FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHER)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 3, Winter (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Urban Development Strategies to Improve the Resilience and Ecological Efficiency of Urban Services in Tehran

Shadi Maleki[1]; Mohammad Javad Amiri[1*]; Ismail Salehi[1]

[*]1. Aras International Campus, University of Tehran

*Email Address: mjamiri@ut.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2025/11/03
Revised Date:
2025/12/06
Accepted Date:
2025/12/20
Published Date:
2025/12/22

Keywords:
Ecological resilience,
ecological productivity,
urban planning,
urban services

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the ecological resilience productivity of urban services in Tehran neighborhoods. The objective this research are to determine the ecological resilience variables of ur neighborhoods in Tehran, determine the productivity variables of ur services in Tehran neighborhoods, present a conceptual model of ecological resilience of urban neighborhoods and the productivity of ur services in neighborhoods, determine the relationship between ecological resilience variables of urban neighborhoods and productivity variables of urban services in neighborhoods, and pre strategies for urban environmental planning and management. The st area is Tehran's District 4, which is located in the northeast of Tehran is the easternmost neighborhood of Tehran. The analysis of relationship between the ecological resilience variables of ur neighborhoods and the productivity of urban services shows that these sets of variables are significantly related and strengthening one can l to the improvement of the other. Finally, based on the research findi several urban planning strategies are proposed to improve the resilie and ecological productivity of urban services.

Cite this article: Shadi Maleki , Mohammad Javad Amiri , Ismail Salehi (2025) , Urban Development Strategies to Improve the Resilience and Ecological Efficiency of Urban Services in Tehran , Journal of Environmental Sciences Studies , 10(3) , Pages 10755-10769.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The primary goal of this research is to analyze the ecological resilience and efficiency of urban services within Tehran's neighborhoods, specifically focusing on District 4. The study aims to identify the key factors influencing ecological resilience in Tehran's urban areas and the critical variables that affect the performance of urban services in these neighborhoods. Additionally, this research proposes a conceptual framework linking the ecological resilience of urban neighborhoods with the effectiveness of urban services. It explores the relationship between these two variables and provides strategies for urban environmental planning and management.

Materials and Methods

In this study, both library-based and field-based methods were employed for data collection. The library-based method involved gathering information from credible scientific sources related to ecological resilience. The field-based method utilized tools such as standardized questionnaires and interviews to collect data from local experts and residents. The questionnaires aimed to measure the ecological resilience of urban neighborhoods, while the interviews provided deeper insights into the experiences and opinions of professionals and community members. This combined approach allowed for a comprehensive understanding of the relationship between ecological resilience and urban services.

Results and Discussion

The findings reveal a significant connection between ecological resilience and urban service productivity. In neighborhoods where ecological resilience is stronger, urban services are typically more efficient and reliable. The study emphasizes that ecological resilience plays a crucial role in ensuring that urban systems can continue to provide vital services under environmental stress. The research shows that factors such as biodiversity, pollution absorption, climate change resilience, and natural resource management directly impact the quality and efficiency of urban services. Moreover, the study identifies areas in Tehran where improvements are needed, especially in neighborhoods with lower levels of ecological resilience. These areas often face challenges in maintaining adequate urban services, which directly affects the quality of life for residents.

Conclusion

This study underscores the importance of integrated urban planning strategies that address both ecological resilience and urban service efficiency. The findings highlight that improving one factor can lead to positive changes in the other, thereby fostering a more sustainable and resilient urban environment. Urban planners and policymakers must adopt approaches that recognize the interconnectedness of ecological resilience and urban service productivity. The integration of modern technologies, promotion of sustainable public transportation, and active community participation are essential for improving both aspects. This comprehensive approach will ensure that cities are not only capable of adapting to environmental challenges but also continue to provide essential services that enhance the quality of life for residents. The future of cities depends on creating environments where ecological and human service systems work in parallel, ensuring sustainable urban growth in the face of climate change and other environmental challenges.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۳
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

راهبردهای توسعه شهری جهت بهبود تاب‌آوری و بازده اکولوژیک خدمات شهری تهران

شادی مالکی[۱]، محمد جواد امیری[۱*]، اسماعیل صالحی[۱]

[۱*]- پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران

*ایمیل نویسنده مسئول: mjamiri@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۸/۱۲
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۹/۱۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۹/۲۹
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلید واژه ها:
تاب‌آوری اکولوژیک،
برنامه‌ریزی شهری،
خدمات شهری

چکیده

تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری از پیش‌شرط‌های اصلی توسعه پایدار در کلان‌شهرهایی چون تهران هستند. این پژوهش با هدف تحلیل رابطه میان تاب‌آوری اکولوژیک و بهره‌وری خدمات شهری در محلات منطقه ۴ تهران انجام شد. روش تحقیق کاربردی، توصیفی_تحلیلی و پیمایشی با رویکرد ترکیبی بود و داده‌ها از پرسشنامه استاندارد (۳۰۰ نمونه)، مصاحبه با ۱۵ متخصص و منابع اسنادی و مکانی گردآوری شد. شاخص‌ها با استفاده از روش min–max نرمال‌سازی و در قالب دو شاخص ترکیبی تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری تلفیق شدند. تحلیل‌ها شامل رگرسیون خطی چندگانه و تحلیل خوشه‌ای K-means بود. نتایج نشان داد که تاب‌آوری اکولوژیک تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی خدمات شهری دارد ($\beta=0.45$, $R^2=0.65$) و سه خوشه محله‌ای شامل محلات تاب‌آور و کارا، محلات گذار و محلات آسیب‌پذیر مشخص شد. محلات برتر دارای فضای سبز بیشتر، حمل‌ونقل عمومی کارآمد و مشارکت اجتماعی بالاتر بودند. بر اساس این یافته‌ها، راهبردهایی مانند افزایش سرانه فضای سبز، توسعه حمل‌ونقل پایدار، مدیریت یکپارچه پسماند و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر پیشنهاد شده‌اند.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI:10.22034/jess.2025.556123.2422

۱-مقدمه

تاب‌آوری اکولوژیک به معنای توانایی یک سامانه یا شهر برای مواجهه با اختلال‌ها و تغییرات محیطی و در عین حال حفظ یا بازیابی ساختار و کارکرد خود در سطحی قابل قبول است ؛ در کلان‌شهرهایی چون تهران، که با چالش‌هایی همچون آلودگی هوا، کمبود منابع آب، توسعه نامتوازن کالبدی و فشار فزاینده بر زیرساخت‌ها روبه‌رو هستند، تاب‌آوری اکولوژیک به یکی از محورهای اصلی سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است(Hatami, 2022 & Pourahmad, 2024, Shamsipour) در چنین فضایی، کیفیت و کارایی خدمات شهری – از جمله حمل‌ونقل عمومی، مدیریت پسماند، تأمین آب و انرژی و توسعه فضای سبز – هم از شرایط اکولوژیک متأثر است و هم به نوبه خود بر وضعیت محیط زیست شهری اثر می‌گذارد .شهرها در ادبیات «شهر اکولوژیک» و «متابولیسم شهری» به‌عنوان سامانه‌هایی پیچیده در نظر گرفته می‌شوند که جریان مواد و انرژی در آن‌ها با الگوهای مصرف و تولید شهروندان و نهادها گره خورده است (Downton, 2009 ؛ Register, 2006؛White, 2002) از این منظر، کارایی اکولوژیک خدمات شهری زمانی محقق می‌شود که ارائه خدمات عمومی با کمترین مصرف منابع و کمترین تولید آلاینده‌ها همراه بوده و در عین حال نیازهای شهروندان را به شکلی عادلانه پاسخ دهد (Yang, 2017, Bibri, 2020). در کلان‌شهر تهران، نابرابری فضایی در دسترسی به فضای سبز، تفاوت در کیفیت زیرساخت‌های محلات و ناهمگونی در مدیریت منابع، سبب شده است که تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری در مقیاس محله‌ای به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد.(Ganjirad et al., 2025) ادبیات تاب‌آوری شهری نشان می‌دهد که تاب‌آوری نه تنها به زیرساخت‌های فیزیکی، بلکه به شبکه‌ای از عوامل اجتماعی، نهادی و محیط‌زیستی وابسته است (Bruneau, ؛ Foster, 1997 2000, ؛ Perrings, 2006, Longstaff, 2010) در سطح نظری، شهر تاب‌آور (Godschalk 2003) را شبکه‌ای از سیستم‌های کالبدی و اجتماعی می‌داند که می‌توانند در برابر مخاطرات مقاومت کرده، شوک‌ها را جذب و پس از آن بازیابی کنند) . (Jabareen 2012نیز بر ضرورت برنامه‌ریزی شهری تاب‌آور در مواجهه با تغییرات اقلیمی و خطرات محیطی تأکید دارد. با این حال، بخش قابل توجهی از این ادبیات در مقیاس کل شهر یا در ارتباط با بلایای خاص شکل گرفته و پیوند کمی و تجربی میان تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری در مقیاس محله‌ای، به‌ویژه در زمینه تهران، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است (Sharifi, 2020, Meerow & Newell, 2019). پژوهش حاضر در تلاش است این شکاف را با تمرکز بر منطقه ۴ تهران پر کند. منطقه ۴ به دلیل موقعیت مکانی در شمال‌شرق شهر، تنوع کالبدی و اجتماعی، و هم‌جواری با حریم شمالی، نمونه‌ای مناسب برای مطالعه رابطه میان ویژگی‌های اکولوژیک، زیرساخت‌های شهری و عملکرد خدمات در سطح محلات است. در این پژوهش، افزون بر توصیف وضعیت موجود، تلاش شده است با استفاده از شاخص‌های ترکیبی و روش‌های آماری، رابطه میان تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری سنجیده و نتایج آن به راهبردهای اجرایی تبدیل شود. نوآوری اصلی این پژوهش را می‌توان در سه سطح خلاصه کرد. نخست، شاخص‌های تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری در سطح محله با اتکا به ادبیات جهانی و بومی‌کردن آن برای فضای تهران تعریف و در قالب دو شاخص ترکیبی محاسبه شده است. دوم، رابطه این دو شاخص در سطح محلات منطقه ۴ به‌صورت تجربی و با استفاده از رگرسیون چندگانه و تحلیل خوشه‌ای تحلیل شده و از سطح توصیف فراتر رفته است. سوم، بر اساس نتایج کمی و خوشه‌بندی محلات، راهبردهایی مشخص و متناسب با شرایط محلی برای ارتقای هم‌زمان تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری در منطقه ۴ ارائه شده است. این رویکرد، پژوهش را نسبت به کارهای پیشین که یا صرفاً مفهومی بوده‌اند یا در مقیاسی متفاوت عمل کرده‌اند، متمایز می‌سازد.

۲-مبانی نظری و مدل مفهومی

مطالعات تاب‌آوری شهری از دهه ۱۹۷۰ به بعد به‌تدریج از حوزه اکولوژی به حوزه برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شهری راه یافته‌اند . (Holling 1973) تاب‌آوری را ظرفیت سامانه‌ها برای جذب اختلال و حفظ کارکرد تعریف کرد، در حالی که (Perrings 2006) با پیوند دادن تاب‌آوری و توسعه پایدار، بر ضرورت درک پویایی‌های بلندمدت سامانه‌ها در مواجهه با تغییرات تأکید نمود. در سطح شهر، (Foster 1997)و (Bruneau 2003) چارچوب‌هایی چندبعدی برای تاب‌آوری پیشنهاد کرده‌اند که ابعاد کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی را در کنار هم می‌بینند (Longstaff 2010) . اسلام و همکاران (۲۰۱۳) نیز با تمرکز بر جوامع محلی، بر نقش سرمایه اجتماعی، اعتماد و مشارکت در توان جوامع برای مواجهه با مخاطرات تأکید کرده‌اند. از منظر خدمات شهری، نویسندگانی چون(White 2002) ، (Register 2006)و (Downton 2009) مفهوم «شهر اکولوژیک» را مطرح کرده‌اند که در آن جریان مواد و انرژی در شهر باید با ظرفیت اکوسیستم‌های طبیعی هماهنگ شود. در این چارچوب، خدمات شهری – از جمله آب، انرژی، حمل‌ونقل و مدیریت پسماند – تنها زمانی کارا تلقی می‌شوند که مجموعاً به کاهش فشار بر محیط، بهبود کیفیت زیست‌محیطی و ارتقای عدالت فضایی منجر شوند (Yang 2017). با طرح مفهوم «بهره‌وری کل سبز» نشان می‌دهد که کارایی خدمات شهری باید هم‌زمان خروجی‌های اقتصادی و اثرات

زیست‌محیطی را دربرگیرد و (Bibri 2020) بر نقش سامانه‌های داده‌محور و هوشمند در افزایش بهره‌وری و تاب‌آوری خدمات شهری تأکید می‌کند. مطالعه اردستانی و همکاران ۱۴۰۲، نشان می‌دهد که این تغییرات ممکن است منجر به افزایش ترسیب کربن و تغییرات در ساختار پوشش گیاهی شود، که نیازمند تحلیل دقیق‌تری از محرک‌ها و بازخوردهای اکولوژیکی در قالب سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی است. در سال‌های اخیر، بحث «تاب‌آوری برای چه کسی، در برابر چه چیزی و در کجا (Meerow & Newell, 2019) «و «تاب‌آوری شکلی» در مقیاس محله‌ها (Sharifi, 2020) نشان داده است که تحلیل تاب‌آوری باید در مقیاس‌های محلی و با توجه به تفاوت‌های فضایی–اجتماعی انجام گیرد. در مورد تهران نیز پژوهش‌هایی مانند (Shamsipour 2024) و موحد و طبیبیان (۱۳۹۷) نشان داده‌اند که شبکه‌های اکولوژیک و فضای سبز نقش مهمی در تاب‌آوری اکولوژیک شهر دارند، اما پیوند این موضوع با کارایی خدمات شهری در سطح محله کمتر واکاوی شده است. در این پژوهش، برای عملیاتی‌کردن مفاهیم، دو سازه اصلی در نظر گرفته شده است. سازه نخست «تاب‌آوری اکولوژیک محلات» است که بر پایه شاخص‌هایی همچون سهم انرژی‌های پاک در مصرف محله، سهم خودروهای برقی، سرانه و الگوی توسعه فضای سبز سازگار با اقلیم، درصد بازیافت پسماند، درصد نفوذپذیری سطوح، وضعیت حریم رودخانه‌ها، میزان تخریب و آلودگی خاک، میزان کاشت و بقای نهال و مساحت باغات حفظ‌شده تعریف شده است. این شاخص‌ها ترکیبی از وضعیت بیوفیزیکی، زیرساخت‌های سبز و رفتار مدیریت منابع را بازتاب می‌دهند. سازه دوم «کارایی اکولوژیک خدمات شهری» است که بر مبنای عملکرد خدماتی مانند حمل‌ونقل عمومی، شبکه آبیاری مکانیزه، مدیریت پسماند، استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویانه در مصرف آب و انرژی و نیز روند شکایات مردمی در حوزه خدمات شهری تعریف می‌شود. در این تعریف، کارایی اکولوژیک نه صرفاً به معنای کاهش هزینه، بلکه به معنای ارائه خدمات با حداقل اثر منفی بر محیط و حداکثر پاسخ‌گویی به نیازهای شهروندان است. رای ایجاد امکان مقایسه و تحلیل، تمام شاخص‌های کمی به کمک روش نرمال‌سازی min–max به بازه صفر تا یک تبدیل شده‌اند. در شاخص‌هایی که ماهیت منفی دارند، مانند درصد تخریب خاک یا نرخ رشد شکایات مردمی، ابتدا جهت شاخص معکوس شده تا مقدار بیشتر نشان‌دهنده وضعیت مطلوب‌تر باشد و سپس نرمال‌سازی انجام شده است. در گام بعد، شاخص‌های مرتبط با هر سازه به صورت میانگین ساده در قالب دو شاخص ترکیبی تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری تلفیق شده‌اند. انتخاب وزن‌های مساوی برای شاخص‌ها از سویی سادگی و شفافیت را به همراه دارد و از سوی دیگر، امکان به‌کارگیری روش‌های وزنی پیچیده‌تر را برای پژوهش‌های آتی باز می‌گذارد. مدل مفهومی پژوهش بر مبنای این شاخص‌ها در قالب روابط علی میان سه دسته متغیر شکل گرفته است. در لایه نخست، عوامل زیست‌محیطی و اقلیمی، شامل کیفیت خاک، وضعیت رودخانه‌ها، باغات، نفوذپذیری زمین و شرایط کلی پوشش گیاهی، قرار دارند که عمدتاً برون‌زا تلقی می‌شوند. در لایه دوم، زیرساخت‌ها و خدمات شهری مانند شبکه حمل‌ونقل عمومی، شبکه آبیاری، سامانه‌های مدیریت پسماند و شبکه‌های انرژی قرار گرفته‌اند که تا حدی تحت تأثیر سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری شهری هستند. تلفیق این دو لایه، شاخص تاب‌آوری اکولوژیک محلات را شکل می‌دهد. در لایه سوم، شاخص کارایی خدمات شهری قرار دارد که هم نتیجه وضعیت اکولوژیک و هم محصول نحوه مدیریت و پاسخ‌گویی نهادهای شهری است. به این ترتیب، فرض اصلی پژوهش آن است که تاب‌آوری اکولوژیک نقش متغیر مستقل اصلی را ایفا می‌کند و به‌طور مستقیم و با واسطه متغیرهای اجتماعی–اقتصادی بر کارایی خدمات شهری اثر می‌گذارد.

۳-روش انجام تحقیق

- **بهره‌وری اکولوژیک شهری**

شهر اکولوژیک، شهری است که ساختارهای کالبدی و اقتصادی آن با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی یا به‌عبارتی سازگار با شرایط محیط طبیعی شکل گرفته باشد (کوخائی و مثنوی، ۱۳۹۳). بهره‌وری اکولوژیک خدمات شهری[1]به معنای ارائه خدمات عمومی در شهرها با حداکثر کارایی و حداقل تأثیرات منفی بر محیط زیست است. در این مفهوم، تأکید بر کاهش مصرف منابع طبیعی، انرژی، و تولید پسماند در کنار ارتقاء کیفیت خدمات عمومی همچون حمل‌ونقل، جمع‌آوری زباله، تأمین آب و انرژی، و فضای سبز شهری است(Hartmann, 2025). شهرها به عنوان مصرف‌کنندگان عمده منابع و تولیدکنندگان اصلی آلاینده‌ها، نقش کلیدی در تحقق پایداری اکولوژیک دارند. بهره‌وری اکولوژیک تلاشی است برای هم‌راستاسازی سیستم‌های خدماتی با اکوسیستم‌های طبیعی و افزایش تاب‌آوری شهری (موحد و طبیبیان، ۱۳۹۷). نظریه‌پردازان زیادی نیز در این زمینه وجود دارند که در جدول ۱ مهم‌ترین شاخص‌های بهره‌وری اکولوژیک خدمات شهری ازنظر آن‌ها بررسی شده است.

[1] Eco-efficiency of urban services

جدول ۱- دیدگاه‌های نظریه‌پردازان درباره شاخص‌های بهره‌وری اکولوژیک خدمات شهری

منبع	نوآوری‌ها، ویژگی های خاص نظریه	ابعاد مورد تأکید اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی	شاخص‌های پیشنهادی/ روش سنجش	خدمات مورد تمرکز	دیدگاه کلان درباره خدمات شهری	پژوهشگر
Ecocities: Rebuilding cities in balance with nature	الگویی برای جایگزینی کامل خدمات شهری غیرپایدار با خدمات بوم‌سازگار	اکولوژیکی، اجتماعی عدالت فضایی، کالبدی	کاهش مصرف سوخت، افزایش تراکم مفید، سنجش دسترسی پیاده‌محور	حمل‌ونقل، فضاهای عمومی، خدمات پشتیبانی	شهر باید بازطراحی شود تا خدمات شهری به جای اتکا بر خودرو و مصرف انرژی، متکی به الگوهای طبیعی و محلی باشند.	Richard Register (2006)
Sustainable urban transport	ایجاد پیوند بین عدالت اجتماعی و کیفیت اکولوژیکی خدمات حمل‌ونقل	اکولوژیکی، اجتماعی، سلامت	شاخص شدت آلودگی، مصرف انرژی سرانه، سهم دوچرخه در سفرهای درون شهری	حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه سواری، پیاده روی	خدمات حمل‌ونقل شهری باید با کمترین اثرات زیست‌محیطی و بیشترین دسترسی اجتماعی طراحی شوند.	Felinne Gaffron (2008)
Ecopolis: Architecture and cities for a changing climate	تأکید بر هم‌زیستی عملکردی انسان و طبیعت در خدمات شهری	اکولوژیکی، محلی‌سازی، اجتماعی	شاخص چرخه منابع در مقیاس محله، مصرف سالانه سرانه منابع، بهره‌وری در بازچرخانی[۲]	آب، انرژی، پسماند، فضای سبز	خدمات شهری باید بخشی از یک اکوسیستم زنده باشند که نیازهای محلی را پاسخ دهد و پسماندی تولید نکند.	Paul Downton (2009)
Urban green total factor productivity in China	سنجش تغییرات بهره‌وری در زمان و مقایسه بین شهری	اکولوژیکی، اقتصادی	شاخص سبز بهره‌وری نهایی[۳] شاخص Malmquist برای روند بهره‌وری	آب، انرژی، حمل‌ونقل، تصفیه	تحلیل داده‌محور بهره وری خدمات شهری با استفاده از روش‌های کمی برای ارزیابی عملکرد سبز	Xiaoping Yang (2017)
EcoDesign: A manual for ecological design	ترکیب فناوری زیست‌محیطی با طراحی بیوفیلیک	اکولوژیکی، معماری، انرژی	شدت مصرف انرژی در ساختمان، شاخص تهویه طبیعی، نرخ ذخیره‌سازی آب باران	تهویه، گرمایش، تأمین آب، بازیافت	ساختمان‌ها و زیرساخت ها باید خدمات شهری را در درون خود و با کمترین وابستگی محیطی ارائه دهند.	Ken Yeang (2006)
Building the ecological city	تمرکز بر جریان مواد و انرژی در سطح خدمات شهری	اکولوژیکی، اقتصادی	شاخص متابولیسم شهری، نسبت ورودی/خروجی منابع	آب، انرژی، حمل‌ونقل، جمع‌آوری زباله	تحلیل چرخه مواد در شهر برای افزایش بهره وری خدمات عمومی و کاهش اتلاف	Rodney R. White (2002)
Eco-smart cities: Data-driven and sustainable urbanism	ادغام فناوری دیجیتال با بهره‌وری اکولوژیکی خدمات	اکولوژیکی، فناورانه، داده‌محور	شاخص بهره‌وری داده‌محور، تاب آوری خدمات، بهره‌گیری از اینترنت اشیا و هوش مصنوعی	حمل‌ونقل، انرژی، مدیریت بحران، محیط زیست	خدمات شهری باید مبتنی بر داده‌های بلادرنگ و الگوریتم های هوشمند طراحی و مدیریت شوند.	Elias Bibri (2020)

2 Recycling

3 Green Total Factor Productivity (GTFP)

- **شکاف‌های تحقیقاتی موجود**

با وجود توسعه گسترده مفاهیم بهره‌وری اکولوژیک، برخی خلأهای پژوهشی همچنان باقی است:

– فقدان یک چارچوب جامع برای ارزیابی چندبعدی (اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی) بهره‌وری خدمات شهری.

– کمبود داده‌های مکانی-زمانی و قابلیت پردازش بلادرنگ در بسیاری از شهرهای در حال توسعه.

– عدم تطابق شاخص‌های جهانی با زمینه‌های محلی از لحاظ اقلیم، ساختار اقتصادی، فرهنگ و ظرفیت نهادی.

راهکارهای پیشنهادی برای عبور از این چالش‌ها می‌توانند ادغام داده‌محوری، سیاستگذاری مشارکتی، و ابزارهای مکانی باشند. در این پژوهش سعی شده تا خلاهای پژوهشی فوق پوشش داده شوند. اولاً سعی در ارائه یک چارچوب جامع به منظور ارزیابی چندبعدی بهره‌وری خدمات شهری صورت گرفته. ثانیاً به بحث تبیینی اکتفا شنده و گام‌های تجویزی نیز مبتنی بر یافته‌های تحقیق پیشنهاد گردیده است که این تحقیق را در زمره تحقیقات کاربردی دسته‌بندی خواهد کرد.

- **تاب‌آوری و مولفه‌های آن**

بحث تاب‌آوری اولین بار توسط هولینگ به مفهوم اندازه گیری، تداوم سیستم و توانایی برای جذب تغییر و اختلال با حفظ روابط در بین جوامع، ارائه شده است(Holling, 1973). تاب‌آوری به معنای اندیشیدن و ایجاد تمهیدات برای بازگشت سریع به حالت اولیه بعد از وقوع یک حادثه است. لذا باوجود این‌که تعریف مشترکی از تاب‌آوری ارائه نشده است اما مطالعات گذشته نشان می‌دهد که محققان در بیان مولفه‌ها و ارائه شاخص‌هایی که باعث بهبود جامعه پس از وقوع حوادث می‌شوند اتفاق نظر دارند. امروزه تاب‌آوری از مهم‌ترین سرفصل‌های دستیابی به پایداری است(Perrings, 2006). شهر تاب‌آور شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های کالبدی و جوامع انسانی است. سیستم‌های کالبدی، مولفه‌های ساخته شده و طبیعی شهر که شامل جاده‌ها، ارتباطات و تاسیسات تامین انرژی و همچنین مسیرهای آب، خاک و سیستم‌های طبیعی هستند و شهر بدون برخورداری از سیستم‌های کالبدی تاب‌آور در برابر حوادث بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود , (Godschalk 2003). مردم و دارایی‌ها در شهرهای تاب‌آور در مواجهه با حوادث بهتر عمل می‌کنند(Bolin, 1998).

- **شاخص سازی**

در ادامه به استخراج شاخص‌های مهم در زمینه تاب‌آوری بر اساس مطالعات پیشین پرداخته می‌شود که در جدول ۲ تلخیص گردیده‌اند. شاخص‌های‌مطرح شده از دو نوع کمی و کیفی می‌باشند و سر انجام براساس شاخص‌های موجود و دقیق آنها مدل مفهومی برای سنجش خاص تاب‌آوری در بلایای طبیعی ارائه می‌گردد.

جدول۲- شاخص‌های تاب‌آوری

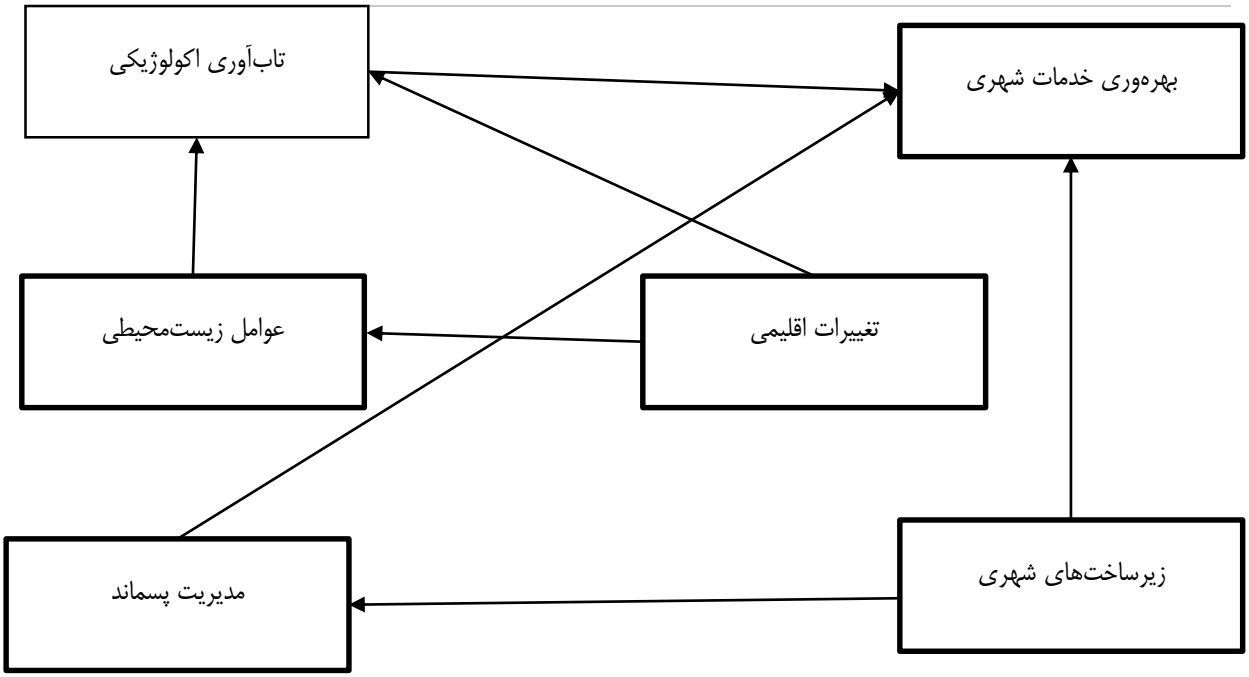
مطالعه	ابعاد یا شاخص‌های مطرح
(Foster, 1997)	این کتاب چارچوبی چندبعدی برای تاب‌آوری شهری ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که تاب‌آوری شهری تنها به زیرساخت‌ها محدود نمی‌شود بلکه شامل سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی نیز هست. این شش بعد می‌تواند به‌عنوان معیارهای ارزیابی تاب‌آوری شهری در مطالعات موردی و برنامه‌ریزی شهری مورد استفاده قرار گیرد.
(Bruneau, 2003)	این مقاله چارچوبی برای ارزیابی کمی تاب‌آوری شهرها در برابر زمین‌لرزه‌ها ارائه می‌دهد، اما ابعاد آن برای سایر بلایا و تحلیل تاب‌آوری شهری نیز قابل تعمیم است. شش بعد مشخص‌شده به تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا نقاط ضعف و قوت شهر را در مواجهه با بلایا شناسایی کنند.
(Rose, 2004)	این مقاله بر شاخص‌های اقتصادی تاب‌آوری شهری تمرکز دارد و نشان می‌دهد که چگونه کاهش خسارت می‌تواند به حفظ عملکرد شهری و بازیابی سریع‌تر پس از بلایا کمک کند. شاخص‌های ارائه‌شده شامل کاهش تلفات انسانی، کاهش خسارات اقتصادی، و سرعت بازیابی زیرساخت‌ها هستند.
(Halik, 2008)	شاخص‌هایی برای ارزیابی تاب‌آوری شهری ارائه می‌دهد که بر ابعاد زیست‌محیطی و اکولوژیک تمرکز دارند و توانایی شهرها در حفظ عملکرد اکولوژیک و مدیریت منابع طبیعی را نشان می‌دهند.
(Henestra, 2004)	ارائه شده توسط موسسه کاهش تلفات حاصل از فجایع کانادا بر توانمندسازی جامعه و ایجاد چارچوب ظرفیت‌های تطبیقی در برابر فجایع تأکید دارد. مفاهیم ارائه‌شده شامل انعطاف‌پذیری سیستم‌ها، رویکرد جامع مدیریت مخاطرات و نگرش‌های فرهنگی برای کاهش خسارات انسانی و اقتصادی است.

(NOAA, 2007)	این گزارش بر اهمیت درس‌آموخته‌ها از فجایع طبیعی و نقش رهبری و درک محلی در کاهش خسارات اقتصادی و اجتماعی تأکید دارد. شاخص‌ها و راهکارهای ارائه شده برای مدیریت بلایا و افزایش تاب‌آوری جوامع کاربرد دارند.
((Godschalk, 2003))	این مطالعه درباره تاب‌آوری شهری و مدیریت بلایای طبیعی، شاخص‌ها و ویژگی‌هایی برای شهرهای تاب‌آور معرفی کرده است: – تنوع: وجود انواع مختلف زیرساخت‌ها، خدمات و منابع که باعث می‌شود سیستم در برابر اختلالات مقاوم‌تر باشد. قابلیت سیستم‌ها و زیرساخت‌ها برای برآورده کردن نیازهای جمعیت و مقابله با شرایط اضطراری.:–کفایت: –قدرت: توانایی سیستم یا جامعه برای مقابله با اختلال و ادامه عملکرد بدون فروپاشی. –همکاری: تعامل مؤثر میان بخش‌های مختلف شهری، سازمان‌ها و جوامع برای مدیریت بحران‌ها. سازگاری: توانایی سیستم یا جامعه برای یادگیری از اختلالات و تطبیق با تغییرات محیطی و اجتماعی.
(Longstaff, 2010)	این مقاله چارچوبی چندبعدی برای ارزیابی تاب‌آوری اجتماعی و شهری ارائه می‌دهد. ابعاد اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی، شاخص‌های کلیدی برای برنامه‌ریزی، مدیریت بحران و بهبود تاب‌آوری جوامع هستند.
(Zaharia & Ariffinb, 2013)	محققان در مطالعه‌ای بر روی جوامع آسیب‌پذیر در کوالالامپور، به تحلیل ابعاد مختلف آسیب‌پذیری اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیرساختی پرداخته‌اند. آنها بر اهمیت سرمایه اجتماعی، فرصت‌های محدود اقشار فقیر و واکنش‌های محلی به خطرات تأکید کرده‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که ارتباطات مؤثر و آموزش‌های محلی می‌توانند به افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر بلایا کمک کنند.
(Ringler, Bhaduri, & Lawford, 2013)	نویسندگان در مطالعه‌ای جامع، به تحلیل تعاملات میان منابع آب، انرژی، زمین و غذا پرداخته و بر اهمیت مدیریت یکپارچه این منابع برای بهبود کارایی استفاده از منابع و افزایش تاب‌آوری در برابر چالش‌های زیست‌محیطی تأکید می‌کنند.
(EEA, 2012)	) در گزارش خود به تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های شهرها در مواجهه با EEAآژانس محیط زیست اروپا(تغییرات اقلیمی پرداخته و بر اهمیت سیاست‌های حمایتی ملی و اروپایی برای تسهیل فرآیندهای انطباق شهری تأکید می‌کنند.
(Islam, Malak, & Islam, 2013)	نویسندگان در مطالعه‌ای بر روی جوامع ساحلی بنگلادش، به تحلیل آسیب‌پذیری و حساسیت این جوامع نسبت به بلایای طبیعی پرداخته‌اند. آنها بر اهمیت عوامل اجتماعی و فرهنگی در تعیین میزان آسیب‌پذیری .تأکید کرده و مدل‌هایی مبتنی بر جامعه برای ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری ارائه داده‌اند
(فرزاد بهتاش، کی نژاد، پیربابایی و عسگری، ۱۳۹۲)	این مطالعه بر اهمیت مؤلفه‌هایی مانند کاهش مخاطرات، برنامه‌های مقابله، کاربری اراضی، بیمه مخاطرات، زیرساخت‌ها، محیط زیست، سازه‌ها، عوامل اقتصادی/اجتماعی و فرهنگ تأکید دارد.
(Jabareen, 2012)	نویسنده به بررسی چالش‌ها و راهکارهای شهرها در مواجهه با تغییرات اقلیمی و خطرات زیست‌محیطی می‌پردازد و چارچوبی مفهومی با عنوان چارچوب برنامه‌ریزی شهری تاب‌آور۴ارائه می‌دهد که توجه ویژه‌ای به مدیریت عدم قطعیت‌ها، تغییرات اقلیمی و خطرات محیطی دارد.

- **مدل مفهومی نهایی**

در شکل شماره ۱ مدل مفهومی نهایی میان بهره‌وری خدمات شهری، تاب‌آوری اکولوژیکی، عوامل زیست محیطی، تغییرات اقلیمی، مدیریت پسماند و زیرساخت‌های شهری نمایش داده شده است.

4 Resilient City Planning Framework(RCPF)



شکل ۱ – مدل مفهومی نهایی

- **محدوده مورد مطالعه**

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی–تحلیلی با رویکرد ترکیبی (کمی و کیفی) است. واحد تحلیل، محلات منطقه ۴ شهرداری تهران می‌باشد و دوره زمانی غالب داده‌ها سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ را دربرمی‌گیرد. منطقه ۴ در شمال‌شرق تهران واقع شده و از شمال به حریم منطقه ۱ محدود می‌شود. این منطقه متشکل از ۹ ناحیه و ۲۰ محله اصلی است که از نظر شاخص‌های کالبدی، اجتماعی و محیط‌زیستی از تنوع چشمگیری برخوردارند و آن را به نمونه‌ای غنی برای مطالعه تبدیل می‌کند.

- **جامعه، نمونه و روش گردآوری داده‌ها**

جامعه آماری این پژوهش را ساکنان محلات منطقه ۴ تهران تشکیل می‌دهند. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران، با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵٪ و خطای مجاز ۵ درصد، ۳۸۴ نفر برآورد شد. این حجم نمونه به نسبت جمعیت هر محله توزیع و پاسخ‌دهندگان به‌صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. به موازات آن، برای تکمیل و تعمیق یافته‌های کمّی، با ۱۵ نفر از کارشناسان و مدیران شهری نیز مصاحبه نیمه‌ساختاریافته انجام شد. در این پژوهش، برای جمع‌آوری داده‌ها از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. در روش کتابخانه‌ای، اطلاعات مرتبط با ابعاد تاب‌آوری اکولوژیکی از منابع علمی معتبر گردآوری شد. برای جمع‌آوری داده‌های میدانی، از ابزارهایی همچون پرسشنامه و مصاحبه بهره گرفته شد. پرسشنامه‌های استاندارد به‌منظور اندازه‌گیری ابعاد تاب‌آوری اکولوژیکی طراحی و توزیع شدند تا داده‌های کمی مورد نیاز جمع‌آوری شوند. علاوه بر این، برای به‌دست آوردن دیدگاه‌ها و تجربیات عمیق‌تر، مصاحبه‌هایی با افراد کلیدی و متخصصان این حوزه انجام شد. این ترکیب از روش‌ها کمک کرد تا داده‌های جامع و قابل اعتمادی به‌دست آید. استفاده از این دو روش به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که از یک سو، داده‌های کمی و استاندارد از طریق پرسشنامه‌ها جمع‌آوری کند و از سوی دیگر، از مصاحبه‌ها برای دریافت دیدگاه‌های کیفی و تجربیات عملی متخصصان بهره ببرد. این ترکیب باعث افزایش دقت و اعتبار نتایج پژوهش شده و امکان تحلیل جامع‌تری از ابعاد تاب‌آوری اکولوژیکی در زمینه‌های مختلف را فراهم می‌کند. روایی: روایی صوری و محتوایی پرسشنامه با نظر پنج متخصص تأیید شد. روایی سازه نیز با تحلیل عاملی اکتشافی بررسی و گویه‌های با بار عاملی زیر ۰,۴ حذف گردیدند. پایایی: پایایی ابزار با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ برای کلیه مقیاس‌ها بررسی و مقادیری بیش از ۰,۸ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب است.

- **متغیرها، شاخص‌ها و نرمال‌سازی**

شاخص‌های کلیدی پژوهش، منابع و روش نرمال‌سازی آن‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۳- تعاریف عملیاتی، منابع و روش نرمال‌سازی شاخص‌های کلیدی

شاخص	روش نرمال‌سازی	واحد	منبع داده	تعریف عملیاتی
سرانه فضای سبز	Min-Max (۰–۱)	مترمربع	شهرداری منطقه ۴	مساحت فضای سبز عمومی به ازای هر نفر
نرخ بازیافت پسماند	Min-Max (۰–۱)	درصد	گزارش مدیریت پسماند	درصد پسماند بازیافتی از کل تولید
سهم حمل‌ونقل عمومی	Min-Max (۰–۱)	درصد	پرسشنامه	درصد سفرهای انجام‌شده با حمل‌ونقل عمومی
شاخص کیفیت هوا	معکوس‌سازی + Min-Max	µg/m³	سازمان محیط زیست	میانگین سالانه غلظت ذرات PM۲٫۵
مشارکت اجتماعی	Min-Max (۰–۱)	امتیاز (۱–۵)	پرسشنامه	میانگین نمره گویه‌های مرتبط با مشارکت

تمامی شاخص‌های کمّی با روش Min-Max به بازه صفر تا یک تبدیل شدند. برای شاخص‌های با ماهیت منفی (مانند نرخ شکایات)، ابتدا جهت شاخص معکوس شد. در نهایت، میانگین مقادیر نرمال‌شده شاخص‌های مرتبط، دو شاخص ترکیبی اصلی پژوهش را شکل دادند: ۱) تاب‌آوری اکولوژیک و ۲) کارایی (بهره‌وری) خدمات شهری.

- **روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها**

تحلیل داده‌ها در چند سطح انجام شد. در سطح نخست، آمار توصیفی برای توصیف وضعیت شاخص‌ها در محلات مختلف محاسبه شد. در سطح دوم، آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه کلی میان شاخص‌های ترکیبی و برخی متغیرهای اجتماعی–اقتصادی مانند تحصیلات، درآمد و مشارکت اجتماعی انجام گرفت. در سطح سوم، از رگرسیون خطی چندگانه برای سنجش تأثیر تاب‌آوری اکولوژیک بر کارایی خدمات شهری استفاده شد؛ به‌گونه‌ای که کارایی خدمات شهری به‌عنوان متغیر وابسته و تاب‌آوری اکولوژیک به‌عنوان متغیر مستقل اصلی در نظر گرفته شده و متغیرهایی همچون تحصیلات، درآمد خانوار و مشارکت اجتماعی به‌عنوان متغیرهای کنترلی وارد مدل شدند. پیش از تفسیر نتایج رگرسیون، فروض کلاسیک آن شامل نرمال بودن باقیمانده‌ها، نبود خودهمبستگی و عدم چندهمخطی شدید میان متغیرها با استفاده از شاخص‌هایی مانند آزمون نرمال بودن، آماره Durbin–Watson و شاخص VIF بررسی و تأیید شد. در سطح چهارم، به منظور طبقه‌بندی محلات بر اساس الگوی تاب‌آوری و کارایی، از تحلیل خوشه‌ای K-means استفاده شد. برای تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها، روند تغییر مجموع مربعات درون‌خوشه‌ای در مقادیر مختلف k بررسی و نقطه شکست منحنی با استفاده از روش Elbow شناسایی گردید. نتایج نشان داد که تقسیم محلات به سه خوشه از نظر آماری و مفهومی مناسب‌ترین گزینه است. برای تفسیر کیفی نتایج آماری و خوشه‌بندی، تحلیل محتوای مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته با کارشناسان شهرداری و مدیران نواحی و نیز گزارش‌های سامانه ۱۳۷ به کار رفت. تحلیل‌های آماری با نرم‌افزارهای SPSS و R و تحلیل‌های مکانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد.

۴- نتایج

جدول ۴ نشان‌دهنده نتایج تحلیل رگرسیون میان تاب‌آوری اکولوژیکی و بهره‌وری خدمات شهری است. ضریب رگرسیون ۰٫۴۵ نشان می‌دهد که به ازای هر واحد افزایش در تاب‌آوری اکولوژیکی، بهره‌وری خدمات شهری به میزان ۰٫۴۵ واحد افزایش می‌یابد. سطح معناداری ۰٫۰۰۱ نشان‌دهنده آن است که رابطه میان این دو متغیر در سطح اطمینان ۹۹٫۹٪ معنادار است. ضریب تعیین ۰٫۶۵ بیانگر این است که ۶۵٪ از تغییرات در بهره‌وری خدمات شهری توسط تغییرات در تاب‌آوری اکولوژیکی توضیح داده می‌شود. این نتایج بیانگر تأثیر مثبت و معنادار تاب‌آوری اکولوژیکی بر بهره‌وری خدمات شهری است. بررسی توزیع باقیمانده‌ها حاکی از نزدیکی آن‌ها به توزیع نرمال و مقدار آماره Durbin–Watson نزدیک به ۲ بود که بیانگر نبود خودهمبستگی جدی در خطاها است. همچنین مقادیر VIF کمتر از ۲ برای متغیرهای مستقل نشان داد که چندهمخطی شدید میان آن‌ها وجود ندارد و بنابراین، ضرایب برآوردشده قابل اعتماد است.

جدول ۴ - تحلیل رگرسیون میان تاب‌آوری اکولوژیکی و بهره‌وری خدمات شهری

متغیر مستقل	ضریب رگرسیون	سطح معناداری	ضریب تعیین(R^2)
تاب‌آوری اکولوژیکی	۰,۴۵	۰,۰۰۱	۰,۶۵

در جدول ۴ محلات مورد بررسی بر اساس تحلیل خوشه‌ای به سه خوشه تقسیم شده‌اند. خوشه اول شامل محلاتی است که دارای فضای سبز بالا و حمل‌ونقل عمومی گسترده هستند. این محلات از نظر تاب‌آوری اکولوژیکی در وضعیت بهتری قرار دارند. خوشه دوم شامل محلاتی با فضای سبز متوسط و توسعه پایدار کمتر است. این محلات نیاز به توجه بیشتری در برنامه‌ریزی‌های شهری دارند تا تاب‌آوری اکولوژیکی آن‌ها بهبود یابد. خوشه سوم شامل محلاتی با فضای سبز کم و نیاز به بهبود زیرساخت‌ها است. این محلات نیازمند اقدامات فوری برای افزایش تاب‌آوری اکولوژیکی و بهره‌وری خدمات شهری هستند.

جدول ۵ - تحلیل خوشه‌ای محلات بر اساس تاب‌آوری اکولوژیکی

خوشه	محلات	ویژگی‌های مشترک
۱	۵	فضای سبز بالا، حمل و نقل عمومی گسترده
۲	۷	فضای سبز متوسط، توسعه پایدار کمتر
۳	۸	فضای سبز کم، نیاز به بهبود زیرساخت‌ها

جدول ۵ نشان‌دهنده تأثیر متغیرهای اجتماعی بر تاب‌آوری اکولوژیکی است. همبستگی مثبت و معنادار میان سطح تحصیلات (۰,۵۲)، درآمد خانوار (۰,۴۸) و مشارکت اجتماعی (۰,۶۱) با تاب‌آوری اکولوژیکی مشاهده می‌شود. سطح معناداری کمتر از ۰,۰۰۵ برای هر سه متغیر نشان‌دهنده آن است که این روابط در سطح بالایی از اطمینان معنادار هستند. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطح تحصیلات، درآمد و مشارکت اجتماعی می‌تواند بهبود تاب‌آوری اکولوژیکی را تسهیل کند. بنابراین، سیاست‌گذاران می‌توانند با ارتقاء این متغیرهای اجتماعی، تاب‌آوری اکولوژیکی محلات را افزایش دهند.

جدول ۶ - تأثیر متغیرهای اجتماعی بر تاب‌آوری اکولوژیکی

متغیر اجتماعی	ضریب همبستگی	سطح معناداری
سطح تحصیلات	۰,۵۲	۰,۰۰۲
درآمد خانوار	۰,۴۸	۰,۰۰۴
مشارکت اجتماعی	۰,۶۱	۰,۰۰۱

جدول ۶ نشان‌دهنده شاخص‌های فضای سبز در سه محله منتخب است. سرانه فضای سبز در محله مجیدیه – شمس آباد بالاترین مقدار را دارد (۱۴,۷۴ متر مربع)، در حالی که تعداد بوستان‌ها در محله کاظم آباد بیشتر است (۶ بوستان). درصد توسعه فضای سبز نیز نشان‌دهنده میزان پیشرفت در ایجاد و نگهداری فضای سبز در هر محله است.

جدول ۷ - بررسی شاخص‌های فضای سبز در محلات مختلف

محله	سرانه فضای سبز(متر مربع)	تعداد بوستان‌ها	درصد توسعه فضای سبز
مهران	۹,۴۵	۵	%۱۵
کاظم آباد	۱۰,۱۳	۶	%۱۸
مجیدیه – شمس آباد	۱۴,۷۴	۴	%۲۰

منبع: گزارش شهرداری منطقه۴, ۱۴۰۲

نتایج جدول ۷ نشان‌دهنده تأثیر مثبت برنامه‌های شهری بر کاهش شکایات مردمی است. افزایش فضای سبز، بهبود حمل و نقل عمومی و مدیریت پسماند هر کدام به کاهش نرخ رشد شکایات مردمی منجر شده‌اند. ضرایب منفی نشان‌دهنده کاهش شکایات است و سطح معناداری کمتر از ۰,۰۱ تأیید می‌کند که این تأثیرات معنادار هستند.

جدول ۸- تأثیر برنامه‌های شهری بر کاهش شکایات مردمی

نوع برنامه شهری	نرخ رشد شکایات	سطح معناداری
افزایش فضای سبز	−۰,۳	۰,۰۰۳
بهبود حمل و نقل عمومی	-۰,۲۵	۰,۰۰۵
مدیریت پسماند	-۰,۳۵	۰,۰۰۲

این نتایج تأکید می‌کند که برنامه‌های شهری که به بهبود شرایط زیست‌محیطی و خدمات شهری می‌پردازند، می‌توانند به کاهش نارضایتی‌های مردمی منجر شوند.

- **بررسی شاخص‌ها**

شاخص‌های مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از:

- شاخص اکولوژیک سهم انرژی‌های پاک
- سهم خودروی برقی
- سهم حمل‌ونقل عمومی
- سهم شبکه آبیاری مکانیزه
- درصد بازیافت زباله
- درصد توسعه فعلی فضای سبز سازگار با اقلیم
- نرخ رشد شکایات مردمی از خدمات شهری
- میزان کاشت نهال و میزان بقا در سال بعد
- درصد تخریب خاک و آلودگی خاک
- درصد نفوذ پذیری زمین در برابر آب
- حریم رود دره‌ها
- باغات حفظ شده

جدول ۸- سهم شاخص‌های مختلف در تاب‌آوری

شماره محله	نام محله	سهم انرژی‌های پاک (٪)	سهم خودروی برقی (٪)	سهم حمل و نقل عمومی (٪)	سهم شبکه آبیاری مکانیزه (٪)	درصد بازیافت زباله (٪)	درصد توسعه فضای سبز سازگار با اقلیم (٪)	نرخ رشد شکایات مردمی (٪)	میزان کاشت نهال (تعداد)	میزان بقا نهال در سال بعد (٪)	درصد تخریب و آلودگی خاک (٪)	درصد نفوذپذیری زمین (٪)	حریم رود دره‌ها (متر)	باغات حفظ شده (هکتار)
۱	محله ۱	۱۰	۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۵	۱۰۰	۸۰	۱۰	۲۰	۵	۲
۲	محله ۲	۱۵	۶	۲۵	۳۵	۴۲	۵۲	۶	۱۱۰	۸۲	۱۲	۲۲	۶	۲,۵
۳	محله۳	۱۲	۷	۲۲	۳۲	۴۱	۵۱	۷	۱۰۵	۸۱	۱۱	۲۱	۷	۲,۲
۴	محله۴	۱۱	۱	۲۱	۲۱	۸۰	۴۰	۵	۱۲	۴۰	۵	۲۱	۵	۲,۳
۵	محله۵	۹	۲	۲۵	۲۵	۸۲	۴۲	۶	۱۱	۴۲	۶	۲۵	۶	۲,۴
۶	محله۶	۸	۳	۲۴	۲۴	۸۱	۴۱	۷	۹	۴۱	۷	۲۴	۷	۲,۶
۷	محله۷	۷	۴	۲۲	۲۲	۸۰	۸۰	۱	۸	۸۰	۱	۲۲	۱	۲,۹
۸	محله۸	۱۲	۵	۲۲	۲۲	۸۲	۸۲	۲	۷	۸۲	۲	۲۲	۲	۳,۱
۹	محله۹	۱۶	۶	۲۳	۲۳	۸۱	۸۱	۳	۱۲	۸۱	۳	۲۳	۳	۳۵
۱۰	محله۱۰	۱۵	۷	۲۳	۲۳	۸۰	۸۰	۴	۱۶	۸۰	۴	۲۳	۴	۳۹,۴,۲
۱۱	محله۱۱	۱۴	۸	۲۶	۲۶	۸۰	۴۰	۵	۱۵	۴۰	۵	۲۶	۵	۲,۳
۱۲	محله۱۲	۱۳	۷	۲۶	۲۶	۸۲	۴۲	۶	۱۴	۴۲	۶	۲۶	۶	۲,۵
۱۳	محله۱۳	۱۱	۶	۲۰	۲۰	۸۱	۴۱	۷	۱۳	۴۱	۷	۲۰	۷	۲

۱۴	محله۱۴	۱۱	۵	۱۹	۱۹	۸۰	۸۰	۸	۸۰	۱۱	۸۰	۸	۱۹	۸	۲,۵
۱۵	محله۱۵	۱۱	۴	۲۰	۲۰	۸۲	۸۲	۷	۸۲	۱۱	۸۲	۷	۲۰	۷	۲,۲
۱۶	محله۱۶	۱۲	۳	۲۰	۲۰	۸۱	۸۱	۶	۸۱	۱۱	۸۱	۶	۲۰	۶	۲,۳
۱۷	محله۱۷	۱۲	۲	۱۸	۱۸	۸۰	۸۰	۵	۸۰	۱۲	۸۰	۵	۱۸	۵	۲,۴
۱۸	محله۱۸	۱۱	۳	۲۰	۲۰	۸۲	۴۰	۴	۴۰	۱۲	۴۰	۴	۲۰	۴	۲,۶
۱۹	محله۱۹	۱۰	۴	۲۰	۲۰	۸۱	۴۲	۳	۴۲	۱۱	۴۲	۳	۲۰	۳	۲,۹
۲۰	محله۲۰	۱۸	۸	۲۸	۳۸	۴۵	۵۵	۸	۵۵	۱۲۰	۸۵	۱۵	۲۵	۱۱۰	۳

سهم انرژی‌های پاک در محله‌ها بین ۱۰٪ تا ۱۸٪ متغیر است. محله‌های با سهم بالاتر از انرژی‌های پاک ممکن است دسترسی بهتری به منابع انرژی تجدیدپذیر داشته باشند. سیاست‌گذاری برای افزایش این سهم در محله‌های با درصد پایین‌تر پیشنهاد می‌شود. سهم خودروهای برقی بین ۵٪ تا ۸٪ است. افزایش زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی و ارائه تسهیلات مالی می‌تواند به افزایش این سهم کمک کند. سهم حمل و نقل عمومی بین ۲۰٪ تا ۲۸٪ متغیر است. محله‌هایی با سهم کمتر نیازمند بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی و افزایش دسترسی به این خدمات هستند. سهم شبکه آبیاری مکانیزه بین ۳۰٪ تا ۳۸٪ است. استفاده از سیستم‌های آبیاری مکانیزه می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش بهره‌وری کمک کند. محله‌هایی با سهم کمتر نیازمند سرمایه‌گذاری در این حوزه هستند. درصد بازیافت زباله بین ۴۰٪ تا ۴۵٪ متغیر است. افزایش آگاهی عمومی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای بازیافت می‌تواند به افزایش این درصد کمک کند. درصد توسعه فضای سبز سازگار با اقلیم بین ۵۰٪ تا ۵۵٪ است. محله‌هایی با درصد کمتر نیازمند برنامه‌ریزی برای توسعه فضای سبز سازگار با اقلیم محلی هستند. نرخ رشد شکایات نهال بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ عدد و میزان بقا بین ۸۰٪ تا ۸۵٪ متغیر است. افزایش تعداد نهال‌های کاشته شده و بهبود شرایط نگهداری می‌تواند به افزایش میزان بقا کمک کند. درصد تخریب و آلودگی خاک بین ۱۰٪ تا ۱۵٪ است.محله‌هایی با درصد بالاتر نیازمند برنامه‌های بازسازی و پاکسازی خاک هستند. درصد نفوذپذیری زمین بین ۲۰٪ تا ۲۵٪ متغیر است. افزایش نفوذپذیری زمین می‌تواند به کاهش سیلاب‌ها کمک کند. محله‌هایی با درصد کمتر نیازمند استفاده از پوشش‌های نفوذپذیر هستند. حریم رود دره‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ متر متغیر است. حفظ و گسترش حریم رود دره‌ها می‌تواند به حفاظت از منابع آبی و کاهش خطر سیلاب‌ها کمک کند. باغات حفظ شده بین ۲ تا ۳ هکتار متغیر است. حفظ و توسعه باغات می‌تواند به افزایش فضای سبز و بهبود کیفیت هوا کمک کند. محله‌هایی با مساحت کمتر نیازمند برنامه‌های حفاظتی و توسعه‌ای هستند. نرخ رشد شکایات مردمی بین ۵٪ تا ۸٪ متغیر است. محله‌هایی با نرخ رشد بالاتر نیازمند رسیدگی به مشکلات و بهبود خدمات شهری هستند. این نتایج با ادبیات نظری تاب‌آوری شهری و شهر اکولوژیک هم‌خوانی دارد. بر اساس دیدگاه‌هایی مانند(Godschalk 2003) ، (White 2002)و رینگلر و همکاران (۲۰۱۳)، شبکه‌های اکولوژیک و زیرساخت‌های سبز به‌عنوان ستون فقرات تاب‌آوری شهری عمل می‌کنند و شهرهایی که از نظر محیط‌زیستی متوازن‌تر هستند، در ارائه خدمات عمومی نیز عملکرد بهتری دارند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که این رابطه در سطح محلات منطقه ۴ تهران نیز مصداق دارد؛ محلاتی که از سهم بالاتر انرژی‌های پاک، بازیافت بیشتر پسماند، نفوذپذیری بیشتر زمین، حریم مناسب رودره‌ها و فضای سبز سازگار با اقلیم برخوردارند، در شاخص کارایی خدمات شهری نیز وضعیت مطلوب‌تری دارند و رشد شکایات مردمی در آن‌ها کمتر است. تحلیل خوشه‌ای محلات منطقه ۴ بر اساس شاخص‌های تاب‌آوری اکولوژیک و کارایی خدمات شهری سه خوشه متمایز را مشخص کرد. خوشه نخست شامل محلاتی است که در آن‌ها سرانه و کیفیت فضای سبز، سهم حمل‌ونقل عمومی، درصد بازیافت پسماند و میزان استفاده از شبکه آبیاری مکانیزه در سطح بالاتری قرار دارد و در عین حال، نرخ رشد شکایات مردمی در حوزه خدمات شهری پایین‌تر است. این خوشه را می‌توان به‌عنوان گروه «محلات تاب‌آور و کارا» در نظر گرفت که الگوی مناسبی برای سایر محلات محسوب می‌شوند. خوشه دوم، مجموعه‌ای از محلات را دربرمی‌گیرد که از نظر شاخص‌های اکولوژیک و خدماتی در وضعیت متوسط قرار دارند؛ نه به خوبی خوشه اول و نه به ضعف خوشه سوم. این خوشه «محلات گذار» را نمایندگی می‌کند که با مداخلات برنامه‌ریزی هدفمند می‌توان آن‌ها را به سمت خوشه اول حرکت داد. خوشه سوم شامل محلاتی است که از نظر سرانه و کیفیت فضای سبز، درصد استفاده از انرژی‌های پاک، نفوذپذیری سطح، بازیافت پسماند و توسعه شبکه آبیاری مکانیزه در وضعیت ضعیف‌تری قرار دارند و هم‌زمان نرخ رشد شکایات مردمی در آن‌ها بالاتر است. این خوشه نشان‌دهنده «محلات آسیب‌پذیر از نظر اکولوژیک و خدمات شهری» است که باید در اولویت برنامه‌های مداخله‌ای قرار گیرند .نتایج تحلیل اجتماعی نیز نشان داد که میان سطح تحصیلات، درآمد خانوار و مشارکت اجتماعی با شاخص تاب‌آوری اکولوژیک همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد. محلاتی که در آن‌ها سطح تحصیلات و مشارکت اجتماعی شهروندان بالاتر است، معمولاً در شاخص‌های محیط‌زیستی مانند حفظ باغات، نگهداری فضای سبز و همکاری در طرح‌های تفکیک از مبدأ عملکرد بهتری دارند و همین امر به تاب‌آوری بیشتر و کارایی

بالاتر خدمات شهری منجر می‌شود. این یافته‌ها اهمیت بعد نهادی–اجتماعی تاب‌آوری را تأیید می‌کند و با مطالعاتی مانند (اسلام و همکاران ۲۰۱۳) و (Longstaff 2010) هم‌سو است. بررسی شاخص‌های فضای سبز در چند محله منتخب نشان داد که اختلاف قابل توجهی میان آن‌ها وجود دارد. برای نمونه، محله‌ای مانند مجیدیه–شمس‌آباد از سرانه و کیفیت بالاتری در فضای سبز برخوردار است؛ در حالی که در برخی محلات، هم سرانه فضای سبز پایین‌تر و هم پراکنش آن نامتوازن‌تر است. این تفاوت‌ها در کنار اختلاف در شاخص‌هایی مانند نفوذپذیری زمین و حریم رودره‌ها، به تفاوت در توان محلات برای جذب رواناب، کاهش پتانسیل سیلاب و تعدیل شرایط اقلیمی خردمقیاس منجر می‌شود و در نهایت در شاخص تاب‌آوری اکولوژیک بازتاب می‌یابد. تحلیل داده‌های مربوط به برنامه‌های شهری و شکایات مردمی نیز نشان داد که افزایش فضای سبز، بهبود خدمات حمل‌ونقل عمومی و ارتقای مدیریت پسماند، همگی همراه با کاهش نرخ رشد شکایات ثبت‌شده در سامانه ۱۳۷ بوده‌اند. ضرایب منفی به‌دست‌آمده برای رابطه میان این برنامه‌ها و شکایات مردمی، که از نظر آماری نیز معنادار هستند، بیانگر آن‌اند که سرمایه‌گذاری در حوزه‌های زیست‌محیطی و خدماتی نه تنها به بهبود محیط، بلکه به کاهش نارضایتی و افزایش رضایت شهروندان منجر می‌شود. این یافته با نگاه (Bibri 2020) و داوودی و همکاران (۲۰۱۹) سازگار است که بر اهمیت ترکیب سیاست‌های محیط زیست شهری و رفاه اجتماعی در چارچوب تاب‌آوری تأکید دارند .در مجموع، نتایج کمی و کیفی پژوهش تصویری چندبعدی از وضعیت منطقه ۴ ارائه می‌کند. از یک سو، وجود محلات تاب‌آور و کارا نشان می‌دهد که الگوهای موفقی در دل منطقه شکل گرفته است که می‌توان آن‌ها را تعمیم داد؛ از سوی دیگر، حضور محلات آسیب‌پذیر بیانگر نیاز فوری به مداخله در زیرساخت‌ها، خدمات و سازوکارهای مشارکت شهروندان است. این دوگانگی، ضرورت برنامه‌ریزی تفکیکی بر اساس تیپ محله‌ای را آشکار می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت معناداری میان محلات منطقه ۴ تهران از نظر بهره‌وری اکولوژیک و تاب‌آوری محیطی وجود دارد؛ به‌طوری‌که محله ۱ به‌عنوان الگوی مطلوب و محلات ۱۶ تا ۲۰ به‌عنوان نقاط بحرانی شناسایی شدند. این یافته‌ها بیانگر آن است که ارتقای کیفیت محیط زیست شهری نیازمند سیاست‌گذاری هدفمند، سرمایه‌گذاری عادلانه و مدیریت یکپارچه اکولوژیک در سطح محلات است. تحلیل همبستگی میان تاب‌آوری اکولوژیکی و بهره‌وری خدمات شهری نیز نشان داد که تقویت شاخص‌هایی همچون کیفیت هوا، فضای سبز، مدیریت پسماند و کارایی انرژی می‌تواند به‌طور مستقیم کیفیت خدمات شهری را بهبود بخشد و رفاه شهروندان را افزایش دهد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که شهرداری تهران راهبردهایی نظیر توسعه فضای سبز سازگار با اقلیم، نوسازی سیستم حمل‌ونقل پاک، استقرار سامانه هوشمند پایش محیطی، و اجرای برنامه‌های آموزشی و مشارکتی محله‌محور را در اولویت قرار دهد. همچنین ایجاد سازوکارهای نوآورانه تأمین مالی مانند «صندوق سبز محله‌ای» و تدوین اسناد تاب‌آوری منطقه‌ای با مشارکت ذی‌نفعان می‌تواند در مدیریت پایدار محیط شهری مؤثر باشد. در نهایت، اتخاذ رویکرد داده‌محور، بومی‌سازی راهبردهای زیست‌محیطی و تداوم پایش منظم شاخص‌ها می‌تواند مسیر بهبود اکولوژیکی و ارتقای کیفیت زندگی در محلات شهری تهران را هموار کند.

منابع

- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? Progress in Human Geography, 24(3), 347–364.
- Bibri, S. E. (2020). Eco-smart cities: Data-driven and sustainable urbanism. Springer.
- Bolin, R., & Bolton, P. (1998). The Northridge earthquake: Community-based approaches to unmet recovery needs. Disasters, 22(1), 21–38.
- Bruneau, M., Chang, S. E., et al. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. Earthquake Spectra, 19(4), 733–752.
- Davoudi, S., Brooks, E., & Mehmood, A. (2019). Evolutionary resilience and strategies for climate adaptation. Planning Practice & Research, 34(2), 123–147.
- Downton, P. (2009). Ecopolis: Architecture and cities for a changing climate. Springer.
- European Environment Agency. (2012). Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies (Report No. 2/2012).
- Foster, K. A. (1997). The resilient city: How modern cities recover from disaster. Oxford University Press.
- Gaffron, F. (2008). Sustainable urban transport. Springer.
- Ganjirad, M., Delavar, M., Bagheri, R., & Azizi, H. (2025). Optimizing urban critical green space development using machine learning. Sustainable Cities and Society, 120.
- Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural Hazards Review, 4(3), 136–143.

- Halik, A. (2008). Urban environmental resilience: Indicators and assessment. Journal of Environmental Planning and Management, 51(3), 327–350.
- Hartmann, E. (2025). Sustainability strategies: What's in a name? Sustainable Development, 33(4), 5983–5997.
- Henstra, D. (2004). Disaster risk reduction framework: Cultural perspectives, comprehensive hazard approaches, resilience and adaptive capacity. Institute for Catastrophic Loss Reduction.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4, 1–23.
- Islam, M. N., Malak, M. A., & Islam, M. N. (2013). Community-based disaster risk and vulnerability models of a coastal municipality in Bangladesh. Natural Hazards, 69(3), 2083–2103.
- Jabareen, Y. (2012). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. Cities, 31(3), 220–229.
- Longstaff, P. H. (2010). Building resilient communities: A preliminary framework for assessment. Homeland Security Affairs, 6(3).
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2019). Urban resilience for whom, what, when, where, and why? Urban Geography, 40(3), 309–329.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2007). Economic resilience and lessons learned from disasters: Implications for local leadership and community responsibility.
- Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. Environment and Development Economics, 11(4), 417–427.
- Pourahmad, A., & Hatami, A. (2022). The resilience of Kerman's historical texture against earthquakes and strategies to improve it. Journal of Geography, 20(72).
- Register, R. (2006). Ecocities: Rebuilding cities in balance with nature. New Society Publishers.
- Ringler, C., Bhaduri, A., & Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): Potential for improved resource use efficiency? Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 617–624.
- Rose, A. (2004). Defining and measuring economic resilience to disasters. Disaster Prevention and Management, 13(4), 307–314.
- Shamsipour, A. J. (2024). Assessing and mapping urban ecological resilience using the loss–gain approach: A case study of Tehran, Iran. Sustainable Cities and Society, 88, 104410.
- Sharifi, A. (2020). Urban form resilience: A meso-scale analysis. Sustainable Cities and Society, 52, 101862.
- UN-Habitat. (2012). *State of the world's cities 2012/2013: Prosperity of cities*. United Nations Human Settlements Programme.
- White, R. R. (2002). Building the ecological city. Woodhead Publishing.
- Yang, X. (2017). Urban green total factor productivity in China. Journal of Cleaner Production, 163, 1–11.
- Yeang, K. (2006). EcoDesign: A manual for ecological design. Wiley-Academy.
- Zaharia, R. K., & Ariffin, R. N. (2013). Risk communications: Flood-prone communities of Kuala. Procedia Environmental Sciences, 17, 880–888.
- فرزاد بهتاش, محمدرضا , کی نژاد, محمدعلی , پیربابایی, محمدتقی و عسگری, علی . (۱۳۹۲). ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز. نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی, ۱۸(شماره ۳), ۳۳-۴۲.
- قهساره اردستانی، الهام؛ منصوری، شهرام؛ خدری غریبوند، حجت‌الله؛ بهمنی، محسن. (۲۰۲۴). تحلیل پدیده گسترش و غالبیت گیاهان چوبی در زمینه تغییر نظام اجتماعی-اکولوژیکی اکوسیستم .نشریه مطالعات علوم محیط زیستی، جلد ۸، شماره ۳، صفحات ۵۵-۷۲.2024.467516.2272
- کوخائی, طاهره و مثنوی, محمدرضا . (۱۳۹۳). طراحی محیطی زیرساخت‌های اکولوژیک منظر شهری با استفاده از اصل پیوستگی با ان شعابات (AWOPبه منظور ارتقای کیفیت زندگی شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ دو شهرداری تهران). محیط شنا سی, ۴۰(۳), ۵۵۹-۵۷۲.
- گزارش شهرداری منطقه۴ https://tehranpress.com/000Elx
- موحد, سپیده و طبیبیان, منوچهر . (۱۳۹۷). برر سی تغییرات شبکه اکولوژیک و نقش آن در تاب آوری اکولوژیکی کلان شهر م شهد. محیط شناسی, ۴۴(۲), ۳۷۳-۳۹۴.