

Analysis and Study of Physical Changes with Emphasis on the Physical Dimension of Sustainable Development in the City of Tabriz from 2000-2020

Case Study

Bagher Dastahanin¹, Mahsa Faramarzi Asli^{2*}, MirSaied Moosavi²

1- Ph.D. Candidate of Urban Planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Assistant Professor, Department of Urban Planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2024-12-23

Revised: 2025-01-04

Accepted: 2025-01-04

Keywords

Physical Changes

Sustainable Development

Tabriz City

Urban Development

ABSTRACT

Introduction

Sustainable physical development should be based on a harmonious balance between economic, social, and environmental aspects. Smart urban design, optimal land resource utilization, and equilibrium between urban growth and environmental protection are fundamental principles that must be integrated into every physical planning strategy. By adopting this approach, cities can be developed that meet present needs and create a suitable foundation for future generations. Over the past two decades, Tabriz, one of Iran's major metropolitan cities, has undergone extensive physical transformations due to population growth, economic development, and urban expansion. These changes have led to land-use conversion, reduced green spaces, and increased residential and industrial areas. The rapid pace of this development, combined with its lack of full alignment with sustainable development principles, has resulted in challenges such as air pollution, increased traffic congestion, and spatial inequalities. Furthermore, Tabriz's historical and cultural identity, which is known for its rich heritage and valuable historical fabric, has been significantly impacted by these physical transformations. Uncoordinated and scattered urban development has not only led to the destruction of natural resources and the loss of urban identity but has also negatively affected citizens' quality of life. Therefore, analyzing and evaluating the physical changes in Tabriz from 2000 to 2020 in the context of sustainable development is essential for identifying challenges and opportunities in urban planning. This study is crucial as it can assist urban planners and policy-makers in formulating effective strategies for better urban management. Additionally, examining the impacts of physical changes on various environmental, social, and economic dimensions can pave the way for enhancing the quality of life and preserving natural resources. This research, focusing on Tabriz as a major urban center, can also serve as a model for other Iranian metropolises, contributing to the realization of sustainable urban development across the country.

Materials and Methods

This research aims to investigate and model the urban development of Tabriz through the analysis of physical changes and their environmental, social, and economic consequences. For this purpose, the Land Transformation Model (LTM), which is based on artificial neural networks, has been used together with GIS and ENVI spatial analysis tools. The research data includes Landsat satellite images (2000 and 2020), land use maps, slope, topography, and worn textures, which have been entered into the model after processing in ArcGIS and ENVI software. The modeling process includes data

* Corresponding author: faramarzi@iaut.ac.ir

synchronization, conversion to ASCII format, creation and training of the artificial neural network, implementation of learning algorithm, evaluation of changes, and conversion of output to GRID format. The accuracy of the model was examined using criteria such as root mean square error (RMS), percentage of consistency metric (PCM), and kappa coefficient. Based on the results, the optimal model was selected to predict future urban development. This method, by combining spatial and non-spatial data, provides solutions for sustainable and incremental development in the city of Tabriz.

Findings

Therefore, based on the findings, the challenges of physical development in line with the physical changes formed in terms of sustainability in the city of Tabriz in the period 2000-2020 have actually been in a form in which horizontal and scattered urban expansion has prevailed. This development model, instead of using internal capacities and optimizing urban space, has led to the occupation of open, agricultural, and natural spaces in the suburbs of the city. This has not only led to increased pressure on natural and ecological resources but has also increased environmental problems and reduced the quality of urban life. According to the principles of sustainable development, the main goal should be to create a city that, while paying attention to the needs of the growing population, does not harm natural resources and can exploit its internal capacities. In this context, the development that takes place in regions 5, 7, and 9 of Tabriz, which still have empty and barren spaces, can contribute to a suit-

able solution to prevent scattered development. These areas can be developed with an emphasis on high density and efficient use of land rather than sprawling outside the city limits. One of the main principles of sustainable development is the preservation and expansion of urban green spaces, which can help improve air quality, reduce heat island effects, and promote the mental and physical health of citizens. The 0.11% reduction in vegetation cover in Tabriz indicates the urgent need for more careful planning to preserve and develop green spaces. In this regard, the creation of parks, gardens, and public spaces within the city can contribute to sustainable development and the preservation of biodiversity in the city.

Conclusion

The physical changes in Tabriz city over the last two decades show a scattered and indiscriminate urban development pattern that has had significant consequences on natural resources, green spaces, and the urban ecosystem. The findings of this study, in line with previous studies, emphasize the importance of targeted interventions and sustainable planning. The increase in built-up areas and the decrease in green spaces not only pose a threat to the environmental sustainability of the city but also affect the quality of life of citizens. Therefore, future planning should focus on internal development and the use of existing capacities in worn-out textures and barren areas rather than horizontal expansion. While reducing the destruction of natural resources, this approach can lead to improved urban services, increased green spaces, and improved quality of life.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Dastahanin B. Faramarzi Asli M. Moosavi M.S. Analysis and Study of Physical Changes with Emphasis on the Physical Dimension of Sustainable Development in the City of Tabriz from 2000-2020. Urban Economics and Planning Vol 5(4):172-185. [In Persian]

DOI: 10.22034/uep.2025.495467.1573



تحلیل تغییرات کالبدی شهر تبریز با تأکید بر توسعه پایدار طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰

مطالعه موردی

باقر دست آهینین^۱؛ مهسا فرامرزی اصلی^{۲*}؛ میرسعید موسوی^۲

۱- دانشجوی دوره دکتری شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

چکیده

مقدمه

توسعه پایدار کالبدی باید بر مبنای هماهنگی میان جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی صورت گیرد. طراحی شهری هوشمند، استفاده بهینه از منابع زمین، و حفظ تعادل میان رشد شهری و حفاظت از محیط زیست، از جمله اصولی هستند که باید در تمام برنامه‌ریزی‌های کالبدی مورد توجه قرار گیرند. با اتخاذ این رویکرد، می‌توان به ایجاد شهرهایی دست یافت که نه تنها پاسخ‌گوی نیازهای امروز باشند، بلکه برای نسل‌های آینده نیز بستری مناسب فراهم کنند. در دو دهه گذشته، شهر تبریز به عنوان یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران، شاهد تغییرات گسترده‌ای در ساختار کالبدی خود بوده است. این تغییرات ناشی از رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و گسترش فضای شهری است که به تغییر کاربری اراضی کشاورزی، کاهش فضاهای سبز، و افزایش مناطق مسکونی و صنعتی منجر شده است. روند شتابان این توسعه در کنار عدم هماهنگی کامل با اصول توسعه پایدار، مشکلاتی نظیر آلودگی هوا، افزایش ترافیک، و نابرابری فضایی را به دنبال داشته است. از سوی دیگر، ساختار تاریخی و هویتی تبریز به عنوان شهری با میراث فرهنگی غنی و بافت‌های تاریخی ارزشمند، تحت تأثیر این تغییرات کالبدی قرار گرفته است. تغییرات ناهمگون و پراکنده در توسعه شهری نه تنها باعث تخریب منابع طبیعی و از دست رفتن هویت شهری شده، بلکه بر کیفیت زندگی شهروندان نیز اثر منفی گذاشته است. بنابراین، تحلیل و بررسی تغییرات کالبدی تبریز در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ از منظر توسعه پایدار، برای شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها در برنامه‌ریزی شهری ضروری است. این مطالعه از آن جهت اهمیت دارد که می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران شهری در تدوین سیاست‌ها و راهبردهای مناسب برای مدیریت بهتر توسعه شهری کمک کند. علاوه بر این، بررسی تأثیر تغییرات کالبدی بر جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی، و اقتصادی، می‌تواند بستری برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و حفاظت از منابع طبیعی فراهم کند. این پژوهش همچنین با تمرکز بر شهر تبریز به عنوان یکی از شهرهای مهم کشور، می‌تواند الگوهایی برای سایر کلان‌شهرهای ایران ارائه دهد و در راستای دستیابی به توسعه پایدار شهری گام بردارد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی و مدل‌سازی توسعه شهری تبریز از طریق تحلیل تغییرات کالبدی و پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی آن انجام شده است. برای این منظور، مدل تحول زمین (LTM) که مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی است، همراه با ابزارهای تحلیل فضایی GIS و ENVI به کار گرفته شده است. داده‌های تحقیق شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست (۲۰۰۰ و ۲۰۲۰)، نقشه‌های کاربری اراضی، شیب، توپوگرافی و بافت‌های فرسوده بوده که پس از پردازش در نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI، در مدل وارد شده‌اند. فرایند مدل‌سازی شامل هماهنگ‌سازی داده‌ها، تبدیل آن‌ها به فرمت

کلمات کلیدی

شهر تبریز

تغییرات کالبدی

توسعه شهری

توسعه پایدار

جای گسترش بی‌رویه در خارج از مرزهای شهری، با تأکید بر تراکم بالا و استفاده بهینه از زمین، توسعه یابند. از اصلی‌ترین اصول توسعه پایدار، حفظ و گسترش فضاهای سبز شهری است که می‌تواند به بهبود کیفیت هوا، کاهش اثرات جزیره حرارتی، و ارتقای سلامت روانی و جسمی شهروندان کمک کند. کاهش ۰/۱۱ درصدی پوشش گیاهی در تبریز نشان‌دهنده نیاز مبرم به برنامه‌ریزی دقیق‌تر در جهت حفظ و توسعه فضاهای سبز است. در این راستا، ایجاد پارک‌ها، باغ‌ها و فضاهای عمومی در داخل شهر می‌تواند به توسعه پایدار و حفظ تنوع زیستی در شهر کمک کند.

نتیجه‌گیری

تغییرات کالبدی شهر تبریز طی دو دهه اخیر، الگوی توسعه شهری پراکنده و بی‌رویه‌ای را نشان می‌دهد که پیامدهای قابل توجهی بر منابع طبیعی، فضاهای سبز، و اکوسیستم شهری داشته است. یافته‌های این تحقیق، همسو با مطالعات پیشین، بر اهمیت مداخلات هدفمند و برنامه‌ریزی پایدار تأکید دارد. افزایش اراضی ساخته‌شده و کاهش فضاهای سبز، نه تنها تهدیدی برای پایداری زیست‌محیطی شهر است، بلکه کیفیت زندگی شهروندان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. از این‌رو، برنامه‌ریزی‌های آتی باید به جای گسترش افقی، بر توسعه درونی و استفاده از ظرفیت‌های موجود در بافت‌های فرسوده و مناطق بایر متمرکز شود. این رویکرد، ضمن کاهش تخریب منابع طبیعی، می‌تواند به بهبود خدمات شهری، افزایش فضاهای سبز و ارتقای کیفیت زندگی منجر شود.

ASCII، ایجاد و آموزش شبکه عصبی مصنوعی، اجرای الگوریتم یادگیری، ارزیابی تغییرات و تبدیل خروجی به فرمت GRID است. دقت مدل با استفاده از معیارهایی مانند ریشه میانگین مربعات خطا (RMS)، درصد متریک سازگاری (PCM) و ضریب کاپا بررسی شده و بر اساس نتایج، مدل بهینه برای پیش‌بینی توسعه شهری آینده انتخاب شده است. این روش با ترکیب داده‌های فضایی و غیرفضایی، راهکارهایی برای توسعه پایدار و میان‌افزا در شهر تبریز ارائه می‌دهد.

یافته‌ها

بنابراین، براساس یافته‌ها چالش‌های توسعه کالبدی در راستای تغییرات کالبدی شکل گرفته به لحاظ پایداری در شهر تبریز در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰، در واقع به شکلی بوده است که در آن گسترش افقی و پراکنده شهری غالب بوده است. این مدل توسعه، به جای استفاده از ظرفیت‌های درونی و بهینه‌سازی فضای شهری، به اشغال فضاهای باز، کشاورزی و طبیعی در حومه‌های شهر منجر شده است. این امر نه تنها به افزایش فشار بر منابع طبیعی و اکولوژیکی منجر شده، بلکه باعث افزایش مشکلات زیست‌محیطی و کاهش کیفیت زندگی شهری شده است. با توجه به اصول توسعه پایدار، هدف اصلی باید ایجاد شهری باشد که ضمن توجه به نیازهای جمعیت در حال رشد، به منابع طبیعی آسیب نرساند و بتواند از ظرفیت‌های درونی خود بهره‌برداری کند. در این زمینه، توسعه‌ای که در مناطق ۵، ۷ و ۹ تبریز، که هنوز فضاهای خالی و بایر دارند، صورت گیرد، می‌تواند به یک راه‌حل مناسب برای جلوگیری از توسعه پراکنده کمک کند. این مناطق می‌توانند به

مقدمه

تحولات کالبدی شهرها در دهه‌های اخیر به یکی از موضوعات مهم مطالعات شهری تبدیل شده است. این تحولات، که نتیجه تعامل میان نیازهای انسانی، رشد اقتصادی، و تغییرات اجتماعی است، شکل و ماهیت شهرها را دگرگون کرده است. توسعه کالبدی، به عنوان بخشی از فرایند توسعه شهری، نقش حیاتی در تأمین نیازهای جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کند (Ala-Mantila et al, 2023). با این حال، در بسیاری از موارد، رشد کالبدی شهرها به صورت پراکنده و غیرمنظم انجام شده و اثرات منفی متعددی بر پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی به همراه داشته است (Zhang et al, 2023). در عصر حاضر، توسعه پایدار به عنوان یکی از اصول اساسی برنامه‌ریزی شهری شناخته می‌شود. توسعه پایدار به معنای مدیریت هوشمندانه منابع و برنامه‌ریزی متوازن برای تأمین نیازهای کنونی، بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهایشان است (NGFS, 2022, Hersperger et al, 2020). یکی از ابعاد مهم توسعه پایدار، بعد کالبدی آن است که بر طراحی و سازمان‌دهی مناسب ساختارهای فیزیکی و فضایی شهر تأکید دارد. این بعد شامل مدیریت زمین، زیرساخت‌های حمل‌ونقل، فضاهای عمومی، و کاربری زمین می‌شود که همگی نقشی حیاتی در حفظ کیفیت زندگی شهروندان و کاهش اثرات زیست‌محیطی ایفا می‌کنند (Fari et al, 2023). یکی از چالش‌های اصلی در توسعه کالبدی شهرها، تعادل بخشی میان نیازهای رشد جمعیتی و اقتصادی با حفظ منابع طبیعی و محیط زیست است. رشد سریع شهرها، در بسیاری از موارد، به تغییرات گسترده در کاربری زمین، کاهش فضاهای سبز، و تخریب زیستگاه‌های طبیعی منجر شده است (Joulideh et al, 2024). این تغییرات نه تنها تأثیرات زیست‌محیطی گسترده‌ای داشته، بلکه بر کیفیت زندگی شهروندان نیز اثرات منفی گذاشته است (Dehghani et al, 2023). برای مثال، افزایش ترافیک، آلودگی هوا، و کاهش دسترسی به فضاهای عمومی، از جمله پیامدهای رشد نامتوازن کالبدی در بسیاری از شهرها هستند. علاوه بر این، توسعه کالبدی نامناسب می‌تواند به ایجاد نابرابری‌های اجتماعی و فضایی منجر شود (Khosh Lahje, et al, 2019). در بسیاری از موارد، مناطق محروم‌تر شهرها به دلیل کمبود زیرساخت‌های اساسی و خدمات عمومی مناسب، از کیفیت پایین‌تری برخوردارند. این عدم توازن در توسعه کالبدی، نه تنها به تشدید نابرابری‌ها منجر می‌شود، بلکه می‌تواند همبستگی اجتماعی را نیز تضعیف کند. برای مقابله با این چالش‌ها، تحلیل و بررسی دقیق تغییرات کالبدی شهرها ضروری است. این تحلیل‌ها می‌توانند به شناسایی ضعف‌ها و قوت‌های ساختار کالبدی شهرها کمک کرده و اطلاعات لازم را برای برنامه‌ریزی بهتر فراهم کنند (Shamai et al, 2024). استفاده از ابزارهای مدرن مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تصاویر ماهواره‌ای، و مدل‌سازی فضایی، امکان تحلیل دقیق‌تری از تغییرات کالبدی را فراهم می‌آورد (Gholizadeh et al, 2023). این ابزارها نه تنها روند تغییرات گذشته را مشخص می‌کنند، بلکه می‌توانند به پیش‌بینی الگوهای آینده و ارائه راهکارهای عملی برای مدیریت بهتر کمک کنند (Kilic et al, 2022). در نهایت، توسعه پایدار کالبدی باید بر مبنای هماهنگی میان جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی صورت گیرد. طراحی شهری هوشمند، استفاده بهینه از منابع زمین، و حفظ تعادل میان رشد شهری و حفاظت از محیط زیست، از جمله اصولی هستند که باید در هر برنامه‌ریزی کالبدی مورد توجه قرار گیرند. با اتخاذ این رویکرد، می‌توان به ایجاد شهرهایی دست یافت که نه تنها پاسخ‌گوی نیازهای امروز باشند، بلکه برای نسل‌های آینده نیز بستری مناسب فراهم کنند. در دو دهه گذشته، شهر تبریز به عنوان یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران، شاهد تغییرات گسترده‌ای در ساختار کالبدی خود بوده است. این تغییرات ناشی از رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، و گسترش فضای شهری است که به تغییر کاربری اراضی کشاورزی، کاهش فضاهای سبز، و افزایش مناطق مسکونی و صنعتی منجر شده است. روند شتابان این توسعه در کنار عدم هماهنگی کامل با اصول توسعه پایدار، مشکلاتی نظیر

آلودگی هوا، افزایش ترافیک، و نابرابری فضایی را به دنبال داشته است. از سوی دیگر، ساختار تاریخی و هویتی تبریز به عنوان شهری با میراث فرهنگی غنی و بافت‌های تاریخی ارزشمند، تحت تأثیر این تغییرات کالبدی قرار گرفته است. تغییرات ناهمگون و پراکنده در توسعه شهری نه تنها باعث تخریب منابع طبیعی و از دست رفتن هویت شهری شده، بلکه بر کیفیت زندگی شهروندان نیز اثر منفی گذاشته است. بنابراین، تحلیل و بررسی تغییرات کالبدی تبریز در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ از منظر توسعه پایدار، برای شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها در برنامه‌ریزی شهری ضروری است. این مطالعه از آن جهت اهمیت دارد که می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران شهری در تدوین سیاست‌ها و راهبردهای مناسب برای مدیریت بهتر توسعه شهری کمک کند. علاوه بر این، بررسی تأثیر تغییرات کالبدی بر جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی، و اقتصادی، می‌تواند بستری برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و حفاظت از منابع طبیعی فراهم کند. این پژوهش همچنین با تمرکز بر شهر تبریز به عنوان یکی از شهرهای مهم کشور، می‌تواند الگوهایی برای سایر کلان‌شهرهای ایران ارائه دهد و در راستای دستیابی به توسعه پایدار شهری گام بردارد.

پیشینه تحقیق

مطالعات پیشین در زمینه تغییرات کاربری زمین و توسعه شهری با استفاده از مدل‌ها و ابزارهای مختلف به تحلیل این پدیده پرداخته‌اند. دامینگو و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «تأثیر طرح‌های پهنه‌بندی بر تغییر کاربری اراضی شهری: شبیه‌سازی چندسناریویی برای حمایت از رشد پایدار شهری» نشان دادند سناریوهای مختلف بازتاب‌دهنده درجات گوناگون مداخله در برنامه‌ریزی هستند؛ از مداخلات گسترده تا توسعه بدون محدودیت. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد با انتقال رشد به مناطقی که پروژه‌های شهرنشینی دارند، می‌توان حدود ۴۲۰۰ هکتار از علفزارها و زمین‌های کشاورزی را از توسعه بی‌رویه نجات داد. همچنین، انتقال رشد به مناطق بدون پروژه شهرسازی امکان حفظ حدود ۳۸۰۰ هکتار از این اراضی را فراهم می‌آورد. این نتایج اطلاعات ارزشمندی را برای کمک به تصمیم‌گیران در بازنگری و طراحی طرح‌های جدید توسعه پایدار شهری ارائه می‌کند (Domingo et al, 2021). زانگ و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «به سوی خدمت به تحکیم زمین بر روی جدول پایداری: مروری بر چشم‌انداز تحقیق و جهت‌گیری‌های آینده» بیان کردند که تحقیقات مرتبط با یکپارچه‌سازی زمین سه حوزه اصلی را شامل می‌شود: منشأ یکپارچه‌سازی زمین، فرایند عملیاتی این رویکرد، و تأثیرات حاصل از آن. برای بهبود نتایج، نویسندگان پیشنهاد کردند که پیش از اجرای پروژه‌ها، رویکردهای تشخیصی برای ارزیابی مناسب بودن و امکان‌سنجی به کار گرفته شوند و همکاری میان دانشمندان و ذی‌نفعان از طریق رویکردهای فرارشته‌ای تقویت شود (Zang et al, 2021). زیال هکوی و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «تأثیر آتی تغییرات کاربری زمین/پوشش زمین بر خدمات اکوسیستمی در مصب رودخانه مگنا پایین، بنگلادش»، به بررسی سناریوهای مختلف کاربری زمین پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد این تغییرات می‌توانند به شکاف‌های غذایی به ترتیب ۱/۶۵، ۱۰/۲۱، ۷/۵۸ و ۶/۷۵ درصد منجر شوند. از این رو، سناریوی ADP به عنوان یک رویکرد بهینه برای مدیریت زمین و خدمات اکوسیستمی پیشنهاد شد (Ziaul et al, 2020). اگیمانگ و موریسون (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان «شناسایی موانع تأمین مسکن مقرون‌به‌صرفه از طریق نظام برنامه‌ریزی کاربری زمین در کشورهای جنوب صحرای آفریقا: چشم‌اندازی از غنا»، به این نتیجه رسیدند که عواملی همچون نبود تعهد دولت مرکزی، اجرای ضعیف مقررات و تسلط مالکیت سنتی زمین از موانع اصلی در تحقق مسکن به‌صرفه در غنا هستند (Agyemang et al, 2018).

مبانی نظری

تغییرات کالبدی شهرها از مهم‌ترین پدیده‌های فضایی است که به طور مستقیم با فرایندهای توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در ارتباط است. این تغییرات که شامل گسترش فیزیکی شهر، تغییر در ساختار فضایی و کاربری اراضی هستند، می‌توانند تأثیرات مثبت و منفی گسترده‌ای بر پایداری شهرها داشته باشند (Huang et al, 2024). در این راستا، مفهوم توسعه پایدار به عنوان چارچوبی جامع برای مدیریت این تغییرات، نقش محوری ایفا می‌کند.

مفهوم تغییرات کالبدی شهری

تغییرات کالبدی به دگرگونی در ساختار فضایی شهرها اشاره دارد که بر اثر عواملی همچون افزایش جمعیت، تغییرات اقتصادی، سیاست‌های شهری و نیاز به زیرساخت‌های جدید رخ می‌دهد. این تغییرات می‌توانند به دو صورت اصلی ظاهر شوند (Abdi Torbaghan et al, 2019):

- گسترش افقی: توسعه فیزیکی شهر به سمت اراضی پیرامونی، که معمولاً به مصرف بی‌رویه اراضی کشاورزی و طبیعی منجر می‌شود.
- بازتوسعه و تراکم: افزایش استفاده از اراضی موجود در نواحی مرکزی و بازسازی یا بازتوسعه زیرساخت‌ها.

هر دو نوع تغییرات، پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی متعددی دارند که نیازمند مدیریت جامع و هدفمند هستند (Zeynali Azim et al, 2023).

توسعه پایدار و اصول آن در تغییرات کالبدی

توسعه پایدار شهری بر تعادل میان بهره‌برداری از منابع طبیعی، ارتقای کیفیت زندگی شهروندان و حفظ محیط زیست تأکید دارد. این رویکرد در تحلیل و مدیریت تغییرات کالبدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

- حفظ منابع طبیعی: کاهش مصرف اراضی کشاورزی و فضاهای سبز در فرایند توسعه کالبدی.

- مدیریت کاربری زمین: استفاده بهینه از زمین‌های موجود و جلوگیری از پراکندگی بی‌رویه (Nieuwenhuijsen, 2021)

- پایداری اجتماعی: تأمین دسترسی به خدمات عمومی، مسکن و زیرساخت‌های شهری برای تمامی شهروندان.

- پایداری زیست‌محیطی: کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از توسعه مانند آلودگی، از بین رفتن تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی (Baobeid et al, 2021)

ابعاد زیست‌محیطی تغییرات کالبدی

یکی از پیامدهای مهم تغییرات کالبدی، اثرات زیست‌محیطی این تغییرات است. تخریب فضاهای سبز، افزایش آلودگی، و تغییر در چرخه‌های اکولوژیکی از جمله اثرات منفی هستند. به عنوان مثال:

- از بین رفتن فضای سبز عمومی: گسترش شهرها به اراضی پیرامونی
- کاهش تنوع زیستی: توسعه مناطق ساخته‌شده معمولاً به تخریب زیستگاه‌های طبیعی منجر می‌شود.
- آلودگی محیط زیست: گسترش زیرساخت‌ها و تراکم فعالیت‌های انسانی می‌تواند آلودگی هوا، خاک و آب را افزایش دهد (Zhang et al, 2024).

ابعاد اجتماعی و اقتصادی تغییرات کالبدی

تغییرات کالبدی علاوه بر اثرات زیست‌محیطی، پیامدهای اجتماعی و اقتصادی مهمی نیز دارند.

بعد اجتماعی: این تغییرات می‌توانند به افزایش نابرابری در دسترسی به خدمات، کاهش کیفیت زندگی و گسترش نواحی فقیرنشین منجر شوند

مسرلی و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله «از غصب زمین تا سرمایه‌گذاری‌های پایدار در زمین: مشارکت‌های بالقوه علم تغییر زمین» نشان دادند دانش تغییر زمین می‌تواند به درک بهتر دلایل و راه‌حل‌های مشکلات ناشی از تملک زمین در مقیاس بزرگ کمک کند و آن را به سوی سرمایه‌گذاری‌های پایدارتر هدایت کند (Messerli et al, 2013).

زو (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان «فقدان منطقه‌بندی: توسعه شهری و کنترل کاربری زمین در هوستون» با استفاده از چارچوب‌های نظری اقتصاد سازمانی، نشان داد سیاست‌های محلی کاربری زمین و سازمان‌های مدنی توانسته‌اند شکاف‌های ناشی از نبود منطقه‌بندی را تا حدی جبران کنند (Zue, 2010).

زینالی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی توسعه کالبدی شهر تبریز به لحاظ فشردگی با رتبه‌بندی شاخص‌های رشد هوشمند شهری (مطالعه موردی: منطقه ۲، ۴ و ۷)» به بررسی ابعاد مختلف توسعه کالبدی شهر تبریز پرداخته‌اند. این پژوهش با تأکید بر فشردگی شهری، شاخص‌های رشد هوشمند را تحلیل کرده و مناطق ۲، ۴ و ۷ شهر تبریز را به عنوان نمونه مورد مطالعه کرده است. روش تحقیق آن‌ها ترکیبی از تحلیل‌های کمی و کیفی بوده و از مدل‌های پیشرفته ارزیابی برای رتبه‌بندی شاخص‌ها استفاده شده است. در این تحقیق، نقش فشردگی شهری در بهبود کیفیت زندگی شهروندان، کاهش پراکندگی شهری، و ارتقای کارایی زیرساخت‌های شهری بررسی شده است. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد مناطق مذکور، با وجود داشتن پتانسیل مناسب برای توسعه هوشمند، با چالش‌هایی نظیر پراکندگی کالبدی، کاهش سرانه فضاهای عمومی، و نبود مدیریت بهینه مواجه هستند. این مطالعه به ارائه پیشنهادهایی برای بهبود شاخص‌های رشد هوشمند در این مناطق پرداخته است (Zeynali Azim et al, 2024).

ضیایی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی امکان مدل‌سازی تغییرات کالبدی بافت‌های شهری با استفاده از تحلیل رگرسیونی خطی پرداختند. این مطالعه بر محله فیض‌آباد کرمانشاه متمرکز بوده و داده‌های چهار دوره زمانی از تصاویر هوایی استخراج شده است. نتایج نشان داد مدل پیشنهادی با دقت بیش از ۷۰ درصد در پیش‌بینی تغییرات بافت‌های شهری در مناطق مصون از طرح‌های شهری کاربردپذیر است (Ziaei et al, 2022).

صی محمدی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز دشت ماهی‌دشت با استفاده از تصاویر سنجنش از دور»، دریافتند که از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶، بیشترین تغییر کاربری از اراضی دیم به آبی رخ داده و مساحت اراضی مسکونی و بدون پوشش به طور قابل توجهی افزایش یافته است (Saymohammadi et al, 2021).

ولی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی مبارکه در راستای تحقق توسعه پایدار» دریافتند که تغییر کاربری اراضی از مرتع و کشاورزی به صنعتی و مسکونی طی سه دهه (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) به ناپایداری اکوسیستمی منجر شده و تأکید کردند که مدیریت صحیح محیط نیازمند کنترل تغییرات کاربری است (Vali et al, 2019).

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد تغییرات کاربری زمین و توسعه شهری تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری‌های محلی و منطقه‌ای، و فشارهای اقتصادی و اجتماعی قرار دارند. مدل‌ها و ابزارهای گوناگونی مانند شبیه‌سازی سناریوها، تحلیل رگرسیونی، و داده‌کاوی در این تحقیقات به کار گرفته شده‌اند که هر یک نتایج ارزشمندی را برای مدیریت پایدار تغییرات ارائه داده‌اند. از مهم‌ترین یافته‌ها می‌توان به اهمیت استفاده از سناریوهای برنامه‌ریزی هدفمند برای کاهش تخریب منابع طبیعی، نیاز به تقویت همکاری‌های بین‌رشته‌ای در برنامه‌ریزی کاربری زمین، و توجه به اثرات اکولوژیکی و اجتماعی این تغییرات اشاره کرد. این پیشینه بر ضرورت استفاده از ابزارهای پیشرفته و داده‌محور در مدیریت تغییرات کاربری زمین برای تحقق اهداف توسعه پایدار تأکید دارد.

(Abdini et al, 2019).

- بُعد اقتصادی: هزینه‌های مربوط به زیرساخت‌های جدید و بازسازی مناطق فرسوده، فشار مالی زیادی بر مدیریت شهری وارد می‌کند. از سوی دیگر، این تغییرات می‌توانند فرصت‌های جدیدی برای سرمایه‌گذاری و اشتغال ایجاد کنند (Montazeri et al, 2017).

راهبردهای مدیریت تغییرات کالبدی برای توسعه پایدار

برای مدیریت تغییرات کالبدی به گونه‌ای که اصول توسعه پایدار رعایت شود، راهبردهای زیر توصیه می‌شود:

۱. تمرکز بر استفاده بهینه از زمین: جلوگیری از توسعه بی‌رویه و بهره‌گیری از اراضی ناکارآمد در مناطق شهری.
۲. ایجاد و حفظ فضاهای سبز: طراحی کمربندهای سبز شهری و حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی.
۳. به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته: استفاده از ابزارهای پیش‌بینی و تحلیل برای شناسایی روندهای تغییر.
۴. تقویت مشارکت شهروندان: دخالت دادن مردم در فرایند تصمیم‌گیری برای مدیریت بهتر تغییرات.

۵. تدوین طرح‌های جامع شهری: تنظیم طرح‌هایی که اولویت را به حفظ منابع طبیعی و بهبود کیفیت زندگی شهروندان بدهند (Lozano, 2024).

در این تحقیق، ارتباط میان مبانی نظری و روش تحقیق به صورت یکپارچه و نظام‌مند طراحی شده است. مبانی نظری به طور خاص بر تغییرات کالبدی شهرها و تأثیرات آن‌ها بر پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی تمرکز دارد. این تغییرات به دو صورت گسترش افقی و بازتوسعه تعریف شده‌اند که هر یک پیامدهای متفاوتی دارند. از سوی دیگر، اصول توسعه پایدار به عنوان چارچوبی برای مدیریت این تغییرات مطرح شده و بر مفاهیمی همچون حفظ منابع طبیعی، استفاده بهینه از زمین، و کاهش اثرات زیست‌محیطی تأکید دارد. در روش تحقیق، این مفاهیم به صورت عملیاتی در طراحی مراحل و ابزارهای تحقیق لحاظ شده‌اند. استفاده از مدل تحول زمین (LTM) که مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی است، به تحلیل تغییرات کاربری زمین و پیش‌بینی روندهای آینده اختصاص یافته است. داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های کاربری اراضی، بافت‌های فرسوده و شیب زمین، به طور مستقیم برای بررسی تغییرات کالبدی در تبریز به کار گرفته شده‌اند.

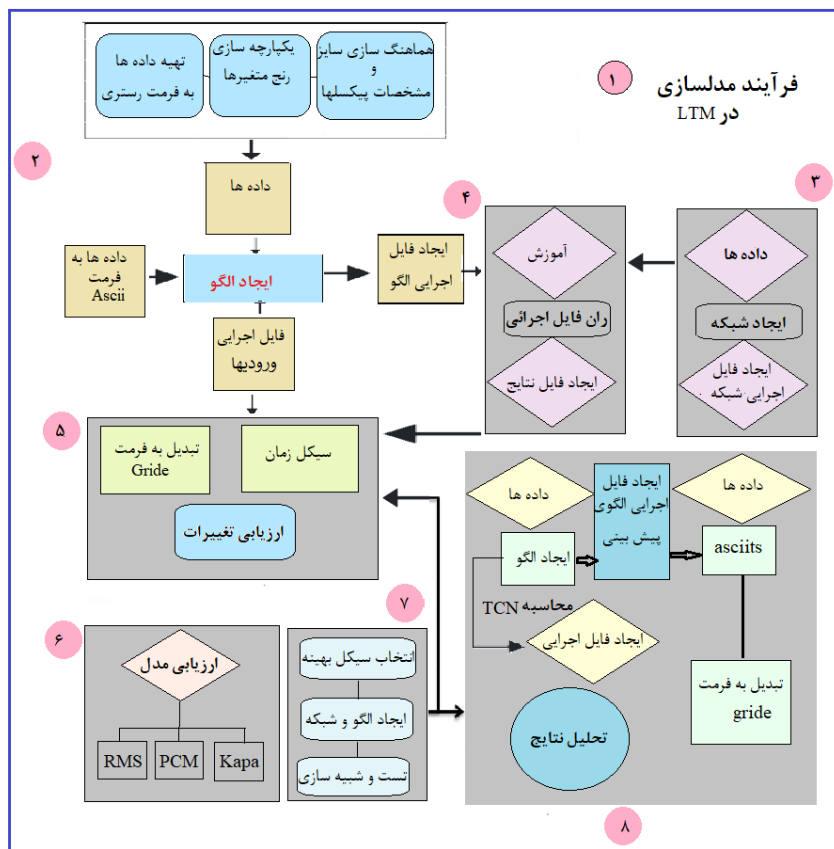
روش تحقیق این امکان را فراهم آورده تا تغییرات در فضاهای سبز و اراضی کشاورزی شناسایی شود و اثرات گسترش افقی و بی‌رویه در شهر تبریز تحلیل شود. این روش با استفاده از ابزارهای تحلیل فضایی مانند GIS و ENVI، و ارزیابی دقیق مدل‌ها با معیارهایی همچون RMS و ضریب کاپا، توانسته است روندهای تغییرات را با دقت زیادی بررسی کند. مبانی نظری تأکید دارد که

تغییرات کالبدی اگر به‌درستی مدیریت نشوند، می‌توانند به تخریب محیط زیست، کاهش کیفیت زندگی و افزایش نابرابری منجر شوند. این مفاهیم در روش تحقیق از طریق شناسایی نواحی پرپتانسیل برای توسعه درونی و بازآفرینی بافت‌های فرسوده عملیاتی شده است. نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها، که در قالب نقشه‌های شبیه‌سازی تغییرات ارائه شده‌اند، با اصول توسعه پایدار هماهنگی دارد و راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی و تقویت پایداری ارائه می‌دهد.

به طور کلی، این تحقیق توانسته است مفاهیم نظری را به خوبی در روش تحقیق ادغام کرده و از آن‌ها به عنوان مبنایی برای طراحی ابزارها و مراحل عملیاتی استفاده کند. مدل تحول زمین و تحلیل‌های مکانی دقیق، رویکردی داده‌محور و پیشرفته ارائه کرده که همسو با مبانی نظری و اهداف تحقیق است. این ارتباط میان مبانی نظری و روش تحقیق نشان می‌دهد اصول توسعه پایدار نه تنها به عنوان چارچوبی نظری مطرح بوده، بلکه به صورت عملیاتی در بررسی و مدیریت تغییرات کالبدی شهر تبریز مورد استفاده قرار گرفته است. این هماهنگی، دقت و اعتبار نتایج را افزایش داده و به طراحی راهکارهایی مبتنی بر داده و شواهد علمی کمک کرده است.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق این مطالعه، به طور مستقیم بر اساس مبانی نظری طراحی شده است که بر تغییرات کالبدی، اصول توسعه پایدار، و پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی این تغییرات تأکید دارد. با بهره‌گیری از مدل تحول زمین (LTM) و ابزارهای تحلیل فضایی (GIS و ENVI)، مفاهیم نظری به صورت عملیاتی پیاده‌سازی شده‌اند. مبانی نظری ارائه شده، چارچوبی برای شناسایی تغییرات کاربری زمین، تحلیل روندهای گذشته، و پیش‌بینی تغییرات آینده فراهم کرده است. این تحقیق به بررسی و مدل‌سازی توسعه شهری تبریز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تحول زمین (LTM) می‌پردازد. مدل LTM که مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی است، توانایی پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین را بر اساس داده‌های اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و زیرساختی دارد. داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰، نقشه‌های کاربری اراضی، شیب، توپوگرافی و بافت‌های فرسوده است که با نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI پردازش شده‌اند. مراحل تحقیق شامل پردازش داده‌ها و تولید لایه‌های مکانی، انتخاب متغیرهای پیش‌بینی، یکپارچه‌سازی داده‌ها با تکنیک‌های تحلیل چندمعیاره و شبکه‌های عصبی، و تخمین تغییرات آینده است. دقت مدل با معیارهایی نظیر ریشه میانگین مربعات خطا (RMS)، درصد متریک سازگاری (PCM) و ضریب کاپا ارزیابی می‌شود. این روش تحقیق با ادغام داده‌های فضایی و غیرفضایی تلاش می‌کند تا راهکارهایی برای توسعه پایدار و میان‌افزا در شهر تبریز ارائه دهد.



شکل ۱. روند فرایندسازی مدل تحقیق

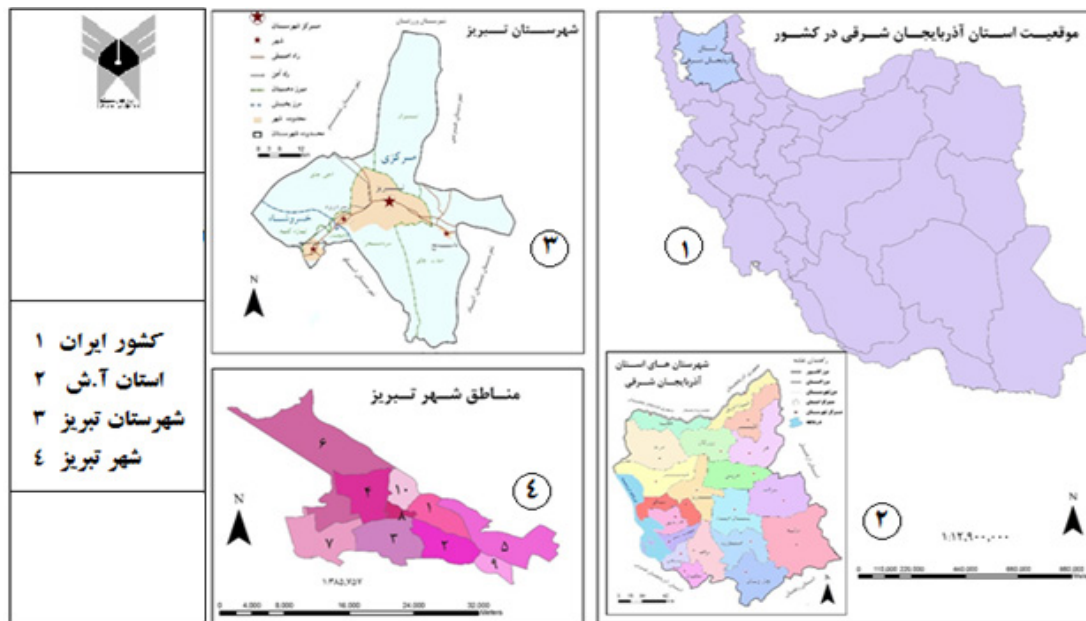
پیش‌بینی شده با تغییرات واقعی مقایسه شود.
- انتخاب مدل بهینه و شبیه‌سازی تغییرات آینده
مدل بهینه بر اساس نتایج ارزیابی انتخاب شده و برای پیش‌بینی توسعه شهری در آینده استفاده می‌شود.
- تحلیل نتایج و آماده‌سازی برای شبیه‌سازی نهایی
با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شده و الگوریتم یادگیری، نتایج نهایی تحلیل و نقشه تغییرات نهایی تولید می‌شود.

محدوده مورد مطالعه

شهر تبریز با جمعیت ۱۶۸۹۶۲۰ نفر ۴۵ درصد جمعیت استان آذربایجان شرقی را به خود اختصاص داده است. بر اساس تقسیمات کالبدی طرح جامع، این شهر به ۱۰ منطقه تقسیم شده است (Zeynali Azim et al, 2024). شهر تبریز از نظر الگوی کلی فرم شهری یک شکل خاص قابل طبقه‌بندی ندارد. شکل شهر تبریز به تبع تأثیر از توسعه ادواری فرم‌های متفاوتی را به خود گرفته است، به طوری که شکل درون‌گرایانه را در بافت تاریخی شهر (هسته مرکزی)، شکل شعاعی را در بافت داخلی، شکل حلقوی را در میان بافت داخلی و حاشیه‌ای، شکل شطرنجی را در بافت‌های نو و برنامه‌ریزی شده و شکل آشفته را در بافت‌های غیررسمی می‌توان ملاحظه کرد (Zeynali Azim, 2022).

(Zeynali Azim Babazadeh Oskouei, 2022).

این شکل فرایند گام‌به‌گام مدل‌سازی در سیستم LTM را نمایش می‌دهد. مراحل اصلی این فرایند به شرح زیر است:
- هماهنگ‌سازی داده‌ها و مشخصات پیکسل‌ها
داده‌های اولیه شامل نقشه‌های مکانی، اطلاعات جمعیتی، شیب، و کاربری اراضی وارد سیستم شده و به فرمت پیکسلی استاندارد تبدیل می‌شوند.
- یکپارچه‌سازی و تبدیل داده‌ها به فرمت ASCII
داده‌های ورودی به فرمت ASCII تبدیل می‌شوند که برای پردازش در مدل لازم است. این مرحله شامل آماده‌سازی داده‌های اولیه و تنظیم متغیرها است.
- ایجاد شبکه و الگوریتم آموزشی
شبکه عصبی مصنوعی ایجاد می‌شود و الگوریتم یادگیری برای شناسایی الگوهای تغییر کاربری زمین طراحی و اجرا می‌شود.
- آموزش مدل و اجرای الگوریتم
مدل با استفاده از داده‌های ورودی آموزش دیده و خروجی‌های اولیه برای شبیه‌سازی تغییرات تولید می‌شود.
- ارزیابی تغییرات و تبدیل خروجی به فرمت GRID
خروجی مدل به فرمت GRID تبدیل شده و تغییرات مکانی پیش‌بینی شده تحلیل و ارزیابی می‌شود.
- ارزیابی مدل با معیارهای RMS، PCM، Kappa و
دقت مدل با استفاده از معیارهایی مانند ریشه میانگین مربعات خطا (RMS)، درصد متریک سازگاری (PCM)، و ضریب کاپا ارزیابی می‌شود تا نتایج



شکل ۲. موقعیت شهر تبریز در کشور و استان

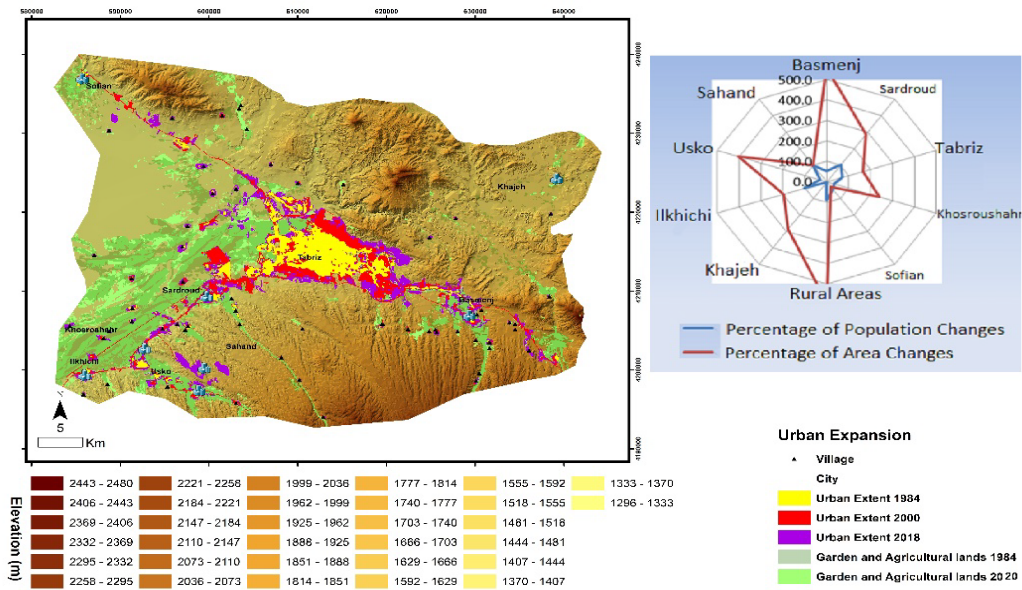
تغییرات از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰

بررسی تغییرات کاربری اراضی در شهر تبریز طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان‌دهنده تحولات وسیعی است که به احتمال زیاد این روند تا سال‌های آینده ادامه خواهد داشت. این تغییرات به دلیل افزایش سریع جمعیت شهری و نیازهای روزافزون به زیرساخت‌ها و خدمات شهری به وقوع پیوسته است. هدف اصلی این مطالعه، تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهری تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بوده است تا روند، شدت و نواحی اصلی تغییرات شناسایی و تحلیل شود. این امر می‌تواند به درک بهتر مسائلی که باید به آن‌ها توجه شود، کمک کند.

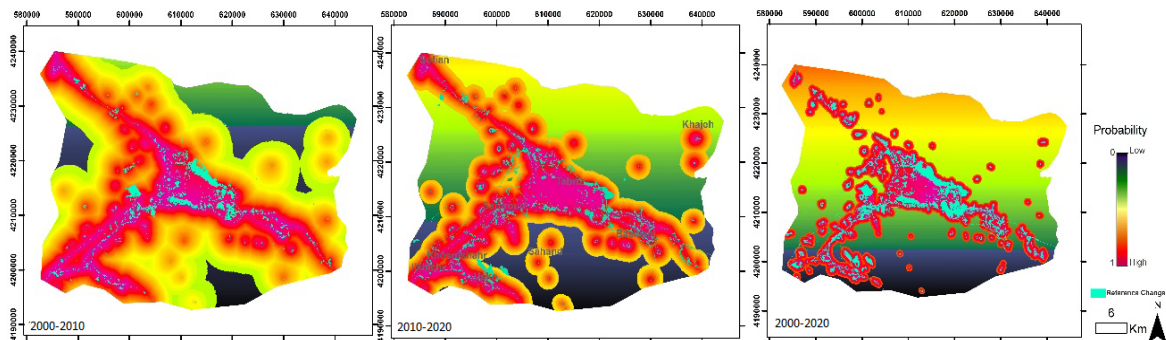
این تحقیق، تغییرات کاربری اراضی تبریز در سه دوره زمانی (۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های چندزمانه تصاویر ماهواره‌ای لندست و نرم‌افزار ENVI ۵٫۸، بررسی شد و تحلیل‌های لازم در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰٫۲ انجام گرفت. نتایج این تجزیه و تحلیل‌ها به صورت نقشه‌های تغییرات اراضی ارائه شد. بر اساس داده‌ها، مساحت اراضی ساخته شده در بازه زمانی مورد مطالعه از ۲۶ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۵۵ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است که نشان‌دهنده رشد ۰/۲۹ درصد است. در مقابل، اراضی ساخته نشده که ابتدا ۰/۶۷ درصد از مساحت شهر را تشکیل می‌داد، به ۰/۴۰ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته و حدود ۰/۲۷ درصد کاهش نشان داده است. این تغییرات بزرگ و تأثیرگذار بر فضای شهری، از جمله کاهش زمین‌های سبز و کشاورزی را به دنبال داشته است.

یافته‌ها

روند شهرنشینی و الزاماتی که این پدیده به همراه دارد، عامل اصلی تغییرات محیطی در سطح شهری به شمار می‌رود. این فرایند که تحت تأثیر پیچیدگی‌های تاریخی و جغرافیایی شکل گرفته، موجب گسترش بی‌رویه و بی‌حد و مرز شهرها و از بین رفتن فضاهای سبز و اراضی کشاورزی شده است. به تدریج این روند باعث کاهش زیبایی و گسترش فضای طبیعی و شهری شده و به وضوح مشکلات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و اکولوژیکی را به همراه آورده است. علاوه بر این، تغییرات محیطی ناشی از این فرایند نه تنها در مقیاس‌های منطقه‌ای، بلکه به تغییرات زیست‌محیطی و ناهماهنگی اکولوژیکی در سطح جهانی منجر شده است. در تبریز، گسترش بی‌رویه ساخت‌وسازها در سال‌های اخیر به تخریب فضاهای سبز و اراضی کشاورزی و توسعه شهر به حومه‌ها و مناطق اطراف منجر شده است. مطالعات مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای در سه دوره زمانی مختلف نیز نشان‌دهنده تغییرات گسترده در کاربری اراضی شهری بوده و به وضوح روند گسترش مناطق ساخت‌وساز و کاهش زمین‌های سبز را تأیید می‌کند. بر اساس داده‌های به دست آمده، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، تغییرات کاربری زمین‌ها در تبریز بیش از ۲۲ درصد افزایش یافته است، در حالی که کاهش فضاهای سبز به ۵ درصد رسیده است. این تغییرات به وضوح تأثیرات منفی بر کیفیت محیط زیست و اکوسیستم‌های طبیعی داشته است. دستیابی به تصاویر ماهواره‌ای با دقت زیاد برای ارزیابی وضعیت کاربری اراضی شهری و تحلیل روند تغییرات در آینده، امری ضروری به نظر می‌رسد.



شکل ۳. روند گسترش کالبدی شهری تبریز در TMA از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰



شکل ۴. نقشه‌های احتمال رشد شهری TMA در سه دوره بر اساس داده‌های LR

کیفیت زندگی و پایداری بیشتر کمک خواهد کرد. برای انجام طبقه‌بندی فازی و تحلیل تغییرات، ابتدا در محیط نرم‌افزاری eCognition9 کلاس‌های مورد نظر تعریف شدند و سپس با استفاده از شاخص‌ها و الگوریتم‌های مخصوص، تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شدند. در این فرایند، شاخص‌های مختلفی برای شناسایی انواع کاربری اراضی و مناطق مختلف شهر تبریز به کار گرفته شد. در ادامه، با توجه به آستانه‌های مشخص شده، طبقه‌بندی انجام گرفت تا تفکیک دقیق‌تری از تغییرات و تحولات صورت گرفته در هر منطقه به دست آید.

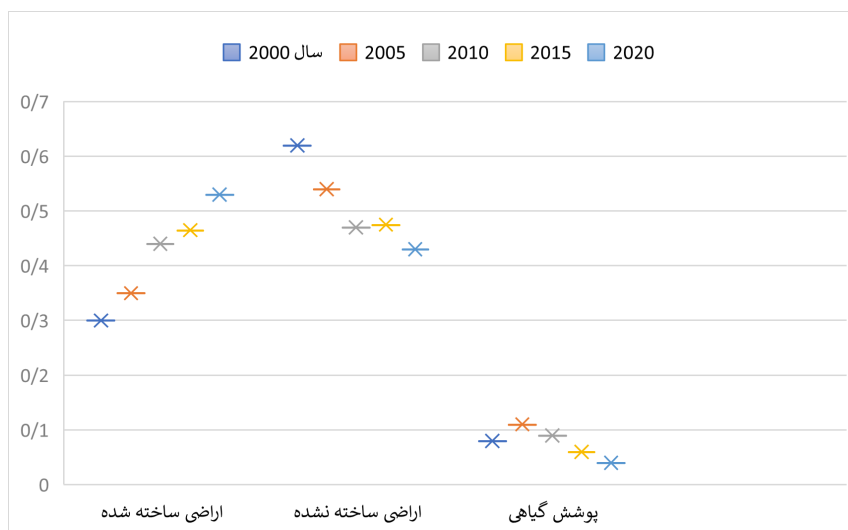
همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نقاط اصلی شهرنشینی از لحاظ ساختاری عمدتاً در امتداد مسیرهای اصلی و جاده‌ها قرار دارند و به طور مستقیم به مراکز شهری متصل هستند. این الگوی شهری بیانگر رشد گسترش مناطق روستایی در اطراف هسته‌های مرکزی شهرها است که احتمالاً به توسعه بیشتر در نزدیکی این هسته‌ها منجر خواهد شد؛ به این معنا که برای دستیابی به توسعه کالبدی پایدار در شهر تبریز، باید به‌ویژه در مناطق ۷ و ۹ که هنوز مناطقی بایر و خالی دارند، فرصت‌های توسعه کالبدی ایجاد کرد. این اقدام می‌تواند از گسترش افقی و پراکنده شهر جلوگیری کند و به جای آن، تمرکز توسعه درون شهری ایجاد شود که به نوبه خود به ارتقای

جدول ۱. پارامترهای به کار رفته برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای Landsat

شاخص	آستانه عددی	کلاس (طبقه)
NDWI	بزرگتر از ۰/۲	آب
NDVI Rectangular Fit	بزرگتر از ۰/۲ بزرگتر از ۰/۸ و کوچکتر از ۰/۹	پوشش گیاهی
Border Length NDBal	بزرگتر از ۳۶ و کوچکتر از ۴۸ کوچکتر از ۱-	اراضی ساخته نشده
NDISI Shape Index	بزرگتر از ۰/۹۸۹۰ و کوچکتر از ۰/۹۹۶۳ بزرگتر از ۱/۲ و کوچکتر از ۱/۶	اراضی ساخته شده

جدول ۲. درصد تغییرات کالبدی اراضی طبقه بندی شده از سال ۲۰۲۰-۲۰۰۰

طبقات	درصد (۲۰۰۰)	درصد (۲۰۱۰)	درصد (۲۰۲۰)
اراضی ساخته شده	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۵۵
اراضی ساخته نشده	۰/۶۷	۰/۵۲	۰/۴۰
پوشش گیاهی	۰/۷	۰/۹	۰/۵
کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰



شکل ۵. درصد تغییرات کالبدی اراضی شهر تبریز بین سال های ۲۰۲۰-۲۰۰۰

در این تحقیق، تغییرات کاربری اراضی در تبریز در سه دوره اصلی (۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) مورد بررسی قرار گرفت. داده های مربوط به تصاویر ماهواره ای لندست در نرم افزار ENVI ۵.۸ تحلیل شده و نتایج در نرم افزار ArcGIS ۱۰.۲ بررسی شد. خروجی ها به صورت نقشه های دقیق تغییرات کاربری اراضی در این سه دوره زمانی تولید شد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد مساحت اراضی ساخته شده در تبریز در بازه زمانی بررسی شده از ۲۶ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۵۵ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است، که این تغییر نشان دهنده رشد تقریبی ۳۹ درصد در این بازه زمانی است. همچنین، اراضی ساخته نشده نیز تغییرات مشابهی داشته اند و از ۶۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۴۰ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش

چشم انداز تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز به لحاظ کالبدی

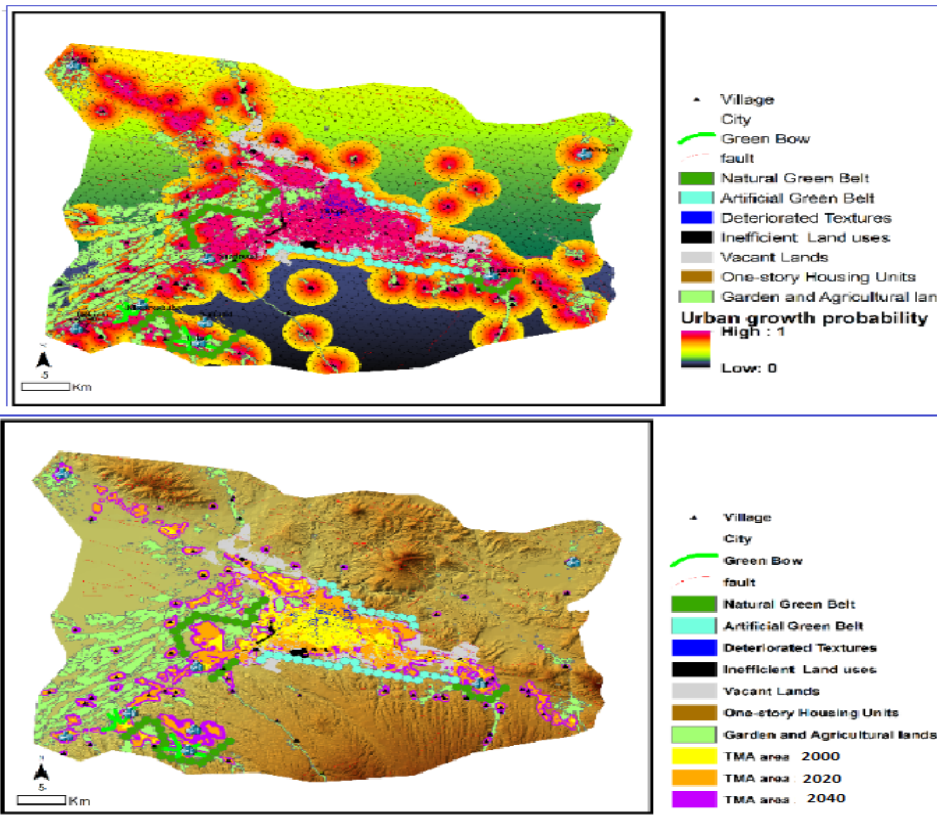
شهر تبریز در دوره زمانی بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ تغییرات قابل توجهی در کاربری اراضی خود تجربه کرد. این تحولات به احتمال زیاد تا سال های آینده نیز ادامه خواهد یافت، چرا که رشد سریع جمعیت شهری و نیازهای مربوط به آن همچنان عامل اصلی این تغییرات هستند. هدف از این پژوهش، تجزیه و تحلیل روند تغییرات کاربری اراضی شهری تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره ای بوده است تا نحوه و شدت این تغییرات، به ویژه در چه نواحی و در چه زمینه هایی بیشتر بوده است، بررسی و شناسایی شود. این تحلیل ها می تواند به اتخاذ تصمیمات بهتر برای مدیریت شهری و برطرف کردن مشکلات مربوط به توسعه شهری کمک کند.

یافته‌اند. این کاهش حدود ۲۷ درصد نشان‌دهنده روند تغییرات چشمگیر در این ۲۰ سال اخیر است. همچنین، کاربری‌های مربوط به پوشش گیاهی در تبریز طی این دوره زمانی کاهش قابل توجهی داشته است. مساحت این اراضی از ۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۵ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. کاهش مساحت باغ‌ها و فضاهای سبز، یکی از مشکلات اصلی در توسعه یافته‌اند. این کاهش حدود ۲۷ درصد نشان‌دهنده روند تغییرات چشمگیر در این ۲۰ سال اخیر است. همچنین، کاربری‌های مربوط به پوشش گیاهی در تبریز طی این دوره زمانی کاهش قابل توجهی داشته است. مساحت این اراضی از ۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۵ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. کاهش مساحت باغ‌ها و فضاهای سبز، یکی از مشکلات اصلی در توسعه

یافته‌اند. این کاهش حدود ۲۷ درصد نشان‌دهنده روند تغییرات چشمگیر در این ۲۰ سال اخیر است. همچنین، کاربری‌های مربوط به پوشش گیاهی در تبریز طی این دوره زمانی کاهش قابل توجهی داشته است. مساحت این اراضی از ۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۵ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. کاهش مساحت باغ‌ها و فضاهای سبز، یکی از مشکلات اصلی در توسعه

جدول ۳. استراتژی کاهش، استفاده مجدد و بازیافت در توسعه کالبدی پایدار شهر تبریز

شهر	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	نتیجه
تبریز	کاربری‌های ناسازگار	۷۰۲	کاهش آلودگی محیط زیست
	بافت‌های فرسوده	۴۲۰	احیا و بازآفرینی شهر
	واحدهای مسکونی یک طبقه	۲۴۶۲	توسعه کامل کالبدی (استراتژی شهر فشرده)
	زمین‌های خالی	۶۰۴۳	محدود کردن قطب‌بندی فضایی شهری با تقویت مراکز جدید



شکل ۶. استراتژی توسعه کالبدی شهر تبریز بر اساس توسعه میان‌افزا (کاهش آلودگی زیست‌محیطی، احیای بافت فرسوده، توسعه کامل کالبدی، تقویت مراکز جدید)

بنابراین براساس یافته‌ها، چالش‌های توسعه کالبدی در راستای تغییرات کالبدی شکل گرفته به لحاظ پایداری در شهر تبریز در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰، در واقع به شکلی بوده است که در آن گسترش افقی و پراکنده شهری غالب بوده است. این مدل توسعه، به جای استفاده از ظرفیت‌های درونی و بهینه‌سازی فضای شهری، به اشغال فضاهای باز، کشاورزی و طبیعی در حومه‌های شهر منجر شده است. این امر نه تنها به افزایش فشار بر منابع طبیعی و اکولوژیکی منجر شده، بلکه باعث افزایش مشکلات زیست‌محیطی و کاهش کیفیت زندگی شهری شده است. با توجه به اصول توسعه پایدار، هدف اصلی باید ایجاد شهری باشد که ضمن توجه به نیازهای جمعیت در حال رشد، به منابع طبیعی آسیب نرساند و بتواند از ظرفیت‌های درونی خود بهره‌برداری کند. در این زمینه، توسعه‌ای که در مناطق ۵، ۷ و ۹ تبریز، که هنوز فضاهای خالی و بایر دارند، صورت گیرد، می‌تواند به یک راه‌حل مناسب

بنابراین براساس یافته‌ها، چالش‌های توسعه کالبدی در راستای تغییرات کالبدی شکل گرفته به لحاظ پایداری در شهر تبریز در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰، در واقع به شکلی بوده است که در آن گسترش افقی و پراکنده شهری غالب بوده است. این مدل توسعه، به جای استفاده از ظرفیت‌های درونی و بهینه‌سازی فضای شهری، به اشغال فضاهای باز، کشاورزی و طبیعی در حومه‌های شهر منجر شده است. این امر نه تنها به افزایش فشار بر منابع طبیعی و اکولوژیکی منجر شده، بلکه باعث افزایش مشکلات زیست‌محیطی و کاهش کیفیت زندگی شهری شده است. با توجه به اصول توسعه پایدار، هدف اصلی باید ایجاد شهری باشد که ضمن توجه به نیازهای جمعیت در حال رشد، به منابع طبیعی آسیب نرساند و بتواند از ظرفیت‌های درونی خود بهره‌برداری کند. در این زمینه، توسعه‌ای که در مناطق ۵، ۷ و ۹ تبریز، که هنوز فضاهای خالی و بایر دارند، صورت گیرد، می‌تواند به یک راه‌حل مناسب

مدیریت تغییرات کالبدی و حرکت به سمت توسعه پایدار در تبریز ارائه دهند. در نتیجه، تغییرات کالبدی شهر تبریز طی دو دهه اخیر، الگوی توسعه شهری پراکنده و بی‌رویه‌ای را نشان می‌دهد که پیامدهای قابل توجهی بر منابع طبیعی، فضاهای سبز، و اکوسیستم شهری داشته است. یافته‌های این تحقیق، همسو با مطالعات پیشین، بر اهمیت مداخلات هدفمند و برنامه‌ریزی پایدار تأکید دارد. افزایش اراضی ساخته‌شده و کاهش فضاهای سبز، نه تنها تهدیدی برای پایداری زیست‌محیطی شهر است، بلکه کیفیت زندگی شهروندان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. از این‌رو، برنامه‌ریزی‌های آتی باید به جای گسترش افقی، بر توسعه درونی و استفاده از ظرفیت‌های موجود در بافت‌های فرسوده و مناطق بایر متمرکز شود. این رویکرد، ضمن کاهش تخریب منابع طبیعی، می‌تواند به بهبود خدمات شهری، افزایش فضاهای سبز، و ارتقای کیفیت زندگی منجر شود. همچنین، استفاده از ابزارهای سنجش از دور و مدل‌های پیش‌بینی برای تحلیل روند تغییرات، به مدیران شهری امکان می‌دهد تا تصمیمات دقیق‌تری اتخاذ کنند. بنابراین، راهکارهایی مانند تقویت زیرساخت‌های زیست‌محیطی، ایجاد فضاهای سبز جدید، بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین در توسعه شهری، و اتخاذ سیاست‌های مدیریت پایدار زمین، می‌تواند به تحقق توسعه پایدار در تبریز کمک کنند. تنها با چنین رویکرد جامعی می‌توان آینده‌ای بهتر برای شهر و شهروندان آن تضمین کرد. برای دستیابی به توسعه کالبدی پایدار در برابر تغییرات کالبدی در شهر تبریز، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

- استفاده از ظرفیت‌های درونی: به جای گسترش افقی و پراکنده شهر، باید از ظرفیت‌های داخلی مناطق مختلف برای توسعه و بازسازی استفاده کرد. این امر می‌تواند به کاهش مصرف زمین و کاهش فشار بر منابع طبیعی منجر شود.

- حفظ و گسترش فضاهای سبز: توسعه فضاهای سبز و ایجاد پارک‌ها و باغ‌ها در سطح شهر می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی شهری کمک کند.
- توسعه هوشمند و پایدار: استفاده از تکنولوژی‌های نوین و اصول شهرسازی پایدار، مانند ساختمان‌های سبز و سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی کارآمد، می‌تواند تبریز را به یک شهر پایدارتر و هوشمندتر تبدیل کند.
- مدیریت منابع آب و انرژی: توجه به مصرف بهینه منابع طبیعی و انرژی در طرح‌های توسعه‌ای، می‌تواند به افزایش پایداری شهری کمک کند.

■ مشارکت نویسندگان

نویسنده اول ۲۵٪؛ نویسنده دوم ۳۳٪؛ نویسنده سوم ۳۲٪ است.

■ تشکر و قدردانی

از کلیه کسانی که در این تحقیق، محققان را یاری کرده‌اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنیم. پژوهشگران این تحقیق منافع تجاری نداشته‌اند و در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت نکرده‌اند و مقاله حامی مادی و معنوی ندارد و همه هزینه‌ها توسط نویسنده اول (دانشجو) انجام گرفته است.

■ تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

برای جلوگیری از توسعه پراکنده کمک کند. این مناطق می‌توانند به جای گسترش بی‌رویه در خارج از مرزهای شهری، با تأکید بر تراکم بالا و استفاده بهینه از زمین، توسعه یابند. از اصلی‌ترین اصول توسعه پایدار، حفظ و گسترش فضاهای سبز شهری است که می‌تواند به بهبود کیفیت هوا، کاهش اثرات جزیره حرارتی، و ارتقای سلامت روانی و جسمی شهروندان کمک کند. کاهش ۰/۱۱ درصدی پوشش گیاهی در تبریز نشان‌دهنده نیاز مبرم به برنامه‌ریزی دقیق‌تر در جهت حفظ و توسعه فضاهای سبز است. در این راستا، ایجاد پارک‌ها، باغ‌ها و فضاهای عمومی در داخل شهر می‌تواند به توسعه پایدار و حفظ تنوع زیستی در شهر کمک کند.

■ نتیجه‌گیری

تغییرات کالبدی شهر تبریز در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بیانگر روندی است که گسترش افقی و پراکنده شهری را به عنوان الگوی غالب توسعه نشان می‌دهد. افزایش مساحت اراضی ساخته‌شده و کاهش فضاهای سبز و اراضی کشاورزی، پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی متعددی ایجاد کرده و فشار مضاعفی بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌های شهری وارد کرده است. این یافته‌ها با مطالعات پیشین شباهت‌های قابل توجهی دارد. به عنوان مثال، دامینگو و همکاران (۲۰۲۱) تأکید کرده‌اند که مداخلات برنامه‌ریزی‌شده و انتقال توسعه به مناطقی با برنامه‌های پیش‌بینی‌شده می‌تواند تخریب زمین‌های کشاورزی و فضاهای سبز را به حداقل برساند. در تبریز نیز، یافته‌ها نشان می‌دهد تمرکز بر توسعه درونی و بازآفرینی بافت‌های فرسوده به جای گسترش افقی، می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش تخریب منابع طبیعی باشد.

مشابه این تحقیق، زانگ و همکاران (۲۰۲۱) اهمیت ارزیابی مناسب بودن پروژه‌های توسعه‌ای و تقویت همکاری‌های میان‌رشته‌ای را در برنامه‌ریزی شهری مطرح کرده‌اند. در تبریز، نبود رویکردهای جامع در توسعه شهری و عدم ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی، به کاهش سرانه فضاهای سبز و افزایش آلودگی محیطی منجر شده است. همچنین، یافته‌های زیال هکوی و همکاران (۲۰۲۰) درباره پیامدهای تغییرات کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی، بر ضرورت استفاده از سناریوهای پایدار برای مدیریت تغییرات تأکید دارند، که این امر در تبریز نیز به واسطه کاهش ۲۷ درصدی اراضی کشاورزی و ۲ درصدی پوشش گیاهی محسوس است.

مطالعاتی مانند زینالی و همکاران (۱۴۰۳) نیز نشان داده‌اند رویکردهای رشد هوشمند شهری می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی و کاهش پراکندگی شهری کمک کند. یافته‌های تحقیق حاضر نیز تأیید می‌کند که تمرکز بر استفاده از ظرفیت‌های درونی مناطق ۵، ۷ و ۹ می‌تواند از گسترش بی‌رویه و پراکنده شهر جلوگیری کند و توسعه‌ای متوازن‌تر را به ارمغان آورد. از سوی دیگر، استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌های پیش‌بینی تغییرات، همان‌گونه که در مطالعات صی محمدی و همکاران (۱۴۰۰) و ضیایی و همکاران (۱۴۰۱) نیز به آن اشاره شده است، می‌تواند ابزار کارآمدی برای مدیریت تغییرات کاربری زمین در تبریز باشد.

به طور کلی، این تحقیق بر همخوانی با نتایج مطالعات پیشین تأکید داشته و نشان می‌دهد برنامه‌ریزی پایدار شهری تنها زمانی موفق خواهد بود که با تمرکز بر حفظ منابع طبیعی، تقویت زیرساخت‌های زیست‌محیطی، و استفاده بهینه از ظرفیت‌های داخلی شهر همراه باشد. پیشنهادهایی نظیر تقویت فضاهای سبز، ایجاد پارک‌های محلی، استفاده از تکنولوژی‌های نوین در توسعه شهری، و تمرکز بر بازآفرینی بافت‌های فرسوده، که در این تحقیق و سایر مطالعات نیز بر آن‌ها تأکید شده است، می‌تواند چارچوبی کارآمد برای

- Abdi Torbaghan, J., Sarrafi, M., & Razavian, M. T. (2019). Analysis of urban physical development using Shannon entropy, Holdren, and Moran quantitative models (Case study: Kashmar city). *Sustainable Development of Geographic Environment*, 1(1), 53–72. <https://doi.org/10.52547/sdge.1.1.53>. [In Persian]
- Abedini, A., Sobatsani, N., & Golshani, M. (2019). Assessment of the impacts of physical changes on the urban spatial structure in Urmia historical district by space syntax and GIS. *Human Geography Research Quarterly*, 51(1), 79–96. Retrieved from <https://sid.ir/paper/139004/en>. [In Persian].
- Ala-Mantila, S., Kurvinen, A. & Karhula, A. (2023), Measuring sustainable urban development in residential areas of the 20 biggest Finnish cities. *npj Urban Sustain* 3, 49 (3). <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00127-8>.
- Baobeid A, Koç M and Al-Ghamdi SG (2021) Walkability and Its Relationships With Health, Sustainability, and Livability: Elements of Physical Environment and Evaluation Frameworks. *Front. Built Environ.* 7:721218 <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.721218>.
- Dehghani, T. Ahmadpari, H. and Amini, A. (2023). Assessment of land use changes using multispectral satellite images and artificial neural network. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(2), 18-35. <https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11279.1114>. [In Persian].
- Domingo, D; Gaëtan P; Anna M.H, (2021), Effect of zoning plans on urban land-use change: A multi-scenario simulation for supporting sustainable urban growth, *Sustainable Cities and Society*, 69, 1-19. 102833. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102833>.
- Fari, M., Babakhani, M., & Hashempour, R. (2023). Evaluation and examination of the physical aspect of the city from the point of view of passive defense (Case study: the historical context of the Urmia). *Urban Environmental Planning and Development*, 11(3), 55-70. <https://doi.org/10.30495/juepd.2023.1986563.1198>. [In Persian].
- Gholizadeh, Z. Farzadmehr, J. and Rostami Khalaj, M. (2023). Modeling and predicting land use changes using Markov chain Model (Case study: Ghaleh Jogh, Torbat-e-Heydarieh City). *Journal of Water and Soil Conservation*, 30(2), 75-96. <https://doi.org/10.22069/jwsc.2023.21009.3611>. [In Persian]
- Hersperger, A. M., Gr'adinaru, S. R., & Siedentop, S. (2020). Towards a better understanding of land conversion at the urban-rural interface: Planning intentions and the effectiveness of growth management. *Journal of Land Use Science*, 1-8. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2020.1765426>.
- Huang, T., Wu, Z., Wu, J., Hwang, J., & Rajagopal, R. (2024). CityPulse: Fine-grained assessment of urban change with street view time series. *arXiv:2401.01107v2 [cs.CV]*. <https://arxiv.org/abs/2401.01107>
- Joulideh, M., Motiee, N., & Asadi, A. (2024). Monitoring and predicting land use changes in Kurdistan Province using Geographic Information System and CA-Markov model. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 55(2), 379-395. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.335433.669110>. [In Persian].
- Khosh Lahje, M., Ranjgar, B., Moghimi, A., Beheshti Far, S., Maghsoudi, Y., & Mohammadzadeh, A. (2019). An overview of the methods and models used to identify land use changes based on remote sensing and GIS (with emphasis on studies in Iran). *Journal of Geomatics Science and Technology*, 9(2), 225-242. Retrieved from <https://sid.ir/paper/249525/en>[In Persian].
- Kilic OM, Ersayin K, Gunal H, Khalofah A, Alsubeie MS (2022) Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Saudi J Biol Sci* 29(4):2634–2644.
- Kim, Y., Newman, G., & Güneralp, B. (2020). A review of driving factors, scenarios, and topics in urban land change models. *Land*. 9(8), 246. <https://doi.org/10.3390/LAND9080246>.
- Lozano, R. (2024). Organizational change management for sustainability. In *Strategies for Sustainability* (1st ed., pp. IX, 186). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-59622-3>
- Montazeri, M., Jahanshahloo, L., & Majdi, H. (2017). Transformations of the physical-spatial structure of Yazd city and the influencing factors. *Haft Hesar Environmental Studies*, 6(21), 27–42. <https://dor.isc.ac.ir/20.1001.1.23225602.1396.6.21.5.2>. [In Persian].
- NGFS. (2022). The economic impact of physical effects of climate change: Implications for monetary policy. Network for Greening the Financial System (NGFS). Retrieved from <https://www.ngfs.net>
- Shamai, A., & Jafarpour Ghalehtemouri, K. (2024). Land use evaluation and capacity assessment for sustainable urban physical development: Case study of Ahvaz city. *City, Territory and Architecture*, 11(18). <https://doi.org/10.1186/s40410-024-00239-3>.
- Vali, A., Mousavi, S. H., & Abbasi, H. (2019). Analysis and evaluation of land use changes in Mobarakeh towards sustainable development. *Journal of Urban Social Geography*, 6(2), 73–86. <https://doi.org/10.22103/JUSG.2019.1992>. [In Persian].
- Zang, Y; Yang, Y, (2021), Toward serving land consolidation on the table of sustainability: An overview of the research landscape and future directions, *Land Use Policy*, 109, 105696. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105696>.
- Zhang, P., Ghosh, D., & Park, S. (2023). Spatial measures and methods in sustainable urban morphology: A systematic review. *Landscape and Urban Planning*, 237, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104776>.
- Zhang, R., Chen, T., Su, F., Liu, Y., & Zheng, G. (2024). Simulating the impact of urban expansion on ecological security pattern from a multi-scenario perspective: A case study of the Changsha–Zhuzhou–Xiangtan urban agglomeration, China. *Sustainability*, 16(19), 9382. <https://doi.org/10.3390/su16219382>.
- Ziaul H, Muhammad, C, Shenghui, I, (2020), Future Impact of Land Use/ Land Cover Changes on Ecosystem Services in the Lower Meghna River Estuary, Bangladesh, *Sustainability* 2020, 12(5), 2112; <https://doi.org/10.3390/su12052112>.
- Zuo, Q. (2010). Without zoning: Urban development and land use controls in Houston. *Cities*, 27(1), 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.11.006>.
- Zeynali Azim, A., Moosavi, M., & Sarvar, R. (2024). Evaluation of physical development of Tabriz in terms of compactness by ranking of smart urban growth indicators (Case study of zone 2, 4, and 7). *Environmental Based Tertiary Planning*, 17(65), 1-28. <https://sanad.iau.ir/fa/Journal/ebtp/Article/987676>. [In Persian].
- Zeynali Azim, A. and Babazadeh Oskouei, S. (2022). Analyzing of Creating a Livable Smart City in the City of Tabriz. *Urban Economics and Planning*, 3(4), 24-37. <https://doi.org/10.22034/uep.2022.365191.1286>. [In Persian].
- Zeynali Azim, A, Fadaei Haghi, M., Alizadeh, A , Jodeiri Abbasi, M. , Fathipour, R. and Sharifi, M. (2024). Measuring the Effective Factors in the Non-Development of the Sustainable Smart City of Tabriz. *Environmental Sciences*, 22(3), 427-446. <https://doi.org/10.48308/envs.2024.1337>. [In Persian].
- Zeynali Azim, A. (2022). Analysis of place attachment in the city of Tabriz by using the scale of smart cities during the Covid-19 disease. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 10(3), 65-80. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2022.342120.1687>. [In Persian].
- Saymohammadi, S., Tavakoli, M., Zarafshani, K., Mehdizadeh, H., & Amiri, F. (2021). Investigation of the process of land use change in Mahidasht plain watershed using remote sensing images. *Sustainability, Development & Environment*, 2(2), 53–70. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/846582?FullText=FullText>. [In Persian].
- Ziaei, N. P., Nagizadeh, M., & Mokhtabad, S. M. (2022). Data mining on the possibility study of urban fabric's physical change modeling. *Hoviatshahr*, 16(3), 5-16. <https://doi.org/10.30495/hoviatshahr.2022.20878>. [In Persian].