



A Systematic Review of Urban Development Direction Analysis Using Machine Learning Algorithms

Khalilurrahman Haidari¹, Mohsen Rafieian² , Mohammadreza Noghsanmohammadi³ 

1. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, University of Yazd, Yazd, Iran

Email: khalil.haidari@stu.yazd.ac.ir

2. (Corresponding Author) Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, University of Yazd, Yazd, Iran

Email: mrafian@yazd.ac.ir

3. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, University of Yazd, Yazd, Iran

Email: mohammadi@yazd.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article History:

Received:

2 August 2024

Received in revised form:

29 October 2024

Accepted:

23 November 2024

Available online:

27 December 2024

Keywords:

Systematic Review,

Urban Development,

Machine Learning

Algorithms,

Development Approach,

Spatial Data.

ABSTRACT

Urban development is one of the most dynamic socio-economic and environmental processes, with far-reaching impacts on human societies and the environment. Analyzing the directions of urban expansion—especially in areas experiencing rapid urban growth and demographic changes—is crucial for efficient resource management and sustainable planning. This study aims to examine the role of machine learning algorithms in analyzing and predicting urban development trends, with a particular focus on their integration with Geographic Information Systems (GIS) and satellite imagery. A systematic search was conducted in databases such as Google Scholar and Scopus, covering the period from 2006 to 2024. From the reviewed literature, 83 articles were selected and analyzed. MAXQDA software was used for data analysis, enabling the identification and classification of key concepts. The selection of articles was based on criteria such as journal credibility, research methodology, and relevance to the topic. The data were coded and categorized using qualitative content analysis in MAXQDA. The results indicated that integrating machine learning algorithms with GIS improved the accuracy of urban development prediction by 10% to 40% compared to traditional models. Among the studied methods, the Random Forest model outperformed Support Vector Machines (SVM) and Artificial Neural Networks (ANN). This study, through a systematic review and comparative analysis of machine learning algorithms, demonstrates that combining these methods with spatial data and satellite imagery can significantly enhance the accuracy of urban development modeling.

Citation: Haidari, K., Rafieian, M., & Noghsanmohammadi, M. (2024). A Systematic Review of Urban Development Direction Analysis Using Machine Learning Algorithms. *Journal of Geography and Spatial Development*, 1 (4), 59-75.

<http://doi.org/10.22098/GSD.2025.16837.1081>



© The Author (s)

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

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, the rapid trends of urbanization and urban development have posed significant challenges for urban planning and management. These challenges include the management of resources and infrastructure, the quality of life of citizens, and the preservation of the environment. Given the accelerating growth of cities, identifying the patterns and key factors influencing urban development is essential for predicting and improving future trends. The application of machine learning algorithms—recognized as a branch of artificial intelligence—has created new opportunities in the analysis and modeling of urban development. Urban development is influenced by various economic, social, and environmental factors, and accurately predicting it is of great importance to policymakers and urban planners. Despite technological advancements and the increasing availability of big data, analyzing and modeling these trends remain challenging. Integrating multidimensional data—including spatial, social, and economic data—and analyzing them through machine learning methods can provide a deeper understanding of urban development.

The primary objective of this study is to evaluate the effectiveness of various machine learning algorithms in analyzing urban development directions and identifying the associated challenges and opportunities. Specifically, this research aims to:

Assess the accuracy and performance of different algorithms in predicting urban development.

Analyze the integration of machine learning algorithms with Geographic Information Systems (GIS) and satellite imagery.

Investigate the challenges and limitations of using these methods in urban studies.

Methodology

In this study, MAXQDA software was used to conduct a systematic content analysis of research articles related to the analysis of urban development directions using machine learning algorithms. After preparing and importing the selected articles into the software, the coding process was carried out in three stages: open coding, axial coding, and selective coding. Using MAXQDA's qualitative and quantitative analysis tools—such as Word Frequency, Code Matrix Browser, and Comparison Diagram—key concepts, relationships between codes, and methodological differences were examined.

To ensure the validity and reliability of the analysis, peer review and Cohen's Kappa coefficient were employed. Finally, the findings were organized into themes and patterns, and compared with the existing literature to develop a conceptual framework for analyzing urban development.

Results and discussion

The results of this study indicate that algorithms such as Random Forest (RF), Artificial Neural Networks (ANN), and Support Vector Machines (SVM) play a significant role in predicting urban development. Integrating these algorithms with tools such as Geographic Information Systems (GIS) and satellite image analysis has enhanced modeling accuracy. However, challenges remain, including data quality issues, appropriate parameter selection, and the computational complexity of these models.

Conclusion

This study highlights that machine learning can serve as a powerful tool for forecasting and analyzing urban development trends. Nevertheless, improving model accuracy and reducing prediction errors require the use of hybrid approaches and higher-quality data. The findings of this research can assist urban

policymakers in formulating optimal strategies for sustainable development.

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.



مروری سیستماتیک بر تحلیل جهات توسعه شهری با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین

خلیل الرحمن حیدری^۱، محسن رفیعیان^۲ ✉، محمد رضا نقصان محمدی^۳

۱- گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: khalil.haidari@stu.yazd.ac.ir

۲- نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mrafian@yazd.ac.ir

۳- گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mohammadi@yazd.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۵/۱۲

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۹/۰۳

تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۱۰/۰۷

واژگان کلیدی:

مرور سیستماتیک،
توسعه شهری،
الگوریتم‌های یادگیری
ماشین،
رویکرد توسعه،
داده‌های مکانی.

توسعه شهری یکی از پویاترین فرایندهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است که تأثیرات گسترده‌ای بر جوامع انسانی و محیط‌زیست دارد. بررسی و تحلیل جهات توسعه شهری، به‌ویژه در مناطقی که با رشد سریع شهری و تغییرات جمعیتی مواجه هستند، برای مدیریت کارآمد منابع و برنامه‌ریزی پایدار اهمیت بسیاری دارد. هدف این پژوهش، بررسی نقش الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل و پیش‌بینی روندهای توسعه شهری با تأکید بر ترکیب آن‌ها با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تصاویر ماهواره‌ای است. با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مانند Google Scholar و Scopus در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۴، به نتایج متنوعی دست یافتیم. از میان مقالات بررسی‌شده، ۸۳ مقاله انتخاب و تحلیل شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شد که امکان شناسایی و طبقه‌بندی مفاهیم کلیدی را فراهم کرد. مقالات بر اساس معیارهایی همچون اعتبار مجلات، روش‌شناسی پژوهش و ارتباط با موضوع انتخاب شدند. داده‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی در نرم‌افزار MAXQDA کدگذاری و دسته‌بندی شدند. نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین و GIS، دقت پیش‌بینی توسعه شهری را بین ۱۰٪ تا ۴۰٪ نسبت به مدل‌های سنتی بهبود بخشید است. همچنین، در بین روش‌های موردبررسی، مدل جنگل تصادفی عملکرد بهتری نسبت به ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی داشته است. این مطالعه با ارائه یک مرور سیستماتیک و تحلیل مقایسه‌ای الگوریتم‌های یادگیری ماشین، نشان می‌دهد که ترکیب این روش‌ها با داده‌های مکانی و تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند دقت مدل‌سازی توسعه شهری را بهبود بخشد.

استناد: حیدری، خلیل الرحمن؛ رفیعیان، محسن و نقصان محمدی، محمدرضا. (۱۴۰۳). مروری سیستماتیک بر تحلیل جهات توسعه شهری با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین. *مجله جغرافیا و توسعه فضایی*، ۱(۴)، ۷۵-۸۹.

<http://doi.org/10.22098/GSD.2025.16837.1081>



مقدمه

شهرنشینی سریع و توسعه نامتوازن شهری، مشکلاتی مانند کمبود منابع، آلودگی محیط زیست، و نابرابری های اجتماعی را تشدید کرده است. در این شرایط، نیاز به ابزارهای نوین برای تحلیل و پیش بینی روندهای شهری بیش از پیش احساس می شود. با توجه به رشد فزاینده محیط زیست نارسایی الگوها و عوامل مؤثر بر توسعه شهری برای پیش بینی و بهبود روندهای آینده، ضرورت اساسی دارد. توسعه شهری یکی از پویاترین فرایندهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی است که تأثیرات گسترده ای بر جوامع انسانی و محیط زیست دارد. بررسی و تحلیل جهات توسعه شهری، به ویژه در مناطقی که با رشد سریع شهری و تغییرات جمعیتی مواجه هستند، برای مدیریت کارآمد منابع و برنامه ریزی پایدار اهمیت بسیاری دارد. مطالعات پیشین از الگوریتم هایی مانند جنگل تصادفی (RF)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، و مدل های رگرسیونی برای تحلیل توسعه شهری استفاده کرده اند. با این حال، بیشتر این مطالعات بر روی یک الگوریتم خاص یا یک منطقه جغرافیایی محدود متمرکز بوده اند و مقایسه جامعی بین کارایی این الگوریتم ها در شرایط مختلف انجام نشده است. این پژوهش با بررسی سیستماتیک عملکرد الگوریتم های مختلف، تلاش می کند تا شکاف موجود در ادبیات را پر کند. با وجود استفاده گسترده از الگوریتم های یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری، مقایسه سیستماتیک کارایی این الگوریتم ها در شرایط مختلف شهری و شناسایی بهترین روش ها برای مسائل خاص، هنوز به طور کامل بررسی نشده است. این پژوهش تلاش می کند تا با بررسی جامع منابع در زمینه الگوریتم های مختلف، شکاف موجود در ادبیات را پر کند.

هدف اصلی این پژوهش بررسی کارایی الگوریتم های مختلف یادگیری ماشین در تحلیل جهات توسعه شهری است. سؤالات اصلی تحقیق این است که چه الگوریتم هایی برای تحلیل و پیش بینی روندهای توسعه شهری مؤثرتر هستند؟ در سال های اخیر، الگوریتم های یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی (RF)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، و مدل های رگرسیونی به عنوان ابزارهای کلیدی در تحلیل توسعه شهری مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال، درک صحیح از کارایی و مناسب بودن هر یک از این الگوریتم ها برای مسائل خاص شهری هنوز به طور کامل روشن نیست. این پژوهش با مرور سیستماتیک ادبیات علمی موجود، تلاش دارد تا پایه ای علمی برای مطالعات آینده و سیاست گذاری های مؤثر در حوزه توسعه شهری ارائه کند و به توسعه راهکارهای نوین در برنامه ریزی شهری کمک نماید.

مبانی نظری

تحلیل جهات توسعه شهری یکی از موضوعات اساسی در برنامه ریزی شهری و مدیریت سرزمین است که هدف آن شناسایی روندهای رشد و گسترش شهرها برای اتخاذ تصمیمات بهینه در حوزه توسعه پایدار است. در دهه های اخیر، با پیشرفت فناوری و در دسترس بودن داده های مکانی گسترده، استفاده از روش های نوین مانند الگوریتم های یادگیری ماشین در تحلیل الگوهای توسعه شهری به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته است. این مقاله به مرور سیستماتیک مطالعات انجام شده در این حوزه پرداخته و به بررسی مبانی نظری مرتبط با تحلیل جهات توسعه شهری با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین می پردازد. توسعه شهری در تمام ابعاد اقتصادی، اجتماعی - فرهنگی، کالبدی و سیاسی رخ می دهد و عرصه های مختلف شهر در ارتباط درهم تنیده و هماهنگ باهم به اهداف توسعه دست می یابند (نعمتی، ۱۳۹۳). امروزه توسعه فیزیکی ناموزون مادر شهرها یکی از مسائل مهم را در کاربری زمین به وجود می آورد. این توسعه در واقع ادامه گسترش شهر در اطراف آن است، زیرا در اطراف شهرهای بزرگ، مناطقی وجود دارد که همواره،

دوره انتقال از بهره‌برداری‌های روستایی به شهری را می‌گذراند (رحمانی، ۱۳۹۱).

یادگیری ماشین به‌عنوان یکی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی، به توسعه مدل‌هایی می‌پردازد که قادر به شناسایی الگوهای پیچیده و پیش‌بینی روندهای آتی هستند. استفاده از این روش‌ها در تحلیل توسعه شهری، به دلیل توانایی در پردازش حجم بالای داده‌های مکانی و استخراج روابط غیرخطی میان متغیرها، اهمیت زیادی دارد. از طریق به بهره‌برداری و مدیریت هوشمند شهرها، تقویت مدیریت امکانات شهری و ارتقای کیفیت خدمات شهری پی برند (Li et al., 2020). بهره‌گیری از تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌تواند ضریب خطای تصمیم‌های انسانی را به‌طور محسوسی کاهش دهد و تصمیم‌های مهم مدیریت شهری را در حد خبرگی، انتخاب و اجرا کند (ترابی و همکاران، ۱۴۰۰). روش‌های الگوریتم خودکار یادگیر، یکی از مهم‌ترین ابزار کارآمد هوش مصنوعی برای یادگیری ماشین و ارتقای آن در حد سیستم‌های خبره است (Marie Gulsrud et al., 2018). مدیریت حکمرانی هوشمند و نیاز به مقررات جدید با کمک هوش مصنوعی و سازگار با هوش مصنوعی دارد (Ullah et al., 2020). هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی در حال تغییر رشته‌های علمی هستند (Milojevic & Creutig, 2021).

معروف‌ترین الگوهای رشد شهری عبارت‌اند از: الگوی خطی، شطرنجی (گسترده)، ستارهای (شعاعی)، قطاعی، اقماری، کهکشان، حلقوی، متمرکز و مواردی از این قبیل: گسترش شهرها تحت تأثیر عوامل طبیعی از جمله کوه، رود، مسطح بودن بستر و عوامل انسانی نظیر توسعه تکنولوژیک، ایجاد صنایع و کارخانه‌ها، شبکه‌های ارتباطی و غیره قرار دارند (شجاعی و همکاران، ۱۴۰۱). الگوهای رشد شهری به شیوه‌ها و ساختارهایی اشاره دارند که شهرها در طول زمان گسترش می‌یابند و فضاهای جدیدی ایجاد می‌کنند. این الگوها تحت تأثیر عواملی مانند جمعیت، اقتصاد، فناوری، سیاست‌گذاری‌ها، و شرایط محیطی شکل می‌گیرند. شناخت این الگوها برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت پایدار توسعه شهری بسیار حائز اهمیت است (Michael, 2013).

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که این روش‌ها نه تنها دقت تحلیل‌ها را افزایش داده‌اند، بلکه قابلیت شناسایی الگوهای پنهان و ارائه راهکارهای عملی برای توسعه پایدار شهری را نیز دارند. با این حال، چالش‌هایی مانند کیفیت داده‌ها، تفسیرپذیری مدل‌ها و نیاز به منابع محاسباتی بالا، موانعی هستند که باید در پژوهش‌های آینده به آن‌ها توجه شود.

روش پژوهش

روش‌شناسی پژوهش بر مبنای روش پارادایم کمی است. روش پژوهش از نظر هدف کاربردی است. مرور سیستماتیک یک روش تحقیق است که به‌صورت دقیق و منظم، تمام مطالعات مناسب در مورد یک سؤال پژوهشی خاص جمع‌آوری، انتخاب، ارزیابی کیفیت و ترکیب می‌کند. این روش برخلاف مرورهای معمولی، با اتباع یک رویکرد استاندارد و فرمت‌های خاص انجام می‌شود (ملبوس باف و عزیزی، ۱۳۸۹). در این راستا پژوهش مروری نوعی از تحقیقات است که هدف آن، مطالعه مستقل و روشمند پیشینه پژوهش برای اکتشاف، توصیف، تلفیق، تبیین و یا نقد الگوها، روابط و روندهای قابل مشاهده در پیکره دانش می‌باشد که از طریق پژوهش‌ها و منابع مرتبه اول، به راحتی امکان بررسی آن وجود ندارد (شهسواری و علم الهدی، ۱۳۹۸). در مقاله مرور سیستماتیک، آخرین اطلاعات علمی یک موضوع خاص جمع‌بندی شده و مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد. مقالات مروری به هدف اطلاع‌رسانی نیست بلکه ارزشیابی، تبیین و تفسیر می‌باشد. مرور سیستماتیک یک شکل مرور منابع ساختار دار است که روی یک پرسش متمرکز بوده و سعی در ارائه

پاسخ با استفاده از تجزیه و تحلیل همه شواهد معتبر موجود دارد (سهرابی، ۱۳۹۲). مرور سیستماتیک (Systematic Review) یک روش تحقیقی است که به صورت دقیق و منظم داده‌های موجود در مورد یک موضوع خاص را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌کند. این روش تحقیق معمولاً در علوم پزشکی، علوم اجتماعی، علوم رفتاری، و دیگر زمینه‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این پژوهش، از نرم‌افزار MAXQDA برای تحلیل محتوای سیستماتیک مقالات مرتبط با تحلیل جهات توسعه شهری با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شد. پس از آماده‌سازی و وارد کردن مقالات به نرم‌افزار، فرآیند کدگذاری در سه مرحله باز، محوری و انتخابی انجام شد. با استفاده از ابزارهای تحلیل کیفی و کمی MAXQDA مانند Word Frequency، Code Matrix Browser و Comparison Diagram، مفاهیم کلیدی، ارتباط بین کدها و تفاوت‌های روش‌شناسی بررسی شدند. برای اطمینان از اعتبار و پایایی، از بازبینی توسط همتا و محاسبه ضریب کاپا استفاده شد. در نهایت، یافته‌ها در قالب themes و patterns سازمان‌دهی و با ادبیات موجود مقایسه شدند تا چارچوبی مفهومی برای تحلیل توسعه شهری ارائه شود.

مراحل اجرای مرور سیستماتیک:

- ❖ تعریف سؤال پژوهشی: چگونه الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل جهات توسعه شهری به کار گرفته شده‌اند و چه رویکردها، ابزارها و نتایجی در پژوهش‌های پیشین حاصل شده است؟
- ❖ تعریف محدوده: محدوده زمانی ۲۰۰۶ الی ۲۰۲۴، محدوده جغرافیایی خارج از کشور.
- ❖ تعیین واژه‌های کلیدی: مرور سیستماتیک، توسعه شهری، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تحلیل داده‌های مکانی
- ❖ جستجو در منابع: جستجوی سیستماتیک در پایگاه (scholar.google.com)، (www.scopus.com) داده‌های علمی بر اساس واژه‌های کلیدی تعیین شده که در نتیجه ریزش‌ها ۸۴ نمونه مقاله مورد بررسی قرار خواهد گرفت.
- ❖ استخراج داده: استخراج اطلاعات مهم و مرتبط از مطالعات انتخاب شده.
- ❖ تحلیل داده: تحلیل داده‌ها به شیوه کمی یا کیفی با استفاده از روش‌های استنباطی و توصیفی.
- ❖ تدوین نتایج: تدوین نتایج به شکل مرتب و سازمان‌یافته.
- ❖ تفسیر و نتیجه‌گیری: تفسیر نتایج و نتیجه‌گیری‌ها به منظور استخراج مفاهیم و پیامدهای علمی.
- ❖ انتقال به کاربرد عملی: ارتباط یافته‌های پژوهش با کاربردهای عملی و تصمیم‌گیری‌های سیاستی.
- ❖ بازنگری و به‌روزرسانی: امکان بازنگری و به‌روزرسانی مرور سیستماتیک با در نظر گرفتن مطالعات جدید یا تغییرات در فهم پژوهش.

یافته‌ها

در جستجو اولیه که در پایگاه www.scopus.com داشتیم. محدوده زمانی از سال ۲۰۰۶ الی ۲۰۲۴، کلیدواژه که مورد جستجو قرار گرفته (urban AND development AND machine AND learning AND algorithms AND spatial AND data AND analysis AND land AND use AND changes AND lulc AND change) که جستجو ۱۱۲۷ نتیجه را در پی داشت.

در جستجو اولیه که در پایگاه www.scholar.google.com داشتیم. در این جستجو به صورت ذیل ("green spaces" OR "social environment" OR "social interaction" OR "environmental sustainability" OR "sustainable development") محدوده زمانی از سال ۲۰۰۶ الی ۲۰۲۴ که ۱۸۱۰۰ نتیجه در پی داشت. در جدول ۱

نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی

پایگاه	نتایج	جستجو	محدوده زمانی	استناد پیدا شد
www.scopus.com	Subject area	Environmental Science Earth and Planetary Sciences Engineering	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۱۱۳۷
	Document type	Article Review		
	Language	English		
	Keyword	Land Use Land Cover Land Use Change		
		Machine Learning		
www.scholar.google.com	Document type	Articles	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۱۸۱۰۰
		"green spaces" or "social environment" or "social interaction" or "environmental sustainability" or "sustainable development"		

ریزش‌ها

انتخاب و ریزش مقالات اضافی نیز به ادامه فرایند انتخاب منابع برای تحقیق ما کمک می‌کند. در این مرحله، می‌توانید با دقت بیشتر به مقالات مرتبط با حوزه تحقیق خود نگاه کرد. با انجام عمل ریزش برای مقالات به موارد که بیشتر مورد استفاده ما قرار گرفته می‌تواند نزدیک می‌شویم. در جدول ۲ نشان داده شده است.

- ۱) مرحله اول: حذف مقالات تکراری و بررسی عنوان و چکیده مقالات بر اساس ارتباط با موضوع پژوهش.
- ۲) مرحله دوم: مطالعه کامل مقالات باقی‌مانده و اعمال معیارهای ورود و خروج.
- ۳) معیارهای ورود: مقالاتی که به کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری پرداخته‌اند. مقالاتی که شامل داده‌های تجربی یا موردی هستند.
- ۴) معیارهای خروج: مقالاتی که به‌طور کلی به یادگیری ماشین یا توسعه شهری پرداخته‌اند بدون ارتباط مستقیم بین این دو. مقالاتی که فاقد داده‌های کافی یا روش‌شناسی واضح هستند.

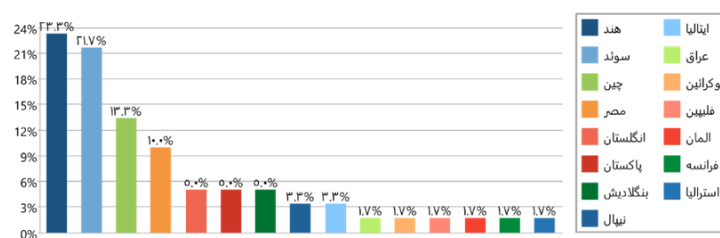
جدول ۲. نتیجه ریزش و مقالات مورد بررسی

شماره	زمان	نتیجه	وضعیت
۱	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۱۶۲۷	مقالات غیر نشریه
۲	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۸۲۰	نتیجه اولیه
۳	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۶۸۴	تفکیک مقالات و کتاب
۴	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۵۲۱	تفکیک سال نشر
۵	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۴۵۳	مقالات انگلیسی
۶	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۲۲۷	حذف مقالات تکراری
۷	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۱۲۳	تفکیک به اساس عنوان
۸	۲۰۲۴-۲۰۰۶	۸۴	تفکیک به اساس چکیده

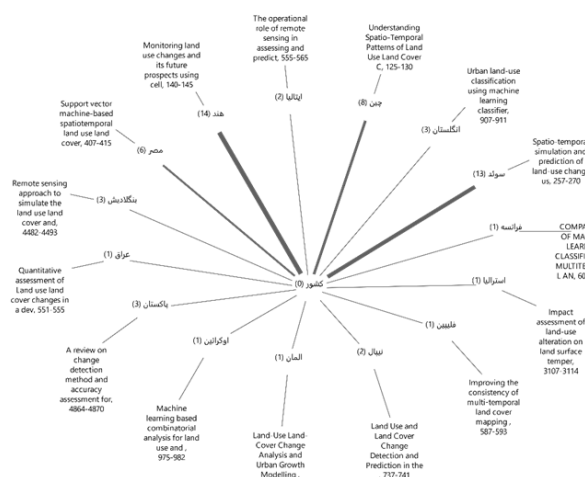
اصلی ترین گروه های تحقیقاتی

توزیع کمی مقالات به اساس کشورهای منتشر شده

برای مطالعات در حوزه توسعه شهر، کشورهای مختلف جهان می توانند محیط های متنوع و فرصت های مناسبی را ارائه دهند. انتخاب بهترین شهر برای این گونه تحقیقات بستگی به موضوعات مورد نظر، اهداف تحقیق، و منابع موجود دارد. با این حال، برخی از کشورها از جمله هند، سوئد و چین که به عنوان مراکز مطالعات شناخته شد. در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.



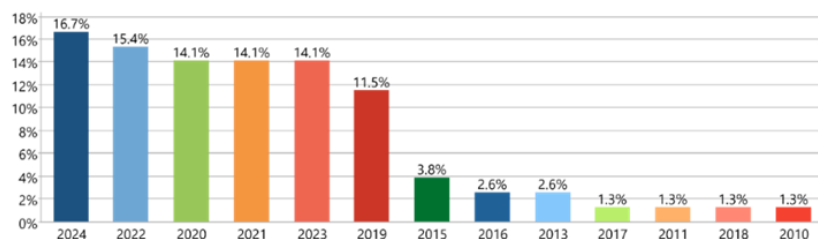
شکل ۱. توزیع کمی مقالات به اساس کشورهای منتشر شده



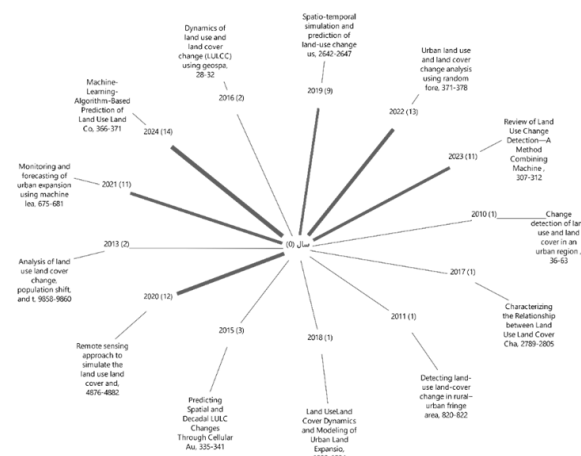
شکل ۲. توزیع کمی مقالات به اساس کشورهای منتشر شده (MAXQDA)

توزیع کمی مقالات به اساس سال های نشر

با توجه به محدودیت زمانی در تاریخ برش دانش ۲۰۱۰ آغاز گردیده و الی ۲۰۲۴ ادامه داشته که بیشترین سال ها برای این موضوع پژوهش به صورت زیر است. در قدم اول سال ۲۰۲۲ بعد ۲۰۲۴ را می توان یادآور شد. تحقیقات و مطالعات مرتبط با توسعه شهر و الگوریتم های یادگیری ماشین ممکن است در طول زمان تغییر کنند و به عوامل مختلفی مانند تغییرات قوانین و مقررات، شرایط اقتصادی، و توسعه شهری بستگی داشته باشند. در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است.



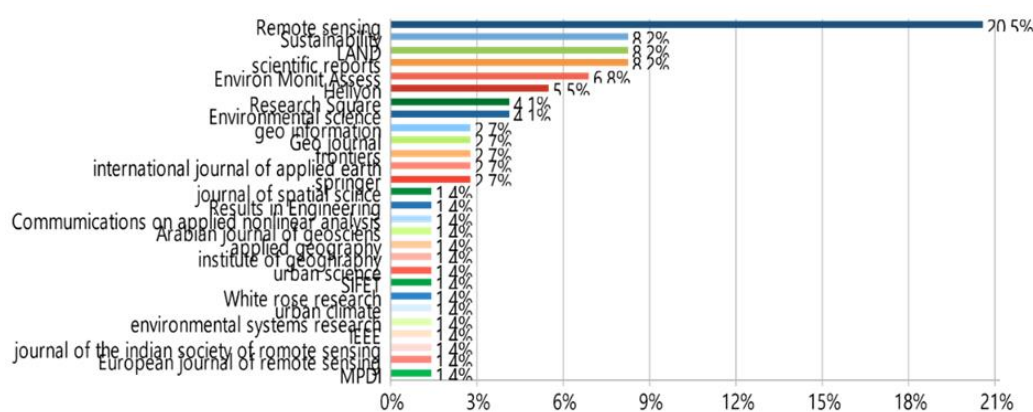
شکل ۳. توزیع کمی مقالات به اساس سال های نشر



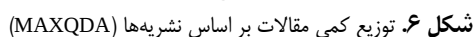
شکل ۴. توزیع کمی مقالات به اساس سال های نشر (MAXDQA)

توزیع کمی مقالات بر اساس نشریه ها

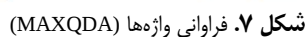
با این حال، در کشورهای جهان، برخی از نشریات مرتبط با جغرافیا، شهرسازی، و سنجش از دور ممکن مقالات و تحقیقات در زمینه توسعه شهر و الگوریتم های یادگیری ماشین را منتشر کرده اند. برخی از نشریات معتبر در این زمینه عبارت اند از مجله سنجش از دور، پایداری، محیط زیست و گزارش عملی می توان نام برد. در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است.



شکل ۵. توزیع کمی مقالات بر اساس نشریه ها



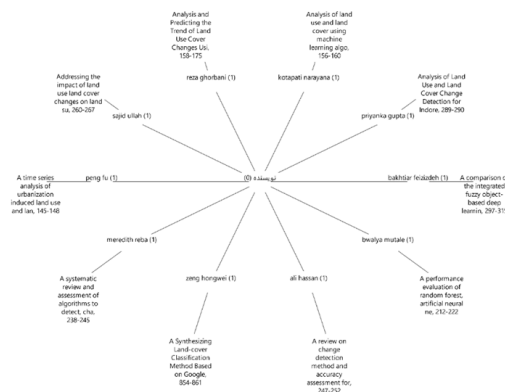
در زمینه توسعه شهر و الگوریتم یادگیری ماشین، ممکن است واژه‌ها و اصطلاحات مختلف برای توصیف و تفسیر مورد استفاده قرار گیرند. در زیر، تعدادی از واژه‌ها و اصطلاحات مرتبط با آورده شده‌اند. شکل ۷ نمایانگر فراوانی واژه‌ها است.



در زمینه توسعه و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تعداد زیادی نویسنده و پژوهشگر فعال هستند که به بررسی و تحلیل موضوعات مرتبط با توسعه شهر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازند. برخی از نویسندگان و پژوهشگران اصلی این زمینه شامل موارد زیر می‌شوند که در جدول ۴ و شکل ۸ نمایش داده شده است.

zahra hasssan	vadyam belenok	Srishrigaur	ali hassan
svetlana illarionova	md tanvir	Dengsheng lu	zeng hongwei
sanoj kumar	mudassir khan	Parthasrathy Kulthaial	meredith reba
firoozeh karimi	Shiyu li	Nasem Badreldin	peng fu
anubhava srivastava	jinquan ai	Maher Milad Aburas	sajid ullah
priyanka rao	megersa kebede	Maher Milad Aburas	reza ghorbani
yingchang li	juluaba mio	Haillegebreal Tamirat	kotapati narayana
kumar ashwini	weynshet tesfaye	S Mohammed junaid	priyanka gupta
lin lin cheng	islam ataf	Abdulla al kafy	kotapati naryana
sajid ullah	Eman Mustafa	Yanjiao Ren	hao zhang
c candido	Saleem Ahmad	Han Zhai	halil burak
ahmad ali	Bhavna singh	Firoozah Karimi	andressa garcia
yasmine megahed	Anant Patel	Hassan Mahmoudzadeh	prmiit verma
jagnnath aryal	Sudhir kumar	Abdullah f alqurashi	clement urban
sonam wangyel wang	Nita Nimbarte	Seaid amioni	aqil tariq

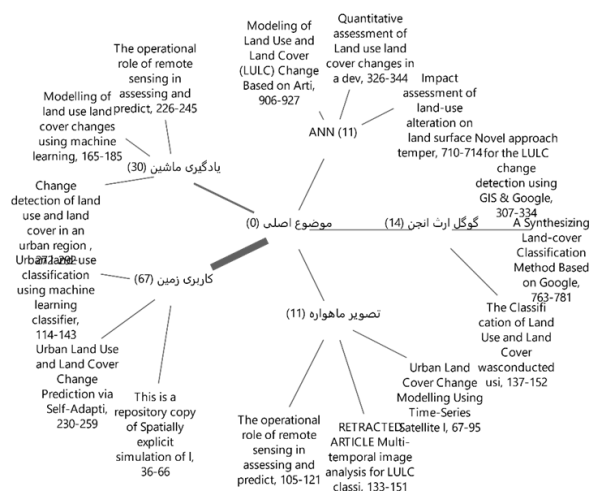
chuanrong zhang	Abdulqaeer Rash	lin mu	ni bin
Sandipta	Abdullah al kafy	Benyamin Hosseiny	chaitanya baliram
bhagawat rimai	Gouhar aziz	Yashon o oumal	duy x tran
claudia m	Mohsin Ramzan	Denis krevogguz	sana basheer
bright addae	GN Vivekananda	bakhtiar feizideh	y ouma
pir mohammad	Bo lui	bwalya mutale	chunvang he



توزيع موضوع اصلي و ابعاد مطالعات

Method	Percentage
کاربری زمین	84.8%
بادگیری ماشینی	38.0%
گوگل ارث	17.7%
تصویر ماهواره	13.9%
ANN	12.7%
SVM	12.7%
RF	11.4%
ESV	1.3%

شكل ١٠. توزيع موضوع اصلي، و ابعاد مطالعات



شكل ١١. توزيع موضوع اصلي و ابعاد مطالعات (MAXQDA)

ابعاد و مؤلفه‌های تحلیل جهات توسعه شهری با یادگیری ماشین

تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های یادگیری ماشین در توسعه شهری نشان می‌دهد که این فناوری با استفاده از الگوریتم‌هایی مانند Random Forest و شبکه‌های عصبی مصنوعی توانسته است به شناسایی الگوهای رشد و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین کمک کند. داده‌های ورودی شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های GIS، و اطلاعات اجتماعی - محیطی، از کلیدی‌ترین عوامل در تحلیل‌ها هستند که دقت بالای الگوریتم‌ها را تضمین می‌کنند. با این حال، نیاز به داده‌های حجیم و پیچیدگی تفسیر نتایج، از چالش‌های اصلی محسوب می‌شود. یادگیری ماشین همچنین توانسته است برنامه‌ریزان شهری را در اتخاذ تصمیمات استراتژیک برای توزیع زیرساخت‌ها یاری کند و به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی منجر شود. در نهایت، آینده این حوزه به توسعه مدل‌های هیبریدی، استفاده از داده‌های لحظه‌ای، و ایجاد سیستم‌های شفاف و قابل‌تقدیر برای مدیریت شهری وابسته است. در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. ابعاد و مؤلفه‌های تحلیل جهات توسعه شهری با یادگیری ماشین

مؤلفه‌ها	توضیحات
کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری	مرور مطالعات نشان داد که الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند SVM، Random Forest، و شبکه‌های عصبی مصنوعی بیشترین استفاده را در تحلیل جهات توسعه شهری دارند (Feizizadeh et al., 2021).
پارامترهای اصلی مورد استفاده در مطالعات	این الگوریتم‌ها به‌طور مؤثری در شناسایی الگوهای رشد شهری، پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین و تحلیل روندهای مهاجرت و توسعه به‌کاررفته‌اند (Mutale et al., 2024).
مزایا و محدودیت‌های استفاده از یادگیری ماشین	داده‌های جغرافیایی مانند تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های GIS و اطلاعات تراکم جمعیت، از مهم‌ترین داده‌های ورودی برای تحلیل‌ها بوده‌اند (Chughtai et al., 2021).
کاربردهای عملی در مدیریت شهری	عوامل محیطی و اجتماعی شامل فاصله از مراکز شهری، دسترسی به زیرساخت‌ها، و سیاست‌های دولتی نیز به‌طور مستقیم بر نتایج مدل‌ها تأثیر گذاشته‌اند (Hongwei et al., 2020).
روندهای آینده در این حوزه	دقت بالا در پیش‌بینی و تحلیل‌های پیچیده (Reba & Seto, 2020).
	توانایی ترکیب چندین نوع داده به‌صورت هم‌زمان (Fu & Weng, 2016).
	نیاز به داده‌های حجیم و باکیفیت (Ullah et al., 2024).
	پیچیدگی تفسیر نتایج مدل‌ها برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری (Illarionova et al., 2024).
	یادگیری ماشین به برنامه‌ریزان کمک کرده تا الگوهای رشد شهری را بهتر درک کرده و تصمیمات استراتژیک برای توزیع بهینه زیرساخت‌ها و خدمات اتخاذ کنند (Patel et al., 2019).
	در مطالعات موردی، نتایج نشان داده که استفاده از این روش‌ها به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی برنامه‌ریزی کمک کرده است (Karimi et al., 2019).
	توسعه مدل‌های هیبریدی که الگوریتم‌های یادگیری ماشین را با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ترکیب می‌کنند.
	استفاده گسترده‌تر از داده‌های لحظه‌ای (real-time) برای نظارت بر تغییرات سریع شهری (Gupta et al., 2024).
	تأکید بر مدل‌های شفاف‌تر و قابل‌تقدیر برای افزایش پذیرش در سطح مدیریتی (Loukika et al., 2021).

رویکردها، ابزارها، نتایج و چالش‌های استفاده از یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری

استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری، سه جنبه اصلی را در برمی‌گیرد: رویکردها، ابزارها، و نتایج کلیدی پژوهش‌ها. در بعد رویکردها، روش‌هایی مانند تحلیل الگوهای رشد با استفاده از شبکه‌های عصبی و SVM، پیش‌بینی توسعه شهری با الگوریتم‌هایی مثل Random Forest، و شبیه‌سازی سناریوهای توسعه از طریق مدل‌هایی مانند Cellular Automata و LSTM، امکان شناسایی تغییرات و پیش‌بینی توسعه آینده را فراهم کرده‌اند. ابزارهای

مورد استفاده شامل داده‌های متنوع مانند تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های اقتصادی و محیطی، و نرم‌افزارهایی چون ArcGIS و TensorFlow است که تحلیل دقیق و مدیریت داده‌های حجیم را ممکن می‌سازند. در بخش نتایج پژوهش‌ها، مشخص شده که یادگیری ماشین در شناسایی عوامل کلیدی توسعه، مانند نزدیکی به زیرساخت‌ها و مراکز تجاری، و همچنین در کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت تصمیم‌گیری‌ها مؤثر بوده است. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود داده‌های دقیق و پیچیدگی تفسیر مدل‌ها وجود دارد. پیشنهادها برای آینده شامل توسعه مدل‌های هیبریدی، استفاده از داده‌های لحظه‌ای و الگوریتم‌های شفاف‌تر است که می‌تواند بهره‌وری یادگیری ماشین را در مدیریت شهری افزایش دهد. در جدول ۶ به صورت مختصر آورده شده است.

جدول ۶. رویکردها، ابزارها، نتایج و چالش‌های استفاده از یادگیری ماشین در تحلیل توسعه شهری

ابعاد	مؤلفه‌ها	توضیحات
رویکردها	تحلیل الگوهای رشد شهری	استفاده از الگوریتم‌هایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) برای شناسایی الگوهای گسترش مناطق شهری (Zhang et al.,2013)
		مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین با استفاده از داده‌های بلندمدت (Akdeniz et al.,2022)
	پیش‌بینی توسعه شهری	استفاده از روش‌های یادگیری نظارت شدن برای پیش‌بینی جهت و میزان توسعه شهری در آینده (Fontana et al.,2023)
		الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی (Random Forest) و XGBoost برای تحلیل اثرگذاری عوامل مختلف (مانند زیرساخت‌ها، توپوگرافی، و تراکم جمعیت) بر توسعه (Verma et al.,2020)
ابزارها	شبیه‌سازی سناریوهای توسعه شهری	ترکیب یادگیری ماشین با روش‌های شبیه‌سازی مانند مدل‌های Cellular Automata (CA) برای پیش‌بینی رفتار آینده مناطق شهری تحت شرایط مختلف (Nyamekye et al.,2020)
		استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق مانند LSTM برای تحلیل داده‌های زمانی (Tariq & Shu , 2020)
	داده‌های ورودی	تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های GIS: برای تهیه اطلاعات مکانی و زمانی از تغییرات کاربری زمین (Chang.,2010)
		داده‌های محیطی: مانند دسترسی به منابع آب، ارتفاع زمین، و وضعیت زیست‌محیطی (Ouma et al., 2022)
نتایج کلیدی پژوهش‌ها	نرم‌افزارها و پلتفرم‌ها	ArcGIS و QGIS برای پردازش داده‌های مکانی (He et al.,2011)
		ابزارهای یادگیری ماشین مانند TensorFlow, scikit-learn, و MATLAB برای ساخت و ارزیابی مدل‌ها (Lu et al.,2019)
	دقت پیش‌بینی بالا	استفاده از سیستم‌های ابری برای مدیریت داده‌های حجیم مانندGoogle Earth Engine (Hassan et al., 2016)
		الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مقایسه با روش‌های سنتی (مانند رگرسیون) عملکرد بهتری در پیش‌بینی جهت توسعه شهری داشته‌اند (Srivastava, 2017)
شناسایی عوامل کلیدی توسعه	نتایج کلیدی پژوهش‌ها	نتایج نشان داده‌اند که مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند تغییرات جزئی در توسعه شهری را بهتر شناسایی کنند (Rao et al.,2023)
		مطالعات نشان داده‌اند که عواملی مانند نزدیکی به مراکز تجاری، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، و سیاست‌های شهری تأثیر مستقیمی بر گسترش مناطق شهری دارند (Li et al.,2020)
کاربرد در برنامه‌ریزی	کاربرد در برنامه‌ریزی	یادگیری ماشین توانسته است ارتباطات پیچیده بین این عوامل را آشکار کند (Ashwini et al., 2024)
		نتایج تحلیل‌ها برای تدوین سیاست‌های توسعه پایدار و مدیریت رشد شهری استفاده‌شده‌اند

(Cheng et al., 2022)		شهری
کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با توزیع زیرساخت‌ها و خدمات (Bindajam et al., 2021)		
کمبود داده‌های کیفی و دقیق (Megahed et al., 2015)	چالش‌ها و	
پیچیدگی در تفسیر نتایج مدل‌ها برای سیاست‌گذاران (Aryal et al., 2023)	پیشنهادها	
استفاده از مدل‌های هیبریدی برای ترکیب روش‌های مختلف (Wang et al., 2020)	برای	
توسعه الگوریتم‌های شفاف‌تر و قابل‌تقدیر (Zhang & Li, 2022)	مطالعات	
ادغام داده‌های لحظه‌ای و استفاده از تکنولوژی IoT برای تحلیل بهنگام (Das & Angadi, 2020)	پیشنهادها	آینده

یافته‌های این پژوهش به‌طور مستقیم با نظریات مطرح‌شده در حوزه توسعه شهری و یادگیری ماشین مرتبط هستند. از یک‌سو، نظریه‌های توسعه پایدار شهری تأکید دارند که توسعه شهری باید به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که تعادل بین رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و حفظ محیط‌زیست برقرار شود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند CA-ANN، ANN و CA-Markov با تحلیل دقیق تغییرات کاربری زمین (LULC) و پیش‌بینی روندهای آتی، ابزارهای قدرتمندی برای دستیابی به این تعادل فراهم می‌کنند. از سوی دیگر، نظریه‌های مرتبط با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین بر توانایی این فناوری‌ها در پردازش حجم بالای داده‌ها و شناسایی الگوهای پیچیده تأکید دارند. یافته‌های این پژوهش نیز نشان می‌دهد که استفاده از این روش‌ها در تحلیل توسعه شهری، نه تنها دقت تحلیل‌ها را افزایش داده است، بلکه امکان شناسایی الگوهای پنهان و ارائه راهکارهای عملی برای مدیریت هوشمند شهرها را نیز فراهم کرده است. نظریه‌های مرتبط با الگوهای رشد شهری مانند الگوی خطی، شطرنجی، ستاره‌ای و قطاعی، تأکید دارند که توسعه شهری تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی شکل می‌گیرد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادر به تحلیل این الگوها و پیش‌بینی روندهای آتی هستند، که این امر به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا تصمیم‌های بهینه‌تری برای توسعه پایدار اتخاذ کنند. در نهایت، این یافته‌ها با نظریه‌های حکمرانی هوشمند نیز همسو هستند، که بر لزوم استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی برای بهبود مدیریت شهری و ارتقای کیفیت خدمات شهری تأکید می‌کنند.

نتیجه‌گیری

تحلیل این مقالات نشان داد که یادگیری ماشین با بهره‌گیری از داده‌های فضایی، تصاویر ماهواره‌ای، و اطلاعات محیطی، توانسته است نقش مؤثری در پیش‌بینی توسعه شهری و بهبود مدیریت شهری ایفا کند. الگوریتم‌هایی نظیر جنگل تصادفی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، با دقت و کارایی بالا در تحلیل داده‌های پیچیده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که یادگیری ماشین به‌عنوان یک ابزار تحلیلی نوین، امکان شناسایی الگوهای پیچیده رشد شهری و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین را با دقت بالا فراهم می‌کند. یادگیری ماشین به برنامه‌ریزان کمک کرده تا الگوهای رشد شهری را بهتر درک کرده و تصمیمات استراتژیک برای توزیع بهینه زیرساخت‌ها و خدمات اتخاذ کنند. ترکیب یادگیری ماشین با روش‌های شبیه‌سازی مانند مدل‌های اتوماتای سلولی برای پیش‌بینی رفتار آینده مناطق شهری تحت شرایط مختلف کمک‌کننده است. الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی و درخت‌های تصمیم‌گیری برای تحلیل اثرگذاری عوامل مختلف (مانند زیرساخت‌ها، توپوگرافی، و تراکم جمعیت) بر توسعه به‌کاربرده شده است. این پژوهش بر اهمیت

فناوری یادگیری ماشین در شکل‌دهی آینده توسعه شهری تأکید می‌کند.

با این حال، چالش‌هایی نظیر نیاز به داده‌های حجیم، پیچیدگی مدل‌ها، و تفسیر نتایج همچنان پابرجاست. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی، توسعه مدل‌های شفاف و قابل فهم، بهره‌گیری از داده‌های لحظه‌ای، و استفاده از روش‌های ترکیبی برای تحلیل ابعاد چندگانه توسعه شهری در اولویت قرار گیرد. این یافته‌ها می‌توانند به برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران در اتخاذ تصمیمات استراتژیک برای بهبود زیرساخت‌ها و دستیابی به توسعه پایدار کمک کنند.

۱) دقت پیش‌بینی الگوریتم‌ها: دقت پیش‌بینی الگوریتم‌های یادگیری ماشین در برخی مطالعات به ۸۶٪ تا ۹۰٪ رسیده است، در حالی که روش‌های سنتی دقتی در حدود ۷۰٪ دارند.

۲) کاهش پوشش گیاهی و خاک‌های بدون پوشش گیاهی: در منطقه کابل، پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ به میزان ۶/۹۷٪ و خاک لخت به میزان ۲/۱۸٪ کاهش یافته است.

۳) تأثیر بر دمای سطح زمین (LST): افزایش دمای سطح زمین در مناطق شهری به دلیل کاهش پوشش گیاهی و افزایش سطوح ساخته‌شده، به‌طور متوسط ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

دقت پیش‌بینی‌ها اگرچه در برخی موارد به ۸۶٪ تا ۹۰٪ رسیده است، اما این دقت به کیفیت داده‌های ورودی وابسته است و در صورت وجود داده‌های ناقص یا نویزی، ممکن است کاهش یابد. ثانیاً، کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای سطح زمین (LST) که در برخی مناطق مانند کابل به ترتیب ۶/۹۷٪ و ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است، نشان‌دهنده تأثیرات منفی توسعه شهری سریع بر محیط‌زیست است که نیاز به سیاست‌گذاری‌های دقیق‌تر دارد. ثالثاً، اگرچه این روش‌ها ابزارهای قدرتمندی برای برنامه‌ریزی شهری هستند، اما پیاده‌سازی آن‌ها نیاز به تخصص فنی و منابع محاسباتی دارد که ممکن است در برخی مناطق کمتر توسعه‌یافته فراهم نباشد. در نتیجه، اگرچه این یافته‌ها امیدوارکننده هستند، اما نیاز به بهبود در کیفیت داده‌ها، کاهش وابستگی به منابع فنی و توجه بیشتر به پیامدهای محیط‌زیستی توسعه شهری وجود دارد.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

ترابی، محمدامین؛ رحمانی، فائزه؛ قبادی لموکی، تحفه؛ حاجی بابایی، حسین و فانی، مجید. (۱۴۰۰). پیش‌بینی و کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی با استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی خودکار یادگیر. *مطالعات مدیریت ترافیک*، (۶۱)، ۱-۳۶.

- رحمانی، محمد. (۱۳۹۱). کلان‌شهر ویژگی‌ها و مفاهیم. تهران: انتشارات امید انقلاب.
- سهرابی، محمدرضا. (۱۳۹۲). اصول نگارش مقالات مروری. مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، ۱۸ (۲)، ۵۶-۵۲.
- شماعی، علی؛ واحدی نژاد، سیدحسین؛ آذرشب، صغری و قاسمی، مسلم. (۱۴۰۱). تحلیل فرایند توسعه کالبدی شهر و ارائه الگوی راهبردی مناسب آن، مطالعه موردی: شهر اهواز. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۶۷)، ۳۹-۲۵.
- شهسواری، امیر و علم الهدی، جمیله. (۱۳۹۸). روش‌شناسی پژوهش مروری و نقش آن در تولید دانش: توسعه یک گونه‌شناسی. روش‌شناسی علوم انسانی، ۲۵ (۹۸)، ۷۹-۱۰۵. doi: 10.30471/mssh.2019.1572
- کریمی ناصری، پرویز. (۱۳۷۵). شهرها، فقر و توسعه. تهران: اداره کل روابط عمومی و بین‌الملل شهرداری تهران.
- محمدی، حمید و قربی، میترا. (۱۳۵۱). مفاهیم کلیدی در مطالعات شهری و منطقه‌ای. یزد: انتشارات دانشگاه یزد.
- ملبوس باف، رامین و عزیزی، فریدون. (۱۳۸۹). مرور سیستماتیک "Systematic Review" چیست و چگونه نگاشته می‌شود؟ (مقاله مروری). پژوهش در پزشکی، ۳۴ (۳)، ۲۰۷-۲۰۳.

References

- Akdeniz, H., Sag, N., & Inam, S. (2022). Analysis of land use/land cover changes and prediction of future changes with land change modeler: Case of Belek, Turkey. *Environ Monit Assess* 195, 135. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10746-w>
- Aryal, J., Sitaula, C., & Frery, A. (2023). Land use and land cover (LULC) performance modeling using machine learning algorithms: A case study of the city of Melbourne. *Sci Rep* 13, 13510. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40564-0>
- Ashwini, K., Ashwini, K., Briti Sundar, S., Abdulla Al, K., Altuwaijri, H., Nath, H., & Rahaman, Z. (2024). Harnessing machine learning algorithms to model the association between land use/land cover change and heatwave dynamics for enhanced environmental management. *Land*, 13(8), 1273. <https://doi.org/10.3390/land13081273>
- Basheer, S., Wang, X., Farooque, A., Nawaz, R., Liu, K., Adekanmbi, T., & Liu, S. (2022). Comparison of land use land cover classifiers using different satellite imagery and machine learning techniques. *Remote Sensing*, 14(19), 4978. <https://doi.org/10.3390/rs14194978>
- Bindajam, A., Mallick, J., Talukdar, S., Towfiqul Islam, A., & Alqadhi, S. (2021). Integration of artificial intelligence-based LULC mapping and prediction for estimating ecosystem services for urban sustainability: Past to future perspective. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1887. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08251-4>
- Chang, N.-B., Han, M., Yao, W., Chen, L.-C., & Xu, S. (2010). Change detection of land use and land cover in an urban region with SPOT-5 images and partial Lanczos extreme learning machine. *Remote Sensing*, 4 (1), <https://doi.org/10.1117/1.3518096>
- Cheng, J., & Masser, I. (2003). Urban growth pattern modeling. *Landscape and Urban Planning*, 62(4), 199-217. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00150-0)
- Cheng, L. L., Tian, C., & Yin, T. T. (2022). Identifying driving factors of urban land expansion using Google Earth Engine and machine learning approaches in Mentougou District, China. *Scientific Reports*, 12, 16248. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20478-z>.
- Chughtai, A., Abbasi, H., & Karas, I. (2021). A review on change detection method and accuracy assessment for land use land cover. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22, 100482. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100482>
- Das, S., & Angadi, D. (2020). Land use land cover change detection and monitoring of urban growth using remote sensing and GIS techniques: A micro-level study. *GeoJournal*, 87, 2101-2123. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10359-1>
- Feizizadeh, B., Mohammadzade, K., Lakes, T., Blaschke, T., & Omarzadeh, D. (2021). A comparison of the integrated fuzzy object-based deep learning approach and three machine learning techniques for land use/cover change monitoring and environmental impacts assessment. *GIScience & Remote Sensing*, 58(8), 1543-1570. <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.2000350>

- Fontana, A., Nascimento, V., Ometto, J., & Fernandes do Amaral, F. (2023). Analysis of past and future urban growth on a regional scale using remote sensing and machine learning. *Remote Sensing*, 4, 1123254. <https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1123254>
- Fu, P., & Weng, Q. (2016). A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 175, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.040>
- Gupta, P., Haryani, S., & Gupta, V. (2024). Analysis of land use and land cover change detection for Indore District of Malwa Plateau Region using supervised machine learning. *International Journal of Experimental*, 38, 154-163. <https://doi.org/10.52756/ijerr.2024.v38.014>
- Hassan, Z., Shabbir, R., Ahmad, S., Malik, A., Aziz, N., Butt, A., & Erum, S. (2016). Dynamics of land use and land cover change (LULCC) using geospatial techniques: A case study of Islamabad Pakistan. *SpringerPlus*, 5, 812. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2414-z>
- He, C., Wei, A., Shia, P., Zhang, Q., & Zhao, Y. (2011). Detecting land-use/land-cover change in rural-urban fringe areas using extended change-vector analysis. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(4), 572-585. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.03.002>
- Hongwei, Z., Bingfang, W., Shuai, W., Walter, M., Fuyou, T., Zama Eric, M., ... Mavengahama, S. (2020). A synthesizing land-cover classification method based on Google Earth Engine: A case study in Nzhelele and Levhuvu Catchments, South Africa. *Chinese Geographical Science*, 30, 397-409. <https://doi.org/10.1007/s11769-020-1119-y>
- Huang, B., Zhang, L., & Wu, B. (2009). Spatiotemporal analysis of rural urban land conversion. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(3), 379-398. <https://doi.org/10.1080/13658810802119685>
- Illarionova, S., Tregubova, P., Shukhratov, I., Shadrin, D., Efimov, A., & Burnaev, E. (2024). Advancing forest carbon stocks' mapping using a hierarchical approach with machine learning and satellite imagery. *Scientific Reports*, 14, 21032. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71133-8>
- Kalkhajeh, R., & Jamali, A. (2019). Analysis and predicting the trend of land use/cover changes using neural network and systematic points statistical analysis (SPSA). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47, 1471-1485. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00995-7>
- Karimi Naseri, P. (1996). *Cities, Poverty, and Development*. Tehran: Public Relations and International Affairs Office of Tehran Municipality. [in Persian].
- Karimi, F., Sultana, S., Babakan, A., & Suthaharan, S. (2019). An enhanced support vector machine model for urban expansion prediction. *Environment and Urban Systems*, 75, 61-75. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.01.001>
- Li, D., Deng, L., & Cai, Z. (2020). Intelligent vehicle network system and smart city management based on genetic algorithms and image perception. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 141, 106623. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106623> Get rights and content
- Li, Y., Li, M., Li, C., & Liu, Z. (2020). Forest aboveground biomass estimation using Landsat 8 and Sentinel-1A data with machine learning algorithms. *Scientific Reports*, 10, 9952. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67024-3>
- Loukika, K., Keesara, V., & Sridhar, V. (2021). Analysis of land use and land cover using machine learning algorithms on Google Earth Engine for Munneru River Basin, India. Sustainability.
- Lu, Y., Wu, P., Ma, X., & Li, X. (2019). Detection and prediction of land use/land cover change using spatiotemporal data fusion and the Cellular Automata-Markov model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 68. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7200-2>
- Malboos Baf, R., & Azizi, F. (2010). What is a systematic review and how is it written? (Review article). *Research in Medicine*, 34(3), 203-207. [in Persian].
- Marie Gulsrud, N., Raymond, C., Rutt, R., Olafsson, A. S., Plienger, T., Sandberg, M., ... Jonsson, K. (2018). Rage against the machine? The opportunities and risks concerning the automation of urban green infrastructure. *Landscape and Urban Planning*, 180, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.012>
- Megahed, Y., Cabral, P., Joel, S., & Caetano, M. (2015). Land cover mapping analysis and urban growth modelling using remote sensing techniques in Greater Cairo Region—Egypt. *Geo-Information*, 4(3), 1750-1769. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031750>

- Michael, B. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.
- Milojevic, D., & Creutig, F. (2021). *Machine learning for geographically differentiated climate change mitigation in urban areas*. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change.
- Mohammadi, H., & Ghorbi, M. (1972). *Key Concepts in Urban and Regional Studies*. Yazd: Yazd University Press. [in Persian].
- Mutale, B., Withanage, N., Mishra, P., Shen, J., Abdelrahman, K., & Fnais, M. (2024). A performance evaluation of random forest, artificial neural network, and support vector machine learning algorithms to predict spatio-temporal land use-land cover dynamics: A case from Lusaka and Colombo. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1431645 <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1431645>
- Nyamekye, C., Kwofie, S., Ghansah, B., Agyapong, E., & Boamah, L. (2020). Assessing urban growth in Ghana using machine learning and intensity analysis: A case study of the New Juaben Municipality. Elsevier.
- Ouma, Y., Nkwae, B., Odirile, P., Parida, B., Anderson, G., & Qi, J. (2022). Comparison of machine learning classifiers for multitemporal and multisensor mapping of urban LULC features. *Remote Sensing*, 14, 5455–5470. <https://doi.org/10.5194/bg-14-5455-2017>
- Patel, S., Verma, P., & Singh, G. (2019). Agricultural growth and land use land cover change in peri-urban India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 91, 600. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7736-1>
- Rahmani, M. (2012). *Metropolis: Characteristics and Concepts*. Tehran: Omid Enqelab Publishing. [in Persian].
- Rao, P., Tassinari, P., & Torreggiani, D. (2023). Exploring the land-use urban heat island nexus under climate change conditions using machine learning approach: A spatio-temporal analysis of remotely sensed data. *Heliyon*, 9 (8), e18423. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18423>
- Reba, M., & Seto, K. (2020). A systematic review and assessment of algorithms to detect, characterize, and monitor urban land change. *Remote Sensing of Environment*, 241, 111739. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111739>
- Shahsavari, A., & Alamolhoda, J. (2019). Review research methodology and its role in knowledge production: Developing a typology. *Humanities Research Methodology*, 25(98), 79–105. <https://doi.org/10.30471/mssh.2019.1572> [in Persian].
- Shamaei, A., Vahedi Nejad, S. H., Azarshab, S., & Ghasemi, M. (2022). Analysis of the urban physical development process and presentation of an appropriate strategic model: Case study of Ahvaz city. *Applied Research in Geographical Sciences*, 22(67), 25–39. [in Persian].
- Sohrabi, M. R. (2013). Principles of writing review articles. *Research Journal of Shahid Beheshti University of Medical Sciences*, 18(2), 52–56. [in Persian].
- Srivastava, A. (2017). *Estimation of change in LU/LC mapping with classification of digital signature using AI/ML techniques over Google Earth Engine*. Thesis submitted in partial fulfillment for the Award of Degree of Doctor of Philosophy.
- Tariq, A., & Shu, H. (2020). CA-Markov chain analysis of seasonal land surface temperature and land use land cover change using optical multi-temporal satellite data of Faisalabad, Pakistan. *Remote Sensing*, 12(20), 3402. <https://doi.org/10.3390/rs12203402>
- Torabi, M. A., Rahmani, F., Ghobadi Lamouki, T., Hajibabaei, H., & Fani, M. (2021). Intelligent prediction and control of traffic lights using self-learning artificial intelligence algorithms. *Traffic Management Studies*, (61), 1–36. [in Persian].
- Ullah, S., Qiao, X., & Abbas, M. (2024). [Title missing]. Scientific Reports.
- Ullah, Z., AL-Turjman, F., Mostarda, L., & Gagliardi, R. (2020). Applications of artificial intelligence and machine learning in smart cities. *Computer Communications*, 154, 313–323. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.069>
- Verma, P., Raghubanshi, A., Srivastava, P., & Raghubanshi, A. (2020). Appraisal of kappa-based metrics and disagreement indices of accuracy assessment for parametric and nonparametric techniques used in LULC classification and change detection. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6, 1045–1059. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00740-x>

- Wang, S., Gebru, B., Lamchin, M., Kayastha, R., & Lee, W.-K. (2020). Land use and land cover change detection and prediction in the Kathmandu District of Nepal using remote sensing and GIS. *Sustainability*, 12(9), 3925. <https://doi.org/10.3390/su12093925>
- Zhang, C., & Li, X. (2022). Land use and land cover mapping in the era of big data. *Land*, 11(10), 1692. <https://doi.org/10.3390/land11101692>
- Zhang, H., Qi, Z.-F., Ye, X.-Y., Cai, Y.-B., Ma, W.-C., & Chen, M.-N. (2013). Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Applied Geography*, 44, 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.07.021>