Journal of Urban Peripheral Development, 7(2), 2025

Journal of Urban Peripheral Development
Online ISSN: 2676-4172
Journal Homepage: www.jpusd.ir

Analyzing the Spatio-Temporal Transformation of Land Use Around the Isfahan Metropolis with an Emphasis on Ecological Sustainability

Hossein Tahmasebi Moghaddam [1], Azam Beigdelii [2], Mohammad Amin Javadi [3]

[1]. *Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.*
[2]. *PhD Candidate in Geography and Rural Planning, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.*
3. MSc graduate in Geography and Urban Planning, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

A R T I C L E I N F O

Article type:
Research Article

Received:
10 January 2025
Received in revised form:
12 April 2025
Accepted:
13 May 2025
Published Date:
17 August 2025

pp.79-104

Keywords:
Ecological Sustainability,
Environment,
Land Use,
Transformation,
Isfahan Metropolis.

A B S T R A C T

This study investigates land use and land cover (LULC) changes in the peri-urban areas surrounding the metropolis of Isfahan from 1986 to 2024 (corresponding to 1365–1403 in the Iranian calendar) and examines their impacts on ecological sustainability. The dataset comprises Landsat satellite imagery and GIS-based analyses, processed using the Land Change Modeler (LCM), the Markov chain model, and the Random Forest algorithm. The results indicate that during this period, the area of built-up land increased from 25,249 hectares in 1986 to 43,593 hectares in 2024. In contrast, agricultural land declined from 29,284 hectares to 18,218 hectares, and orchard areas decreased from 17,734 hectares to 10,603 hectares. Furthermore, the region's water resources shrank significantly from 231 hectares in 1986 to less than 60 hectares in 2024, highlighting a critical water crisis. According to the Markov model projections, by 2034 (1413 SH), the expansion of built-up areas will persist, with 44.81% of agricultural land and 39.97% of orchard land expected to be converted into urban zones. These changes are anticipated to exacerbate surface temperature rise, reduce carbon sequestration capacity, decrease soil permeability, and increase the risk of flooding. The findings suggest that without effective management interventions, the trend of environmental degradation will continue. Therefore, this study underscores the urgent need for sustainable land use planning and natural resource conservation in the Isfahan metropolitan area.

Corresponding author (Email: tahmasebihossein@znu.ac.ir)

Cite this article:
Tahmasebi Moghaddam, H., & Beigdelii, A.Javadi, M,A (n.d.). *Analyzing the spatio-temporal transformation of land use around the Isfahan metropolis with an emphasis on ecological sustainability*. *Journal of Urban Peripheral Development*, 7(2), 79-104.

http://doi.org/10.22034/jpusd.2025.516306.1340

2676-4172 © Iranian Association of Geography and Rural Planning.
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

In recent decades, the phenomenon of urban expansion has become one of the most critical challenges facing metropolitan and surrounding areas. As cities grow in both population and physical size, they exert increasing influence over adjacent rural areas, often resulting in a transformation of traditional land use patterns and socio-economic structures. Peri-urban areas—those transitional zones between urban cores and rural hinterlands—represent dynamic and complex spaces where urban and rural characteristics coexist and often conflict. These areas are particularly vulnerable to disorganized and unregulated development due to their ambiguous legal and administrative status.

This study investigates the spatiotemporal transformations of land use in the periphery of Isfahan from 1986 to 2024, focusing on their ecological impacts. The primary research questions are: How has the land-use pattern changed over time? What are the ecological consequences of these changes? The research highlights the necessity of sustainable urban planning to mitigate environmental degradation.

Methodology

The study employs a descriptive-analytical and applied approach. Satellite images from Landsat (5, 7, 8, and 9) were obtained from the USGS database to analyze land-use changes. The images underwent preprocessing, including geometric and radiometric corrections. The study classified land use into five categories: built-up areas, agricultural lands, orchards, barren lands, and water bodies. The classification was performed using the Random Forest (RF) algorithm, and change detection was carried out through the Land Change Modeler (LCM) and Markov Chain modeling. The accuracy of classification was assessed using training and validation datasets, ensuring reliability in detecting temporal changes.

Results and discussion

Findings indicate a significant increase in built-up areas, from 25,249 hectares in 1986 to 43,593 hectares in 2024. Conversely, agricultural lands declined from 29,284 hectares to 18,218 hectares, and orchards decreased from 17,734 hectares to 10,603 hectares. Water bodies shrank dramatically from 231 hectares in 1986 to less than 60 hectares in 2024, signaling a water crisis. The results from the Markov model predict that by 2034, 44.81% of agricultural lands and 39.97% of orchards will be converted into urban areas, exacerbating ecological challenges such as rising surface temperatures, reduced soil permeability, and increased flood risk. The study underscores that without proper urban management, land degradation will persist, threatening ecological balance.

Conclusion

The peri-urban expansion of Isfahan illustrates a broader pattern of disorganized growth in Iranian metropolitan peripheries. The study concludes that despite the existence of multiple legal and institutional mechanisms, their fragmented implementation has failed to manage rapid and unauthorized development effectively. This has resulted in the loss of agricultural land, degradation of natural resources, and growing socio-spatial inequalities.

The research calls for a rethinking of governance in peri-urban areas through integrated spatial planning, legal reform, and institutional capacity-building. Recommended actions include: (1) establishing a clear urban growth boundary for Isfahan; (2) strengthening inter-agency coordination; (3) revising land use laws to increase enforceability; and (4) promoting inclusive planning practices that involve local stakeholders.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent 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.

مجلـه توسعه فضاهای پیراشهری

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۱۷۲

Journal Homepage: https://jpusd.ir

تحلیل اثرات دگردیسی مکانی ــ فضایی کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان با تأکید بر پایداری اکولوژیکی

حسین طهماسبی‌مقدم [۱]، **اعظم بیگدلی** [۲]، **محمدامین جوادی** [۳]

۱. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۰/۲۱

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۲/۲۳

تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۵/۲۶

صص. ۱۰۴-۷۹

واژگان کلیدی:
پایداری اکولوژیکی، محیط‌زیست، کاربری اراضی، دگردیسی، کلانشهر اصفهان.

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلان‌شهر اصفهان از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳ و اثرات آن بر پایداری اکولوژیکی می‌پردازد. داده‌های این مطالعه شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست و تحلیل‌های GIS بوده که با استفاده از مدل تغییر کاربری زمین (LCM)، مدل مارکوف و الگوریتم جنگل تصادفی پردازش‌شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که طی این دوره، مساحت اراضی ساخته‌شده از ۲۵،۲۴۹ هکتار در سال ۱۳۶۵ به ۴۳،۵۹۳ هکتار در سال ۱۴۰۳ افزایش‌یافته است، درحالی‌که اراضی زراعی از ۲۹،۲۸۴ هکتار به ۱۸،۲۱۸ هکتار و اراضی باغی از ۱۷،۷۳۴ هکتار به ۱۰،۶۰۳ هکتار کاهش‌یافته‌اند. همچنین، منابع آبی منطقه از ۲۳۱ هکتار در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۶۰ هکتار در سال ۱۴۰۳ رسیده است که نشان‌دهنده بحران آبی در منطقه است. بررسی مدل مارکوف نشان می‌دهد که تا سال ۱۴۱۳، اراضی ساخته‌شده همچنان روند افزایشی خواهند داشت و ۴۴/۸۱٪ از اراضی زراعی و ۳۹/۹۷٪ از اراضی باغی به مناطق شهری تبدیل خواهند شد. این تغییرات علاوه برافزایش دمای سطحی و کاهش جذب کربن، باعث کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش خطر سیلاب خواهد شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که بدون مداخلات مدیریتی مؤثر، روند تخریب زیست‌محیطی ادامه خواهد داشت. بنابراین، این پژوهش بر ضرورت برنامه‌ریزی پایدار برای مدیریت کاربری اراضی و حفاظت از منابع طبیعی در کلان‌شهر اصفهان تأکید دارد.

نویسنده مسئول(رایانامه: tahmasebihossein@znu.ac.ir)

ارجاع به مقاله: طهماسبی‌مقدم؛ حسین، و بیگدلی؛ اعظم و جوادی، محمدامین. (۱۴۰۴). تحلیل اثرات دگردیسی مکانی ـ فضایی کاربری اراضی پیرامون کلان‌شهر اصفهان با تأکید بر پایداری اکولوژیکی. *مجله توسعه فضاهای پیراشهری*، ۷(۲)، ۱۰۴-۷۹.

http://doi.org/10.22034/jpusd.2025.516306.1340

@ نویسندگان

ناشر: انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی ایران

مقدمه

شهرنشینی یکی از پدیده‌های اثرگذار در دنیای معاصر است که الگوهای کاربری زمین را در اطراف مناطق شهری به‌طور قابل‌توجهی تغییر داده است(Cai et al, 2024). با گسترش شهرها، مناظر طبیعی مانند جنگل‌ها، تالاب‌ها و اراضی کشاورزی به‌طور فزاینده‌ای به مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی تبدیل می‌شوند (Liu et al, 2016; Zheng and Qingyun, 2021). این تغییرات فضایی-زمانی در کاربری زمین پیامدهای متعددی بر پایداری اکولوژیکی دارند، ازجمله این مشکلات می‌توان به تغییرات در ریزاقلیم شهری (Kasim et al, 2018; Liu et al, 2019)، تخریب و قطعه‌قطعه شدن زیستگاه‌های طبیعی (Wang et al, 2020)، تولید آلاینده‌های انسان‌ساخت (Bai et al, 2017; Chen L. et al, 2019)، و تغییرات غیرقابل‌بازگشت در پوشش و کاربری اراضی (Kumar et al, 2019) اشاره کرد. سرعت فزاینده گسترش شهری در پیرامون شهرها، همراه با رشد سریع جمعیت منجر به مشکلات اکولوژیکی جدی‌تری، مانند تغییر کاربری اراضی شده است(نصیری‌هنده‌خاله و همکاران، ۱۴۰۱). این کاربری‌ها در طول زمان در حال تغییر بوده و این تغییرات منجر به افزایش تخریب سرزمین و نابودی اکوسیستم به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود(امیرانتخابی و همکاران، ۱۳۹۷). توسعه‌ی شهری سریع و اقدامات برنامه‌ریزی‌نشده در دهه‌های اخیر، به‌ویژه در اطراف کلانشهرها، منجر به دگردیسی مکانی-فضایی قابل‌توجهی در کاربری اراضی شده است (محمودزاده و هریسچیان،۱۳۹۷) این تغییرات، که اغلب با هدف پاسخگویی به نیازهای رشد فزاینده جمعیت شهری و توسعه‌ی اقتصادی صورت می‌گیرند(Ding et al, 2015)، می‌توانند رابطه‌ی متوازن انسان با طبیعت را برهم زده و منجر به ایجاد وضعیت‌های شکننده و ناپایدار در محیط‌زیست شهری و پیرامون آن شود بنابراین پایداری زیست‌محیطی به معنای توانایی یک محیط برای حمایت از حیات انسانی و توسعه در بلندمدت بدون تخریب سیستم‌های زیست‌محیطی زیرین است(Haowei et al, 2024). این مفهوم شامل حفظ سلامت و کارکردهای اکوسیستم‌ها به‌گونه‌ای است که بتوانند به ارائه خدمات اساسی خود ادامه دهند(Wang et al, 2021). مطالعه اثرات تغییر کاربری زمین در پیرامون مناطق شهرها به دلایل متعددی حائز اهمیت است. نخست، اکوسیستم‌های شهری به‌عنوان واسطه‌های پیچیده‌ای بین فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی عمل می‌کنند و شاخص‌های کلیدی سلامت اکولوژیکی محسوب می‌شوند .(Grimm et al, 2008) دوم، پایداری مناطق شهری مستقیماً بر پیامدهای زیست‌محیطی جهانی، ازجمله جذب کربن، چرخه‌های آبی و حفظ تنوع زیستی تأثیر می‌گذارد (Wang et al, 2021).

در این چارچوب کلانشهر اصفهان طی دهه‌های اخیر شاهد تغییرات گسترده‌ای در کاربری اراضی خود بوده است که این امر منجر به افزایش قابل‌توجه مناطق ساخته‌شده و کاهش اراضی زراعی، باغی و منابع آبی شده است. این روند توسعه نامتوازن، علاوه بر تأثیرات منفی بر محیط‌زیست، موجب تشدید بحران‌های زیست‌محیطی نظیر کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش دمای سطحی، تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و کاهش کیفیت منابع آب‌شده است. بنابراین این پژوهش در تلاش است چگونگی تأثیر تغییرات کاربری زمین بر پایداری اکولوژیکی بررسی

کند و هدف اصلی این مطالعه ارزیابی پیامدهای اکولوژیکی تغییرات کاربری زمین در مناطق پیرامونی کلانشهر اصفهان می‌باشد.

مبانی نظری

پایداری در حوزه خرد و کلان به معنای دستیابی به تعادل‌های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی است. این مفهوم به معنای مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی و انسانی است، به‌گونه‌ای که برای حفاظت از حقوق نسل‌های آینده تأکید دارد (علی اصغرزاده و همکاران، ۱۴۰۰). پارادایم اکولوژیک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد پایداری، تأکید ویژه‌ای بر حفظ محیط‌زیست و تعادل بوم‌شناختی دارد. بر اساس این پارادایم، حفظ محیط‌زیست به معنای تولید پایدار منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب غیرقابل‌جبران آن‌هاست. این دیدگاه بر حفاظت از محیط‌زیست و تعادل اکولوژیکی تمرکز دارد و هدف آن حفظ تنوع زیستی، مدیریت منابع طبیعی و کاهش آلودگی ضمن متعادل کردن بهره‌برداری اقتصادی است (رضایی و کرامت زاده، ۱۳۹۹). درنتیجه طرفدار جوامع محلی از نظر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است(حجت‌شمامی و جوان، ۱۴۰۴). پایداری اکولوژیکی، که ریشه در نظریه‌های توسعه پایدار دارد (Ustinova, 2018) به توانایی اکوسیستم‌ها در حفظ کارکردهای طبیعی خود در برابر فشارهای ناشی از توسعه، شهرنشینی و تغییرات کاربری زمین اشاره دارد(امیدپور و همکاران، ۱۳۹۹) و میزان استفاده انسان در آن محیط‌زیست معین، که درخور توان‌ها و ظرفیت‌های محیط است(عطایی و همکاران، ۱۴۰۰). توسعه پایدار مستلزم درک وابستگی‌های متقابل بین سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی است، زیرا رویکردهای مدیریتی سنتی منجر به افزایش تخریب منابع شده است (کامیاب و شعبانی، ۱۹۸). برای دستیابی به پایداری، بهبود کارایی فنی و ترویج فناوری‌های پایدار بسیار مهم است و سیاست‌گذاران باید در توسعه فناوری‌های پایدار سرمایه‌گذاری کرده و آگاهی کارآفرینان را در موردحفاظت از محیط‌زیست افزایش دهند (فتحی و قربانیان، ۱۴۰۰).

مطالعه تغییرات کاربری زمین فضایی-زمانی و پیامدهای اکولوژیکی آن در دهه‌های اخیر توجه قابل‌توجهی در علوم محیطی و مطالعات شهری به خود جلب کرده است. پژوهش‌های اولیه بر ترسیم گسترش شهری با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تمرکز داشتند. برای مثال، لمبَن[1] و همکاران(۲۰۰۱) نشان دادند که چگونه تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند روند جنگل‌زدایی و رشد شهری را ردیابی کنند و این تغییرات را با کاهش خدمات اکوسیستمی مانند حاصلخیزی خاک و ظرفیت نگهداشت آب مرتبط سازند. مطالعات بعدی این مبنا را توسعه داده و تحلیل های زمانی را برای درک سرعت و مسیر تغییرات کاربری زمین یکپارچه کرده‌اند(Lambin et al, 2001). فولی[2] و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تغییرات کاربری زمین شهری اغلب از الگوی غیرخطی پیروی می‌کنند، به‌گونه‌ای که تبدیل اولیه سریع رخ می‌دهد و سپس بسته به عوامل اقتصادی و

1- Lambin
2- Foley

سیاستی یا تثبیت‌شده یا تشدید می‌شود(Foley et al, 2005).

پایداری اکولوژیکی به‌عنوان یک مفهوم به‌طور گسترده‌ای در رابطه با شهرنشینی بررسی شده است به‌طوری‌که گریم[1]و همکاران (۲۰۰۸) استدلال کردند که مناطق شهری به‌عنوان «نقاط داغ اکولوژیکی» عمل می‌کنند، جایی که تغییرات کاربری زمین ناشی از فعالیت‌های انسانی، تنوع زیستی و تاب‌آوری اکوسیستم را مختل می‌کند و اغلب منجر به از بین رفتن گونه‌های بومی و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها می‌شود(Grimm et al, 2008). به‌طور مشابه، ستو[2]و همکاران (۲۰۱۲) در یک تحلیل جهانی از روندهای کاربری زمین شهری دریافتند که تبدیل زمین‌های طبیعی به کاربری‌های شهری منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش مخازن کربن شده و پایداری بلندمدت را تضعیف می‌کند. این مطالعات ر معادلات بین توسعه شهری و سلامت اکولوژیکی تأکیددارند، هرچند که اغلب بر مقیاس های کلان تمرکز دارند و پو یایی های محلی پیرامون شهری را کمتر موردبررسی قرار داده‌اند(Seto et al, 2012).

تغییر کاربری اراضی به‌طور مستقیم بر کمیت و کیفیت خدمات اکوسیستم تأثیر می‌گذارد. تیموتی اُ. اوگونبود[3] و همکاران (۲۰۲۵) نیز در پژوهش خود به بررسی اثرات زیست‌محیطی رشد شهری و تغییر کاربری اراضی در شهرهای گرمسیری، با مطالعه موردی کلانشهر ایبادان در نیجریه، پرداختند. این مطالعات نشان می‌دهند که گسترش شهری یک پدیده جهانی است که الگوهای کاربری اراضی را در اطراف کلانشهرها به‌طور چشمگیری تغییر می‌دهد (Ogunbode et al, 2025). جوان و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان ارزیابی روند تخریب اراضی جنگلی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: شهرستان نمین) به این نتایج رسیدند که از کل مساحت کاربری‌های طبقه‌بندی شده در سال ۱۳۷۹، معادل ۹۹۹۰/۰۶ هکتار به اراضی جنگلی تعلق داشته است که در مقایسه با سال ۱۳۸۶ این میزان به معادل ۹۵۳۱/۷۴ هکتار کاهش داشته است. هم-چنین وسعت اراضی این جنگل- ها که از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۶ بیش از ۷۷۰۰ هکتار کاهش یافته است. روی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود به ارزیابی و پیش‌بینی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ارزش خدمات اکوسیستم در بنگلادش پرداختند و بر اهمیت این موضوع برای پایداری محیط‌زیست تأکید کردند (Roy et al, 2024). گائو و همکاران (۲۰۲۴) نیز در مطالعه خود در منطقه جدید شینگان چین، با استفاده از مدل InVEST ، به بررسی تکامل خدمات اکوسیستم تحت تأثیر شهرنشینی پرداختند و تغییرات در میزان آبدهی، حفظ خاک و ذخیره کربن را ناشی از تغییر کاربری اراضی تحلیل کردند(Gaoet a, 2024). ژو و همکاران(۲۰۲۴) در مقاله‌ای با عنوان انتقال کاربری زمین و تأثیرات زیست‌محیطی آن در مناطق با رشد سریع شهری: مطالعه موردی نانجینگ، چین پرداخته است این مطالعه به تغییرات قابل‌توجه کاربری زمین در نانجینگ اشاره دارد که با کاهش زمین‌های کشاورزی و جنگلی همراه بوده و منجر به تخریب زیست‌محیطی شده است. این پژوهش بر ضرورت ایجاد توازن میان توسعه شهری و حفاظت زیست‌محیطی تأکید دارد تا در شرایط رشد سریع شهرنشینی، توسعه پایدار تضمین شود(Zhou et al, 2024) وو و همکاران (۲۰۲۳)

1- Grimm
2- Seto
3- Timothy O. Ogunbode

نیز در مطالعه موردی شهر هانگژو در چین، به بررسی تکامل ارزش خدمات اکوسیستم شهری بر اساس تغییرات کاربری اراضی و تحلیل سناریوهای مختلف پرداختند و نشان دادند که گسترش شهری منجر به کاهش ارزش خدمات اکوسیستم می‌شود(Wu et al, 2023).

روش‌شناسی

روش پژوهش در این تحقیق، توصیفی-تحلیلی و از نوع کاربردی است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از روش‌های کتابخانه‌ای شامل تصاویر ماهواره‌ای از سایت USGS و طرح‌های تفصیلی کلان‌شهر اصفهان به‌منظور استخراج حریم و محدوده قانونی کلان‌شهر اصفهان استفاده‌شده است و برای پردازش تصاویر از نرم‌افزارهای gis و Terrset بهره گرفته‌شده است.

آماده‌سازی و پردازش اولیه

تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی لندست، که طیف وسیعی از مقادیر طیفی را از ناحیه مرئی تا مادون‌قرمز موج‌کوتاه پوشش می‌دهند، به‌طور گسترده برای نقشه‌برداری از ویژگی‌های مختلف زمین، ازجمله کاربری و پوشش اراضی (LULC) و پایش اکولوژیکی مورداستفاده قرارگرفته‌اند(Alhassan et al, 2020). یکی از چالش‌های اساسی در استفاده از داده‌های لندست، وجود پوشش ابری است که اغلب موجب اختلال در تصاویر می‌شود. که در تصاویر استفاده‌شده در این تحقیق مقدار پوشش ابری برابر صفر است و برای انجام این مطالعه، فایل برداری[1] حریم و محدوده قانونی کلانشهراصفهان به کار گرفته شد تا مقادیر میانگین پیکسل‌ها برای هرسال (۱۳۶۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ و استخراج شود.

طبقه‌بندی کاربری اراضی

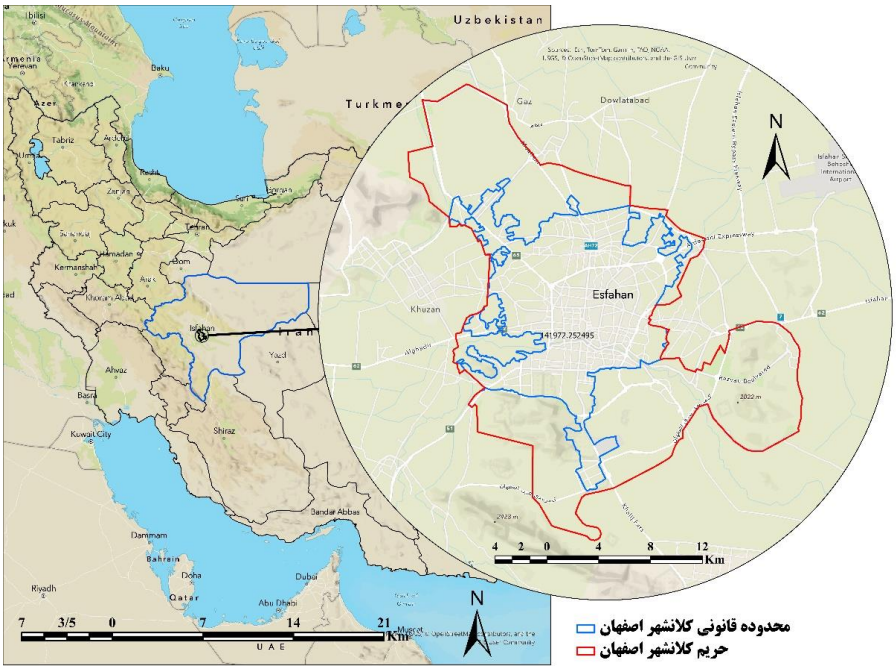
برای طبقه‌بندی کاربری اراضی، استفاده از داده‌های مرجع دقیق و یک سیستم طبقه‌بندی مناسب ضروری است. در این مطالعه، طبقه‌بندی به شش دسته تقسیم شد:اراضی ساخته‌شده، اراضی زراعی، اراضی باغی، اراضی بایر، منابع آبی. نمونه‌های آموزشی و آزمایشی با استفاده از تصاویر USGS ترکیب رنگی RGB لندست ۸،۹ ، ۵ و شاخص‌های طیفی جمع‌آوری شدند. در مجموع، ۱۰۰ نقطه نمونه برای کلاس‌های مختلف در سال‌های در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳ گردآوری شد. برای هر کلاس، حداقل ۷۰ نمونه جمع‌آوری شد؛ ۸۰٪ از این نمونه‌ها به‌صورت

[1] - Shapefile

تصادفی به‌عنوان نمونه‌های آموزشی برای طبقه‌بندی تصاویر لندست انتخاب شدند، درحالی‌که ۲۰٪ باقی‌مانده به‌عنوان نمونه‌های اعتبارسنجی برای بررسی دقت طبقه‌بندی مورداستفاده قرار گرفتند.

چندین روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در نرم‌افزار Terrset در دسترس است که مهم‌ترین آن جنگل تصادفی (RF)، مبتنی بر ماشین لرنینگ است. الگوریتم RF طی دو دهه گذشته به دلیل دقت بالای طبقه‌بندی و سرعت پردازش، محبوبیت زیادی پیداکرده است، RF یک تکنیک مبتنی بر مجموعه‌ای از درخت‌های تصمیم‌گیری است که می‌تواند عملکرد طبقه‌بندی را بهبود بخشد و اهمیت متغیرها را ارزیابی کند. درRF ، تعداد قابل‌توجهی درخت ایجاد می‌شود؛ تقریباً دوسوم داده‌ها برای آموزش درخت‌ها استفاده می‌شوند، درحالی‌که یک‌سوم باقی‌مانده در یک فرایند اعتبارسنجی متقابل داخلی برای ارزیابی عملکرد مدل RF به کار می‌روند. استفاده از تعداد زیاد درخت‌ها باعث می‌شود که RF نسبت به درخت‌های تصمیم‌گیری معمولی خطای کمتری داشته باشد. بر این اساس، در این مطالعه از مدل RF برای تولید نقشه‌های طبقه‌بندی و برای پیش‌بینی ۱۰ سال آینده از روش‌های ترکیبی مارکوف و سلول‌ها خودکار استفاده شد.

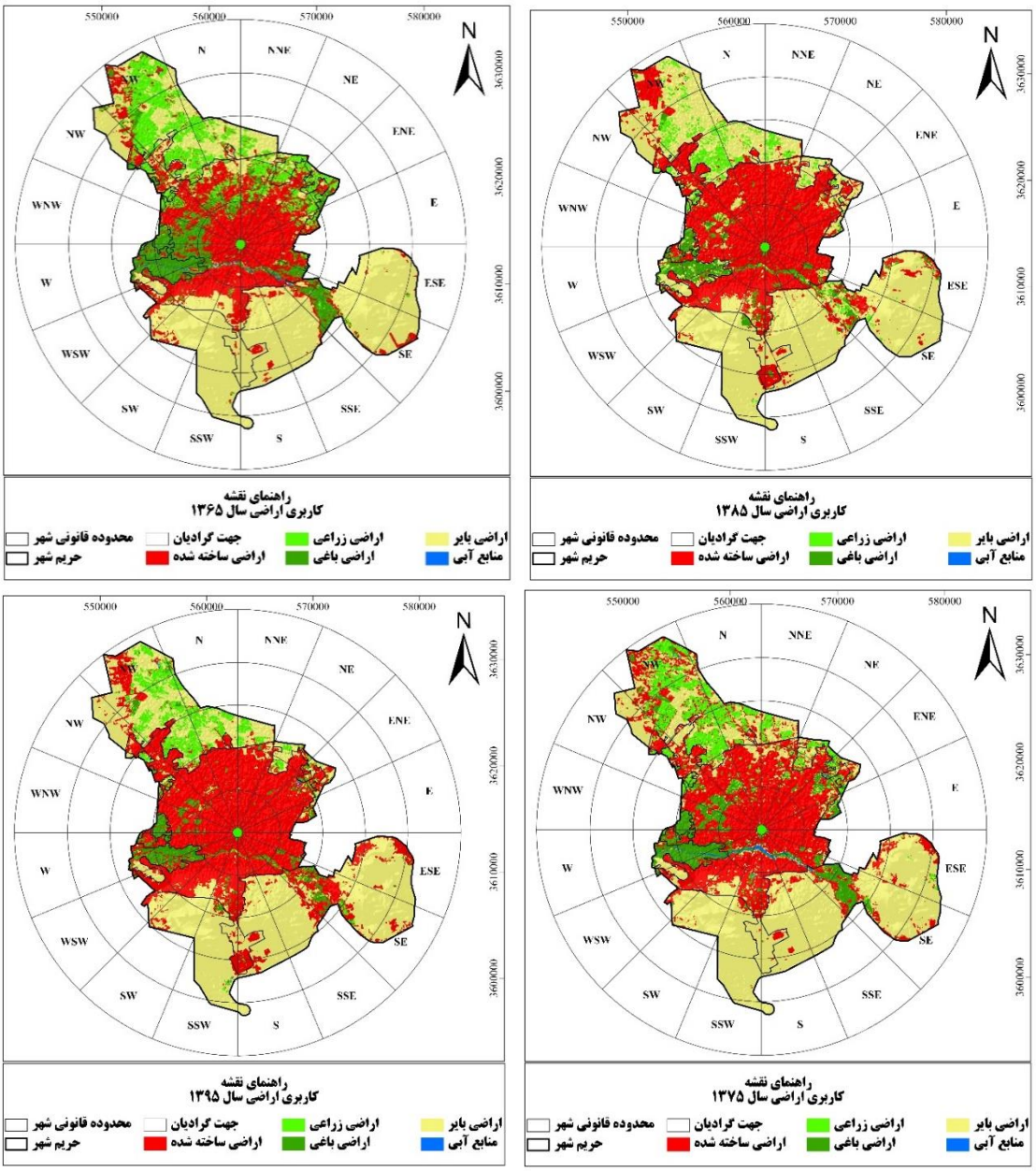
کلان‌شهر اصفهان، مرکز استان اصفهان، در مرکز ایران واقع‌شده و به‌عنوان سومین شهر پرجمعیت کشور پس از تهران و مشهد شناخته می شود. این شهر در مختصات جغرافیایی تقریباً ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد و در حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود گسترده شده است. مساحت شهری ا صفهان حدود ۲۵۰ کیلومترمربع بوده و این کلان شهر از ۱۵ منطقه شهری ت شکیل شده ا ست. ازنظر اقلیمی، این شهر دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و نسبتاً خشک است. رودخانه زاینده‌رود، که از زاگرس مرکزی سرچشمه می‌گیرد، نقش مهمی در توسعه فضایی و اکولوژیکی اصفهان ایفا کرده است.

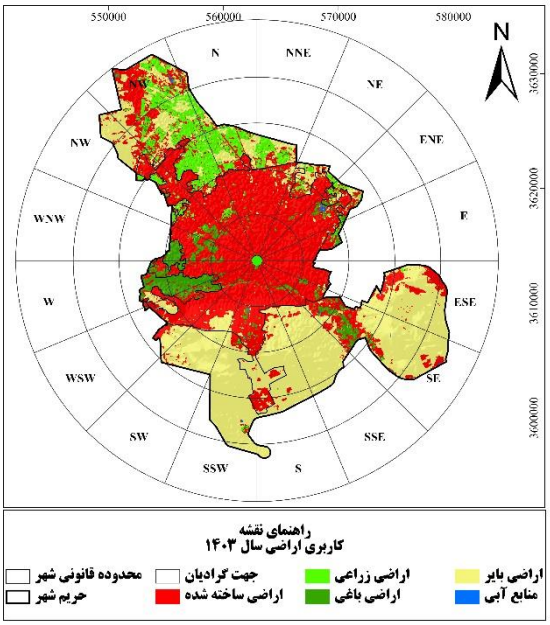


شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده موردمطالعه

یافته‌های پژوهش

براساس نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳ جدول ۱ و شـــکل ۲ چندین روند مشـــخص قابل‌مشـــاهده اســـت که هرکدام می‌توانند تأثیرات قابل‌توجهی بر پایداری اکولوژیکی پیرامون کلانشهر اصفهان داشته باشند. مهم‌ترین تغییر در این دوره، افزایش اراضی ساخته‌شده است. در سال ۱۳۶۵، وسعت این اراضی حدود ۲۵ هزار هکتار بود، اما طی دهه‌های بعدی، با سرعت زیادی گسترش‌یافته و در سال ۱۳۸۵ به حدود ۴۵ هزار هکتار رسید. بااین‌حال، در سال ۱۳۹۵ روند اراضی ساخته‌شده به ۳۴ هزار هکتار کاهش‌یافته، اما در سال ۱۴۰۳ مجدداً افزایش‌یافته و به ۴۳ هزار هکتار رسیده است. این تغییرات نشان می‌دهد که توسعه شـهری به‌صـورت مداوم در حال گسـترش بوده، هرچند در یک مقطع زمانی کاهش نسـبی را تجربه کرده است. در مقابل، اراضی زراعی طی این دوره دچار کاهش محسوسی شده‌اند. در سال ۱۳۶۵، این اراضی مساحتی بالغبر ۲۹ هزار هکتار داشـــتند، اما در ســـال ۱۳۹۵ به ۱۵ هزار هکتار کاهش یافتند. این روند کاهشـــی، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، می‌تواند نشان‌دهنده‌ی تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مناطق ساخته شده باشد. در سال ۱۴۰۳، مقدار اندکی افزایش در وسعت این اراضی مشاهده می‌شود و همچنین اراضی باغی نیز الگوی مشابهی از کاهش را نشان می‌دهند. اگرچه در سال ۱۳۷۵ وسعت این اراضی اندکی افزایش‌یافته است، اما از سال ۱۳۷۵ به بعد به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیداکرده اسـت و در سـال ۱۳۸۵، مسـاحت اراضـی باغی به ۱۳ هزار هکتار رسـیده و در سـال ۱۳۹۵ به کمتر از ۸ هزار هکتار کاهش‌یافته است. در سال ۱۴۰۳، میزان اراضی باغی نسبت به ۱۳۹۵ افزایش جزئی دارد، اما این مقدار همچنان به‌مراتب کمتر از میزان اولیه‌ی آن در دهه‌ی ۱۳۶۰ است.


راهنمای نقشه
کاربری اراضی سال ۱۳۶۵
محدوده قانونی شهر
جهت گرادیان
اراضی زراعی
اراضی بایر
حریم شهر
اراضی ساخته شده
اراضی باغی
منابع آبی
راهنمای نقشه
کاربری اراضی سال ۱۳۸۵
راهنمای نقشه
کاربری اراضی سال ۱۳۹۵
راهنمای نقشه
کاربری اراضی سال ۱۳۷۵
N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
550000
560000
570000
580000
3630000
3620000
3610000
3600000



شکل۲. تغییرات کاربری اراضی در پیرامون کلانشهر اصفهان در بازه زمانی ۳۸ ساله

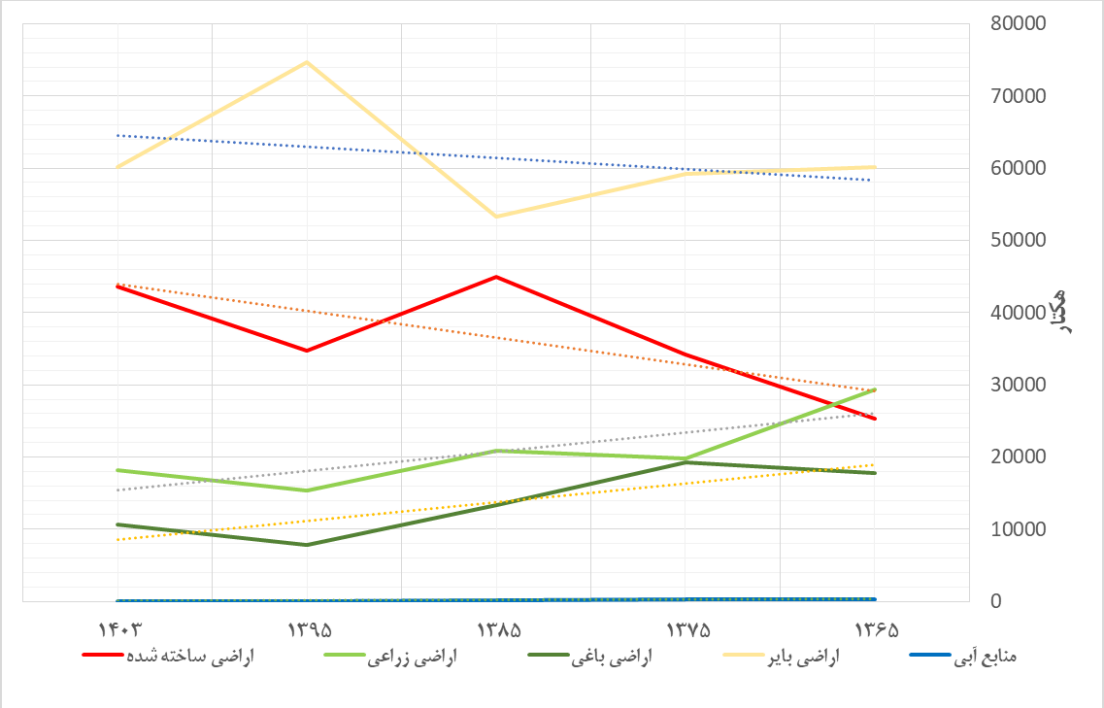
یکی دیگر از تغییرات مهم کاربری اراضی در پیرامون کلانشهر اصفهان، وضعیت اراضی بایر است. این اراضی در سال ۱۳۶۵ بیش از ۶۰ هزار هکتار وسعت داشتند درحالی‌که در سال ۱۳۸۵، این مقدار کاهش‌یافته و به ۵۳ هزار هکتار رسیده است، اما مجدداً در سال ۱۳۹۵ افزایش پیداکرده و به ۷۴ هزار هکتار رسید. این روند نشان‌دهنده‌ی افزایش زمین‌های غیر قابل‌کشت یا زمین‌هایی می‌باشد که به دلیل تغییرات اقلیمی و کمبود آب، قابلیت بهره‌برداری کشاورزی خود را ازدست‌داده‌اند(Badapalli et al, 2023). در سال ۱۴۰۳، اراضی بایر کاهش‌یافته و به ۶۰ هزار هکتار رسیده‌اند که به دلیل توسعه‌ی مناطق ساخته‌شده یا احیای برخی از این اراضی برای مصارف دیگر است.

یکی از نگران‌کننده‌ترین تغییرات در این دوره، کاهش منابع آبی است. در سال ۱۳۶۵، وسعت منابع آبی در منطقه بیش از ۲۳۰ هکتار بود، اما این مقدار به‌طور مداوم کاهش‌یافته و در سال ۱۳۸۵، این منابع به ۱۵۸ هکتار رسیدند و در سال ۱۳۹۵ به ۶۵ هکتار کاهش یافتند. در سال ۱۴۰۳، منابع آبی به کمتر از ۶۰ هکتار می‌رسد که نشان‌دهنده‌ی بحران آب در کلانشهر اصفهان و پیرامون آن می باشد. این کاهش می‌تواند ناشی از مصرف بی‌رویه منابع آبی، کاهش بارندگی، و برداشت بیش‌ازحد از منابع زیرزمینی باشد(Cornea et al, 2011; Vitkovic & Soleimani, 2019). کاهش منابع آبی می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر کشاورزی، باغداری، و درنهایت بر پایداری اکولوژیکی منطقه داشته باشد(Alyami et al, 2022).

جدول 1. مساحت کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان در بازه زمانی ۳۸ ساله

کاربری اراضی	اراضی ساخته‌شده	اراضی زراعی	اراضی باغی	اراضی بایر	منابع آبی
۱۳۶۵	۲۵۲۴۹/۳۲	۲۹۲۸۴/۲	۱۷۷۳۴/۳۲	۶۰۱۲۱/۷۱	۲۳۱/۲۱
۱۳۷۵	۳۴۱۳۷/۴۵	۱۹۷۴۸/۱۶	۱۹۱۹۸/۲۶	۵۹۱۹۶/۴۲	۳۴۰/۴۷
۱۳۸۵	۴۴۹۵۸/۰۶	۲۰۸۴۲/۵۶	۱۳۳۱۸/۲	۵۳۳۴۳/۹	۱۵۸/۰۴
۱۳۹۵	۳۴۷۶۶/۲۸	۱۵۳۳۴/۴۷	۷۸۳۹/۲۷	۷۴۶۱۵/۳۱	۶۵/۴۳
۱۴۰۳	۴۳۵۹۳/۳۰	۱۸۲۱۸/۲۵	۱۰۶۰۳/۸	۶۰۱۴۸/۰۸	۵۷/۳۳

شکل ۳ نشان می‌دهد که در طول سال‌های گذشته، چهره‌ی پیرامون کلانشهر اصفهان دستخوش تغییرات زیادی شده است. یکی از مهم‌ترین تغییرات، رشد روزافزون اراضی ساخته‌شده است. در سال ۱۳۶۵ این اراضی مساحت نسبتاً محدودی داشتند، اما باگذشت زمان، به‌ویژه در دهه‌ی ۱۳۸۰، به‌شدت گسترش پیدا کردند. بااین‌حال، در سال ۱۳۹۵ روند گسترش این مناطق کمی کاهش‌یافته است. بااین‌حال، تغییرات در سال ۱۴۰۳ نشان می‌دهد که این روند دوباره سرعت گرفته و شهر همچنان به سمت نابودی زمین‌های اطراف خود پیش رفته است و همچنین زمین‌های زراعی در طول سال‌ها دستخوش نوسانات زیادی شده‌اند. مثلاً در دهه‌ی ۱۳۷۰ کاهش محسوسی در مساحت زمین‌های کشاورزی دیده می‌شود، اما در برخی دوره‌های بعدی، دوباره کمی افزایش‌یافته است. در مقابل در دهه‌های نخستین مطالعه از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵، سطح باغات از وسعت قابل‌توجهی برخوردار بود؛ بااین‌حال، روند کاهش آن‌ها به‌تدریج شدت یافته است. این روند از سال ۱۳۸۵ به‌طور چشمگیری تسریع شده، به‌گونه‌ای که می‌توان فرض کرد بخش قابل‌توجهی از این باغات به کاربری‌های مسکونی و ساختمانی تبدیل‌شده‌اند. کاهش سطح باغات صرفاً یک تغییر فیزیکی نیست، بلکه می‌تواند پیامدهای نامطلوبی بر تنوع زیستی، کیفیت هوا و حتی سبک زندگی ساکنان منطقه موردمطالعه داشته باشد و درنهایت، یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها مربوط به منابع آبی است. با نگاهی به روند کاهش مساحت منابع آبی در این سال‌ها، می‌توان دریافت که این تغییر یکی از بحرانی‌ترین تحولات منطقه موردمطالعه است چراکه از سال ۱۳۶۵ تا به امروز، منابع آبی به‌طور مداوم در حال کاهش بوده‌اند به‌هرحال، این امر هشدار جدی است که در صورت عدم توجه به آن، می‌تواند آینده‌ی زیستی و کشاورزی پیرامون کلانشهر اصفهان را با چالش‌های اساسی مواجه کند.



شکل۳. میزان تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان در بازه زمانی ۳۸ ساله

تحلیل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل(۱۳۶۵-۱۴۰۳) LCM

نتایج حاصل از مدل تغییر کاربری زمین (LCM) برای بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳ نشان‌دهنده‌ی تغییرات قابل‌توجه در الگوهای کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان است. مهم‌ترین تحول مشاهده‌شده در این دوره، گسترش چشمگیر مناطق ساخته شده بوده است؛ به‌طوری‌که وسعت این اراضی با افزایشی در حدود ۲۳ هزار هکتار، بیشترین سهم از تغییرات مثبت را به خود اختصاص داده‌اند(شکل ۴). این روند افزایشی معمولاً با توسعه فیزیکی شهرها، رشد جمعیت، و تغییرات اجتماعی-اقتصادی مرتبط است(Bhatta, 2010; Seto et al, 2002). افزایش اراضی شهری عمدتاً به قیمت از دست رفتن کاربری‌های دیگر، به‌ویژه اراضی کشاورزی و باغی، محقق شده است. اراضی زراعی در این بازه زمانی با کاهش خالصی در حدود ۸ هزار هکتار روبه‌رو بوده‌اند و اراضی باغی نیز حدود ۴ هزار هکتار از وسعت خود را از دست‌داده‌اند(شکل ۴). این روند نه‌تنها تهدیدی برای تولید غذا و امنیت غذایی به شمار می‌رود، بلکه سبب از دست رفتن منابع طبیعی و کاهش خدمات اکوسیستمی نیز می‌گردد(Foley et al, 2005; Lambin & Geist, 2006) و همچنین اراضی بایر نیز طی این دوره تغییرات دوگانه‌ای را تجربه کرده‌اند. این اراضی با کاهش حدود ۱۵ هزار هکتار و افزایش ۱۷ هزار هکتار، نوسانات بالایی داشته‌اند. این موضوع می‌تواند بیانگر تبدیل برخی اراضی بایر به کاربری‌های دیگر (نظیر اراضی شهری) و در مقابل، تبدیل بخشی از اراضی زراعی یا طبیعی به اراضی بایر درنتیجه تخریب محیطی یا تغییرات اقلیمی باشد(Verburg et al, 2009).

شکل ۴. نتایج مدل تغییرات کاربری زمین در بازه زمانی ۱۳۶۵-۱۴۰۳ به هکتار

درمجموع، تحلیل فوق نشـان می‌دهد که توسـعه سـریع و بی‌رویه شـهری در طول سـه دهه‌ی گذشـته منجر به تغییرات بنیادین در ساختار فضایی-کاربری پیرامون کلانشهر اصفهان شده است. اگرچه افزایش مناطق ساخته‌شده امری اجتناب‌ناپذیر درروند توسعه شهری است، اما ادامه این روند بدون برنامه‌ریزی محیط‌زیستی و کاربری زمین می‌تواند منجر به تخریب منابع طبیعی، کاهش ظرفیت تولیدی اراضـی و درنهایت تهدید پایداری و اکولوژیکی منطقه شود.

تحلیل تغییرات کاربری اراضی براساس مدل کراس تب(جدول توافقی)

نتایج مدل کراس تب نشان‌دهنده تغییرات قابل‌توجهی در کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان طی دوره زمانی موردمطالعه است. بررسی منابع آبی نشان می‌دهد که سهم آن‌ها از کل اراضی بسیار ناچیز بوده و فقط ۰,۱۷ درصد از سطح منطقه را تشکیل می‌دهند. تغییرات منابع آبی محدود بوده و به مقدار کمی به اراضی بایر و زراعی تبدیل شده‌اند، اما نکته مهم کاهش اندک آن‌ها در برابر فشارهای توسعه شهری و کشاورزی است. این کاهش می‌تواند به دلیل روند خشک شدن منابع آبی، افزایش بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی، و تغییرات اقلیمی باشد که ازنظر اکولوژیکی حائز اهمیت است.

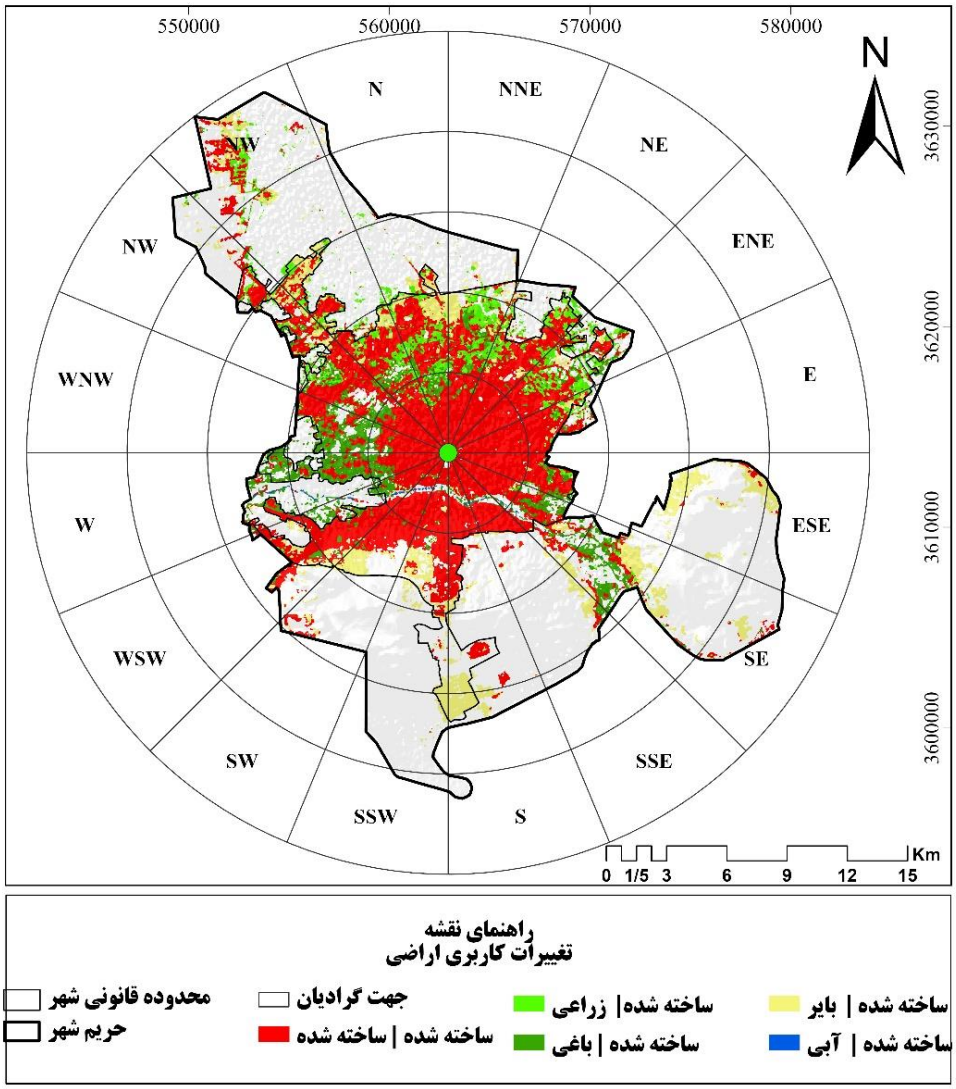
اراضی بایر بیشترین سهم را از کل منطقه موردمطالعه با ۴۵,۳۳ درصد دارند و در طول دوره ۳۸ ساله، تغییرات عمده‌ای در آن‌ها رخ‌داده است. بخش قابل‌توجهی از این اراضی به کاربری‌های دیگر، ازجمله اراضی ساخته‌شده (۸۹۶۵,۶۲ هکتار)، اراضـی زراعی (۵۳۴۲,۷۶ هکتار) و باغی (۷۵۱,۵۹ هکتار) تغییریافته اسـت. این روند نشـان می‌دهد که اراضـی بایر به‌عنوان یک ذخیره بالقوه برای توسـعه شـهری و کشـاورزی عمل کرده‌اند. اما در بخش اراضـی باغی که ۱۳,۳۷ درصـد از مسـاحت کل منطقه موردمطالعه را شـامل می‌شـوند، تغییرات مهمی مشـاهده می‌شـود. بخشـی از اراضـی باغی (۸۱۷۷,۲۲ هکتار) به اراضـی سـاخته‌شـده و ۱۴۸۹,۹۵ هکتار به اراضـی زراعی تبدیل شده است. این امر نشان‌دهنده تخریب بخشی از باغات به نفع توسعه شهری و کاهش زمین‌های کشاورزی است که می‌تواند تأثیر منفی بر تعادل اکولوژیکی منطقه داشته باشد. باغات نقش مهمی در کاهش اثرات گرمایش شـهری، حفظ کیفیت هوا و تنظیم رطوبت دارند، بنابراین کاهش آن‌ها منجر به افزایش اثرات منفی تغییرات کاربری بر محیط‌زیست خواهد شد.

اراضی زراعی که ۲۲,۰۸ درصد از کل مساحت منطقه موردمطالعه را تشکیل می‌دهند، تغییرات محسوسی را تجربه کرده‌اند. بیش از ۷۰۶۸,۸۷ هکتار از این اراضی به مناطق ساخته‌شده و ۱۰۰۷,۶۴ هکتار به اراضی بایر تبدیل‌شده‌اند. این تغییر نشان‌دهنده کاهش اراضی کشاورزی و افزایش فشار بر منابع طبیعی است. کاهش زمین‌های کشاورزی می‌تواند منجر به کاهش تولید مواد غذایی، افزایش وابستگی به واردات، و درنهایت کاهش امنیت غذایی شود(Pawlak& Kołodziejczak, 2020; Utuk & Daniel, 2015). همچنین این امر تأثیرات منفی بر حفظ خاک، کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خواهد داشت(Hamanaka et al, 2019).

اراضی ساخته‌شده ۱۹,۰۴ درصد از کل مساحت منطقه موردمطالعه را شامل می‌شوند و تغییرات گسترده‌ای در این کاربری مشاهده می‌شود. اراضی ساخته‌شده عمدتاً از تغییر اراضی زراعی (۷۰۶۸,۸۷ هکتار)، باغی (۸۱۷۷,۲۲ هکتار) و بایر (۸۹۶۵,۶۲ هکتار) به وجود آمده‌اند و توسعه شهری در این ابعاد می‌تواند نشان‌دهنده رشد سریع جمعیت و گسترش کلانشهر اصفهان باشد. بااین‌حال، این توسعه به بهای از دست رفتن منابع طبیعی و کاهش کاربری‌های اکولوژیکی مهم مانند باغات و اراضی کشاورزی تمام می شود که برافزایش دمای سطحی، کاهش کیفیت هوا، و افزایش اثرات جزیره گرمایی شهری اثرگذار خواهد بود(Kanga et al, 2022; Luo & Wu, 2021; Saravanan et al, 2018).

جدول ۲. نتایج تغییرات کاربری اراضی در پیرامون کلانشهر اصفهان براساس مدل کراس تب

کاربری اراضی	اراضی ساخته‌شده	اراضی زراعی	اراضی باغی	اراضی بایر	منابع آبی	مجموع	درصد
اراضی ساخته‌شده	۲۵۲۴۹/۳۲	۰	۰	۰	۰	۲۵۲۴۹/۳۲	۱۹/۰۴
اراضی زراعی	۷۰۶۸/۸۷	۱۰۱۸۴/۱۳	۲۰۱۴/۳۸	۱۰۰۷/۶۴	۹/۱۸	۲۹۲۸۴/۲	۲۲/۰۸
اراضی باغی	۸۱۷۷/۲۲	۱۴۸۹/۹۵	۶۶۱۰/۵۹	۱۴۵۲/۹۶	۳/۶	۱۷۷۳۴/۳۲	۱۳/۳۷
اراضی بایر	۸۹۶۵/۶۲	۵۳۴۲/۷۶	۷۵۱/۵۹	۴۵۰۳۶/۰۹	۲۵/۶۵	۶۰۱۲۱/۷۱	۴۵/۳۳
منابع آبی	۱۳۵/۴۵	۲۶/۵۵	۳۲/۵۸	۳۲/۱۳	۴/۵	۲۳۱/۲۱	۰/۱۷
مجموع	۴۹۵۹۶/۴۸	۱۷۰۴۳/۳۹	۹۴۰۹/۱۴	۵۶۵۲۸/۸۲	۴۲/۹۳	۱۳۲۶۲۰/۸	۱۰۰
درصد	۳۷/۳۹۷	۱۲/۸۵۱	۷/۰۹۵	۴۲/۶۲۴	۰/۰۳۲	۱۰۰	



شکل ۵. پهنه‌های تغییرات کاربری اراضی از منطقه موردمطالعه براساس مدل کراس تب

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان

در چارچوب مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، ماتریس احتمال انتقال مارکوف ارائه‌شده در این پژوهش بیانگر دینامیک تحولات مکانی-فضایی کلاس‌های مختلف کاربری طی یک بازه زمانی ۳۸ ساله در پیرامون کلانشهر اصفهان است. این ماتریس، که به‌منظور پیش‌بینی الگوی تغییرات آتی تا سال ۱۴۱۳ هجری شمسی با بهره‌گیری از مدل ترکیبی مارکوف و سلول‌های خودکار تولیدشده، به‌وضوح روندهای غالب در تبدیل کاربری‌ها و پایداری نسبی یا ناپایداری آن‌ها را بازتاب می‌دهد.

نتایج حاصل از تحلیل ماتریس مذکور نشان می‌دهد که اراضی ساخته‌شده از پایداری کامل برخوردار بوده‌اند؛ به‌گونه‌ای که ۱۰۰ درصد این اراضی در بازه زمانی مطالعه‌شده بدون تغییر باقی‌مانده‌اند. این مسئله حاکی از تثبیت

کالبدی فضاهای شهری و تمرکز رشد بر پیرامون محدوده‌های تثبیت‌شده است. در مقابل، اراضی زراعی بالاترین نرخ تغییر به سایر کاربری‌ها را تجربه کرده‌اند؛ به‌ویژه تبدیل به اراضی ساخته‌شده با احتمال ۴۴/۸۱ درصد و به اراضی بایر با احتمال ۲۹/۷۶ درصد. این روند بیانگر فشار فزاینده گسترش شهری بر منابع تولید غذا و همچنین بروز پدیده‌هایی نظیر رهاسازی اراضی زراعی درنتیجه کاهش بهره‌وری یا تغییرات اقتصادی-اجتماعی است.

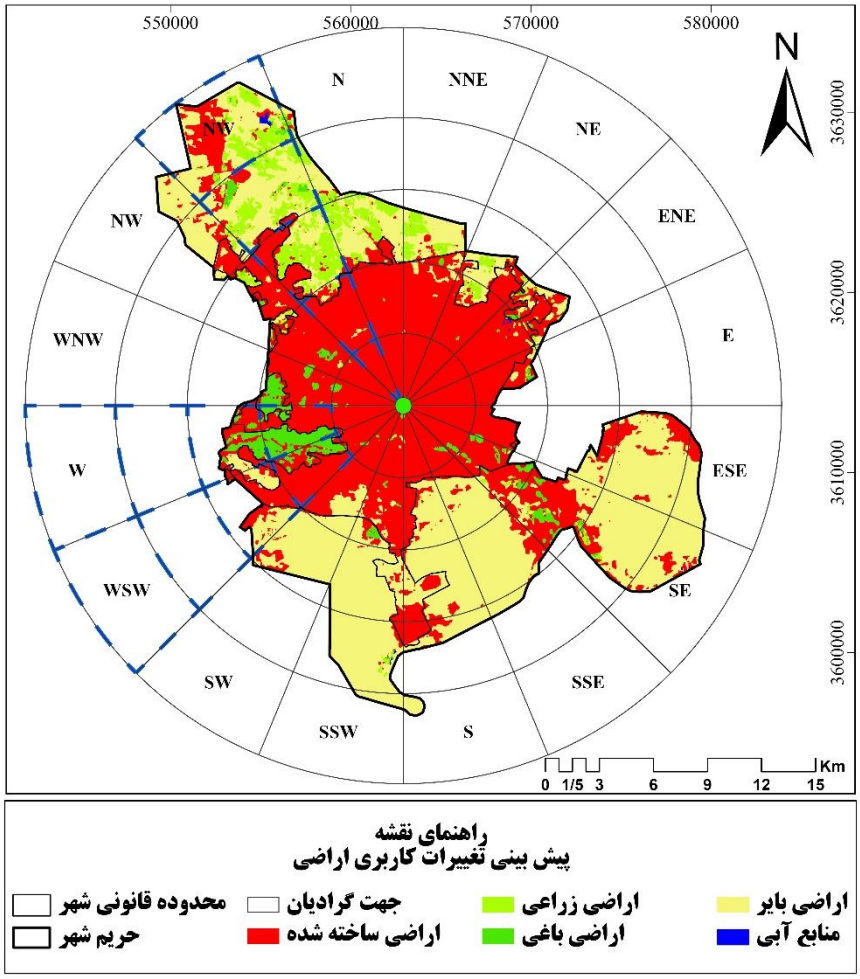
همچنین، اراضی باغی نیز از پایداری نسبی کمی برخوردار بوده‌اند. بخش عمده‌ای از این اراضی به اراضی بایر (۴۱/۸۱درصد) و در مواردی به اراضی زراعی یا ساخته شده تغییریافته‌اند. این یافته می‌تواند منعکس‌کننده کاهش توان اکولوژیکی یا مدیریتی در حفظ باغات پیرامون کلانشهر اصفهان باشد. تحلیل وضعیت منابع آبی در پیرامون کلانشهر اصفهان نشان می‌دهد که بیش از نیمی از این منابع (۶۲/۵۸درصد) به اراضی ساخته‌شده تبدیل‌شده‌اند، که احتمالاً ناشی از خشک شدن آبگیرها، رودخانه‌ها یا پهنه‌های آبی موقت و جایگزینی آن‌ها با کاربری‌های ساختمانی است. همچنین، تغییرات منابع آبی به اراضی باغی و بایر نیز مؤید فشارهای مضاعف بر زیرساخت‌های طبیعی آبی در منطقه موردمطالعه است بنابراین الگوی تغییرات مکانی-فضایی کاربری اراضی در این منطقه نشان‌دهنده گرایشی ناپایدار و ناسازگار با اصول توسعه پایدار و پایداری اکولوژیکی است.

جدول ۳. جدول مقادیر احتمالی بین کلاس‌های مختلف برای سال ۱۴۱۳.

طبقات کاربری اراضی	اراضی ساخته‌شده	اراضی زراعی	اراضی باغی	اراضی بایر	منابع آبی
اراضی ساخته‌شده	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
اراضی زراعی	۱۸/۴۹	۴۴/۸۱	۶/۹۱	۲۹/۷۶	۰/۰۳
اراضی باغی	۳۹/۹۷	۸/۰۲	۴۸/۴۵	۳/۵۵	۰/۰۱
اراضی بایر	۱۰/۱۵	۷/۸۳	۰/۵۷	۸۱/۴۱	۰/۰۴
منابع آبی	۵۸/۶۲	۱۲/۶۹	۱۶/۵۹	۸/۹۸	۳/۱۲

بر اساس نتایج جدول ۱ و شکل ۶، تا سال ۱۴۱۳، بیشترین گسترش اراضی ساخته شده در پیرامون کلان شهر اصفهان در جهت‌های شمال(N) ، شمال‌غرب (NW) و غرب جنوب‌غربی (WSW) پیش‌بینی می‌شود. در نواحی جنوبی کلان‌شهر، اراضی زراعی و بایر تا حد زیادی حفظ‌شده‌اند، درحالی‌که اراضی باغی، به‌ویژه در شمال‌غرب، غرب و جنوب‌غرب، عمدتاً به کاربری‌های ساخته‌شده و باغی تغییر خواهند یافت. بنابراین، توسعه نامتوازن شهری در جهت‌های شمال‌غربی و جنوب‌غربی شدت بیشتری خواهد داشت.

کاهش اراضی باغی و کشاورزی در نتیجه افزایش مناطق ساخته‌شده، تهدیدی جدی برای پایداری زیست‌محیطی محسوب می‌شود. این تغییرات نه‌تنها باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و کاهش ظرفیت جذب کربن در این مناطق می‌شود، بلکه موجب افزایش اثر جزیره گرمایی شهری، کاهش نفوذپذیری سطح زمین، و در نتیجه افزایش رواناب سطحی و خطر سیلاب خواهد شد. علاوه بر این، کاهش زمین‌های کشاورزی می‌تواند بر امنیت غذایی منطقه‌ای تأثیر گذاشته و معیشت کشاورزان محلی را تهدید کند.



شکل ۵. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در پیرامون کلانشهر اصفهان

بحث

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳، تغییرات گسترده‌ای در کاربری اراضی پیرامون کلان‌شهر اصفهان رخ‌داده است. در این بازه زمانی، مساحت اراضی ساخته‌شده از ۲۵،۲۴۹ هکتار به ۴۳،۵۹۳ هکتار افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده رشد سریع شهرنشینی و توسعه فیزیکی کلانشهر اصفهان در پیرامون آن است. در مقابل، اراضی زراعی از ۲۹،۲۸۴ هکتار به ۱۸،۲۱۸ هکتار کاهش‌یافته‌اند که نشان‌دهنده تغییرات جدی در بخش کشاورزی و تبدیل این اراضی به مناطق مسکونی و صنعتی است. منابع آبی نیز کاهش شدیدی داشته و از ۲۳۱ هکتار در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۶۰ هکتار در سال ۱۴۰۳ رسیده است. این روند کاهش منابع آبی، بحران آب را در منطقه تشدید کرده و پیامدهای زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری به همراه دارد.

نتایج این تحقیق با پژوهش‌های داخلی و خارجی مطابقت دارد. به‌عنوان‌مثال، محمودزاده و هریسچیان (۱۳۹۷) در پژوهشی که بر روی تغییرات کاربری اراضی پیرامون تبریز انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که توسعه فیزیکی شهرها باعث کاهش زمین‌های کشاورزی و افزایش بی‌رویه مناطق ساخته‌شده شده است. این یافته‌ها با نتایج

این مطالعه همخوانی دارد، چراکه طی دوره موردبررسی، مساحت اراضی زراعی کاهش ۳۸,۵ درصدی داشته است.

در سطح بین‌المللی، مطالعات متعددی نیز نتایج مشابهی را نشان داده‌اند. *Wu et al. (2023)* که در شهر هانگژو چین انجام‌شده است، نشان می‌دهد که توسعه شهری برنامه‌ریزی‌نشده باعث کاهش ارزش خدمات اکوسیستمی، کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش خطر سیلاب شده است. در این پژوهش نیز تأکید شده که افزایش مناطق ساخته‌شده در پیرامون کلان‌شهر اصفهان، منجر به کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش مخاطرات زیست‌محیطی شده است. علاوه بر این، پژوهش *Zhou et al. (2024)* در شهر نانجینگ چین نشان می‌دهد که کاهش اراضی کشاورزی و باغی به دلیل توسعه بی‌رویه شهری منجر به کاهش تنوع زیستی و افزایش فشار بر منابع آب‌شده است. این نتایج با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد، زیرا منابع آبی از ۲۳۱ هکتار در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۶۰ هکتار در سال ۱۴۰۳ کاهش‌یافته است.

مقایسه این یافته‌ها با مطالعات داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که توسعه شهری در پیرامون کلان‌شهر اصفهان، روندی مشابه با سایر کلان‌شهرهای ایران و جهان دارد. رشد بی‌رویه مناطق ساخته‌شده و کاهش اراضی زراعی و منابع آبی، چالش‌های جدی زیست‌محیطی را در پیرامون کلانشهرها به دنبال داشته است. این تغییرات علاوه برافزایش دمای سطحی، باعث افزایش جزایر حرارتی شهری، کاهش جذب کربن، افزایش خطر سیلاب و کاهش کیفیت منابع آب‌شده است.

نتیجه‌گیری

تحلیل اثرات دگردیسی مکانی-فضایی تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان نشان می‌دهد که تغییرات قابل‌توجهی در ترکیب کاربری‌های زمین طی دوره موردبررسی رخ‌داده است. این تغییرات عمدتاً شامل افزایش اراضی ساخته‌شده و کاهش اراضی کشاورزی، باغی و منابع آبی بوده است. توسعه شهری بدون برنامه‌ریزی مناسب، منجر به تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، کاهش تنوع زیستی و افزایش اثرات زیست‌محیطی شده است. این مطالعه نشان داد که عدم تعادل در گسترش کاربری‌های مختلف می‌تواند منجر به افزایش ناپایداری اکولوژیکی در منطقه شود.

مطالعات متعددی تغییرات کاربری اراضی و اثرات اکولوژیکی آن را بررسی کرده‌اند که نتایج آن‌ها با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. به‌عنوان‌مثال، مطالعه‌ای که توسط *Seto et al. (2012)* انجام‌شده، نشان می‌دهد که توسعه شهری سریع در مقیاس جهانی موجب کاهش اراضی کشاورزی و افزایش مناطق ساخته‌شده شده است. نتایج آن پژوهش مشابه با این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش مناطق شهری به قیمت از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی منجر می‌شود، که تأثیرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی و تولید مواد غذایی دارد.

مطالعه *Foley et al. (2005)* نیز نشان می‌دهد که تغییرات کاربری زمین در مناطق شهری، نقش مهمی در افزایش دمای سطحی و کاهش خدمات اکوسیستم مانند حفظ خاک و ظرفیت نگهداشت آب دارد. این یافته‌ها با

نتایج مطالعه حاضر، نشان می‌دهد کاهش ۴۰,۲ درصدی اراضی باغی و کاهش ۳۷,۸ درصدی اراضی زراعی موجب افزایش دمای سطحی و کاهش منابع آبی شده، مطابقت دارد.

همچنین، مطالعه‌ای که *Zhou et al. (2024)* در شهر نانجینگ چین انجام داده‌اند، به تأثیر تغییرات کاربری زمین‌بر کاهش منابع آبی و افزایش آلودگی محیطی اشاره می‌کنند. یافته‌های این پژوهش، که کاهش ۷۵,۳ درصدی منابع آبی را نشان می‌دهد، با نتایج مطالعه نانجینگ هم‌راستا است. هردوی این مطالعات بر اهمیت مدیریت منابع آبی و برنامه‌ریزی پایدار شهری تأکیددارند.

نتایج تحلیل تغییرات کاربری اراضی پیرامون کلانشهر اصفهان در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۳ نشان می‌دهد که اراضی ساخته‌شده از ۲۵۲۴۹ هکتار در سال ۱۳۶۵ به ۴۳۵۹۳ هکتار در سال ۱۴۰۳ افزایش‌یافته است. این روند افزایش ۷۲,۶۴ درصدی را نشان می‌دهد که ناشی از رشد سریع شهری و افزایش جمعیت بوده است. در مقابل، اراضی زراعی از ۲۹۲۸۴ هکتار در سال ۱۳۶۵ به ۱۸۲۱۸ هکتار در سال ۱۴۰۳ کاهش‌یافته که کاهش ۳۷,۸ درصدی را نشان می‌دهد. همچنین، اراضی باغی از ۱۷۷۳۴ هکتار در سال ۱۳۶۵ به ۱۰۶۰۳ هکتار در سال ۱۴۰۳ کاهش‌یافته است که کاهش ۴۰,۲ درصدی را نشان می‌دهد. این کاهش بیانگر تبدیل باغات به سایر کاربری‌ها ازجمله اراضی مسکونی است. اراضی بایر نیز که در سال ۱۳۶۵ برابر با ۶۰۱۲۱ هکتار بوده، در سال ۱۴۰۳ به ۶۰۱۴۸ هکتار تغییریافته است، که نشان‌دهنده روند نوسانی در استفاده از این اراضی است.

یکی از نگران‌کننده‌ترین تغییرات در این دوره، کاهش منابع آبی است. وسعت این منابع از ۲۳۱ هکتار در سال ۱۳۶۵ به ۵۷ هکتار در سال ۱۴۰۳ کاهش‌یافته است، که معادل کاهش ۷۵,۳ درصدی است. این کاهش چشمگیر می‌تواند ناشی از افزایش مصرف آب، کاهش بارندگی و برداشت بیش‌ازحد از منابع زیرزمینی باشد که اثرات گسترده‌ای بر کشاورزی، باغداری و درنهایت بر پایداری اکولوژیکی منطقه خواهد داشت.

از منظر اکولوژیکی، تغییرات گسترده کاربری اراضی اثرات منفی متعددی به دنبال داشته است. کاهش منابع آبی و پوشش گیاهی موجب افزایش دمای سطحی و تشدید پدیده جزیره گرمایی شهری می‌شود و افزایش اراضی ساخته‌شده و کاهش اراضی زراعی و باغی به‌طور مستقیم بر کاهش ظرفیت جذب کربن، افزایش رواناب سطحی و افزایش خطر سیلاب در منطقه تأثیرگذار بوده است.

تبدیل اراضی زراعی و باغی به مناطق ساخته‌شده نه‌تنها موجب کاهش تولید محصولات کشاورزی شده، بلکه بر امنیت غذایی منطقه موردمطالعه نیز اثر گذاشته است. کاهش ۳۷,۸ درصدی اراضی زراعی و ۴۰,۲ درصدی اراضی باغی نشان‌دهنده فشار بالای توسعه شهری بر منابع طبیعی است. این تغییرات در بلندمدت می‌توانند منجر به افزایش آلودگی هوا، کاهش کیفیت زندگی و افزایش مهاجرت‌های ناشی از تغییرات زیست‌محیطی شوند.

یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی کلانشهر اصفهان، مدیریت صحیح تغییرات کاربری اراضی به‌منظور حفظ تعادل بین توسعه شهری و حفاظت از منابع طبیعی است. در این راستا، برخی از اقدامات پیشنهادی شامل موارد زیر است:

افزایش پوشش گیاهی و توسعه فضاهای سبز شهری در این راستا ایجاد پارک‌های شهری و مناطق حفاظت‌شده برای کاهش اثرات منفی شهرنشینی بر محیط‌زیست.

بهینه‌سازی مدیریت منابع آب و اجرای سیاست‌های مدیریت مصرف آب، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در کشاورزی و استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده برای آبیاری فضای سبز شهری.بخش جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پس از متن اصلی مقاله الزامی است. در صورت داشتن پیشنهاد، می‌توانید آن‌ها را در انتهای نتیجه‌گیری قرار دهید. بهتر است که نتیجه‌گیری از بحث جدا باشد.

حامی مالی

بنا به اظهارنظر نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان به‌طور مساوی در مفهوم‌سازی و نگارش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تأیید کردند و در مورد تمام جنبه‌های کار، بدون هیچ‌گونه تضاد منافع، به توافق رسیدند.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه افراد، به دلیل مشاوره و راهنمایی علمی و مشارکت آن‌ها در این مقاله تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

امیدپور، مریم؛ سیاح نیا، رومینا و رضایی؛ یوسف. (۱۳۹۹). تأثیر روند رشد و توسعه شهری بر ساختار شبکه اکولوژیک با رویکرد تاب‌آوری و سیمای سرزمین (موردمطالعه شهر همدان) .نشریه سنجش‌ازدور و *GIS* ایران، ۱۲(۲)، ۱۹-۳۲.

امیرانتخابی، شهرام؛ جوان، فرهاد و حسنی مقدم، حسن. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات خزش شهری در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی (مورد مطالعه: شهرستان رضوانشهر). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۲(۳)، ۵۹-۷۱.

جوان، فرهاد؛ حسنی مقدم، حسن و ترابی، حسن. (۱۳۹۹). ارزیابی روند تخریب اراضی جنگلی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: جنگل‌های فندقلو شهرستان نمین). محیط زیست و توسعه فرابخشی، ۵(۶۹)، ۶۳-۷۴. *doi: 10.22034/envj.2020.181314*

حجت شمامی؛ سیروس و جوان، فرهاد. (۱۴۰۱). اکوتوریسم و پایداری محیط زیست روستایی در شهرستان رودبار. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۱(۲)، ۵۹-۷۲. *doi: 10.22077/jgmd.2023.6082.1018*

رضایی، اعظم و کرامت زاده، علی. (۱۳۹۹). ارزیابی پایداری محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی محصولات زراعی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان). نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۷۳(۳)، ۵۱۵-۵۲۸.

عطایی، سیاوش؛ افراخته، حسن و جوان، فرهاد. (۱۴۰۰). سنجش پایداری عرصه‌های پیراشهری با تأکید بر نقش مدیریت روستایی مورد: بخش کهریزک. توسعه فضاهای پیراشهری، ۳(۲)، ۴۷-۶۶.

علی اصغرزاده، بابک؛ عطریان، فرامرز؛ و غلام‌حسین، مسعود. (۱۴۰۰). تأملی بر جایگاه حق برتوسعه پایدار با رویکرد به نقش دولت‌ها، فصلنامه تخصصی علوم سیاسی، ۱۷(۵۴)، ۴۵-۷۳.

فتحی، فاطمه و قربانیان، عفت. (۱۴۰۰). پایداری بهره‌وری عوامل تولید در کشورهای منطقه منا با تأکید بر ردپای اکولوژیکی. فصلنامه علوم محیطی، ۱۹(۳)، ۱۷۷-۱۹۲.

کامیاب، حمیدرضا و شعبانی، نسیم. (۱۳۹۸). تأثیر تغییر کاربری/پوشش زمین‌بر خدمات اکوسیستم در استان گلستان. فصلنامه علوم محیطی۱۷(۲). ۴۳-۵۶.

محمودزاده، دکتر حسن و هریسچیان، مهدی . (۱۳۹۷). سنجش سطح پایداری اکولوژیکی شهری (مورد شناسی: منطقهٔ یک کلانشهر تبریز). جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۸(۲۸)، ۱۴۷-۱۶۶.

نصیری هنده خاله، اسماعیل؛ جوان، فرهاد و یونسی سندی، ریحانه. (۱۴۰۱). بررسی تاثیرات خزش شهری بندر انزلی در پایداری کالبدی –فضایی سکونتگاه‌های پیراشهری. روستا و توسعه پایدار فضا، ۳(۴)، ۸۲-۹۸. *doi: 10.22077/vssd.2022.5475.1118*

Alhassan, V., Henry, C., Ramanna, S., & Storie, C. (2020). A deep learning framework for land-use/land-cover mapping and analysis using multispectral satellite imagery. *Neural Computing and Applications*, *32*, 8529-8544.

Alyami, S. H., Alqahtany, A., Ghanim, A. A., Elkhrachy, I., Alrawaf, T. I., Jamil, R., & Aldossary, N. A. (2022). Water resources depletion and its consequences on agricultural activities in Najran Valley. *Resources*, *11*(12), 122.

Badapalli, P. K., Kottala, R. B., & Pujari, P. S. (2023). Land degradation and desertification. In *Aeolian Desertification: Disaster with Visual Impact in Semi-arid Regions of Andhra Pradesh, South India* (pp. 13-49). Singapore: Springer Nature Singapore.

Bai, X., McPhearson, T., Cleugh, H., Nagendra, H., Tong, X., Zhu, T., et al. (2017). Linking urbanization and the environment: conceptual and empirical advances. Annu. Rev. Environ. Resour. 42, 215–240. doi:10.1146/annurev-environ-102016-061128

Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Springer Science & Business Media.

Cai, W., Shu, C., & Lin, L. (2024). Integrating Ecosystem Service Values into Urban Planning for Sustainable Development. *Land*, *13*(12), 1985.

Chen, W., Chi, G., and Li, J. (2019). The spatial association of ecosystem services with land use and land cover change at the county level in China, 1995–2015. Sci. Total Environ. 669, 459–470. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.139

Cornea, T. M., Dima, M., & Roca, D. (2011). Climate change impacts on water resources. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 425.

Ding, X., Zhong, W., Shearmur, R. G., Zhang, X., & Huisingh, D. (2015). An inclusive model for assessing the sustainability of cities in developing countries–Trinity of Cities' Sustainability from Spatial, Logical and Time Dimensions (TCS-SLTD). *Journal of Cleaner Production*, *109*, 62-75.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574. https://doi.org/10.1126/science.1111772

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *science*, *309*(5734), 570-574.

GAO, X., Xiao, F., Liu, Q., Xu, Y., & Yu, C. (2024). Evolution of ecosystem services under the impact of urbanization using the InVEST model in the xiongan new area, China. Environmental Research Communications, 6(3), 035021.

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.

https://doi.org/10.1126/science.1150195
Hamanaka, A., Sasaoka, T., Shimada, H., & Matsumoto, S. (2019). Experimental study on soil erosion under different soil composition using rainfall simulator. *Plant, Soil and Environment*, *65*(4), 181-188.
Haowei, W. U., Feng, W. U., Yumei, C. A. I., & Zhihui, L. I. (2024). Assessing the spatiotemporal impacts of land use change on ecological environmental quality using a regionalized territorial impact assessment framework. *Sustainable Cities and Society*, *112*, 105623.
Kanga, S., Meraj, G., Johnson, B. A., Singh, S. K., PV, M. N., Farooq, M., ... & Sahu, N. (2022). Understanding the linkage between urban growth and land surface temperature—a case study of Bangalore City, India. *Remote Sensing*, *14*(17), 4241.
Kasim, O. F., Abshare, M. W., Mukuna, T. E., and Wahab, B. (2018). Land use and ambient air quality in bahir dar and hawassa, Ethiopia. Air, Soil and Water Res., 11. doi:10.1177/1178622117752138
Kumar, P., Dasgupta, R., Johnson, B. A., Saraswat, C., Basu, M., Kefi, M., et al. (2019). Effect of land use changes on water quality in an ephemeral coastal plain: khambhat City, Gujarat, India. WaterSwitzerl. 11 (4), 724. doi:10.3390/w11040724
Lambin, E. F., & Geist, H. J. (Eds.). (2008). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media.
Li, X., Chen, G., Liu, X., Liang, X., Wang, S., Chen, Y., ... & Xu, X. (2017). A new global land-use and land-cover change product at a 1-km resolution for 2010 to 2100 based on human–environment interactions. Annals of the American Association of Geographers, 107(5), 1040-1059. https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1303357
Liu, F., Zhang, Z., Shi, L., Zhao, X., Xu, J., Yi, L., et al. (2016). Urban expansion in China and its spatial-temporal differences over the past four decades. J. Geogr. Sci. 26 (10), 1477–1496. Doi: 10.1007/s11442-016-1339-3
Liu, W., Zhan, J., Zhao, F., Yan, H., Zhang, F., and Wei, X. (2019). Impacts of urbanization-induced land-use changes on ecosystem services: a case study of the Pearl River Delta Metropolitan Region, China. Ecol. Indic. 98, 228–238. doi:10.1016/j.ecolind. 2018.10.054
Luo, H., & Wu, J. (2021). Effects of urban growth on the land surface temperature: a case study in Taiyuan, China. *Environment, Development and Sustainability*, *23*(7), 10787-10813.
Ogunbode, T. O., Oyebamiji, V. O., Sanni, D. O., Akinwale, E. O., & Akinluyi, F. O. (2025). Environmental impacts of urban growth and land use changes in tropical cities. Frontiers in Sustainable Cities, 6, 1481932.
Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, *12*(13), 5488.
Roy, S. K., Alam, M. T., Mojumder, P., Mondal, I., Kafy, A. A., Dutta, M., ... & Mahtab, S. B. (2024). Dynamic assessment and prediction of land use alterations influence on ecosystem service value: A pathway to environmental sustainability. Environmental and Sustainability Indicators, 21, 100319.
Saravanan, S., Parthasarathy, K. S. S., Abijith, D., & Sivaranjani, S. (2018). Impacts of land use/land cover changes on surface urban heat islands: a case study of Coimbatore, India.
Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109
Seto, K. C., Woodcock, C. E., Song, C., Huang, X., Lu, J., & Kaufmann, R. K. (2002). Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International journal of remote sensing*, *23*(10), 1985-2004.
Ustinova, I. (2018). Urban planning aspects of stability theory of ecological town planning systems. *Transfer of innovative technologies*, C-5.
Utuk, I. O., & Daniel, E. E. (2015). Land degradation: a threat to food security: a global assessment. *J Environ Earth Sci*, *5*(8), 13-21.
Verburg, P. H., Dearing, J. A., Dyke, J. G., van der Leeuw, S., Seitzinger, S., Steffen, W., & Syvitski, J. (2015). Methods and approaches to modelling the Anthropocene. Global Environmental Change, 39, 234-245.
Verburg, P. H., Neumann, K., & Nol, L. (2011). Challenges in using land use and land cover data for global change studies. *Global change biology*, *17*(2), 974-989.
Vitkovic, S., & Soleimani, D. (2019). The economic and social impacts of water scarcity in the ir iran.

IJASOS- International E-Journal of Advances in Social Sciences, *5*(13), 342–359. https://doi.org/10.18769/IJASOS.531330

Wang, R., Xu, X., Bai, Y., Alatalo, J. M., Yang, Z., Yang, W., & Yang, Z. (2021). Impacts of urban land use changes on ecosystem services in Dianchi Lake Basin, China. *Sustainability*, *13*(9), 4813.

Wang, W., Wu, T., Li, Y., Xie, S., Han, B., Zheng, H., et al. (2020). Urbanization impacts on natural habitat and ecosystem services in the Guangdong-Hong KongMacao "Megacity.". Sustain. Switz. 12 (16), 6675. doi:10.3390/su12166675

Wu, Y., Huang, Z., Han, D., Qiu, X., & Pan, Y. (2023). Evolution of Urban Ecosystem Service Value and a Scenario Analysis Based on Land Utilization Changes: A Case Study of Hangzhou, China. Sustainability, 15(10), 8274.

Zheng, Z., and Qingyun, H. (2021). Spatio-temporal evaluation of the urban agglomeration expansion in the middle reaches of the Yangtze River and its impact on ecological lands. Sci. Total Environ. 790, 148150. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148150

Zhou, Y., Cao, W., & Zhou, J. (2024). Land-Use Transfer and Its Ecological Effects in Rapidly Urbanizing Areas: A Case Study of Nanjing, China. Sustainability, 16(23), 10615.