health in India. *In:* KANOJIA, S. (ed.) Bridging Health, Environment, and Legalities: A Holistic Approach. Hershey, PA, USA: IGI Global.

Guillen Lambea, S., Sierra Perez, J., Garcia Perez, S., Montealegre, A., & Monzon Chavarrias, M. (2023). Energy Self-Sufficiency Urban Module (ESSUM): GIS-LCA-based multi-criteria methodology to analyze the urban potential of solar energy generation and its environmental implications. *Science of the Total Environment. 879* (163077).

Guo, N., Wu, F., Sun, D., Shi, C., & Gao, X. (2024). Mechanisms of resilience in cities at different development phases: A system dynamics approach. *Urban Climate. 53* (101793).

Harris, B., Schmalz, D., Larson, L., & Fernandez, M. (2021). Fear of the unknown: Examining neighborhood stigma's effect on urban greenway use and surrounding communities. *Urban Affairs Review. 57***:** 1015-1048.

Hassan, Q., Algburi, S., Sameen, A. Z., Salman, H. M., & Jaszczur, M. (2023). Implications of strategic photovoltaic deployment on regional electricity self-sufficiency by 2050: A case study in Iraq. *Renewable Energy Focus. 46***:** 338-355.

Jifeng, W., Huapu, L., & Hu, P. (2008). System dynamics model of urban transportation system and its application. Journal of Transportation *Systems engineering and information technology. 8*: 83-89.

Kankhva, V. S., Ikram, M., Bahl, A., Acharya, P., & Parik, K. (2024). Using the IoT Sustainability Assessment Test to Assess Urban Sustainability. BIO Web of Conferences. EDP Sciences. 01078.

Khosravi, S., Haghshenas, H., & Salehi, V. (2020). Macro-scale evaluation of urban transportation demand management policies in CBD by using system dynamics case study: Isfahan CBD. *Transportation Research Procedia. 48***:** 2671-2689.

Kim, M. H., Clarke, P. J., & Dunkle, R. E. (2022). Urban Neighborhood Characteristics and the Spatial Distribution of Home and Community-Based Service Organizations in Michigan Metropolitan Statistical Areas. *Research on Aging, 44***:** 156-163.

Kumar, T. M., & Suhas, K. (2022). A Case study of Urban Heat Island and Air Pollution Mechanism in Bengaluru Metropolitan city. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. *IOP Publishing, 4* (01201).

Manshadi, Z. D., Parivar, P., Sotoudeh, A., & Morovati Sharifabadi, A. (2024). Modeling urban growth effects on carrying capacity in arid and semi-arid regions using system dynamics. *Ecological Modelling. 487* (110565).

Mwanga, E. (2022). Tanzanian environmental impact assessment laws and practice for projects in world heritage sites. *The Journal of Environment & Development. 31***:** 88-107.

Niknam, A., Zare, H. K., Hosseininasab, H., & Mostafaeipour, A. (2023). Developing an LSTM model to forecast the monthly water consumption according to the effects of the climatic factors in Yazd, Iran. *Journal of Engineering Research. 11* (100028).

Öncel, H., & Levend, S. (2023). The Effects of Urban Growth on Natural Areas: The 3 Metropolitan Areas in Türkiye. Environmental Monitoring and Assessment.

Parivar, P., Saadatmand, M., Dehghan Manshadi, Z., Morovati Sharifabadi, A., & Malekinezhad, H. (2023). Evaluation of the effect of unsustainable urban development on water bankruptcy in arid regions using the system dynamics method: the case of Yazd, Iran. *Sustainable Water Resources Management. 9* (166).

Sanchez, L. E., & Duarte, C. G. (2022). Environmental impact assessment in Brazil: a review of its rise (and fall?). Handbook of Environmental Impact Assessment**.** 383-403.

Sayyadi, R., & Awasthi, A. (2020). An integrated approach based on system dynamics and ANP for evaluating sustainable transportation policies. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*. *7*: 182-191.

Soria Lara, J. A., Bertolint, L., & Te brommelstrote, M. (2015). Environmental impact assessment in urban transport planning: Exploring process-related barriers in Spanish practice. *Environmental Impact Assessment Review*. *50*: 95-104.

Statistical Center of Iran. (2023). https://www.amar.org.ir/en/.

Sterman, J. (2002). System Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.Engineering Systems Division

Sun, L., Chang, Y., Wu, Y., Sun, Y., & Su, D. (2022). Potential estimation of rooftop photovoltaic with the spatialization of energy self-sufficiency in urban areas. *Energy Reports*. *8*: 3982-3994.

Thaller, C., Niemann, F., Dahmen, B., Clausen, U., & Leerkamp, B. (2017). Describing and explaining urban freight transport by System Dynamics. *Transportation Research Procedia*. *25*: 1075-1094.

Tobey, M. B., Chang, S., Binder, R. B., & Yamagata, Y. (2019). Typologies of Rapid Urbanization in Developing Asian Countries: A Study of Shanghai's Rapid Urbanization and Subsequent Strategies. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 012097.

Toboso Chave, S., Montealegre, A. L., Garcia Perez, S., Sierra Perez, J., Munozliesa, J., Durany, X. G., Villalba, G., & Madrid Lopez, C. (2023). The potential of local food, energy, and water production systems on urban rooftops considering consumption patterns and urban morphology. Sustainable Cities and Society. *95* (104599).

Todeschi, V., Marocco, P., Mutani, G., Lanzini, A., & Santarelli, M. (2021). Towards Energy Self-consumption and Self-sufficiency in Urban Energy Communities. *International Journal of Heat & Technology*. *39*.

Venter, C., Mahendra, A., & Lionjanga, N. (2021). Urban expansion and mobility on the periphery in the global South. Urban form and accessibility. Elsevier.

Yazd ProvinceVirtual Portal. (2023). http://onlineyazd.com/en.