

Spatial Monitoring of Land Use Changes Based on the Urban Form (case study: Tabriz metropolis)

Pouya Faryadkhah¹, Ali Panahi^{2*} and Hassan Ahmadzadeh³

1. Ph.D. Student, Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

3. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author, panahin@yahoo.com

Received Date:
09/10/2024

Revise Date:
06/01/2025

Accepted Date:
06/03/2025

Published Date:
09/07/2026

Article Info Abstract

Articles extracted from Thesis
Volume 7, Issue 24, Summer 2026
Pages 35-48

The spatial monitoring of land use changes in the metropolis of Tabriz is a crucial topic for understanding the dynamics of urban growth and sustainable planning. This process plays a key role in comprehending urban expansion and development, identifying unbalanced growth patterns, and assessing the impacts of these changes on the environment and natural resources. This study utilized Landsat-5 TM, Landsat-8 OLI, and Landsat-9 OLI satellite imagery, along with Geographic Information Systems (GIS), to analyze land use changes in Tabriz in the years 1991, 2001, 2011, and 2023. Land use maps derived from supervised spectral classification of remote sensing data from Landsat images revealed that over a span of 32 years, built-up areas increased by approximately 28%, primarily at the expense of prime agricultural lands. Analysis of spatial patterns of land use changes indicates that the highest average rate of increase in built-up areas occurred in region 5, with an entropy value of -0.25, reflecting significant changes in land use patterns. Results from the Holdren model for the metropolis of Tabriz indicate that 31.88% of urban expansion is due to population growth, while 68.11% is attributed to unbalanced and sprawl development. This clearly highlights that spatial growth in Tabriz has predominantly occurred through unplanned expansion. As a result, there has been a significant increase in built-up land area and a concurrent reduction in water and agricultural resources, which is likely to lead to future environmental crises. These findings underscore the necessity of comprehensive and sustainable planning to ensure balanced development and environmental protection in Tabriz.

Keywords: Urban land use changes, spatial monitoring, form of metropolises, Tabriz.

Cite this article:

Faryadkhah, P., Panahi, A., & Ahmadzadeh, H. (2026). Spatial monitoring of land use changes based on the urban form (case study: Tabriz metropolis). *Journal of Economic Geography Research*, 7(24), 35-48.

 <https://doi.org/10.30470/jegr.2025.2043750.1229>



2821-2266 © University of Zanjan.

This is an open access article under the CC BY-NC/4.0/License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Urban expansion — which is continuously accompanied by demographic, economic, social, or political processes — is a dynamic and complex phenomenon that often has negative impacts on land use and land cover change. These changes, driven by the ongoing processes of urban expansion, constitute one of the most significant and often most irreversible types of environmental change. In turn, they affect the alteration of natural vegetation cover and the functioning of urban ecosystems.

In the metropolis of Tabriz, similar to many cities globally, spatial expansion is primarily driven by internal migration and the conversion of rural areas into urban zones. This phenomenon has led to urban sprawl, characterized by uneven urban development and the loss of open spaces and agricultural land surrounding the city. This pattern of spatial growth, often fueled by unchecked construction and a move away from the central urban cores, exposes Tabriz to various risks, including environmental degradation and a decline in urban living quality.

An examination of urban expansion trends and their challenges in Tabriz reveals that a substantial portion of this development results from unbalanced urban growth and excessive horizontal expansion. Therefore, identifying spatial growth patterns and emphasizing sustainable development can help mitigate the negative impacts of this expansion and provide a higher quality urban environment for Tabriz's residents.

Methodology

This research is applied in nature and employs a descriptive-analytical methodology. The required data were collected from library resources, which include the approved detailed plan for the metropolis of Tabriz from the year 2023, spatial data, and Landsat satellite images over a 32-year period from 1991 to 2023. Additionally, to assess urban form, data related to population and the national census from the years 1991 and 2021 were utilized, applying the Holdren and Shannon models. For analysis, GIS and Terrset software were used, along

with Shannon entropy, Holdren models, and the Cross Tab model.

Results and discussion

The results of this study indicate the land use changes in the metropolis of Tabriz between 1991 and 2023. The increase in the area of built-up land and the decrease in agricultural land and water resources highlight rapid and unplanned urban development. The complete removal of water bodies reveals environmental pressures and a reduction in natural resources, which could lead to a future water crisis. The conversion of orchards into residential areas has occurred due to the demand for new land for construction.

Based on land use maps of the Tabriz metropolis over a 32-year period, the area of built-up land in this metropolis increased from 7,406.37 hectares in 1991 to 9,807.66 hectares in 2023. In contrast, the area of irrigated agricultural land and water bodies decreased over this period, and during the last two decades, water bodies have been completely eliminated from the legal boundaries of the city. These land use changes may lead to various consequences, including environmental problems, a sharp increase in population density in urban areas, reduced quality of life, deterioration of air and water quality, loss of green spaces, increased noise pollution, and a future water crisis.

Shannon entropy analysis indicates a greater concentration of land uses and a reduction in spatial disorder. Additionally, the Holdren model shows that 68.11% of Tabriz's spatial growth is due to unbalanced urban growth and sprawl, accompanied by infrastructural problems and environmental degradation. Overall, these results indicate a lack of comprehensive planning in the spatial expansion of Tabriz and its consequences, including increased population density and environmental crises.

Conclusion

Spatial monitoring of urban land use changes in a metropolis such as Tabriz is one of the most important topics for understanding the dynamics of urban growth and sustainable planning. Due to its structural complexities and rapid growth, the Tabriz metropolis has experienced significant changes in land use.

The results of this study indicate extensive changes in land use in the metropolis of Tabriz during the period from 1991 to 2023. The significant increase in the area of built-up land and the decrease in agricultural land and water resources reflect rapid and unplanned urban development. The complete removal of water bodies during this period signifies environmental pressures and a reduction in natural resources, which could lead to future issues such as a water crisis. Additionally, the conversion of orchards and agricultural lands into residential areas is a result of rapid urbanization and the demand for new land for construction. The Cross Tab model effectively illustrates these changes and clarifies the patterns of land use conversion.

Furthermore, Shannon entropy analysis shows that over time, the spatial distribution of land uses has become more concentrated in certain areas, and spatial disorder has decreased. This concentration may indicate unchecked and unplanned urban growth. On the other hand, the results of the Holdren model confirm that a substantial portion of Tabriz's spatial growth, specifically 68.11%, is due to unbalanced growth and urban sprawl.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

پایش فضایی تغییرات کاربری اراضی بر اساس فرم شهری (مطالعه موردی: کلان شهر تبریز)

پویا فریاد خواه^۱، علی پناهی^{۲*} و حسن احمدزاده^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

تاریخ انتشار:

۱۴۰۵/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۱۲/۱۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۱۰/۱۶

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۷/۲۸

اطلاعات مقاله چکیده

پایش فضایی تغییرات کاربری اراضی در کلانشهر تبریز یکی از موضوعات مهم برای درک پویایی رشد شهری و برنامه ریزی پایدار است. این فرآیند نقش کلیدی در فهم چگونگی گسترش و توسعه شهری، شناسایی الگوهای نامتوازن رشد شهری، و تأثیرات این تغییرات بر محیط زیست و منابع طبیعی دارد. این پژوهش از تصاویر ماهواره ای لند ست ۵ TM، لند ست ۸ OLI، لند ست ۹ OLI و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز در سال های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۲ استفاده شده است. نقشه های کاربری اراضی حاصل شده از طبقه بندی طیفی نظارت شده داده های سنجنش از دور با توجه تصاویر لند ست نشان داد که در طول ۳۲ سال، مناطق ساخته شده حدود ۲۸٪ افزایش یافته است که عمدتاً به باعث نابودی زمین های کشاورزی مطلوب شده است. شناسایی تغییرات در الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی نشان می دهد که بالاترین نرخ متوسط افزایش در مناطق ساخته شده در منطقه ۵ با میزان آنتروپی ۰/۲۵- است که نشان دهنده تغییرات قابل توجه در الگوهای کاربری زمین می باشد و بر اساس نتایج حاصل از مدل هلدن برای کلانشهر تبریز که نشان می دهد ۳۱،۸۸ درصد از گسترش شهری به علت رشد جمعیت و ۶۸،۱۱ درصد ناشی از رشد نامتوازن و اسپرال است، به وضوح بیانگر آن است که رشد فضایی تبریز بیشتر بر اساس توسعه نامتوازن رخ داده است. بنابراین، افزایش قابل توجه در مساحت اراضی ساخته شده و کاهش منابع آبی و کشاورزی مشاهده می شود که به بحران های محیطی در آینده منجر خواهد شد. این یافته ها ضرورت برنامه ریزی جامع و پایدار برای توسعه متوازن و حفاظت از محیط زیست در تبریز را تأکید می کند.

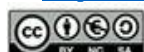
کلید واژه ها: تغییرات کاربری اراضی شهری، پایش فضایی، فرم کلانشهرها، تبریز

مقاله برگرفته از رساله دکتری
دوره ۷، شماره ۲۴، تابستان ۱۴۰۵
صص ۳۵-۴۸

*نویسنده مسئول: panahin@yahoo.com

ارجاع به این مقاله: فریادخواه، پویا، پناهی، علی، و احمدزاده، حسن. (۱۴۰۵). پایش فضایی تغییرات کاربری اراضی بر اساس فرم شهری (مطالعه موردی: کلان شهر تبریز). فصلنامه پژوهش های جغرافیای اقتصادی، ۷(۲۴)، ۳۵-۴۸.

 <https://doi.org/10.30470/jegr.2025.2043750.1229>



2821-2266 © University of Zanjan.

This is an open access article under the CC BY-NC/4.0/License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

بیان مسئله

گسترش شهری که با فرآیندهای جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی یا سیاسی پیوسته همراه است، یک فرآیند پویا و پیچیده است که اغلب تأثیرات منفی بر تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین دارد (Sapena & Ruiz, 2019). این تغییرات که توسط فرآیندهای مداوم گسترش شهری تعیین می‌شوند، از مهم‌ترین و بسیار اوقات غیرقابل بازگشت‌ترین انواع تغییرات محیط زیستی هستند که به‌نوبه خود بر تغییر پوشش گیاهی طبیعی و عملکرد اکوسیستم‌های شهری تأثیر می‌گذارند (Grimm et al, 2008; Hahs et al, 2009; Yu et al, 2018). گسترش شهری منجر به افزایش سطوح غیرقابل نفوذ، مانند ساختمان‌ها، جاده‌ها، پارکینگ‌ها، زیرساخت‌های فنی و غیره می‌شود که نشانگر درجه شهرنشینی و بازتاب‌دهنده کیفیت محیط زیستی مناطق شهری هستند. به‌نوبه خود، رشد اراضی ساخته‌شده بر عواملی از جمله شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری (Hu et al, 2017; Padmanaban et al, 2019; Mitz et al, 2021)، افزایش آلودگی (Zhang et al, 2016)، مدیریت آب (Toure et al, 2018) و ساختار و عملکرد شهر (Triantakoustantis & Stathakis, 2015; Slodczyk, 2020) تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، انواع پوشش زمین و پیکربندی فضایی ساختارهای آن بر کیفیت زندگی انسان تأثیر می‌گذارند.

گسترش فضایی مناطق ساخته‌شده در بیشتر مراکز شهری جهان عمدتاً با رشد جمعیت شهری تسریع می‌شود (Mosammam et al, 2017). بر اساس پیش‌بینی‌های جمعیتی تا سال ۲۰۵۰، نزدیک به ۷۰ درصد از جمعیت در شهرها زندگی خواهند کرد (Europe et al, 2017) که منجر به شهرنشینی پویا، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه خواهد شد (United Nations, 2019). فرآیندهای شهرنشینی در سراسر جهان یکسان نیستند (Melchiorri et al, 2018)؛ رشد قابل توجه جمعیت به دلیل افزایش طبیعی، مهاجرت به مناطق شهری و تبدیل مناطق روستایی به مراکز شهری باعث می‌شود که فرآیندهای شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه پویاتر شود که این امر نامطلوب و نگران‌کننده برای توسعه پایدار شهری است (Hegazy et al, 2015). چالش‌های دیگر مربوط به شهرها در بیشتر مناطق اروپا است، جایی که گسترش شهری وارد مرحله‌ای از حومه‌نشینی شدید شده است که با توسعه پویا مناطق شهری در نواحی پیرامونی و مناطق حومه‌ای، عمدتاً به قیمت از دست دادن زمین‌های کشاورزی و جنگل‌ها همراه است، باوجود پیری و کاهش جمعیت و خالی شدن مراکز شهری (EEA, 2016; Ghazaryan et al, 2021) و این روند را می‌توان در دهه‌های گذشته در کشورهای توسعه یافته مشاهده کرد (Angel et al, 2011). در مناطق حومه‌ای، به دلیل هجوم جمعیت و افزایش فعالیت‌های ساختمانی، پراکندگی شهری مشاهده می‌شود که یکی از اشکال توسعه شهری است، جایی که مناطق مسکونی به‌شدت پراکنده در فضا هستند و فاصله‌ها تا محل‌های کار و تأسیسات عمومی اصلی نسبتاً دور است (Reckien & Karecha, 2007).

با توجه به اینکه تغییرات فضایی کاربری و پوشش زمین و تغییرات جمعیتی در مناطق شهری برای شکل‌گیری پیشرفت به سمت شهرنشینی پایدار ضروری است، در بین اهداف توسعه پایدار، هدف ۱۱،۳،۱ به اهمیت کارایی «نرخ مصرف زمین نسبت به نرخ رشد جمعیت» برای بهره‌مندی از شهرنشینی پایدار و بهبود فرصت‌ها برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مشارکتی، یکپارچه و پایدار تأکید می‌کند (Ehrlich et al, 2018, Mudau et al, 2020). با در نظر گرفتن اینکه رشد شهری اغلب نامتناسب با رشد جمعیت است، این نابرابری تنها با استفاده از داده‌های آماری قابل پایش نیست؛ بنابراین، برای ارزیابی گسترش شهری، نیاز است که تغییرات فضایی در کاربری و پوشش زمین به‌طور دقیق شناسایی و به‌طور مداوم در طولانی‌مدت پایش شود (Castanho et al, 2019). همان‌طور که سابقاً و رویز (Sapena & Ruiz, 2019) تأکید می‌کنند، پایش تغییرات کاربری زمین باید یکی از اهداف اولویت‌دار سیاست‌های مدیریت فضایی باشد و مسئولیت آن، از جمله بر عهده دولت‌های محلی در بسیاری از کشورهای جهان است (Noszczyk, 2018)؛ بنابراین، آگاهی از اطلاعات فضایی درباره الگوهای فضایی انواع مختلف کاربری و پوشش زمین در مرحله سیاست‌گذاری توسعه پایدار شهری ضروری است و از فرآیندهای تصمیم‌گیری حمایت می‌کند (Fenta et al, 2017; Anees et al, 2019).

در کلان‌شهرهای ایران به دلیل فرآیندهای جمعیتی پیش‌رونده، به‌ویژه مهاجرت، فرآیندی از کاهش تمرکز اسکان و مکان‌یابی آشفته

پایش فضایی تغییرات کاربری ... / فریادخواه و همکاران

ساختمان‌های جدید در فاصله‌های فزاینده از مرکز سیستم اسکان مشاهده می‌شود. بی‌نظمی فضایی در کلان‌شهرهای ایران عمدتاً سیاست ناکارآمد فضایی مدیریت شهری، از جمله مقررات قانونی و مدیریتی، در طول سالیان متمادی است؛ که اغلب مدیریت فضایی را در نظر نمی‌گیرند. چنین اقداماتی در نهایت به پراکندگی توسعه مسکونی در زمین‌های کشاورزی منجر شده است در این چارچوب کلان‌شهر تبریز، به‌عنوان یکی از مراکز مهم شهری ایران، با چالش‌های گسترده‌ای در زمینه گسترش شهری و تغییرات کاربری و پوشش زمین مواجه است. فرآیندهای شهرنشینی سریع، به‌ویژه به دلیل مهاجرت و رشد جمعیت، منجر به گسترش بی‌رویه ساخت‌وساز در مناطق پیرامونی شده است. این گسترش ناپایدار علاوه بر کاهش اراضی کشاورزی، بر کیفیت محیط‌زیست و اکوسیستم‌های طبیعی منطقه نیز تأثیر منفی گذاشته و الگوهای پراکنده شهری را تقویت کرده است. عدم هماهنگی میان تصمیمات مدیریتی و توسعه فضایی و نبود سیاست‌های پایدار برای کنترل این تغییرات، به بی‌نظمی در ساختار شهری تبریز منجر شده است. در این راستا، نیاز به پایش دقیق و مستمر تغییرات کاربری زمین و توسعه پایدار ضروری است تا شهر بتواند به سمت الگوی شهری کارآمدتر و منسجم‌تر حرکت کند.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

توسعه پایدار به واژه‌ای پرکاربرد در گفتمان توسعه تبدیل شده است و با تعاریف، معانی و تفسیرهای مختلفی همراه بوده است. به‌طور تحت‌اللفظی، توسعه پایدار به‌سادگی به معنای توسعه‌ای است که می‌تواند به‌طور نامحدود یا برای یک دوره زمانی مشخص ادامه یابد (Stoddart, 2011). به لحاظ ساختاری، این مفهوم می‌تواند به‌عنوان عبارتی متشکل از دو کلمه «پایدار» و «توسعه» دیده شود. همان‌طور که هر یک از دو کلمه «پایدار» و «توسعه»، از دیدگاه‌های مختلف به‌طور گوناگون تعریف شده‌اند، مفهوم توسعه پایدار نیز از زوایای مختلف موردبررسی قرار گرفته است و این موضوع منجر به شکل‌گیری تعاریف متعدد از این مفهوم شده است. اگرچه تعاریف فراوانی در رابطه با توسعه پایدار وجود دارد، اما تعریف رایج‌تر و پر استناد این مفهوم، تعریفی است که توسط گزارش کمیسیون برانت لند ارائه شده است (Schaefer & Crane, 2005). این گزارش، توسعه پایدار را به‌عنوان توسعه‌ای تعریف می‌کند که نیازهای نسل کنونی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهای خود برآورده می‌کند.

با اذعان به شیوع تعریف کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه (WCED)، سرین (Cerin, 2006) و ابوبکر (Abubakar, 2017) استدلال می‌کنند که توسعه پایدار یک مفهوم اساسی در سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه جهانی است. این مفهوم، مکانیسمی را فراهم می‌آورد که از طریق آن جامعه می‌تواند با محیط‌زیست تعامل داشته باشد، بدون اینکه به منابع برای آینده آسیب برساند؛ بنابراین، توسعه پایدار نه تنها یک مفهوم، بلکه یک پارادایم توسعه است که خواستار بهبود استانداردهای زندگی بدون به خطر انداختن اکوسیستم‌های زمین یا ایجاد چالش‌های زیست‌محیطی مانند جنگل‌زدایی و آلودگی آب‌وهوا است که ممکن است منجر به مشکلاتی نظیر تغییرات اقلیمی و انقراض گونه‌ها شود (Browning & Rigolon, 2019). با تأسیس اخیر اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (SDGs)، مرز توسعه پایدار شامل جنبه‌های وسیعی از جمله غذا، آب، زندگی، اقلیم، سلامت، برابری و غیره است (Zhai & Chang, 2019). یکی از تمرکزهای اصلی SDGs، ساخت شهرها و جوامع پایدار است و محیط شهری از اهمیت بالایی برخوردار است.

برای درک ساختار کلان‌شهرها از نظریه‌ها و عمل‌های الگوهای توسعه پایدار متروپولیتن از اواسط دهه ۱۹۹۰ سرچشمه می‌گیرد. الگوهای آینده در ساختار فضایی متروپولیتن به‌طور نزدیکی با تعریف توسعه پایدار مرتبط است که به معنای «توسعه‌ای است که به نیازهای نسل حاضر پاسخ دهد بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود را به خطر اندازد» (WCED, 1987)، به‌منظور دستیابی به عدالت بین نسلی و درون نسلی، عدالت اجتماعی و آگاهی زیست‌محیطی (Haughton & Hunter, 1994).

در راستای مفاهیم توسعه پایدار، آینده توسعه متروپولیتن اشکال متنوعی را ارائه می‌دهد:

استراتژی‌های مدیریت رشد ایالتی از اوایل دهه ۱۹۷۰ برای کنترل گسترش شهری، حفظ فضای باز، زمین‌های کشاورزی و مناطق حساس به محیط‌زیست و بهبود کیفیت زندگی، مانند کمربندهای سبز، مرزهای رشد شهری (UGB)، مناطق خدمات شهری،

پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲۴، ۳۵-۴۸، تابستان ۱۴۰۵

سیاست‌های محصورسازی شهری، پر کردن و نوسازی، روش‌های زون‌بندی و ابزارهای مرتبط با مسکن (Nelson & Duncan, 1995; Porter, 1997; 2000)؛ رشد هوشمند برای کمک به حفظ استفاده از زمین‌های توسعه‌نیافته، مصرف زیرساخت‌های سرمایه‌ای مانند جاده‌ها و آب/فاضلاب، هزینه‌های توسعه املاک و هزینه‌های خدمات عمومی (Burchell, 2000)؛ شهرسازی اوایل دهه ۱۹۹۰ برای مهار گسترش حومه‌ها و زوال درون‌شهری، افزایش تراکم مسکونی، بهره‌برداری از سبک زندگی محله‌ای و تشویق به پیاده‌روی، استفاده مختلط از اراضی و بهره‌وری سوخت، مانند شهر فشرده، توسعه مختلط استفاده، توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل (TOD)، توسعه مبتنی بر پیاده‌روی، روستای شهری و شهرسازی پیاده محور (Calthorpe, 1993; Calthorpe & Fulton, 2001) منطقه‌گرایی نوین از دهه ۱۹۹۰ به تمرکز بر محیط‌زیست، عدالت و کارایی تحت رویکرد وابسته به یکدیگر بین شهرهای مرکزی و حومه‌ها در یک زمینه منطقه‌ای که به آن رویکرد جامع گفته می‌شود، مانند همکاری شهر-حومه، ادغام شهر-شهرستان، یا استراتژی‌های مشترک شهر-حومه (Brenner, 2002)، و شهر اکولوژیک برای تأکید بر سبز سازی شهری، تنوع اکولوژیکی و فرهنگی و طراحی خورشیدی غیرفعال، مانند روستای اکولوژیک، روستای خورشیدی، شهر سبز، مسکن پایدار و جامعه پایدار (Beatley & Newman, 2009).

برای کاربردهای عملی توسعه پایدار، جباریان (۲۰۰۶) ماتریس فرم شهری پایدار را پیشنهاد کرد که فرم‌های مطلوب برای توسعه پایدار و محیط‌زیست را برای کمک به متخصصان و سیاست‌گذاران معرفی می‌کند. او ماتریس فرم شهری پایدار را بر اساس معیارهای چگالی، تنوع، استفاده‌های مختلط از اراضی، فشردگی، حمل‌ونقل پایدار، طراحی خورشیدی غیرفعال و سبز سازی دسته‌بندی کرد. وی اظهار داشت که «فرم‌های مختلف شهری به‌طور متفاوتی به پایداری کمک می‌کنند» که این موضوع به این معنی است که فرم‌های شهری ایده آل برای رسیدن به شهری پایدار به‌طور نزدیک با تراکم و تنوع بالا، فشردگی با استفاده‌های مختلط از اراضی و وابستگی کمتر به خودرو در ارتباط است (Jabareen, 2006).

ناردینو و لوراکیا^۱ در سال (۲۰۱۹) در تحقیق خود با عنوان «اثر تغییرات کاربری اراضی در نواحی پیرامون شهری بر ایجاد جزایر حرارتی در شهرها»، به این نتیجه رسیدند که تغییرات کاربری اراضی تأثیر مستقیمی بر تغییرات دما در سطح شهرها نسبت به نواحی پیرامونی آن‌ها دارد. این محققان با رصد تغییرات دمایی بین نواحی شهری و روستایی در دره پو در کشور ایتالیا، مشاهده کردند که در نواحی شهری به دلیل تراکم بالای جمعیت، نیاز بیشتری به مصرف انرژی برای ایجاد شرایط آسایش در طول روز و شب وجود دارد. به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق، این محققان از قابلیت نرم‌افزار TERRSET بهره برده و به بررسی موضوع پرداختند. نتایج مقایسه سطح تعادل انرژی (تابش ورودی و خروجی) در مناطق شهری و روستایی، یافته‌های اولیه آن‌ها را تأیید می‌کند (Nardino & Laruccia, 2019).

پائولیت و همکاران^۲ در سال (۲۰۰۵) در تحقیق علمی خود با عنوان «مدل‌سازی اثرات محیطی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در ناحیه مرساید انگلستان» از عکس‌های هوایی متعلق به دو سال ۱۹۷۵ و ۲۰۰۰ بهره گرفتند. این مطالعات نشان می‌دهند که نابودی و تغییر کاربری اراضی سبز شهری چگونه موجب تغییرات محیطی شده است. یافته‌های این محققان حاکی از آن است که در این دوره، دمای سطح زمین و رواناب باران تغییرات گسترده‌ای داشته است که با نابودی پوشش گیاهی همبستگی دارد. همچنین، این مطالعات نشان می‌دهند که به‌منظور برآورد مناسب‌تر این تغییرات، تراکم جمعیت می‌تواند یکی از عوامل اصلی در ارزیابی اثرات احتمالی محیط‌های مصنوع بر محیط‌زیست باشد (Pauleit et al, 2005).

تقی لو در سال ۱۴۰۰ در مطالعه خود با عنوان طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه با استفاده از روش شیء‌گرا در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۹ به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه پرداخته است. برای انجام این پژوهش از تصاویر سنجنده MTL ماهواره لندست SPOT 8 و SPOT 5 استفاده شده و طبقه‌بندی تصاویر با اعمال روش طبقه‌بندی شیء‌گرا

1 - Nardino & Laruccia

2 - Pauleit et al

پایش فضایی تغییرات کاربری ... / فریادخواه و همکاران

انجام شده است و در محیط Arc/GIS مساحت طبقه‌بندی کاربری‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت روند تغییرات کاربری مراتع، انسان ساخت، پوشش گیاهی متراکم و نامتراکم و نمکزار، از روش آشکارسازی تغییرات استفاده گردید. نتایج حاصل از آشکارسازی کاربری اراضی شهرستان ارومیه نشان داد که در طی دوره‌ی ۹ ساله مساحت این کاربری‌ها از ۱۵۹۷/۵۵۱ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۹ به ۱۶۷۸/۳۹ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۸ تغییر کاربری داشته است. بیش‌ترین سطح تغییرات از لحاظ درصد کاربری‌ها مربوط به مراتع است که تخریب شده و کم‌ترین تغییرات کاربری‌ها مربوط به کاربری نمکزار بوده است (تقی لو، ۱۴۰۰).

پاکدامن و همکاران در سال ۱۳۹۹ در مطالعه خود با عنوان تبیین رابطه الگوی پراکنش شهری با توسعه پایدار در شهر ساری پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که گسترش شهر به صورت افقی و توزیع نامناسب خدمات در حال وقوع است. تحلیل‌ها نیز توزیع نامناسب کاربری‌ها را در شهر ساری تأیید می‌کند. به علاوه، ضریب اسپیرمن محاسبه شده ۰/۱۵، نشان‌دهنده ارتباط ضعیف بین پراکنش جمعیت و توزیع خدمات در سطح نواحی ساری است. همچنین، رشد عمودی در برخی نواحی و رشد پراکنده در غالب نواحی، منجر به توزیع نامناسب خدمات و ساخت‌وسازهای بی‌رویه در حاشیه این شهر شده است (پاکدامن و همکاران، ۱۳۹۹).

احد نژاد روشی و همکاران در سال ۱۳۹۸ در تحقیق خود با عنوان «تبیین فضایی پدیده پراکنده رویی شهری (مطالعه موردی: شهر قائم‌شهر)» از تصاویر ماهواره‌ای لندست در به بررسی پراکنده رویی شهری قائم‌شهر پرداخته‌اند پژوهش حاضر به روش توصیفی تحلیلی به بررسی اثرات فضایی پراکنده رویی قائم‌شهر بر نواحی پیرامونی آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه لندست می‌پردازد. اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده است. برای تهیه کاربری اراضی از طبقه‌بندی نظارت شده فازی مبتنی بر شدت انطباق و برای سنجش فرم‌های پراکنده رویی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هلدن استفاده شده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که رشد فضایی پراکنده شهری تأثیرات مخربی بر محیط زیست و زمین‌های مرغوب ارضی کشاورزی پیرامون و فرم فضایی قائم‌شهر دارد. در راستای دستیابی به یک فرم پایدار شهری، الگوی رشد فشرده شهری به عنوان توسعه آتی قائم‌شهر پیشنهاد می‌شود (احد نژاد روشی و همکاران، ۱۳۹۸).

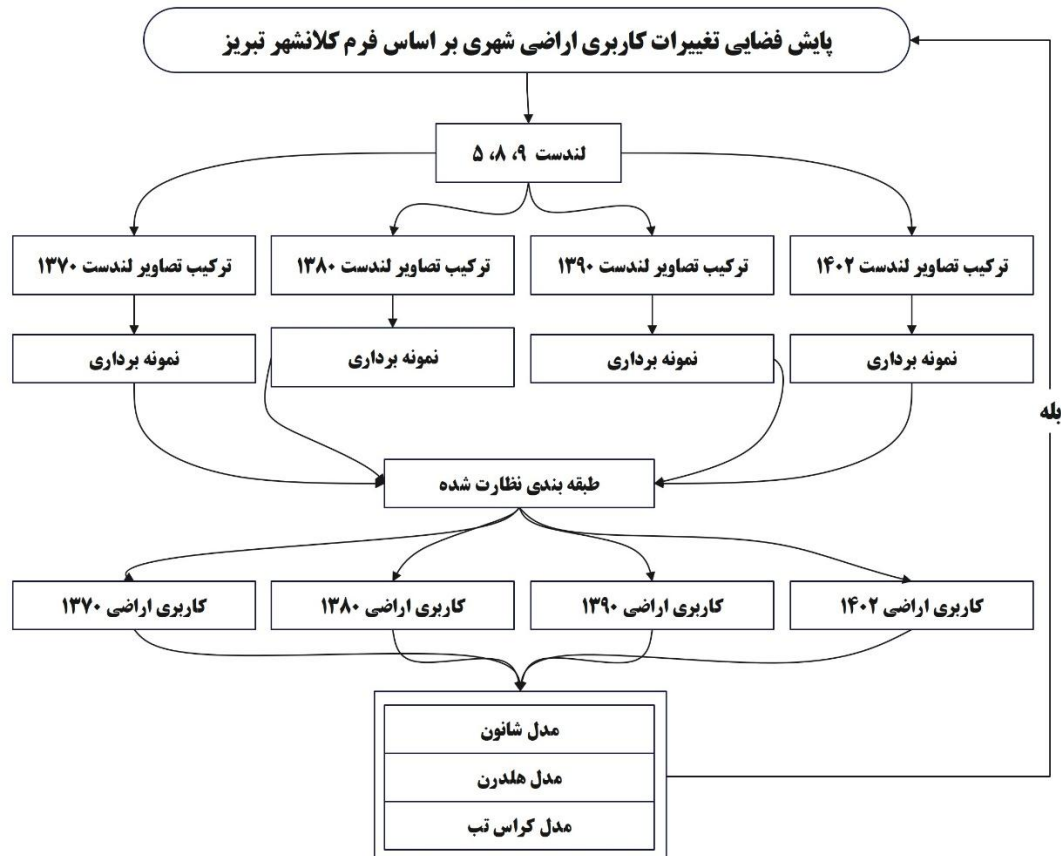
طهماسبی مقدم و همکاران در ۱۳۹۷ در مقاله خود با عنوان «ارزیابی تطبیقی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ (مورد شناسی: شهرهای آمل و بابل)» با استفاده از نرم‌افزارهای ARC MAP, IDIRSI, مدل «کراس تب»، مدل «هلدن» و مدل زنجیره‌ای «مارکوف» به بررسی گستردگی شهرهای امل و بابل پرداخته‌اند یافته‌های تحقیق آنان نشان می‌دهد تغییرات کاربری اراضی ساخته شده در شهر آمل نسبت به شهر بابل بیشتر بوده است و رشد فیزیکی و کالبدی شهرهای آمل و بابل نیز بیشتر بر اثر عامل جمعیت است که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری و در نهایت گسترش افقی و بدقواره بوده است. نتایج به دست آمده برای پیش‌بینی تغییرات اراضی نیز نشان می‌دهد که در شهر آمل باغات، ولی در شهر بابل اراضی کشاورزی آبی، بیش‌ترین تغییرات را خواهد داشت (طهماسبی مقدم و همکاران، ۱۳۹۷).

حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۴ تأثیرات گسترش بی‌رویه شهرها را با تأکید بر پروژه مسکن مهر در شهر طرقله بررسی کردند. هدف این تحقیق سنجش اثرات زیست محیطی توسعه مسکن مهر در این ناحیه، به عنوان یکی از حوزه‌های اکو توریستی پیرامون مشهد بود. داده‌ها به صورت پیمایشی جمع‌آوری و با اطلاعات کتابخانه‌ای تکمیل شدند. چارچوب تحقیق بر اساس ایجاد سامانه‌ای برای تلفیق معیارهای مختلف زیست محیطی و نظرات کارشناسان طراحی شد. نتایج نشان دادند که آلودگی آب، پوشش گیاهی، آلودگی خاک، آلودگی هوا و آلودگی صوتی به ترتیب از مهم‌ترین اثرات اجرای طرح مسکن مهر بر محیط زیست هستند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴).

روش پژوهش

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. داده‌های مورد نیاز به صورت کتابخانه‌ای که شامل طرح تفصیلی کلان شهر تبریز مصوب سال ۱۴۰۲ و اطلاعات مکانی و تصاویر ماهواره‌ای لندست در یک بازه زمانی ۳۲ ساله از سال ۱۳۷۰ تا

پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲۴، ۳۵-۴۸، تابستان ۱۴۰۵
سال ۱۴۰۲ می‌باشد و همچنین برای سنجش فرم شهری از دو مدل هلدرن و شانون از داده‌های مربوط به جمعیت و سرشماری نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۴۰۰ گردآوری شده‌اند، برای تجزیه و تحلیل از نرم‌افزارهای GIS و Terrset و مدل‌های آنتروپی شانون، هلدرن و مدل کراس تب بهره گرفته شده است انجام این پژوهش مراحل زیر انجام شده است که در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱. فرایند انجام تحقیق

استفاده از ضریب کاپا برای سنجش دقت طبقه‌بندی یک انتخاب بسیار مناسب است، زیرا این ضریب به‌ویژه برای ارزیابی عملکرد مدل‌هایی که با داده‌های عدم تعادل مواجه هستند بسیار مفید است. درواقع، کاپا این امکان را می‌دهد تا میزان تطابق مشاهده‌شده بین پیش‌بینی‌های مدل و طبقه‌بندی‌های واقعی را با توجه به شانس تطابق تصادفی اصلاح کنید. ضریب کاپا معمولاً بین -۱ و ۱ است که مقدار ۱ نشان‌دهنده دقت کامل است و مقدار صفر به معنای تطابق تصادفی است و مقادیر منفی نشان‌دهنده عملکرد بدتر از تصادف است؛ بنابراین جدول ۱ نشان می‌دهد در طبقه‌بندی انجام‌شده از وضعیت مطلوبی برخوردار است.

جدول ۱. پارامترهای ارزیابی صحت طبقه‌بندی

پارامتر آماری	۱۳۷۰ تصویر TM	۱۳۸۰ تصویر +ETM	۱۳۹۰ تصویر OLI	۱۴۰۲ تصویر OLI
ضریب کاپا	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۲

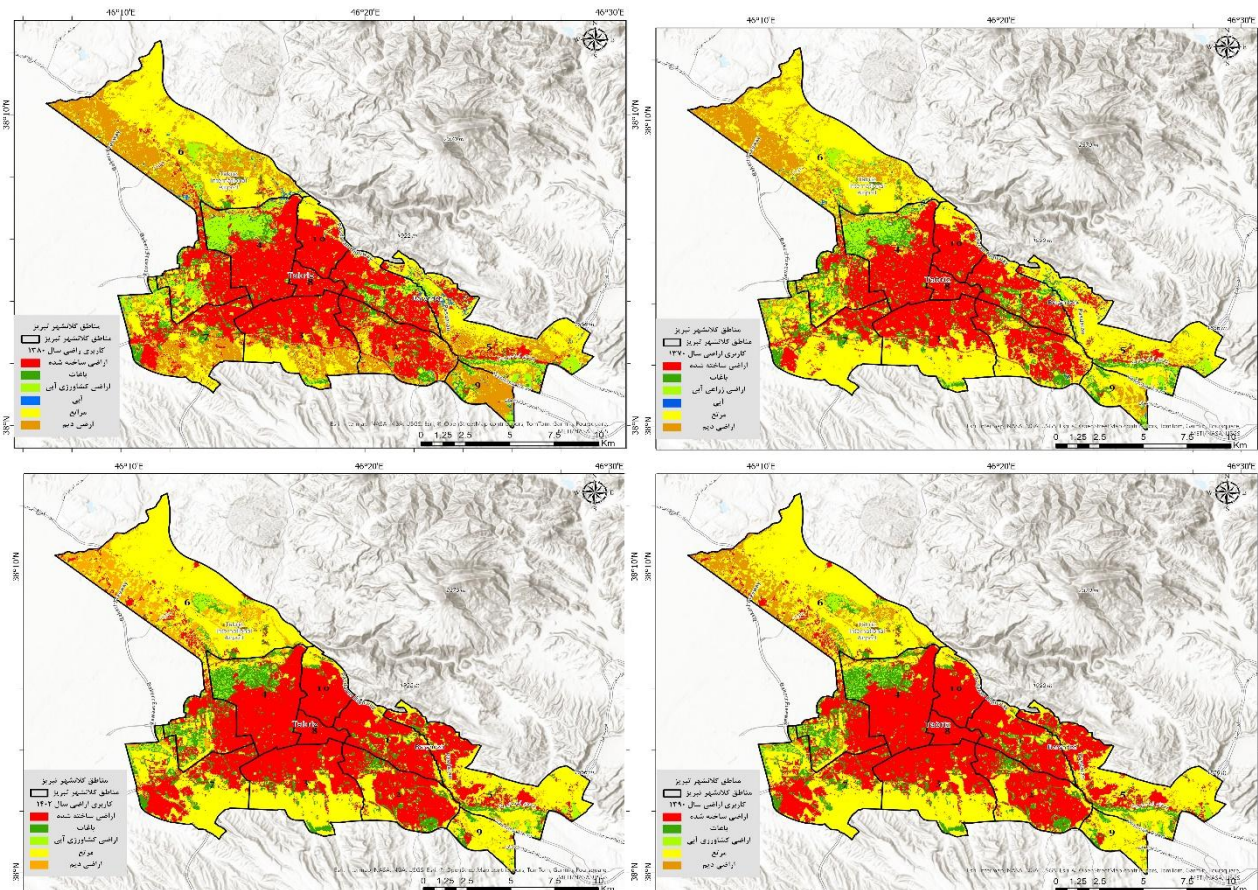
یافته‌ها و بحث

طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی

طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به فرایند جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و دسته‌بندی آن‌ها بر اساس رفتار طیفی مشابه اشاره دارد. به بیان دیگر، این فرایند شامل طبقه‌بندی پیکسل‌های موجود در تصاویر ماهواره‌ای و اختصاص هر پیکسل به یک کلاس یا پدیده

پایش فضایی تغییرات کاربری ... / فریادخواه و همکاران

خاص است. در پاسخ به سؤالات تحقیق، از جمله اینکه «تغییرات کاربری زمین در کلان‌شهر تبریز چه اثراتی داشته است؟»، از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و استخراج کاربری‌ها و اطلاعات موردنیاز با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده بهره گرفته می‌شود. این روش شامل الگوریتم‌ها و روش‌های خاصی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. در این مطالعه، از روش فازی مبتنی بر نظریه شدت انطباق در طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تحلیل و استخراج کاربری‌ها از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است.



شکل ۱. کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۴۰۲ برحسب هکتار

بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز در بازه زمانی ۳۲ ساله، مساحت اراضی ساخته‌شده این کلان‌شهر از ۷۴۰۶٫۳۷ هکتار در سال ۱۳۷۰ به ۹۸۰۷٫۶۶ هکتار در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. در مقابل، مساحت اراضی کشاورزی آبی و پهنه‌های آبی در این بازه زمانی کاهش یافته و طی دو دهه اخیر، پهنه‌های آبی به‌طور کامل از محدوده قانونی شهر حذف‌شده‌اند. این تغییرات در کاربری اراضی پیامدهای مختلفی چون مشکلات زیست‌محیطی، افزایش فزاینده تراکم جمعیت در مناطق شهری، کاهش کیفیت زندگی، کاهش کیفیت هوا و آب، از بین رفتن فضاهای سبز و افزایش آلودگی صوتی، بحران آب در آینده منجر شود. شکل و جدول ۲ تغییرات کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مساحت اراضی کاربری در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ برحسب هکتار

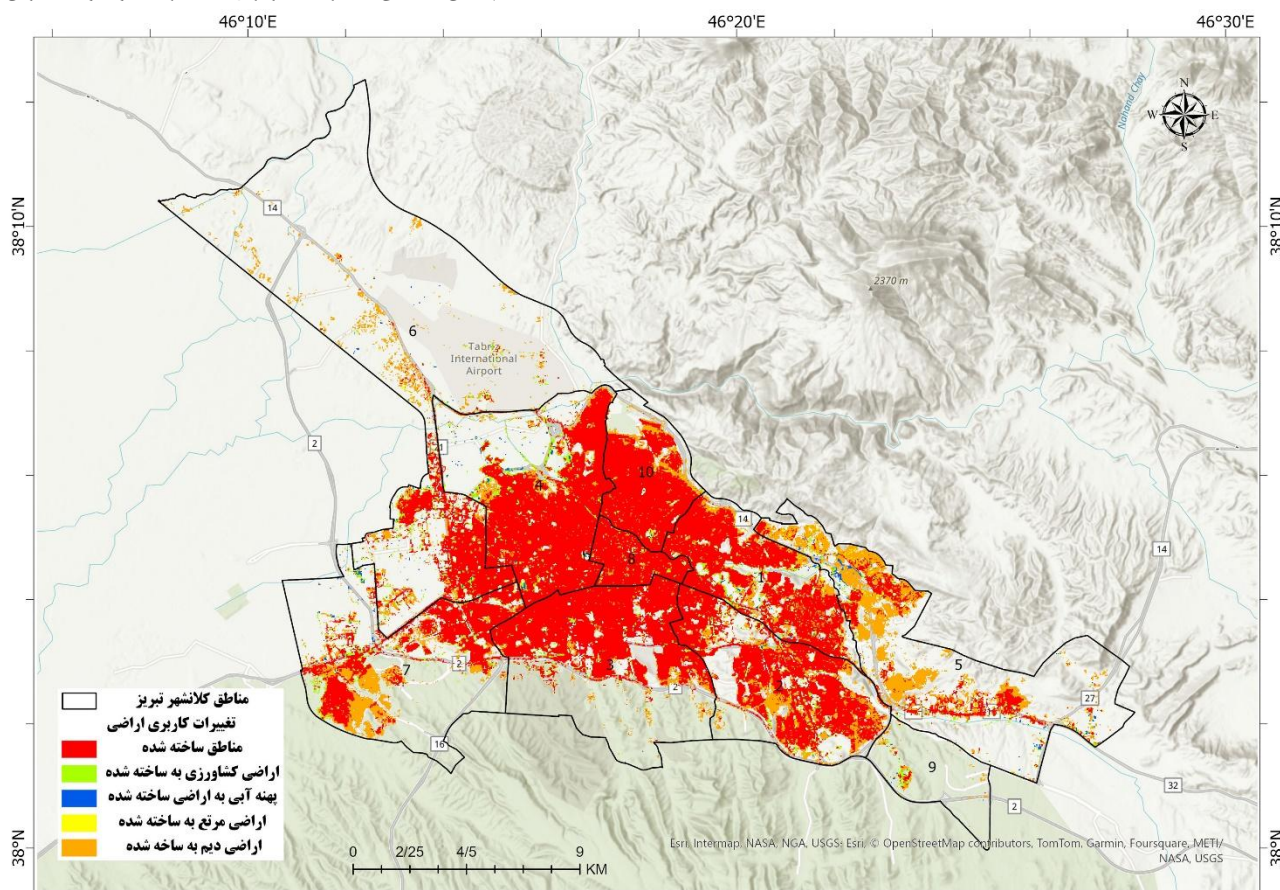
کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز	۱۳۷۰	۱۳۸۰	۱۳۹۰	۱۴۰۲
اراضی ساخته‌شده	۳۷/۷۴۰۶	۲۱/۸۵۲۰	۶۶/۹۸۰۷	۶۶/۹۸۰۷
باغات	۱۶/۱۹۳۷	۱۶/۱۳۲۵	۵۴/۲۲۴۱	۵۴/۲۲۴۱
اراضی کشاورزی آبی	۲۹/۱۱۵۹	۱۴/۱۶۲۴	۴۸/۷۴۴	۴۸/۷۴۴
آبی	۸۳/۱۷۸	۷۵/۲۴۰	.	.
مرتع	۵۷/۱۱۴۱۸	۰۳/۷۹۲۶	۹۷/۱۰۲۹۸	۹۷/۱۰۲۹۸
اراضی دیم	۸۷/۲۳۵۲	۸/۴۸۱۶	۴۴/۱۳۶۰	۴۴/۱۳۶۰

تحلیل تغییرات کاربری اراضی بر اساس مدل کراس تب (شدت انطباقی)

مدل کراس-تب (Cross-tab) یا تحلیل متقاطع، یک روش آماری است که برای بررسی تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول زمان به کار می‌رود. این روش به‌طور خاص برای تحلیل تغییرات فضایی مانند تغییر کاربری زمین از یک نوع به نوع دیگر بسیار مفید است. در تحلیل تغییر کاربری اراضی با مدل کراس-تب، دولا به زمانی متفاوت از نقشه کاربری اراضی (مثلاً نقشه کاربری اراضی در دو سال مختلف) مقایسه می‌شوند. این مدل برای شناسایی و طبقه‌بندی تغییرات در این دو مقطع زمانی به کار می‌رود و معمولاً ماتریسی ایجاد می‌کند که تغییرات بین کلاس‌های مختلف کاربری زمین را نشان می‌دهد. مثلاً می‌توان با استفاده از این مدل متوجه شد که چه مقدار از اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی تغییر کرده است؛ بنابراین بر اساس جدول ۳ که ردیف‌های آن سال ۱۳۷۰ و ستون‌های آن سال ۱۴۰۲ را تشکیل می‌دهد و نشان می‌دهد که پهنه آبی در سال ۱۴۰۲ تقریباً حذف شده است. مساحت پهنه آبی که در سال ۱۳۷۰ معادل ۱۷۸/۸۳ هکتار بوده تا سال ۱۴۰۲ به مقدار صفر کاهش یافته و سهم ناچیزی از کل اراضی را به خود اختصاص داده است. این کاهش نشان‌دهنده روند خشک شدن یا تغییر کاربری منابع آبی در این دوره است. احتمالاتی مانند تغییرات اقلیمی، کاهش منابع آب سطحی، یا انتقال این اراضی به کاربری‌های دیگر، مانند کشاورزی یا مرتع، می‌تواند عامل این کاهش باشد و مجموع تغییرات باغات برابر با ۱۹۳۷،۱۶ هکتار (۸،۱٪ از کل تغییرات) می‌باشد این اراضی به میزان ۴۷۶،۵۵ هکتار به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند. این مقدار نشان می‌دهد که بخشی از باغات به اراضی مسکونی و ساخته‌شده تغییر کاربری داده‌اند که به دلیل توسعه شهرنشینی در کلان‌شهر تبریز می‌باشد؛ و مجموع تغییرات اراضی کشاورزی آبی برابر با ۱۱۵۹،۲۹ هکتار (۴،۸٪ از کل تغییرات) بوده و ۷۵،۹۶ هکتار از این اراضی به اراضی ساخته‌شده و ۴۵۲،۶۱ هکتار به باغات تبدیل شده‌اند و مجموع تغییرات اراضی مرتع برابر با ۱۱۴۱۸،۵۷ هکتار (۴۷،۶٪ از کل تغییرات) می‌باشد و اراضی مرتعی بیشترین تغییرات را شامل می‌شود که با ۲۱۳۰،۸۴ هکتار از آن‌ها به اراضی ساخته‌شده و ۵۰۳،۵۵ هکتار به باغات تبدیل شده‌اند و مجموع تغییرات اراضی دیم برابر با ۲۳۵۲،۸۷ هکتار (۹،۸٪ از کل تغییرات) می‌باشد این اراضی بیشتر به مراتع و اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند.

جدول ۳. میزان مساحت تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ به هکتار

طبقات	اراضی ساخته‌شده	باغات	اراضی کشاورزی آبی	مرتع	اراضی دیم	مجموع	درصد
اراضی ساخته‌شده	۶۹۳۵/۰۴	۰	۰	۰	۰	۶۹۳۵/۰۴	۲۸/۹
باغات	۴۷۶/۵۵	۱۰۳۳/۹۲	۱۵۲/۵۵	۲۳۸/۵	۳۵/۶۴	۱۹۳۷/۱۶	۸/۱
اراضی کشاورزی آبی	۷۵/۹۶	۴۵۲/۶۱	۳۶۹/۲۷	۱۷۷/۱۲	۸۴/۳۳	۱۱۵۹/۲۹	۴/۸
آبی	۵۱/۲۱	۴۰/۵	۱۰/۶۲	۵۷/۹۶	۱۸/۵۴	۱۷۸/۸۳	۰/۷
مرتع	۲۱۳۰/۸۴	۵۰۳/۵۵	۱۴۳/۸۲	۸۲۵۱/۳۸	۳۸۸/۹۸	۱۱۴۱۸/۵۷	۴۷/۶
اراضی دیم	۱۳۸/۰۶	۸۳/۱۶	۵۸/۵	۱۲۴۱/۷۳	۸۳۱/۴۲	۲۳۵۲/۸۷	۹/۸
مجموع	۱۰۸۹۷۴	۲۳۴۸۶	۸۱۶۴	۱۱۰۷۴۱	۱۵۰۹۹	۲۶۶۴۶۴	۱۰۰
درصد	۴۰/۹۰	۸/۸۱	۳/۰۶	۴۱/۵۶	۵/۶۷	۱۰۰	



شکل ۲. پهنه‌های تغییرات کاربری اراضی از منطقه مورد مطالعه بر اساس مدل کراس تب

تحلیل تغییرات فضایی با استفاده از آنتروپی شانون

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۴، مقدار آنتروپی شانون، توزیع بی‌نظمی یا تصادفی بودن توزیع فضایی مناطق مختلف در چهار سال مختلف (۱۴۰۲، ۱۳۹۰، ۱۳۸۰، ۱۳۷۰) را نشان می‌دهد که این مقدار در بین مناطق کلان‌شهر تبریز متفاوت است که در منطقه ۱ تا ۴، مقدار آنتروپی نسبت به $Ln(2/30)$ به‌طور کلی در طول زمان کاهش یافته است، به این معنا که توزیع کاربری‌ها در این مناطق در طول زمان متمرکزتر شده و بی‌نظمی فضایی کاهش یافته است در حالی که منطقه ۵ نوسانات زیادی را نشان می‌دهد، به‌خصوص در سال ۱۳۸۰ که مقدار آنتروپی به‌طور چشمگیری کاهش یافته و سپس در سال ۱۴۰۲ به مقدار قبلی نزدیک شده است. این نوسانات می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات قابل توجه در الگوهای کاربری زمین باشد و مناطق ۸ و ۹ نسبت به سایر مناطق مقدار آنتروپی کمتری دارند، به‌ویژه در سال‌های اخیر که نشان‌دهنده تمرکز بیشتر در کاربری‌ها است و منطقه ۱۰ نیز روند کلی کاهش آنتروپی دیده می‌شود که نشان‌دهنده کاهش بی‌نظمی فضایی است؛ و در مجموع تغییرات آنتروپی کل مناطق نشان می‌دهد که کل از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ نسبت به $Ln(2/30)$ کاهش پیدا کرده است (از ۲،۵۶ - در سال ۱۳۷۰ به ۲،۱۲ - در سال ۱۴۰۲). این کاهش کلی آنتروپی نشان می‌دهد که در طول زمان توزیع فضایی کاربری‌ها در سطح کل منطقه به سمت تمرکز بیشتر و بی‌نظمی کمتر حرکت کرده است.

جدول ۴. مقدار آنتروپی شانون مناطق کلان‌شهری تبریز در بازه زمانی سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

مقدار آنتروپی شانون برای سال	۱۴۰۲	۱۳۹۰	۱۳۸۰	۱۳۷۰
منطقه بندی ۱	-۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۲۳	-۰/۳۲
منطقه بندی ۲	-۰/۲۶	-۰/۲۸	-۰/۲۲	-۰/۳۳
منطقه بندی ۳	-۰/۲۶	-۰/۲۹	-۰/۳۲	-۰/۳۵
منطقه بندی ۴	-۰/۲۸	-۰/۳۱	-۰/۳۳	-۰/۳۶
منطقه بندی ۵	-۰/۲۵	-۰/۲۴	-۰/۰۵	-۰/۱۸

پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲۴، ۳۵-۴۸، تابستان ۱۴۰۵

مقدار آنتروپی شانون برای سال	۱۴۰۲	۱۳۹۰	۱۳۸۰	۱۳۷۰
منطقه بندی ۶	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۳	-۰/۲۷
منطقه بندی ۷	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۰	-۰/۲۸
منطقه بندی ۸	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۱۹
منطقه بندی ۹	-۰/۰۶	-۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۲
منطقه بندی ۱۰	-۰/۱۹	-۰/۲۲	-۰/۲۳	-۰/۲۸
مجموع	-۲/۱۲	-۲/۲۷	-۱/۹۹	-۲/۵۶

تحلیل تغییرات فضایی با استفاده از مدل هلدرن

در روش هلدرن برای تحلیل رشد بی‌قواره شهری و بررسی رابطه بین رشد جمعیت و گسترش فضایی شهر، ابتدا درصد افزایش مساحت شهری و سپس درصد افزایش جمعیت مورد محاسبه قرار می‌گیرد. این مدل کمک می‌کند تا سهم هر یک از عوامل، یعنی رشد جمعیت و رشد فضایی بدون برنامه‌ریزی، در گسترش شهر مشخص شود. توسعه شهر ارتباط تنگاتنگی با میزان رشد جمعیت شهری دارد؛ ساختار کلی مدل برای میزان رشد و ارتباط مقادیر اولیه و پایان به شرح زیر می‌باشد:

رابطه (۱)

$$LN\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت شروع دوره}}\right) + LN\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص شروع دوره}}\right) + LN\left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در شروع دوره}}\right)$$

$$LN\left(\frac{1830015}{1089000}\right) + LN\left(\frac{0.012}{0.010}\right) = LN\left(\frac{9807.66}{7406.37}\right)$$

$$LN(1.093663912) + LN(1.100344734) = LN(1.210810352)$$

$$0.089533446 + (0.191289826) = 0.280823272$$

$$\left(\frac{0.089533446}{0.280823272}\right) + \left(\frac{0.191289826}{0.280823272}\right) = \left(\frac{0.280823272}{0.280823272}\right)$$

$$0.318824811 + 0.681175119 = 1$$

جدول ۵. جمعیت و مساحت کلان‌شهر تبریز در مقطع زمانی مورد مطالعه

شهر	دوره	جمعیت شهر	مساحت اراضی ساخته شده
کلان‌شهر تبریز	۱۳۷۰	۱۰۸۹۰۰۰	۷۴۰۶/۳۷
	۱۴۰۰	۱۸۳۰۰۱۵	۹۸۰۷/۶۶

مأخذ: (سرشماری نفوس و مسکن و محاسبات نگارندگان)

نتایج حاصل از مدل هلدرن برای کلان‌شهر تبریز که نشان می‌دهد ۳۱،۸۸ درصد از گسترش شهری به علت رشد جمعیت و ۶۸،۱۱ درصد ناشی از رشد نامتوازن و اسپرال است، به‌وضوح بیانگر آن است که رشد فضایی تبریز بیشتر بر اساس توسعه نامتوازن رخ داده است. این نشان‌دهنده پدیده گسترش بی‌قواره یا اسپرال شهری است که اغلب منجر به مسائل متعددی مانند مشکلات زیربنایی، افزایش هزینه‌های مدیریت شهری، ناهماهنگی در ارائه خدمات شهری و تخریب محیط‌زیست می‌شود.

نتیجه‌گیری

پایش فضایی تغییرات کاربری اراضی شهری در کلان‌شهری مانند تبریز از مهم‌ترین موضوعات برای درک پویایی رشد شهری و برنامه‌ریزی پایدار است. کلان‌شهر تبریز به دلیل پیچیدگی‌های ساختاری و رشد سریع، تغییرات قابل‌توجهی در کاربری اراضی تجربه

پایش فضایی تغییرات کاربری ... / فریادخواه و همکاران

کرده است. رشد نامتوازن و پراکنده این کلان‌شهر به‌ویژه در حوزه‌های مسکونی، تجاری و صنعتی باعث شده تا فشار زیادی بر منابع طبیعی و محیط‌زیست وارد شود. پایش فضایی می‌تواند با بررسی تغییرات مناطق مختلف، به درک بهتر از توسعه شهری کمک کند و داده‌های لازم برای برنامه‌ریزی شهری پایدار را فراهم آورد. فرم شهری آن‌که تحت تأثیر گسترش افقی و پراکنده قرار دارد، یکی از عوامل مهم در تغییرات کاربری اراضی است. با استفاده از ابزارهای پیشرفته‌ای مانند GIS و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان تغییرات اراضی در طول زمان شناسایی کرد این تحلیل‌ها می‌توانند به مدیریت توسعه شهر، جلوگیری از گسترش بی‌رویه و استفاده بهینه از زمین‌ها کمک کنند. همچنین ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تغییرات کاربری اراضی، از دیگر مزایای این پایش‌ها است. به‌این ترتیب، مدیران شهری می‌توانند تصمیمات بهتری برای توسعه متوازن و حفاظت از محیط‌زیست اتخاذ کنند.

این پژوهش با تمرکز بر کلان‌شهر تبریز، تغییرات کاربری اراضی را طی ۳۲ سال بررسی کرده و رشد نامتوازن شهری را به‌عنوان عامل اصلی گسترش معرفی می‌کند، درحالی‌که بیشتر مطالعات مشابه به بازه‌های زمانی کوتاه‌تر یا مناطق کوچک‌تر پرداخته‌اند. در مطالعات دیگر بیشتر به پراکندگی خدمات و تغییرات جمعیتی توجه شده، اما در این تحقیق تأکید ویژه‌ای بر تأثیرات نامطلوب رشد بر زمین‌های کشاورزی و منابع آبی وجود انجام گرفته است. همچنین، این پژوهش با ارائه راهکارهایی برای برنامه‌ریزی پایدار، بر مدیریت رشد آینده تمرکز دارد، درحالی‌که بسیاری از مطالعات دیگر صرفاً به شناسایی مشکلات پرداخته‌اند. مقیاس کلان‌شهری و نگاه جامع به پیامدهای محیطی، این پژوهش را از سایر تحقیقات متمایز می‌کند.

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تغییرات گسترده در کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز طی دوره ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ است. افزایش قابل توجه در مساحت اراضی ساخته‌شده و کاهش اراضی کشاورزی و منابع آبی، بیانگر توسعه شهری سریع و بی‌نظم است. حذف کامل پهنه‌های آبی در این دوره، نشان‌دهنده فشارهای محیطی و کاهش منابع طبیعی است که می‌تواند به مشکلاتی نظیر بحران آب در آینده منجر شود. همچنین، تبدیل باغات و اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی، به دلیل گسترش سریع شهرنشینی و نیاز به اراضی جدید برای ساخت‌وساز است. مدل کراس‌تب این تغییرات را به‌خوبی نشان داده و الگوی تبدیل کاربری‌ها را شفاف می‌کند.

علاوه بر این، تحلیل آنتروپی شانون نشان می‌دهد که باگذشت زمان، توزیع فضایی کاربری‌ها در برخی مناطق متمرکزتر شده و بی‌نظمی فضایی کاهش یافته است. این تمرکز می‌تواند نشانه‌ای از رشد بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی شهر باشد. از سوی دیگر، نتایج مدل هلدرن نیز تأیید می‌کند که بخش عمده‌ای از رشد فضایی تبریز، یعنی ۶۸٫۱۱٪، ناشی از رشد نامتوازن و اسپرال شهری است. این نوع رشد، اغلب با مشکلات زیرساختی، ناهماهنگی در ارائه خدمات شهری و تخریب محیط‌زیست همراه است. به‌طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که گسترش فضایی تبریز بدون برنامه‌ریزی جامع و پایدار صورت گرفته و پیامدهایی نظیر افزایش تراکم جمعیت، کاهش کیفیت زندگی و بحران‌های محیط‌زیستی را به دنبال خواهد داشت. برای مقابله با این چالش‌ها، ضروری است راهکارهای مدیریتی و برنامه‌ریزی بهتری برای توسعه شهری تبریز اعمال شود تا از تخریب بیشتر منابع طبیعی و افزایش مشکلات شهری جلوگیری شود.

بنابراین این پژوهش به بررسی تغییرات کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز طی ۳۲ سال (۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۸ و ۹ و ابزارهای سنجش از دور و GIS پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که مناطق ساخته‌شده در تبریز حدود ۲۸ درصد افزایش یافته‌اند که عمدتاً با تخریب اراضی کشاورزی همراه بوده است. بالاترین نرخ رشد مناطق ساخته‌شده مربوط به منطقه ۵ با میزان آنتروپی ۰٫۲۵- است که حاکی از تغییرات قابل توجه در الگوهای کاربری زمین است. همچنین، براساس مدل هلدرن، ۳۱٫۸۸ درصد از گسترش شهری به دلیل رشد جمعیت و ۶۸٫۱۱ درصد ناشی از رشد نامتوازن و توسعه اسپرال بوده است. این یافته‌ها بیانگر آن است که تبریز عمدتاً از طریق توسعه نامتوازن رشد کرده است که پیامدهای زیست‌محیطی جدی به دنبال خواهد داشت.

در مقایسه با مطالعات مشابه، این پژوهش رویکردی جامع‌تر ارائه می‌دهد. جباریان (۲۰۰۶) بر چارچوب‌های نظری فرم‌های پایدار شهری تمرکز کرده است و ناردینو و لوراکیا (۲۰۱۹) تنها اثر تغییرات کاربری اراضی بر جزایر حرارتی شهری را بررسی کرده‌اند. همچنین، پژوهش‌های دیگری مانند پائولیت و همکاران (۲۰۰۵) یا احدنژاد روشنی و همکاران (۱۳۹۸) صرفاً بر مناطق محدود یا بازه‌های زمانی

پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۷، شماره ۲۴، ۳۵-۴۸، تابستان ۱۴۰۵

کوتاه تمرکز داشته‌اند. در مقابل، این پژوهش با تحلیل بلندمدت و استفاده از ابزارهای پیشرفته مانند آنتروپی، تحلیل فضایی و مدل‌های پیش‌بینی، نتایج کاربردی‌تری برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی پایدار شهری در تبریز ارائه کرده است. این پژوهش با تأکید بر لزوم توسعه متوازن و حفاظت از محیط‌زیست، نقش مهمی در مدیریت بحران‌های آینده ایفا می‌کند.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی ندارد

سه‌م نویسندگان در پژوهش

با توجه به اینکه مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری می‌باشد، سه‌م و نقش نویسنده اول، به عنوان دانشجوی دکتری، نویسنده دوم به عنوان استاد راهنما و نویسنده سوم به عنوان استاد مشاور می‌باشد.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

از همه افراد، نهادها و سازمان‌هایی که به نوعی ما را در انجام این پژوهش یاری کرده‌اند تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

- احد نژاد روشنی، محسن؛ طهماسبی مقدم، حسین؛ شامی، فاطمه؛ و محرمی، سعید. (۱۳۹۸). تبیین فضایی پدیده پراکنده رویی شهری (مطالعه موردی: شهر قائم شهر). جغرافیای اجتماعی شهری ۱۶(۱)، صص ۱-۱۳.
- طهماسبی مقدم، حسین، قائد رحمتی، صفر؛ و شاه‌رخی فر، زینب. (۱۳۹۷). ارزیابی تطبیقی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ (مورد شناسی: شهرهای آمل و بابل). جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۱۴۹-۱۶۶.
- تقی‌لو، علی‌اکبر. (۱۴۰۰). طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه با استفاده از روش شی‌گرا در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۹. پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، ۲(۴)، ۱-۱۶.
- پاکدامن کلتی، رستم علی؛ محمدی، محمود؛ و مسعود، محمد. (۱۳۹۹). تبیین رابطه الگوی پراکنش شهری با توسعه پایدار- مطالعه موردی شهر ساری. مطالعات ساختار و کارکرد شهری، ۷(۲۳)، ۱۰۷-۱۳۰.
- حسینی، مهدی؛ برقچی، معصومه؛ باقرزاده، فهیمه؛ و صیامی، قدیر. (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیرات زیست محیطی گسترش بی‌رویه شهرها (مطالعه موردی: پروژه مسکن مهر- شهر طرکبه). فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۵(۱۸)، ۴۳-۵۸.
- Ślodeczyk, J. (2020). The Formation of Urban Spaces around the World: A History of Planning and Building of Cities. University of Opole.
- Sapena, M. & Ruiz, L. Á. (2019). Analysis of land use/land cover spatio-temporal metrics and population dynamics for urban growth characterization. Computers, environment and urban systems, 73, 27-39.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. Science, 319(5864), 756-760.
- Hahs, A. K., McDonnell, M. J., McCarthy, M. A., Vesk, P. A., Corlett, R. T., Norton, B. A., ... & Williams, N. S. (2009). A global synthesis of plant extinction rates in urban areas. Ecology letters, 12(11), 1165-1173.
- Yu, Y., Tong, Y., Tang, W., Yuan, Y., & Chen, Y. (2018). Identifying spatiotemporal interactions between urbanization and eco-environment in the urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River, China. Sustainability, 10(1), 290.
- Hu, X., Zhou, W., Qian, Y., & Yu, W. (2017). Urban expansion and local land-cover change both significantly contribute to urban warming, but their relative importance changes over time. Landscape Ecology, 32, 763-780.
- Padmanaban, R., Bhowmik, A. K., & Cabral, P. (2019). Satellite image fusion to detect changing surface permeability and emerging urban heat islands in a fast-growing city. PloS one, 14(1), e0208949.
- Mitz, E., Kremer, P., Larondelle, N., & Stewart, J. D. (2021). Structure of Urban landscape and surface temperature: a case study in Philadelphia, PA. Frontiers in Environmental Science, 9, 592716.
- Zhang, J., Zhang, L. Y., Du, M., Zhang, W., Huang, X., Zhang, Y. Q., & Xiao, H. (2016). Identifying the major air pollutants base on factor and cluster analysis, a case study in 74 Chinese cities. Atmospheric Environment, 144, 37-46.

پایش فضایی تغییرات کاربری ... / فریادخواه و همکاران

- Toure, S. I., Stow, D. A., Shih, H. C., Weeks, J., & Lopez-Carr, D. (2018). [Land cover and land use change analysis using multi-spatial resolution data and object-based image analysis](#). *Remote Sensing of Environment*, 210, 259-268.
- Triantakoustantis, D., & Stathakis, D. (2015). [Examining urban sprawl in Europe using spatial metrics](#). *Geocarto International*, 30(10), 1092-1112.
- Mosammam, H. M., Nia, J. T., Khani, H., Teymouri, A., & Kazemi, M. (2017). [Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms: The case of Qom city](#). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 103-116.
- Reckien, D., & Karecha, J. (2007). [Sprawl in European cities: the comparative background](#). *Urban Sprawl in Europe: Landscapes*, Land-Use Change & Policy, 39-67.
- Europe, U. (2016). [Statistics on cities, towns and suburbs](#). Edition Eurostat Statistical Book.
- United Nations. (2019). [Department of economic and social affairs, population division](#). World population prospects, 2019.
- Melchiorri, M., Florczyk, A. J., Freire, S., Schiavina, M., Pesaresi, M., & Kemper, T. (2018). [Unveiling 25 years of planetary urbanization with remote sensing: Perspectives from the global human settlement layer](#). *Remote Sensing*, 10(5), 768.
- Hegazy, I. R., & Kaloop, M. R. (2015). [Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt](#). *International journal of sustainable built environment*, 4(1), 117-124.
- European Environmental Agency (EEA). (2016) [Urban Sprawl in Europe Joint EEA-FOEN Report](#); European Environmental Agency—Swiss Federal Office for the Environment: Ittigen, Switzerland, Available online: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe> (accessed on 20 March 2021).
- Ghazaryan, G., Rienow, A., Oldenburg, C., Thonfeld, F., Trampnau, B., Sticksel, S., & Jürgens, C. (2021). [Monitoring of urban sprawl and densification processes in western Germany in the light of SDG indicator 11.3](#). 1 based on an automated retrospective classification approach. *Remote Sensing*, 13(9), 1694.
- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A., & Potere, D. (2011). [The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050](#). *Progress in planning*, 75(2), 53-107.
- Ehrlich, D., Kemper, T., Pesaresi, M., & Corbane, C. (2018). [Built-up area and population density: Two Essential Societal Variables to address climate hazard impact](#). *Environmental Science & Policy*, 90, 73-82.
- Mudau, N., Mwaniki, D., Tsoeleng, L., Mashalane, M., Beguy, D., & Ndugwa, R. (2020). [Assessment of SDG indicator 11.3. 1 and urban growth trends of major and small cities in South Africa](#). *Sustainability*, 12(17), 7063.
- Noszczyk, T. (2018). [Land use change monitoring as a task of local government administration in Poland](#). *Journal of Ecological Engineering*, 19(1), 170-176.
- Fenta, A. A., Yasuda, H., Haregeweyn, N., Belay, A. S., Hadush, Z., Gebremedhin, M. A., & Mekonnen, G. (2017). [The dynamics of urban expansion and land use/land cover changes using remote sensing and spatial metrics: the case of Mekelle City of northern Ethiopia](#). *International journal of remote sensing*, 38(14), 4107-4129.
- Anees, M. M., Sajjad, S., & Joshi, P. K. (2019). [Characterizing urban area dynamics in historic city of Kurukshetra, India, using remote sensing and spatial metric tools](#). *Geocarto International*, 34(14), 1584-1607.
- Castanho, R. A., Naranjo Gómez, J. M., & Kurowska-Pysz, J. (2019). [Assessing land use changes in Polish Territories: Patterns, directions and socioeconomic impacts on territorial management](#). *Sustainability*, 11(5), 1354.
- Nelson, A. C. (2000). [Regulations to improve development patterns](#). *Lincoln Institute of Land Policy (Eds.), Metropolitan Development Patterns: 2000 Annual Roundtable*, 72-79.
- Nelson, A. C., & Duncan, J. B. (1995). [Growth management principles and practices](#). (No Title).
- Burchell, R. W. (2000). [Costs and Benefits of Alternative Development Patterns: Sprawl versus Smart Growth](#). In: [Metropolitan Development Patterns](#). 2000 Annual Roundtable.
- Calthorpe, P. (1993). [The next American metropolis](#) (Vol. 23). New York: Princeton Architectural Press.
- Calthorpe, P., & Fulton, W. B. (2001). [The regional city: Planning for the end of sprawl](#).
- Brenner, N. (2002). [Decoding the newest “metropolitan regionalism” in the USA: A critical overview](#). *Cities*, 19(1), 3-21.
- Beatley, T., & Newman, P. (2012). [Green urbanism down under: Learning from sustainable communities in Australia](#). Island Press.
- Haughton, G., & Hunter, C. (1994). [Sustainable Cities](#) (Jessica Kingsley, London).
- WCED. (1987). Our Common Future. [The World Commission on Environment and Development](#). Oxford and New York: Oxford University Press.
- Stoddart, H., Schneeberger, K., Dodds, F., Shaw, A., Bottero, M., Cornforth, J., & White, R. (2011). [A pocket guide to sustainable development governance](#). Stakeholder Forum 2011
- Schaefer, A., & Crane, A. (2005). [Addressing sustainability and consumption](#). *Journal of Macromarketing*, 25(1), 76–92.
- Cerin, P. (2006). [Bringing economic opportunity into line with environmental influence: A discussion on the coase theorem and the Porter and van der Linde hypothesis](#). *Ecological Economics*, 56(open in a new window), 209–225.

- Abubakar, I. R. (2017). [Access to sanitation facilities among Nigerian households: Determinants and sustainability implications](#). College of Architecture and Planning, University of Dammam, Saudi Arabia; Sustainability, [9\(4\)\(open in a new window\)](#), 547.
- Browning, M., & Rigolon, A. (2019). [School green space and its impact on academic performance: A systematic literature review](#). International Journal of Environmental Research and Public Health, [16\(open in a new window\)\(3\(open in a new window\)\)](#), 429.
- Zhai, T. T., & Chang, Y. C. (2019). [Standing of environmental public-interest litigants in China: Evolution, obstacles and solutions](#). Journal of Environmental Law, [30\(open in a new window\)](#), 369–397.
- Jabareen, Y. R. (2006). [Sustainable urban forms: Their typologies, models, and concepts](#). Journal of planning education and research, 26(1), 38-52.
- Nardino, M., & Laruccia, N. (2019). [Land use changes in a peri-urban area and consequences on the urban heat island](#). Climate, 7(11), 133.
- Pauleit, S., Ennos, R., & Golding, Y. (2005). [Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK](#). Landscape and urban planning, 71(2-4), 295-310.