



An Analysis of Urban Development and Environmental Damages Related to Land Use Changes: A case study of Bonab City

Manijeh Lalehpour¹  , Marziyeh Esmailpour², Hamed Ashrafi³

1. (Corresponding Author) Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, Maragheh University, Maragheh city, Iran

Email: m.lalepour@maragheh.ac.ir

2. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, Maragheh University, Maragheh city, Iran

Email: s.esmailpour@gmail.com

3. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, Maragheh University, Maragheh city, Iran

Email: ashrfyh16@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article History:

Received:

2 June 2025

Revised:

1 September 2025

Accepted:

7 October 2025

Available online:

9 November 2025

Keywords:

Environmental damage,
Urbanization
development,
Land-use planning,
Bonab city.

ABSTRACT

According to Article 50 of the Constitution of Iran, environmental protection is a public duty. In this regard, integrating environmental considerations with land-use policies is considered an approach to prevent environmental damage. The importance of this issue lies in demonstrating the role of land-use planning in preserving environmental resources. However, over the past half-century, the conversion of agricultural lands and orchards around cities has put vital ecosystem resources at risk. This study examines this issue in Bonab, located in East Azerbaijan Province. The study's data spans the years 2002, 2012, and 2022. For image processing, the Fuzzy Art Map method was used. The cross-tabulation method and the Kappa coefficient were chosen to monitor land-use changes. The results indicate that approximately 1,830 hectares of agricultural land, including orchards and rain-fed farms, were converted to urban development between 2002 and 2022. The intensification of construction over the years has placed significant pressure on the ecological base, especially agricultural lands. The largest land use change occurred between 2012 and 2022, indicating an increasing rate and intensity of agricultural land degradation in recent years. As a result of these changes, the quality of groundwater resources and soils in the surrounding areas has severely declined due to reduced permeable soil surfaces, leachate infiltration from waste, and the inflow of large volumes of domestic and industrial wastewater. Preserving and restoring these vital resources requires the integration of environmental revitalization strategies into land-use decision-making and planning.

Citation: Lalehpour, M., Esmailpour, M., & Ashrafi, H. (2025). An Analysis of Urban Development and Environmental Damages Related to Land Use Changes: A case study of Bonab City. *Journal of Sustainable City*, 8(3), 23-38.

<http://doi.org/10.22034/jsc.2025.497671.1825>



© The Author(s)

Publisher: Iranian Geography and Urban Planning Association.

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

Extended Abstract

Introduction

Urbanization is a primary driver of land-use change, which, in addition to causing problems on a global scale, leads to the loss of land and its resources at local and urban levels. The present study examines this issue in Bonab, a city in East Azerbaijan Province in northwest Iran. According to 2015 statistics, Bonab has a population of 85,274.

Investigations reveal that the physical expansion of Bonab in recent years, driven by natural population growth, rural-to-urban migration, and urban development plans aimed at addressing housing needs, has encroached upon agricultural lands and gardens on the city's outskirts. This research uses satellite imagery to quantify changes in the use of garden and agricultural lands caused by the city's peripheral developments. The study addresses the following research questions:

–What has been the status of land-use changes around Bonab from 2002 to 2022?

–What are the environmental impacts of urban development and land-use changes around Bonab?

The significance of this research lies in highlighting the critical role of land-use planning and decision-making in preserving environmental resources.

Methodology

The steps of conducting the research were, first, the land-use changes around Bonab city were extracted, and in the next step, the effects of recent urban expansions on the vital environmental resources of the region were explained, which was done using library documents and field studies. The spatial data of the research was extracted through satellite images, which were analyzed and classified while comparing time and place through geographic information system and remote sensing software such as Idrisi. Landsat satellite images of three periods, namely 2002, 2012, and 2022, have been used to determine the physical development process of Bonab city. For the classification of satellite images, the Fuzzy Art Map supervised method of artificial neural

networks has been used due to its high accuracy and higher speed than other algorithms.

Results and discussion

The analysis of changes reveals that Bonab city has expanded by approximately 1,836 hectares during the years under review (2002–2022). Over this period, the city experienced physical growth of about 2,210 hectares, representing an increase of roughly 3.5 times its original size. The primary direction of Bonab's expansion has been towards the east, particularly the northeast.

This rapid growth in recent years has been characterized by a significant rise in urban constructions, exerting substantial pressure on the ecological base, especially agricultural lands. The spatial expansion of the city has been most intense in the eastern half, where the northeastern and southeastern parts are expected to merge. This intensity highlights the dynamic and unregulated nature of growth in this area.

Signs of scattered urban development have also emerged, resulting in inconsistencies across various parts of the city. Historically, Bonab's physical development was limited to the main city center and constrained by natural barriers. On the eastern side, natural obstacles served as boundaries, while on the western side, Urmia Lake acted as a significant limiting factor.

However, in recent decades, a population boom and increased rural-to-urban migration have imposed a heavy demographic burden on the city. This surge in population necessitated large-scale physical expansion, which has often been unplanned and directed towards areas lacking proper geographic assessment. This uncoordinated growth has exacerbated environmental and spatial challenges in Bonab.

Conclusion

Landsat satellite images from different time frames were utilized as raw data to analyze the land-use changes in Bonab city. After processing these images, land-use change analysis methods were applied to determine the extent of urban expansion during 2002, 2012, and 2022. The findings indicate that

Bonab experienced a physical growth of approximately 2,210 hectares over the review period (2002–2022), representing a 3.5-fold increase in its urban area. The primary direction of this expansion has been towards the east, particularly the northeast.

The predominant land use converted into urban built-up areas has been agricultural land. Notably, this process accelerated between 2012 and 2022, leading to an increased rate of agricultural land conversion to urban areas. This trend has placed significant pressure on the ecological base, especially on agricultural resources. Furthermore, scattered urban growth patterns have emerged, resulting in inconsistencies and uncoordinated development across many parts of the city. In recent decades, population growth and rural-to-urban migration have imposed a heavy demographic burden on Bonab, necessitating large-scale physical expansion. However, much of this urban growth has been unplanned, occurring in areas where no proper geographic assessments were conducted.

It is crucial to recognize that urbanization can lead to environmentally harmful land-use changes without strategic decisions on land use and resource management. Individuals, productive sectors, and, most importantly, government bodies and organizations responsible for environmental resource management must adopt and implement environmental standards and criteria to mitigate these effects. This approach will help preserve the region's environmental resources while supporting sustainable urban development.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

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.

تحلیلی بر توسعه شهرنشینی و آسیب‌های محیط‌زیست در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی مطالعه موردی: شهر بناب

منیژه لاله پور^۱ ✉، مرضیه اسمعیل پور^۲، حامد اشرفی^۳

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، شهر مراغه، ایران. رایانامه: m.lalepour@maragheh.ac.ir

۲- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، شهر مراغه، ایران. رایانامه: s.esmaeilpour@gmail.com

۳- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، شهر مراغه، ایران. رایانامه: ashrfyh16@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
طبق اصل پنجاهم قانون اساسی ایران؛ حفظ محیط‌زیست وظیفه‌ای عمومی است. در این میان پیوند میان ملاحظات زیست‌محیطی با سیاست‌های کاربری اراضی، رهیافتی برای پیشگیری از آسیب‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود. اهمیت موضوع از آن جهت است که جایگاه برنامه‌ریزی کاربری زمین را در حفظ منابع زیست‌محیطی نشان می‌دهد؛ این در حالی است که تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی و باغات پیرامون شهرها در نیم‌قرن اخیر، منابع حیاتی اکوسیستم را در معرض تهدید قرار داده است. تحقیق حاضر این مسئله را در شهر بناب از توابع استان آذربایجان شرقی بررسی کرده است. داده‌های تحقیق مربوط به بازه‌های زمانی ۲۰۰۲، ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ است. در پردازش تصاویر از روش Fuzzy Art Map استفاده گردید. روش جداول متعامد و ضریب کاپا، برای پایش تغییرات کاربری اراضی انتخاب شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در حدود ۱۸۳۰ هکتار از اراضی کشاورزی شامل اراضی باغات و اراضی دیم در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۲ به ساخت‌وسازهای شهری تبدیل شده است. تشدید ساخت‌وسازها طی سال‌ها باعث فشار قابل‌توجهی بر بستر اکولوژیک، به‌ویژه اراضی کشاورزی شده است. بیشترین حجم این تغییرات کاربری بین سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۲۲ است که نشان‌دهنده ضریب افزایشی و شدت تخریب اراضی کشاورزی در سال‌های اخیر است. در نتیجه این تغییرات؛ کیفیت منابع آبی زیرزمینی و خاک‌های محدوده اطراف شهر به دلیل کاهش سطوح قابل‌نفوذ خاک، نفوذ شیرابه زباله‌ها، ورود حجم زیادی از فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، به‌شدت کاهش یافته است. حفظ و احیای این منابع حیاتی، نیازمند استراتژی‌های باز زنده سازی محیط‌زیست در تصمیمات و برنامه‌ریزی کاربری زمین می‌باشد.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی
	تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲
	تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰
	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵
	تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸
	واژگان کلیدی: آسیب‌های محیط‌زیستی، توسعه شهرنشینی، تغییرات کاربری اراضی، شهر بناب.

استناد: لاله پور، منیژه؛ اسمعیل پور، مرضیه و اشرفی، حامد. (۱۴۰۴). تحلیلی بر توسعه شهرنشینی و آسیب‌های محیط‌زیست در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی مطالعه موردی: شهر بناب. مجله شهر پایدار، ۸ (۳)، ۲۳-۳۸.

<http://doi.org/10.22034/jsc.2025.497671.1825>

ناشر: انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ایران

© نویسندگان



مقدمه

موضوع اثرات زیست‌محیطی توسعه از موضوعات موردتوجه جامعه علمی در چند دهه اخیر است. بروز مسائل زیست‌محیطی در کشورهای مختلف و خلأهای تحقیقاتی و پژوهشی در سیاست‌ها و تصمیمات دولتمردان؛ موضوع محیط‌زیست را در اولویت تحقیقات و اختراعات علمی و فناوری جهان قرار داده است. طبق برآوردها، تا سال ۲۰۵۰، تقریباً سه چهارم جمعیت در شهرها زندگی خواهند کرد. این انقلاب شهری اثرات چشمگیری بر پایداری اجتماعی-اقتصادی جوامع بر جای گذاشته و مشکلات زیست‌محیطی جدی ایجاد کرده است؛ در این میان، تغییر کاربری و پوشش اراضی به‌عنوان تنها عامل تغییرات محیطی تلقی می‌شود (Khanh Linh et al., 2024: 4). از این‌رو جهت اتخاذ بهترین تصمیمات؛ لازم است تا توسعه شهرها و شهرنشینی و پیامدهای زیست‌محیطی و حتی پیامدهای رفاه اجتماعی آن توسط مدیران محلی و منطقه‌ای زمین‌های شهری به‌طور مرتب پایش و بررسی گردد (Malah et al., 2022: 205). برای کنترل و هدایت این نوع توسعه‌ها، لازم است جهت‌های مطلوب رشد شهری تعیین شود و سیاست‌های حفاظت از منابع طبیعی با اهداف زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی هماهنگ گردد (شمس‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۵). اهمیت و ضرورت پرداختن به این موضوع از آن جهت است که؛ توسعه بافت‌های شهری و افزایش سطوح غیر قابل‌نفوذ شهری ناشی از گسترش سریع شهری نه‌تنها باعث مشکلات فزاینده آلودگی هوا، پایین آمدن کیفیت آب، تکه‌تکه شدن زمین‌ها، ترافیک و ... می‌شود بلکه با تغییر تعادل انرژی، دمای سطح و الگوهای بارش، بر اقلیم محلی نیز تأثیر می‌گذارد (Yuan et al., 2007: 2). افزایش تقاضای انرژی، جزایر حرارتی شهری، آلودگی آب‌وهوا، زباله‌های جامد و از دست دادن پوشش گیاهی طبیعی، فضاهای باز و زیستگاه‌های حیات‌وحش از مسائلی است که در نتیجه توسعه شهرها با آن‌ها مواجه هستیم (Malah et al., 2022: 204). سوخت‌های فسیلی، به‌عنوان منبع اصلی بسیاری از آلاینده‌های مهم مانند دی‌اکسید گوگرد و مونوکسید کربن، نقش کلیدی در آلودگی هوا ایفا می‌کنند. از این‌رو، گسترش شهرنشینی با تأثیرگذاری بر الگوهای ترافیکی و رفتارهای سفر شهروندان، تأثیرات قابل‌توجهی بر مسائل زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه و فعالیت‌های صنعتی، بر جای می‌گذارد (ولی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰: ۳).

با روشن شدن اهمیت موضوع و آسیب‌های زیست‌محیطی گریبان گیر کشورها؛ مقامات شهری و برنامه ریزان باید سیاست‌های جدیدی را اتخاذ کنند تا توسعه پایدار و رشد هوشمند شهری را برای بهبود کیفیت محیطی شهرها به‌کارگیرند (Malah et al., 2022: 205). به‌عبارتی‌دیگر، باید دیدگاه زیست‌محیطی را به‌طور مؤثر و سریع در برنامه‌ریزی کاربری زمین و فرایند تصمیم‌گیری مدنظر قرار دهند (Kharel., 2010: 5). نگاهی به رشد شهرهای ایران در چند دهه اخیر نشان می‌دهد که با تشدید مهاجرت از شهرهای کوچک و روستاها به‌سوی شهرهای بزرگ؛ توسعه افقی پیرامونی شهرها، روند صعودی به خود گرفت (اشرفی، ۱۴۰۱: ۳). این نوع توسعه پیامدهای زیست‌محیطی منفی به همراه داشته است، از جمله قطعه‌قطعه شدن مناظر طبیعی، کاهش تنوع زیستی، و اختلال در عملکرد اکوسیستم‌ها. که این موضوع چالشی برای توسعه پایدار شهری در آینده ایجاد می‌کند (Khanh Linh et al., 2024: 12). هدف از انجام این تحقیق مشخص کردن اثرات شهرنشینی بر روی منابع زیست‌محیطی با مطالعه تغییرات کاربری اراضی پیرامون شهرها است. ایده اصلی پژوهش این است که، شهرنشینی محرک اصلی تغییر کاربری اراضی است، که علاوه بر مسائل به وجود آمده در مقیاس جهانی باعث از بین رفتن زمین و منابع آن در مقیاس محلی و شهری می‌شود. در این راستا، پژوهش حاضر این موضوع را در یکی از شهرهای استان آذربایجان شرقی در شمال غربی ایران یعنی شهر بناب موردبررسی قرار داده است. طبق آمار سال ۱۳۹۵، شهر بناب ۸۵۲۷۴ نفر جمعیت دارد. این شهر به ۵ ناحیه اصلی و ۱۳ محله تقسیم‌بندی شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که توسعه فیزیکی شهر بناب در سال‌های اخیر به دلیل رشد طبیعی جمعیت، مهاجرت

روستاییان به شهر، و بهانه‌هایی همچون تأمین نیاز مسکن و پیش‌بینی اراضی مسکونی در طرح‌های توسعه شهری، منجر به تصرف اراضی کشاورزی و باغات حاشیه شهر شده است. مسئله تحقیق این است که با شدت یابی تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهرها و از بین رفتن باغات و اراضی زراعی؛ بر منابع زیست‌محیطی تأثیرات منفی خواهد داشت. مزارع، باغات و قلمستان‌های حاشیه شهرها که نقشی اساسی در حفظ محیط‌زیست ایفا می‌کنند، به تدریج به کاربری‌های خدماتی، صنعتی، ارتباطی، مسکونی و نظایر آن تبدیل می‌شوند. در این ارتباط سؤالات تحقیق به این شرح طرح شده است:

- در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ وضعیت تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهر بناب چگونه بوده است؟
- رشد شهرنشینی و تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهر بناب چه تأثیراتی بر منابع زیست‌محیطی منطقه داشته است؟

مبانی نظری

منابع زیست‌محیطی اکوسیستم و خدمات آن به انسان لایتناهی و با ارزش است. مهم‌ترین منابعی که برای تعادل اکوسیستم اساسی هستند و در عین حال در معرض نفوذ انسان هستند، خاک، آب و تنوع زیستی است. دلیلی و همکاران (۱۹۹۷) خاک را به عنوان یک اکوسیستم پیچیده و پویا تعریف می‌کنند که فرآیندهای فیزیکی و دگرگونی‌های شیمیایی حیاتی برای حیات زمینی را حفظ می‌کند. خاک خدماتی را به همه اشکال حیات از میکروارگانیسم‌ها گرفته تا گیاهان و حیوانات از جمله انسان ارائه می‌دهد. جدا از خدمات اکولوژیکی یا بیولوژیکی آن، اهمیت خاک عمیقاً ریشه در شالوده تمدن بشری دارد (Kharel, 2010: 11) مدیریت نادرست زمین می‌تواند منجر به از دست رفتن کربن از خاک شود که این امر می‌تواند به شدت موجب تشدید گرم شدن جهانی گردد. زمین‌های کشاورزی و باغات به ترتیب بالاترین سطح ورود کربن از طریق بقایای گیاهی و ریشه‌های نازک را دارند (Gholami et al., 2021: 248). بعد از خاک، آب اساسی‌ترین منبع طبیعی است که تجدید پذیر اما متناهی است. منابع آب‌های سطحی بیشتر رودخانه‌ها، نهرها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها هستند. فعالیت‌های انسانی مستقیم یا غیرمستقیم بر منابع آب تأثیر می‌گذارد. اهمیت آب نه فقط مصرف انسان بلکه به عملکرد سیاره زمین نیز تعمیم می‌یابد. آب خود یک اکوسیستم آبی است که زیستگاه میلیاردها گونه شناخته شده و ناشناخته از جانوران و گیاهان را فراهم می‌کند. آب در یک چرخه منظم نقش مهمی در تکامل سیاره زمین دارد (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۰: ۱۵). سومین عامل اساسی در تعادل اکوسیستم؛ تنوع زیستی است. تحقیقات مربوط به تنوع زیستی عمدتاً بر جنگل‌های اولیه و مناطق حفاظت‌شده طبیعی متمرکز هستند و اغلب تنوع زیستی شهری را نادیده می‌گیرند. برای پر کردن این خلأ، ضروری است که فعالیت‌های کشاورزی شهری تنوع بیشتری یابند، برای مثال با تبدیل کشت برنج و سبزیجات به باغ‌های گل و مواد غذایی. این رویکرد باید در برنامه‌ریزی توسعه شهری گنجانده شود تا به افزایش تنوع زیستی و پایداری در محیط‌های شهری کمک کند (Khanh Linh et al., 2024: 12).

منابع زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی کاربری زمین

از رویکرد توسعه پایدار، اندیشه برنامه‌ریزی کاربری اراضی؛ بهره‌گیری عقلایی از زمین است که بر محور حفاظت از محیط‌زیست گام برمی‌دارد. بدین ترتیب می‌توان اهداف عمده برنامه‌ریزی کاربری زمین را از منظر اکولوژیکی در سه محور کارایی، برابری، مقبولیت و پایداری خلاصه کرد. این اهداف در نهایت معطوف‌اند به رسیدن به الگویی عقلایی برای تطابق عملکردها و فعالیت‌های تخصیص‌یافته، با توان طبیعی و اکولوژیکی زمین (داداش پور و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۱). تغییر کاربری اراضی به معنای تغییر در پوشش زمین و کاربری آن است. پوشش زمین حالت فیزیکی زمین است که شامل هر دو امکانات رفاهی طبیعی (زمین‌های زراعی، کوه‌ها، پوشش گیاهی، نوع خاک، تنوع زیستی، منابع آب) و

سازه‌های دست‌ساز (ساختمان‌ها، روسازی‌ها) است. پوشش زمین تغییر در طبقه‌بندی کلی پوشش زمین از طریق جایگزینی کامل یک نوع پوشش زمین با نوع دیگر به دلیل تغییر در گستره شهری، گسترش کشاورزی یا جنگل‌کاری است (خاریل، ۲۰۱۰: ۸). نیروهای بنیادین که علل توسعه شهرنشینی هستند، به‌نوبه خود به‌عنوان محرک تغییر کاربری زمین هستند. توسعه بی‌رویه شهرها؛ یکی از پیوندهای اصلی سیستم را کنار گذاشته است، یعنی پیوند اکولوژیکی که بهره‌برداری از آن، خود سیستم را ایجاد کرده است (خلجی، ۱۴۰۰: ۸). اجزای طبیعی اکوسیستم‌ها منابع زیست‌محیطی هستند که از آن‌ها می‌توان مجموعه‌ای از منافع را برای مصارف انسانی ایجاد کرد (مخدوم، ۱۳۹۱: ۹۲). شناخت منابع زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی کاربری زمین در اجتناب یا به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی توسعه شهرنشینی نقش اساسی دارد. در این ارتباط، استراتژی‌هایی که می‌تواند در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری کاربری زمین مورد استفاده قرار گیرد عبارت‌اند از:

الف- مبانی شناسایی و شناخت منابع زیست‌محیطی چیست؟

ب- اقدامات برای حفاظت از منابع زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری‌های کاربری زمین چیست؟

در ادامه برخی پژوهش‌های انجام‌گرفته در ارتباط با تأثیرات توسعه شهرها بر محیط‌زیست مناطق مختلف تشریح شده است. خان‌لینه و همکاران^۱ (۲۰۲۴) در تحقیقی با عنوان "تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین و گسترش شهری در ویتنام مرکزی: شهر هونه"؛ شاخص‌هایی نظیر مساحت و تغییرات پوشش زمین، روندهای توسعه شهری، و مورفولوژی مناطق شهری را در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که مساحت مناطق شهری در جهت‌های شمال و شمال شرقی بیش از ۶۰ درصد گسترش یافته است و مناطق مسکونی لوکس در زمین‌های پیشین شالیزار گسترش پیدا کرده است. مالاه و همکاران^۲ (۲۰۲۲) تحقیقی با عنوان "ارزیابی کیفیت محیط‌زیست شهری (مطالعه موردی: کازابلانکا، مراکو)" انجام داده‌اند. پنج شاخص مشتق شده در این تحقیق عبارت‌اند از: شاخص سطح غیر قابل نفوذ نرمال شده، تفاوت نرمال شده با اصلاح‌شده، شاخص آب، شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی، شاخص ایجاد اختلاف نرمال شده و شاخص گیاهی تعدیل‌شده خاک با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی؛ شاخص کیفیت محیطی شهری برای ۱۷ کمون شهر کازابلانکا محاسبه شده است. رهنما^۳ (۲۰۲۱) در مطالعه با عنوان "شبیه‌سازی تغییر کاربری اراضی با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون و مدل رنجیره مارکوف در کلان‌شهر ملبورن (۲۰۲۰-۲۰۱۴)"، به این نتیجه دست‌یافته‌اند که طی دوره مورد بررسی، مساحت زمین‌های بایر و پهنه‌های آبی کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. جان‌ترندر^۴ و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی با عنوان "اثرات زیست‌محیطی توسعه شهری با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور" تغییر کاربری زمین در محیط‌های شهری در دو شهر ووهان چین و سیدنی غربی در استرالیا ارائه شده است. میزان تکه‌تکه شدن زمین‌ها ناشی از ساخت‌وسازها برای دو شهر مقایسه شده است و درصد پوشش گیاهی با استانداردهای پیشنهادی فضای سبز برای مناطق شهری مقایسه شده است. خاریل^۵ (۲۰۱۰) در تحقیقی با عنوان "اثرات شهرنشینی بر منابع زیست‌محیطی: چشم‌انداز برنامه‌ریزی کاربری زمین" با تحلیل تأثیر شهرنشینی بر منابع زیست‌محیطی در آستین و تگزاس دریافته است که بیش از ۱۰ درصد از توسعه‌های شهری در مناطق بحرانی زیست‌محیطی اتفاق افتاده است. ویلنا کریپا و برایان^۶ (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی رشد

1. Khanh Linh

2. Malah

3. Rahnama

4. Joun Trinder

5. Gehendra KHarel

6. Oswaldo Villena Carpio and, Brian D. Fath

شهری با استفاده از کاربری زمین/پوشش زمین، کیفیت آب و شاخص‌های سلامت: مطالعه موردی آرکیپا، پرو" اثرات مستقیم گسترش شهری را در استفاده از زمین، جریان رودخانه، کیفیت آب و اثرات غیرمستقیم این متغیرها را در میزان بیماری‌های گوارشی ارزیابی کرده‌اند. فرخ زاده و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیقی با عنوان "مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه گهواره استان کرمانشاه" که با استفاده از مدل CM انجام گرفته؛ نشان دادند که طی سه دهه موردبررسی به ترتیب ۳۰ و ۴۲ درصد از سطح اراضی جنگلی کاسته شده و ۲۶ و ۳۷ هکتار به سطح اراضی کشاورزی و ۸۰ و ۳۲ درصد به اراضی مسکونی اضافه شده است. بیدل و همکاران (۱۴۰۲) تحقیقی با عنوان "مدل‌سازی توسعه شهری با الگوریتم بهینه یابی گرگ خاکستری و تغییر کاربری نواحی پیرامونی شهر مشهد" انجام داده‌اند. در این پژوهش، مدل سلول‌های خودکار شهری با استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری به‌عنوان ابزاری برای بهینه‌سازی، به شبیه‌سازی توسعه شهری مشهد و تغییر کاربری نواحی پیرامونی آن پرداخته است. محمودیان نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸) تحقیقی با عنوان "پیامدهای زیست‌محیطی تغییرات کاربری اراضی پیرامون شهرها (شهر خمام)" انجام داده‌اند. نتایج تحقیق نشان داده است که شهر خمام تا سال ۱۳۸۰ به‌صورت طولی منظم و با کمربندی سبز از مزارع برنج اطرافش بود ولی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۷ باغات و مزارع و فضاهای سرسبز اطرافش بر اثر ساخت‌وساز بی‌رویه در حال از بین رفتن می‌باشند. حاجتی ضیابری و همکاران (۱۴۰۰)، تحقیقی با عنوان "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی خزش شهری در روند توسعه شهر (شهر رشت)" انجام داده‌اند. در این تحقیق برای ارزیابی اثرات ناشی از ساخت‌وسازهای مسکونی و غیرمسکونی از روش ماتریس ارزیابی (RIAM) استفاده شده است. نتایج ماتریس نشان داد که ۸۳.۸۷ درصد از عوامل دارای اثرات منفی و تنها ۱۶.۱۳ درصد از آن‌ها اثرات مثبت دارند.

روش پژوهش

مراحل انجام تحقیق بدین شرح بوده است که ابتدا تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهر بناب استخراج گردید و در مرحله بعد اثرات گسترش‌های شهری اخیر بر روی منابع حیاتی زیست‌محیطی منطقه تبیین شده است. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی است؛ که با استفاده از مطالعه کتابخانه‌ای-اسنادی و میدانی (مشاهده مستقیم) انجام گرفته است. داده‌های مکانی پژوهش از طریق تحلیل تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم‌افزارهای سنجش‌ازدور، مانند Idrisi، تحلیل و طبقه‌بندی گردیده‌اند. برای بررسی روند توسعه فیزیکی شهر بناب، از تصاویر ماهواره‌ای لندست در سه بازه زمانی (سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲) استفاده شده است. طبقه‌بندی این تصاویر با بهره‌گیری از روش نظارت‌شده Fuzzy Art Map شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام گرفته که به دلیل دقت بالا و سرعت بیشتر، نسبت به سایر الگوریتم‌ها برتری دارد. در مراحل مختلف پژوهش، از جمله پردازش داده‌ها، تجزیه و تحلیل، و تهیه خروجی‌ها، از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.2، Idrisi Selva، Microsoft Excel و Erdas Imagine 9.2 استفاده شده است. این تحقیق از یک رویکرد ترکیبی شامل سنجش‌ازدور و مدل‌سازی مکانی در سامانه اطلاعات جغرافیایی بهره برده است. به همین منظور، آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین از طریق تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی انجام شده است. برای پایش تغییرات کاربری اراضی شهر بناب از ضریب کاپا و جداول متعامد استفاده شده است. شاخص کاپا، برخلاف دقت کلی که فقط از مقادیر قطری ماتریس خطا استفاده می‌کند، تمامی مقادیر موجود در ماتریس مذکور را موردبررسی قرار می‌دهد. بنابراین مقادیر به‌دست‌آمده از ضریب کاپا همواره کمتر از مقادیر مشابه آن در پارامتر دقت کلی می‌باشد. رابطه زیر، ضریب کاپا را به زبان ریاضی نشان می‌دهد. در رابطه فوق، n تعداد کل پیکسل‌های واقعی زمینی، $n_{(i+i)}$ مجموع عناصر سطر i ام و

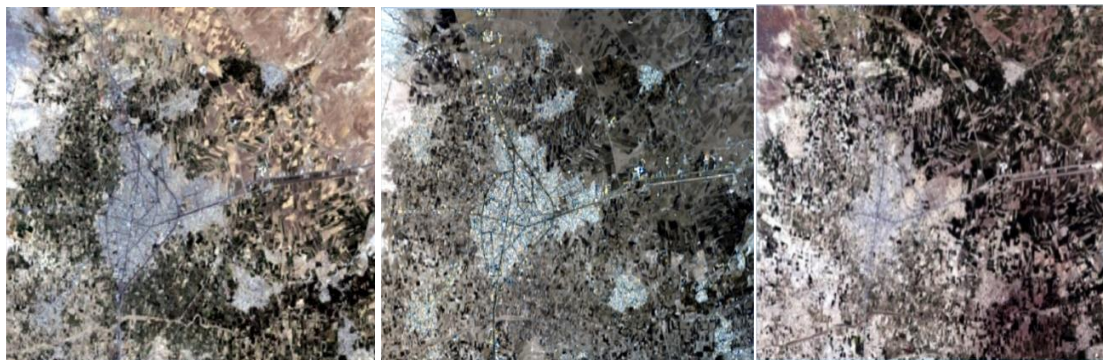
n_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند.

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_i + n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_i + n_{+i}}$$

جهت بررسی توسعه فیزیکی شهر از تصاویر ماهواره‌ای Land Sat 7 & 8 استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای ضمن توانایی کاهش محسوس هزینه تهیه اطلاعات جغرافیایی، ترتیب منظم بازنگری و به‌روز درآوردن اطلاعات را نیز بهبود می‌بخشد. از جمله ویژگی‌های این نوع تصویر، قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری و تفکیک رادیو متریک ۸ بیتی می‌باشد. تفکیک مکانی ۳۰ متری تصاویر نقشه‌بردار موضوعی ماهواره لندست برای بسیاری از کاربردهای رده‌بندی پوشش زمین مناسب است، زیرا این تفکیک باعث ایجاد یک اثر میانگین شده، ناهمگنی بسیاری از پوشش‌های زمین را کاهش می‌دهد و در همان حال، توصیف نسبتاً دقیق قطعه‌های زمین (مزارع، اراضی ساخته‌شده و نظایر آن) و سیمای خطی مانند رودخانه‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد. تصاویر مذکور طوری انتخاب شده‌اند که نیاز به تصحیح‌های اتمسفری نبوده و تصحیح‌های هندسی توسط سروری که تصاویر دانلود شده‌اند، انجام گرفته است. اولین گام در پردازش تصاویر مذکور، ترکیب رنگی باندهای تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. ترکیب رنگی تصاویر ماهواره‌ای، قابلیت شناخت عوارض و پدیده‌های زمینی را برای چشم انسان به وجود می‌آورد، از طرفی برای انتخاب باندهای مناسب برای طبقه‌بندی و همچنین برداشت نمونه‌های آموزشی، بایستی از ویژگی‌های طیفی عوارض زمینی در باندهای مختلف مطلع بود تا در برداشت نمونه‌های آموزشی بیشترین دقت حاصل شود. با توجه به اینکه ترکیب‌های رنگی تصاویر Landsat هر کدام در آشکارسازی پدیده‌های مختلف توانایی دارند، معمولاً با در نظر گرفتن مشخصه‌های ترکیبات رنگی کاذب چهارگانه زیر جهت برداشت نمونه‌های آموزشی استفاده می‌شود: الف) ۴-۳-۲ (ب) ۵-۴-۳ (ج) ۷-۵-۳ (د) ۷-۴-۱ در بین ترکیبات یادشده، ترکیب رنگی ۷-۴-۱، ترکیب مناسبی برای انتخاب کلاس‌ها محسوب می‌شود، زیرا در ترکیب کلاس‌ها تا حد زیادی قابل تشخیص از همدیگر بوده و می‌توان با درصد اطمینان بیشتری نسبت به تهیه نمونه‌های آموزشی اقدام نمود. جهت ترکیب باندهای Landsat 8 از باندهای ۷-۵-۳ استفاده شده است.

	Landsat 4-5 TM, Landsat 7	Landsat 8
	Color Infrared	4, 3, 2
	Natural Color	3, 2, 1
	False Color	5, 4, 3
	False Color	7, 5, 3
	False Color	7, 4, 2

شکل ۱. ترکیب‌های رنگی در ماهواره Landsat



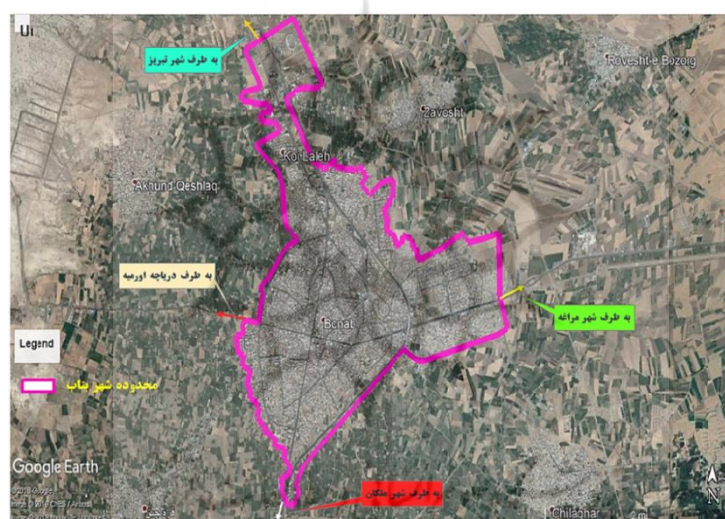
شکل ۱. ترکیب‌های رنگی در ماهواره Landsat به ترتیب طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۲، ۲۰۲۲ از شهر بناب

پس از ترکیب تصاویر، مرحله طبقه‌بندی آن‌ها موردتوجه قرار گرفت. دو روش برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. با توجه به میزان دقت بالا در روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است. در این روش، ابتدا اقدام به برداشت نمونه‌های آموزشی شده است. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، باید الگوریتمی جهت تعمیم نمونه‌های آموزشی انتخاب گردد. اخیراً روش‌های مبتنی بر فازی به دلیل دقت بسیار در مقایسه با روش‌های قدیمی‌تر مانند روش حداکثر تشابه^۱، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پژوهش حاضر با استفاده از یکی از روش‌های مبتنی بر فازی (Fuzzy ART Map)، نمونه‌های آموزشی تعمیم داده شده است. معمولاً در هر طبقه‌بندی، هرچند در کلیه مراحل دقت کافی صورت گرفته باشد، تعدادی از پیکسل‌ها به هیچ‌یک از گروه‌ها تعلق نگرفته و به صورت ناشناخته باقی می‌مانند. با اعمال فیلتر عبور پایین مد، مقادیر فراوان کلاس‌های طبقه‌بندی شده، انتخاب و به ارزش‌های کوچک و پراکنده تصاویر طبقه‌بندی شده نسبت داده می‌شود. ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی از مهم‌ترین فرایندهایی است که در مرحله پس از پردازش‌های تصویر اعمال می‌شود. معمول‌ترین روش جهت اعمال این روش، انتخاب نمونه‌های واقعی از عوارض و کلاسه‌ها و مقایسه آن با نتایج طبقه‌بندی انجام یافته است. نتایج این مقایسه اغلب به شکل ماتریس خطا ارائه می‌شود. که به ماتریس ابهام نیز معروف است. این خطا حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل واقعیت زمینی با نتایج طبقه‌بندی است. داده‌های زمینی به صورت ستون‌ها و داده‌های طبقه‌بندی شده به صورت سطرها در ماتریس خطا ظاهر می‌شوند. عناصر روی قطر اصلی تعداد پیکسل‌های درست و عناصر غیر قطری مجموعه اشتباهات را نشان می‌دهند. دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که بر اساس داده‌های ماتریس خطا محاسبه می‌شود و نتیجه این محاسبه، ضریب کاپا ۱ نامیده می‌شود. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی محاسبه می‌کند. اگر مقادیر کاپا مساوی باشد، طبقه‌بندی کاملاً صحیح می‌باشد و اگر مساوی صفر باشد، طبقه‌بندی تصادفی بوده و مقادیر منفی به معنی ضعف طبقه‌بندی است. برای به دست آوردن کاپا، اقدام به برداشت نمونه‌های واقعی از منطقه، با استفاده از دستگاه GPS شده است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده بیش از ۹۰ درصد ضریب کاپا می‌باشند که نشان‌دهنده تصادفی نبودن نمونه‌برداری‌ها است.

محدوده مورد مطالعه

بناب یکی از شهرهای مهم و بزرگ استان آذربایجان شرقی و مرکز اداری شهرستان بناب است (شکل شماره ۱). این شهر در کنار رودخانه صوفی‌چای و در دامنه جنوبی کوه سهند قرار دارد. بناب با جمعیت ۱۳۴,۸۹۲ نفر در سال ۱۳۹۵، ششمین شهر بزرگ و پرجمعیت استان به شمار می‌رود. این شهر در فاصله ۱۲۰ کیلومتری جنوب غربی تبریز واقع شده و

از شمال با شهرستان عجب‌شیر، از غرب با دریاچه ارومیه، از شرق با شهرستان مراغه، از جنوب شرقی با ملکان، و از جنوب غربی با استان آذربایجان غربی هم‌مرز است. بناب در دشت بناب، که ادامه دشت مراغه است، قرار گرفته و رودخانه صوفی‌چای که از دامنه‌های سه‌پند در شمال مراغه سرچشمه می‌گیرد، پس از طی حدود ۱۰۰ کیلومتر از جنوب این شهر عبور می‌کند (طرح جامع شهر بناب، ۱۳۸۵: ۲). موقعیت خاص جغرافیایی این شهر نقشی کلیدی در توسعه و پیشرفت سریع آن داشته است. قرار گرفتن در مسیر راه‌های هوایی (فرودگاه سه‌پند)، زمینی (راه‌آهن تهران-تبریز)، جاده ترانزیتی (تبریز، کردستان، و آذربایجان غربی)، عبور خط انتقال گاز سراسری، کانال آبرسانی زربینه‌رود به تبریز، و استقرار واحدهای صنعتی، تحقیقاتی، فرهنگی و تولیدی، جایگاه ویژه‌ای به این شهر بخشیده است. رشد جمعیت فراتر از نرخ طبیعی و جذب مهاجران در دو دهه اخیر باعث شده که شهر بناب در محدوده خود با تغییر کاربری باغات و در خارج از محدوده، به‌ویژه در شمال شرقی و در محورهای منتهی به میاندوآب و مراغه، گسترش یابد. توسعه‌های اخیر به‌صورت شطرنجی و با تفکیک اراضی چند هکتاری برای تعاونی‌های مختلف مانند کوی لاله، کوی فرهنگیان دو، و کوی طالقانی انجام شده است. مطالعات انجام‌شده درباره روند توسعه شهر در افق طرح نشان می‌دهد که توسعه واقعی با محدوده پیشنهادی طرح مطابقت ندارد. نزدیک به ۲۰ درصد توسعه کالبدی شهر در خارج از محدوده پیشنهادی اتفاق افتاده، درحالی‌که ۴۵.۱۳ درصد از اراضی داخل محدوده همچنان بکر و ساخته نشده باقی‌مانده است (اشرفی، ۱۴۰۱: ۳۹).



شکل ۳. محدوده مورد مطالعه تحقیق

پرتال جامع علوم انسانی

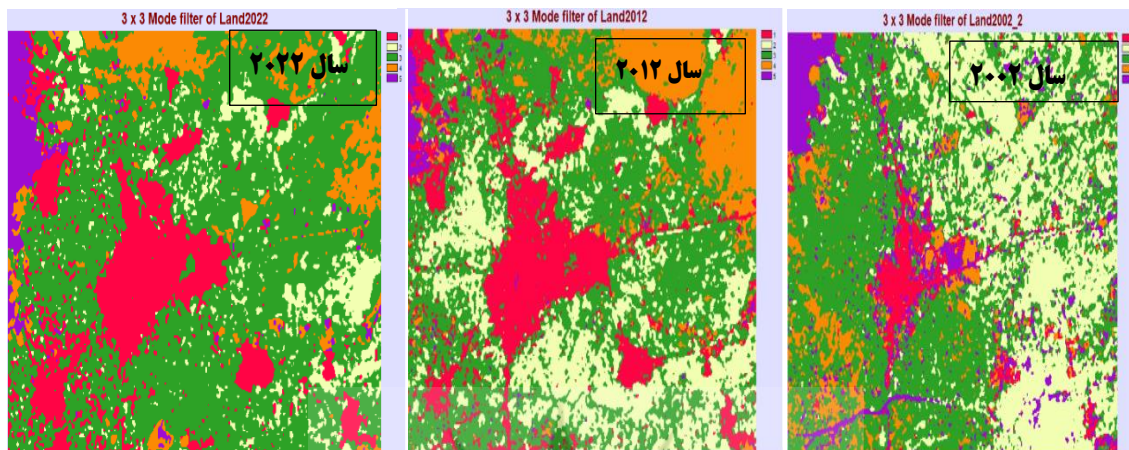
یافته‌ها

– بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر بناب بین سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲

شکل شماره ۴، نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های مدنظر را نشان می‌دهد. همچنین جدول راهنمای هر یک از کاربری‌ها در ادامه ذکر شده است.

جدول ۱. راهنمای کاربری اراضی

کد هر کاربری	عنوان هر کاربری
۱	اراضی ساخته‌شده شهری
۲	باغات
۳	اراضی کشاورزی دیم و آبی
۴	اراضی بایر
۵	اراضی ساحل دریاچه ارومیه



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی شهر بناب طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۲، ۲۰۲۲

تغییرات در کاربری اراضی پیرامونی شهر بناب

بررسی پویایی شهری در ادوار گذشته، مهم‌ترین گام در تشخیص تغییرات کاربری اراضی است. به این منظور در پژوهش حاضر، ابتدا تغییرات کاربری شهر بناب مابین سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ استخراج‌شده است.

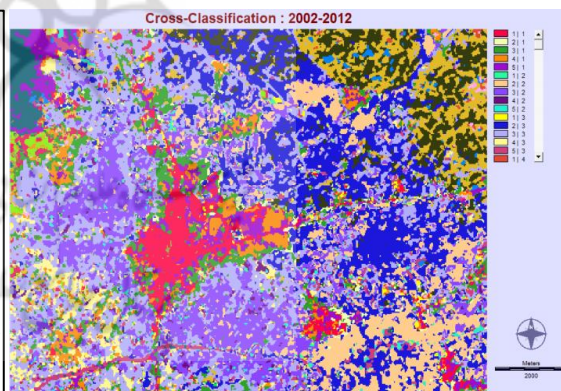
	1	2	3	4	5	Total
1	5716	1691	8695	4407	5612	26121
2	301	11955	17233	1016	1224	31729
3	1117	22755	30426	4080	3460	61838
4	432	7881	7672	525	871	17381
5	157	47	1020	641	1985	3850
Total	7723	44329	65046	10669	13152	140919

Chi Square = 44544.72266
df = 16
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.2811

Proportional Crosstabulation

	1	2	3	4	5	Total
1	0.0406	0.0120	0.0617	0.0313	0.0398	0.1854
2	0.0021	0.0848	0.1223	0.0072	0.0087	0.2252
3	0.0079	0.1615	0.2159	0.0290	0.0246	0.4388
4	0.0031	0.0559	0.0544	0.0037	0.0062	0.1233
5	0.0011	0.0003	0.0072	0.0045	0.0141	0.0273
Total	0.0548	0.3146	0.4616	0.0757	0.0933	1.0000

Overall Kappa 0.0904



جدول ۲. تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۲

شکل ۵. تغییرات کاربری اراضی بناب طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۲

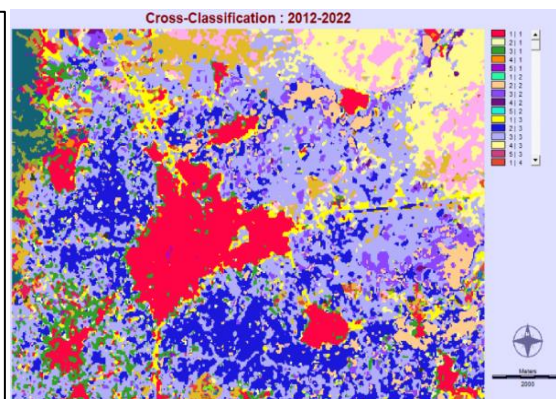
	1	2	3	4	5	Total
1	17349	1311	6894	407	374	26335
2	331	5961	5982	387	24	12685
3	6264	24244	42781	10911	382	84582
4	847	180	5329	5256	207	11819
5	1330	33	852	420	2863	5498
Total	26121	31729	61838	17381	3850	140919

Chi Square = 120317.90625
df = 16
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.4620

Proportional Crosstabulation

	1	2	3	4	5	Total
1	0.1231	0.0093	0.0489	0.0029	0.0027	0.1869
2	0.0023	0.0423	0.0424	0.0027	0.0002	0.0900
3	0.0445	0.1720	0.3036	0.0774	0.0027	0.6002
4	0.0060	0.0013	0.0378	0.0373	0.0015	0.0839
5	0.0094	0.0002	0.0068	0.0030	0.0203	0.0390
Total	0.1854	0.2252	0.4388	0.1233	0.0273	1.0000

Overall Kappa 0.2938



شکل ۶. تغییرات کاربری اراضی بناب طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۲.

جدول ۳. تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۲

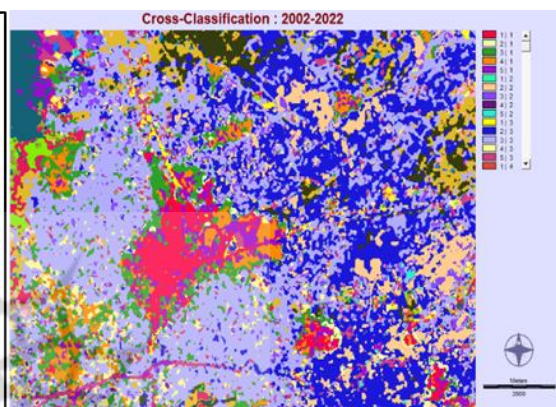
	1	2	3	4	5	Total
1	5266	1280	9697	5334	4758	26335
2	110	8216	3696	299	364	12685
3	1720	30137	44190	3603	4932	84582
4	340	4601	5866	424	580	11819
5	287	95	1597	1009	2510	5498
Total	7723	44329	65046	10669	13152	140919

Chi Square = 47781.08984
df = 16
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.2911

Proportional Crosstabulation

	1	2	3	4	5	Total
1	0.0374	0.0091	0.0688	0.0379	0.0338	0.1869
2	0.0008	0.0583	0.0262	0.0021	0.0026	0.0900
3	0.0122	0.2139	0.3136	0.0256	0.0350	0.6002
4	0.0024	0.0326	0.0416	0.0030	0.0042	0.0839
5	0.0020	0.0007	0.0113	0.0072	0.0178	0.0390
Total	0.0548	0.3146	0.4616	0.0757	0.0933	1.0000

Overall Kappa 0.1549



شکل ۷. تغییرات کاربری اراضی بناب طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲.

جدول ۴. تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲

پس از شناسایی تغییرات کاربری‌ها، پویایی شهری از این تغییرات استخراج گردید. این فرآیند با استفاده از نرم‌افزار Idrisi انجام گرفته است. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نشان می‌دهد که شهر بناب طی سال‌های موردبررسی، حدود ۱۸۳۶ هکتار گسترش یافته است. سهم هر یک از اراضی تبدیل شده به کاربری‌های شهری در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. سهم هر یک از اراضی تبدیل شده به اراضی ساخته شده طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲

۱۵۲.۱۹	باغات به اراضی کشاورزی
۷۸۲.۵۵	اراضی کشاورزی دیم و آبی به اراضی شهری
۳۹۶.۶۳	اراضی بایر به اراضی شهری
۵۰۵.۰۸	نهشته‌های نمکی و ساحلی به اراضی کشاورزی

بخش عمده گسترش فیزیکی شهر بناب در مرحله اولیه توسعه، یعنی بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲، به سمت شرق شهر رخ داده است. در این دوره، گسترش ملایمی نیز در نیمه جنوبی و جهت غربی شهر مشاهده می‌شود. با این حال، در مرحله ثانویه گسترش، پویایی شهر به سمت شمال و شمال غربی سوق یافته است. این تغییر جهت باعث شکل‌گیری محلات جدید شهری در این مناطق شده و زمینه‌ساز توسعه‌های آتی شهر در این جهتها نیز شده است. علاوه بر این، در برخی بخش‌های دیگر بافت‌های متصل به شهر نیز گسترش‌های پراکنده‌ای دیده می‌شود. عمده این توسعه‌ها

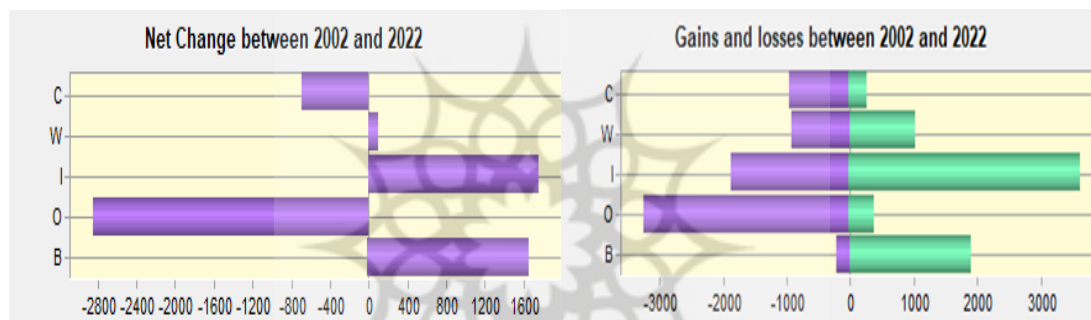
همچنان در سمت شرق و نیمه جنوبی شهر بوده، اما میزان آن نسبت به سایر جهات کمتر است. همچنین نشانه‌هایی از رشد پراکنده شهری نیز به چشم می‌خورد که نوعی ناهماهنگی را در بسیاری از قسمت‌های شهری در بر خواهد داشت.

-تغییرات خالص بین کاربری‌ها

تغییرات خالص و همچنین میزان اراضی از بین رفته و به‌دست‌آمده برای هر نوع کاربری، از جمله مهم‌ترین بررسی‌ها در مطالعات تغییرات کاربری اراضی است. اشکال زیر این دو پارامتر اصلی را در بررسی پویایی شهری نمایش می‌دهند.

جدول ۶. کد هر کاربری به تفکیک نوع

عنوان هر کاربری	کد هر کاربری
اراضی ساخته‌شده شهری	B (built-up area)
باغات	O (Orchards)
اراضی کشاورزی دیم و آبی	I (irrigated agricultural)
اراضی بایر	W (Wasted land)
اراضی ساحل دریاچه ارومیه	C (Coastal area)



شکل ۸. تغییرات خالص و میزان اراضی از بین رفته و به‌دست‌آمده برای هر نوع کاربری طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲.

بحث

بر اساس یافته‌های تحقیق، شهر بناب طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ حدود ۲۲۱۰ هکتار توسعه فیزیکی یافته که معادل رشدی ۳.۵ برابری در این دوره است. بخش عمده این گسترش به سمت شرق، به‌ویژه شمال شرقی، رخ داده است. شدت ساخت‌وسازهای شهری در این سال‌ها باعث فشار قابل‌توجهی بر بستر اکولوژیک، به‌ویژه اراضی کشاورزی شده است. گسترش فضایی شهر به‌وضوح در نیمه شرقی مشهود است و این توسعه احتمالاً منجر به پیوستگی بخش‌های شمال شرقی و جنوب شرقی شده است. بااین‌حال، شدت پویایی در این ناحیه بسیار بالاست و گسترش‌های پراکنده شهری نیز به چشم می‌خورد که نوعی ناهماهنگی در برخی مناطق شهری ایجاد کرده است.

مصادیق این موضوع را در اکثر شهرهای کشورمان شاهد هستیم: گسترش تهران از ۱۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۳۵ به ۸۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۸۵؛ ۸۰ درصد از ساخت‌وسازهای شیراز در ۵۰ سال اخیر بر روی اراضی کشاورزی انجام‌شده؛ در تبریز، طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰، حدود ۱۵۰۵ هکتار از اراضی کشاورزی به ساخت‌وسازهای شهری اختصاص‌یافته و ۳۳۶ هکتار از باغات این شهر نیز در پی گسترش شهر تخریب‌شده است. در کرج نیز تغییر کاربری بی‌رویه اراضی کشاورزی به‌طور میانگین به ۵۵۰ هکتار در سال رسیده است (حیدری، ۱۳۹۱: ۹۵). در گذشته، توسعه فیزیکی شهر بناب به‌صورت پیوسته و با محدودیت‌های طبیعی از مرکز شهر به اطراف گسترش می‌یافت. در سمت شرقی، موانع طبیعی و در سمت غرب، دریاچه ارومیه به‌عنوان عوامل محدودکننده عمل می‌کردند. بااین‌حال، در دهه‌های

اخیر، افزایش جمعیت و مهاجرت از روستاها به شهر بار جمعیتی شدیدی را به این شهر تحمیل کرده و توسعه فیزیکی وسیع‌تری را ضروری ساخته است. این توسعه عمدتاً بدون برنامه‌ریزی بوده و در جهاتی انجام گرفته است که فاقد ارزیابی‌های جغرافیایی و اکولوژیکی بوده‌اند. ساخت‌وساز در پهنه‌های ذکرشده در شهر بناب در سال‌های اخیر موجب برخی از خسارت‌ها و خطرات جدی در محیط‌زیست منطقه شده است. تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های اخیر، شهر را بر روی خاک‌هایی قرار داده است که برای کاربری‌های دیگری نظیر تولید غذا، فیبر، جنگل و تالاب‌ها و ... مناسب‌تر هستند. از آنجایی که تولید مواد غذایی یکی از اصول اساسی بقا است، حفظ اراضی کشاورزی درجه یک، حتی در مواقعی که تقاضای فعلی به مواد غذایی این ضرورت را الزام نکند، باید در اولویت قرار گیرد. کیفیت خاک‌های محدوده اطراف شهر بناب نیز به دلیل ورود حجم زیادی از زباله‌ها و فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، به‌ویژه صنایع آلاینده مستقر در مسیر جاده تبریز، به شدت کاهش یافته و دچار آلودگی و ناسالمی جدی شده است. حفظ و احیای این خاک‌ها نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و اقدامات پیشگیرانه فوری است. با توجه به این که شبکه فاضلاب شهری در مناطق پیرامونی شهر بناب و نواحی با ساخت‌وسازهای غیرمجاز به‌طور کامل گسترش نیافته است؛ جمع‌آوری فاضلاب در این مناطق اغلب از طریق چاه‌های سپتیک صورت می‌گیرد. این امر موجب نفوذ تدریجی فاضلاب به آب‌های زیرزمینی و آلودگی این منابع حیاتی می‌شود. علاوه بر این، شیرابه زباله‌هایی که به‌صورت غیراصولی دفع می‌گردند، به عمق مسئله افزوده و علاوه بر تهدید سلامت عمومی، به تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی انجامیده است. محل دفن زباله در بناب، که حدود ۱۵ هکتار وسعت دارد، در فاصله ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی منطقه گردشگری قره‌قشون قرار گرفته است. روزانه حدود ۱۳۰ تن زباله در شهر بناب و مناطق اطراف تولید می‌شود که ۷۵ درصد آن زباله‌تر و ۲۵ درصد دیگر زباله خشک است. سرانه تولید زباله در شهرستان بناب ۹۵۰ گرم برآورد شده است (ایرنا، ۱۳۹۹).

از دیگر منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی در این منطقه، می‌توان به نفوذ عناصر و فلزات سنگین ناشی از سموم دفع آفات نباتی و کودهای شیمیایی اشاره کرد که به لایه‌های زیرین خاک رسوخ می‌کنند. از سوی دیگر، بیش از ۸۵ درصد بارش‌های جوی در مناطق شهری به تغذیه منابع آب زیرزمینی کمک نمی‌کنند. در مناطق شهری، حجم آب‌های زیرزمینی به مراتب کمتر از مناطق غیرشهری است؛ زیرا به جای نفوذ آرام و طبیعی باران به درون خاک و فرآیند تصفیه طبیعی، آب باران به سیلاب‌های شهری تبدیل می‌شود. این جریان‌های سریع نه تنها موجب فرسایش خاک و انسداد نهرها می‌شوند، بلکه به تخریب تنوع زیستی و اختلال در سیستم‌های طبیعی تصفیه آب (خودپالایی) نیز می‌انجامند (محمدزاده، ۱۳۸۶: ۱۰۶). مراکز صنعتی بناب عمدتاً در امتداد جاده تبریز و در مجاورت شهر شکل گرفته‌اند. آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و انتشار گازهای خروجی این صنایع به‌وضوح در منطقه قابل مشاهده است. نیروگاه حرارتی بناب و مجتمع فولاد بناب از بزرگ‌ترین منابع آلاینده هوا در این ناحیه محسوب می‌شوند. علاوه بر این، پساب‌های صنعتی این مراکز به آبخوان بناب-مراغه، که از منابع زیرزمینی ارزشمند منطقه به شمار می‌آید؛ وارد می‌شود. توسعه شهرنشینی و ساخت‌وسازهای مرتبط، موجب انتشار گردوغبار، دی‌اکسید کربن (CO_2) و سایر گازهای آلاینده در هوا شده است.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به بررسی تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهر بناب و تحلیل وضعیت منابع زیست‌محیطی این منطقه، همراه با تهدیدها و آسیب‌های پیش روی آن پرداخته است. تغییرات کاربری اراضی، به‌ویژه در جوامعی که با رشد شتابان شهری روبه‌رو هستند، یکی از مسائل اساسی زیست‌محیطی در جهان امروز به شمار می‌آید. این تغییرات، همگام با گسترش بی‌رویه شهرها به سوی نواحی پیرامونی، مشکلات زیست‌محیطی متعددی را به وجود آورده است. پژوهش حاضر

نیز این مسئله را در شهر بناب مورد بررسی قرار داده است. برای شناخت تغییرات کاربری اراضی شهر بناب، تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه‌های زمانی مختلف به‌عنوان داده‌های خام استفاده شده و پس از پردازش این تصاویر، با بهره‌گیری از روش‌های بررسی تغییرات کاربری، میزان گسترش شهری در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ استخراج شده است. پردازش تصاویر و تحلیل تغییرات فیزیکی شهر با استفاده از نرم‌افزار Idrisi انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که شهر بناب طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۲، حدود ۲۲۱۰ هکتار، معادل ۳.۵ برابر، رشد فیزیکی داشته است. بخش عمده این گسترش به سمت شرق، به‌ویژه شمال شرقی شهر، صورت گرفته و اراضی کشاورزی بیشترین تغییر کاربری را به اراضی ساخته شده شهری داشته‌اند. این روند به‌ویژه در دوره ۲۰۱۲-۲۰۲۲ تشدید شده و فشار زیادی به بستر اکولوژیکی، به‌ویژه اراضی کشاورزی، وارد کرده است. شدت گسترش فضایی شهر در نیمه شرقی قابل توجه بوده و موجب پیوستگی بخش‌های شمال شرقی و جنوب شرقی شده است. باین‌حال، رشد پراکنده شهری نیز در برخی مناطق مشاهده می‌شود که منجر به نوعی ناهماهنگی در ساختار فضایی شهر شده است. در سال‌های گذشته، توسعه فیزیکی شهر بناب عمدتاً به‌صورت پیوسته و از مرکز اصلی شهر تا موانع طبیعی آن گسترش یافته است. در سمت شرق، موانع طبیعی و در سمت غرب، دریاچه ارومیه به‌عنوان عوامل محدودکننده شهری عمل کرده‌اند. در دهه‌های اخیر، رشد جمعیت و مهاجرت‌های گسترده از روستاها به شهر، فشار جمعیتی چشمگیری به بناب وارد کرده و ضرورت توسعه فیزیکی در ابعاد گسترده‌تر را به وجود آورده است. رشد فیزیکی شهر بناب غالباً به‌صورت غیر برنامه‌ریزی شده و بدون ارزیابی‌های جغرافیایی مناسب انجام شده است. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش مالا و همکاران (۲۰۲۲) همخوانی دارد. این نویسندگان نیز بر لزوم توجه به رویکرد پایداری زیست‌محیطی در توسعه بافت‌های شهری تأکید کرده‌اند. جان ترندر و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در مطالعه خود میزان بالایی از تکه‌تکه شدن زمین‌ها ناشی از ساخت‌وسازها را شناسایی کرده‌اند که موجب ایجاد فشار بر فضای بوم‌شناختی شده است. خاریل (۲۰۱۰) نیز در مطالعه خود شناسایی کرده‌اند که بیش از یک‌سوم منابع آبی ایالات متحده آسیب‌دیده یا آلوده شده و بسیاری از گونه‌ها در معرض تهدید قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های ویلنا کریا (۲۰۱۱)، برایان و فی‌یوان (۲۰۰۷)، محمودیان نجف‌آبادی (۱۳۹۸) و حاجتی ضیایی و همکاران (۱۴۰۰) در ارتباط با اثرات شهرنشینی بر کاهش کیفیت آب، جریان آب رودخانه‌ها، افزایش سطوح غیر قابل نفوذ شهری، تخریب باغات و زمین‌های کشاورزی و ... همخوانی دارد. شناسایی آسیب‌های زیست‌محیطی توسعه شهری بی‌برنامه از این قبیل، حاوی توصیه‌هایی کاربردی برای سیاست‌گذاران و مدیران شهری است:

- در اولویت قرار دادن استراتژی‌های حفاظت و نظارت محیط‌زیست در برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین
- ضرورت بازنگری در محتوای طرح‌های توسعه شهری و مدیریت شهری بناب
- شناسایی پهنه‌های مساعد توسعه شهر و جلوگیری از ساخت‌وسازی شهری در پهنه‌های حساس اکولوژیکی
- استفاده از ابزارهای سیاستی مناسب؛ از جمله تراکم‌های تشویقی، معافیت‌های مالیاتی، ارائه تسهیلات بانکی، اصلاح سیاست‌های زمین و مسکن جهت هدایت توسعه شهر به سمت مناطق مناسب.
- ارائه آموزش‌های فرهنگی در راستای ارتقاء دانش زیست‌محیطی مدیران و مسئولین؛ جهت ارتقاء رویکرد اکولوژیکی در تصمیمات و برنامه‌های مدیران شهری
- التزام مدیریت شهری در ارائه آموزش‌های فرهنگی جهت ارتقاء آگاهی‌های زیست‌محیطی به شهروندان در زمینه آسیب‌های زیست‌محیطی توسعه شهری
- ایجاد بستر مناسب جهت تعامل مردم و شهرداری‌ها؛
- ممانعت از تغییر کاربری اراضی بی‌رویه در پهنه‌های نامناسب شهر و خارج از محدوده قانونی شهر؛

- نظارت دقیق مدیران و مسئولین شهری جهت جلوگیری از ساخت‌وسازهای غیرمجاز در منطقه؛
- برخورد قانونی با افراد متخلف در جهت حفظ حقوق شهروندی؛
- استفاده از زمین و فضا، به‌عنوان یک منبع عمومی، حیاتی و ثروت همگانی تحت برنامه‌ریزی اصولی

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمامی 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 همه‌کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که ارزیابی کیفیت مقاله را انجام دادند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- اشرفی، حامد. (۱۴۰۱). *ارزیابی اثرات توسعه اقلی شهرها بر تغییرات کاربری اراضی پیرامونی شهرها* (مطالعه موردی: شهر بناب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری به راهنمایی دکتر منیژه لاله پور، دانشگاه مراغه.
- بیدل، حامد؛ احمدی زاده، سعیدرضا؛ طیبی، جواد و غلامعلی فرد، مهدی. (۱۴۰۲). مدل‌سازی توسعه شهری با الگوریتم بهینه یابی گرگ خاکستری و تغییر کاربری نواحی پیرامونی شهر مشهد. *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، ۴ (۴۶)، ۳۸-۲۱. doi:10.61186/serd.12.46.21
- حاجتی ضیابری، نیما؛ صمدزاده، رسول و نظم فر، حسین. (۱۴۰۰). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی خزش شهری در روند توسعه شهر (مطالعه موردی: شهر رشت). *فصلنامه مطالعات ساختار و کارکرد شهری*، ۸ (۲۶)، ۵۵-۳۰. doi: 10.22080/usfs.2021.3117
- حسینی، مهدی؛ برقچی، معصومه؛ باقرزاده، فهیمه و صیامی، قدیر. (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی گسترش بی‌رویه شهرها (مطالعه موردی: پروژه مسکن مهر - طرقله). *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۵ (۱۸)، ۵۸-۴۳.
- حسین‌آبادی، سعید و اکبری، ابراهیم. (۱۴۰۲). تحلیل تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین در مناطق شهری و پیرامون آن‌ها مطالعه موردی: شهر شاهرود. *مجله شهر پایدار*، ۶ (۳)، ۹۸-۷۹. doi: 10.22034/jsc.2024.367302.1663
- ستاری، محمدحسین؛ سرور، رحیم و مهدوی، مسعود. (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات پراکنده رویی در تغییر کاربری اراضی شهری مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران. *مجله شهر پایدار*، ۳ (۴)، ۱۲۱-۱۰۷. doi: 10.22034/jsc.2020.236729.1267
- رحیمی، علی. (۱۳۸۸). انسان، توسعه، محیط‌زیست. *نشریه کتاب ماه علوم اجتماعی*، ۲۰، ۱۱۸-۱۱۰.
- سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۳۸۰). *دانش‌های زیست‌محیطی برای همه*. تهران: سازمان حفاظت محیط‌زیست.
- سرور، هوشنگ؛ لاله پور، منیژه و خبری زاده، منصور. (۱۳۹۳). نقش عوامل محیطی در امکان‌سنجی توسعه فیزیکی بهینه شهر ملکان، *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۵ (۱۸)، ۹۵-۱۱۴.
- شمس‌الدینی، علی؛ کیانی، پریا و امیری، محمدرضا. (۱۳۹۵). تحلیلی بر قابلیت‌ها و محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهر نورآباد ممسنی، با تأکید بر شاخص‌های شهر سالم در مدل SWOT. *نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۷ (۲۶)، ۱۳۰-۱۱۳.

- فرخ زاده، بهنوش؛ گوران، نوذر و آقاییگی، سهیلا. (۱۴۰۲). مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه گهواره، استان کرمانشاه. *مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران*، ۱۱ (۲)، ۴۸-۶۲. doi: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2
- مخدوم، مجید. (۱۳۶۹). *دستورالعمل بررسی توان محیط‌زیست برای طرح‌های توسعه شهری*. تهران: وزارت مسکن و شهرسازی.
- میلر، جورج تایر. (۱۹۳۱). زیستن در محیط‌زیست. ترجمه مجید مخدوم، چاپ سیزدهم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدزاده، رحمت. (۱۳۸۶). اثرات زیست‌محیطی توسعه فیزیکی شتابان شهرها. *فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۹، ۹۳-۱۱۲.
- محمودیان نجف‌آبادی، میثم و ستوهیان، فرزاد. (۱۳۹۸). پیامدهای زیست‌محیطی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی پیرامون شهرها (مطالعه موردی: شهر خمام). *چهارمین کنگره بین‌المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست ایران، تبریز*. ۷-۱.
- ولی پور، کامران؛ رضوانی، علی اصغر و پیری، سعید. (۱۴۰۰). تحلیلی بر اثرات توسعه فیزیکی شهرها بر آینده محیط‌زیست شهری (مطالعه موردی: شهر جدید پرند). *فصلنامه آینده‌پژوهی شهری*، ۱، ۲۰-۱. doi: 10.30495/uf.2021.683866

References

- Ashrafi, H. (2022). *Evaluation of the effects of the horizontal development of cities on land use changes around the cities (case study: Benab city)*. Master's thesis in geography and urban planning under the guidance of Dr. Manijeh Lalepour, University of Maragheh. [In Persian].
- Bidel, H., Ahmadzadeh, S., Tayibi, J., & Gholam, A. M. (2023). Modeling urban development with gray wolf optimization algorithm and changing the use of peripheral areas of Mashhad city. *Space Economy and Rural Development Quarterly*, 4 (46), 21-38. doi:10.61186/serd.12.46.21. [In Persian].
- Carpio, O.V. D., & Fath, B. (2011). Assessing the environmental impacts of urban growth using land use/land cover, water quality and health indicators: A Case Study of Arequipa, Peru. *American Journal of Environmental Sciences*, 7 (2), 90-101.
- Environmental Protection Organization. (2001). *Environmental knowledge for everyone*. Tehran: Environmental Protection Organization.. [In Persian]
- Farokhzadeh, B., Goran, N., & Aghabeigi, S. (2023). Modeling Land Use Change Trends in the Gahvareh Region, Kermanshah Province. *Journal of Rainwater Harvesting Systems*, 11(2), 48-62. doi: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2
- Farokhzadeh, B., Goran, N., & Aghabeigi, S. (2023). Modeling Land Use Change Trends in the Gahvareh Region, Kermanshah Province. *Iranian Journal of Rainwater Harvesting Systems*, 11(2), 48-62. doi: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2. [In Persian]
- Gholami, A., Yongqiang, Y., Sadoddin, A., & Zhang, W. (2021). Soil Organic Carbon Stock Changes in Response to Land-use Changes in Iran. *Journal Of Range Land Science*, 11 (3), 247-268.
- Hosseini, M., Baraghchi, M., Bagherzadeh, F., & Siami, Q. (2014). Assessment of the environmental effects of the uncontrolled expansion of cities (case study: Mehr-Tarqabeh housing project). *Regional Planning Quarterly*, 5 (18), 58-43.[In Persian].
- Hosseinabadi, S., & Akbari, E. (2023). Analysis of Land Use and Landscape Changes in Urban Areas and Their Surroundings: Case Study of Shahroud City. *Journal of Sustainable City*, 6(3), 79-98. doi: 10.22034/jsc.2024.367302.1663. [In Persian]
- Hajti Ziabari, N., Samadzadeh, R., & Nazmfar, H. (2021). Evaluation of the environmental effects of urban creep in the process of city development (case study: Rasht city). *Journal of Urban Structure and Function Studies*, 8 (26), 55-30. doi: 10.22080/usfs.2021.3117. [In Persian]
- Kharel, G. (2010). *Impacts of urbanization of environmental resource: A land use planning perspective*. Master's thesis. Supervising Professor: Ardeshir Anjomani. The University of Texas at Arlington.
- Khanh Linh, L.H., Pham, T.G., Pham, T.H., Minh Tran, Ch.T. & Nguyen, T.Q. (2024). Land-Use and Land-Cover Changes and Urban Expansion in Central Vietnam: A Case Study in Hue City. *Journal of Urban Science*, 8 (242), 2-14. https://doi.org/10.3390/urbansci8040242.

- Malah, A., Bahi, H., Radoine, H., & Maanan Mastouri, H. (2022). Assessment of urban environmental quality: A case study of Casablanca, Morocco. *International Conference Geospatial Asia-Europe 2021 and GeoAdvances*, 5–6 October. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W3-2021-205-2022>.
- Mahmoudian, N. M., & Sotohian, F. (2018). Environmental consequences of agricultural land use changes around cities (case study: Khammam city). *4th International Congress of Agricultural Development, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz*. 1-7. [In Persian].
- Makhdoom, M. (1990). *Guidelines for environmental assessment for urban development plans*. Tehran: Ministry of Housing and Urban Development. [In Persian]
- Miller, G. T. (1931). *Living in the environment*. Translated by Majid Makhdoom, 13th edition. 2013. Tehran University Publications. [In Persian]
- Mohammadzadeh, R. (2007). Investigating the environmental effects of rapid physical development of cities. *Regional Geography and Development Quarterly*, 9, 93-112. [In Persian]
- Rahimi, A. (2008). Man, Development, Environment. *Monthly Book of Social Sciences*, No. 20. 110-118. [In Persian]
- Rahnama, M.R. (2021). Simulation of land use land cover change in Melbourne metropolitan area from 2014 to 2030: using multilayer perceptron neural networks and Markov chain model. *Australian Planner*, 57, 36-49. <https://doi.org/10.1080/07293682.2021.1920994>
- Shams Adini, A., Kayani, P., & Amiri, M. (2016). An analysis of the capabilities and limitations of the physical development of Noorabad Mamsani city, with an emphasis on the indicators of a healthy city in the SWOT model. *Journal of Urban Research and Planning*, 7 (26). 113-130. [In Persian]
- Satari, M., Sarvar, R., & Mahdavi, M. (2020). Assessment of the Effects of Urban Sprawl on Land Use Change: Case Study of Tehran Metropolis. *Journal of Sustainable City*, 3(4), 107–121. doi: 10.22034/jsc.2020.236729.1267 [In Persian]
- Sarvar, H., Lalepur, M., & Khairizadeh, M. (2013). The role of environmental factors in the feasibility of optimal physical development of Malekan city. *Journal of Urban Planning and Research*, 5 (18), 95-114. [In Persian].
- Trinder, J. (2020). Assessing environmental impact of urban growth using remote sensing. *The journal of Geo-Spatial Information Science*. <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1710438>.
- Yuan, F. (2007). Urban expansion and its environmental impact analysis using resolution remote sensing data: case study in the greater Mankato area. *asprs 2007 annual conferece, Tampa, Florida*, May 7-11.
- Valipour, K., Rizvani, A., & Piri, S. (2021). An analysis of the effects of the physical development of cities on the future of the urban environment (case study: New Parand city). *Urban future research quarterly*, 1, 1-20. doi: 10.30495/uf.2021.683866. [In Persian]