



Analyzing Peri-Urban Settlement Growth in the Southern Fringe of Tehran Metropolitan Area Using Global and Local Spatial Data Mining

Soraya Rostami ¹, Babak Mirbagheri  ², Ali Akbar Matkan ³

1- M.Sc., Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2- Assistant Prof., Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3- Prof., Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Received:
23 May 2025

Received in revised form:
08 August 2025

Accepted:
14 August 2025

Published Date:
27 October 2025

pp.179-210

Keywords:

Spatial data mining,
Association rules,
Peri-Urban settlement,
Land use change,
Local analysis.


ABSTRACT

The growth of settlements and infrastructure in peri-urban areas is a consequence of uneven national development, rapid urbanization, and the convergence of population and activities in metropolitan regions. However, at the local scale, divergent forces driven by increasing demand for land and space have led to the degradation of natural landscapes and changes in land cover and use. In this study, Landsat satellite data were used to detect land use and cover changes from 2001 to 2021 in the southern urban fringe of Tehran. Subsequently, association rule mining was applied to derive rules governing the expansion of built-up areas during this period at both global (entire area) and local (county-level) scales. The analysis incorporated criteria such as "land use type in 2001," "distance from urban and rural settlements," "distance from industrial zones," and "distance from roadways." The results revealed a decline in agricultural land and a significant increase in built-up areas, with notable spatial connectivity by 2021. The derived association rules indicated that lands adjacent to existing built-up areas and main roads in 2001 were more likely to undergo land use change, with higher confidence values. A comparison of the global and local rules showed that the overlap between the global and those of Shahriar, Rey, and Robat Karim counties exceeds 50%, while it is less than 50% for Islamshahr, Shahr-e Qods, and Baharestan counties.

Corresponding author (Email: b_mirbagheri@sbu.ac.ir)

Cite this article:

Rostami, S., Mirbagheri, B., Matkan, A. (2025). Analyzing Peri-Urban Settlement Growth in the Southern Fringe of Tehran Metropolitan Area Using Global and Local Spatial Data Mining. *Journal of Urban Peripheral Development*, 7(3), 179-210.

 <http://doi.org/10.22034/jpud.2025.525245.1346>



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

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

Extended Abstract

Introduction

Spatial data mining is an effective method and tool for extracting information and discovering knowledge from large spatial databases, serving as a crucial foundation for informed decision-making and sustainable urban planning and management. The present study aims to uncover spatial patterns related to the growth of peri-urban areas in the metropolis of Tehran. Metropolises are essentially the product of uneven development and the convergent flow of power concentration, capital accumulation, and the densification of population and activities at national and regional scales. As the converging trends of population and activity growth intensify, the demand for land and space also increases. The rising demand to supply land for the growing population and activities has led to a divergence in the redistribution of population and activities at the local scale and in the peripheries of metropolises. This trend fosters conditions for dispersed growth and fragmented expansion of peri-urban areas. Urban and rural settlements, as well as built-up spaces located in the southern urban fringe of Tehran, have also developed within this broader framework. The present research revolves around two main topics:

1. Detecting land-use changes between 2001 and 2021
2. Analyzing the growth of built-up spaces in the southern periphery of Tehran through spatial data mining and employing global and local spatial association rule.

Methodology

The present study adopts a quantitative approach within its macro-methodological framework. It is an applied study in terms of its purpose and descriptive-analytical in terms of its methodology. The primary data used in this research include demographic data from the Statistical Center of Iran, existing administrative division maps, 1:25,000 topographic maps, online maps from OpenStreetMap (OSM), as well as images from the TM, ETM⁺, and OLI sensors of the Landsat satellite for the years 2001 and 2021. Initially, within the Google Earth Engine platform and using the

Random Forest algorithm, satellite images were classified to prepare land use and land cover maps for each year. The extraction of association rules was based on the Apriori algorithm. The Apriori algorithm extract association rules through two stages: "identifying a set of frequent items" and "determining the relationships between the identified frequent items." In this study, the Apriori algorithm was used to extract association rules at both a global scale for the entire study area and a local scale (counties within the study area). The variables used in this analysis include:

- Distance from built-up areas in urban and rural zones
- Distance from main roads leading to settlements
- Distance from industrial land uses and workshop complexes, and
- Land use type (agricultural/barren) in 2001.

Then, a potential (probability) map of urban built-up area expansion was generated using the derived association rules and confidence values of land use change susceptibility between 2001 and 2021. This map illustrates the confidence values with which land use changes followed the trend of conversion to built-up areas during the 2001–2021 period.

Results and Discussion

The land use and land cover maps produced over the 20-year study period indicate that 270.8 square kilometers have been added to urban, rural, and industrial built-up areas, with their share of the total area increasing from 2.3% in 2001 to 11.5% in 2021. Association rules also reveal that distance from urban built-up areas played the most significant role in land use changes. Within a 100-meter distance from urban built-up areas, the likelihood of land use change was considerably higher in the counties of Shahriar, Robat Karim, Rey, Qods, Eslamshahr, and Baharestan (confidence values: 85% to 97%). In contrast, association rules indicate that in most counties beyond 900 meters, the probability of no land use change increases (confidence values: 55% to 91%). Additionally, the research findings show an inverse relationship between distance from roads and land use change,

with the probability of change increasing as the distance decreases. Accordingly, lands near roads (within 100 meters) are more likely to undergo land use change (confidence: 65% to 88%) and this probability decreases with greater distance. As a result, lands far from roads (beyond 900 meters) in Rey, Shahriar, and Robat Karim counties have a very high likelihood (confidence: 82% to 94%) of not being subject to land use change. The maps generated based on global association rules related to the expansion of built-up areas over the 20-year period (2001–2021) show that lands with medium confidence (0.407 to 0.763) and high confidence (0.764 to 0.968) were more susceptible to land use change. A comparison of association rules on a global and local scale also showed that the counties of Shahriar, Shahr-e Rey, and Robat Karim shared more than 50% of their rules with global rules, while in the three counties of Islamshahr, Qods, and Baharestan, the common rules with global rules were less than 50%.

Conclusion

The final results of land use change detection between 2001 and 2021 reveal that built-up areas have significantly expanded and exhibit an increasing tendency toward spatial continuity. Additionally, association rules related to land use changes from 2001 to 2021 highlight the capabilities of data mining techniques in analyzing land use changes at both global and local scales. Moreover, the extracted rules indicate that proximity to urban built-up areas and road networks significantly increases the

likelihood of land use change. These changes reflect the degradation of ecological infrastructures, particularly agricultural and orchard lands in the southern periphery of Tehran, which serve as a key component of the suburban ecosystem. The continuation and intensification of this urban expansion trend in the southern buffer zone of Tehran could signal the formation of a continuous urban expanse, especially in the northern part of the study area, merging with Tehran's urban fabric. This reality must be taken as a serious warning, necessitating strict monitoring and regulation of construction activities in the region.

Funding

According to the responsible author, this article has no financial 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. The authors are sincerely grateful to the participants who took part in the study.

تحلیل رشد سکونتگاه‌های پیراشهری بخش جنوبی حریم کلان‌شهر تهران مبتنی بر داده‌های مکانی فراگیر و محلی

ثریا رستمی^۱، بابک میرباقری^۲، علی اکبر متکان^۳

۱. کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS، مرکز مطالعات سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استادیار مرکز مطالعات سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. استاد مرکز مطالعات سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

رشد سکونتگاه‌ها و زیرساخت‌های پیرامون کلان‌شهرها پیامد توسعه ناموزون ملی، شهری شدن سریع و همگرایی جریان جمعیت و فعالیت به سمت این گونه شهرها است. اما در مقیاس محلی، نیروهای واگرایی ناشی از تقاضای فزاینده برای زمین و فضا، زمینه تخریب چشم‌اندازهای طبیعی و تغییر پوشش و کاربری اراضی را فراهم می‌کنند. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از داده‌های ماهواره لندست به آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در حریم جنوبی تهران پرداخته شد. سپس با استخراج قوانین انجمنی به‌عنوان یکی از روش‌های داده‌کاوی، قوانین مربوط به رشد فضاهای ساخته‌شده در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در مقیاس‌های فراگیر (کل منطقه) و محلی (شهرستان‌های منطقه) به دست آمد. در این تحلیل از معیارهای "نوع کاربری در سال ۱۳۸۰"، "فاصله از سکونتگاه‌های شهری و روستایی"، "فاصله از کاربری‌های صنعتی"، "فاصله از معابر" استفاده شده است. نتایج آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش، بیانگر کاهش اراضی کشاورزی و افزایش سطح فضاهای ساخته‌شده و نیز پیوستگی قابل توجه آن‌ها در سال ۱۴۰۰ است. قوانین انجمنی مربوط به رشد فضاهای ساخته‌شده نیز نشان داد اراضی مجاور فضاهای ساخته‌شده و راه‌های اصلی در سال ۱۳۸۰ با میزان اطمینان بیشتری در معرض تغییر قرار گرفته‌اند. مقایسه قوانین استخراج‌شده فراگیر و محلی نشان داد میزان اشتراک قوانین فراگیر با قوانین شهرستان‌های شهریار، شهرری و رباط کریم بالای ۵۰ درصد و در شهرستان‌های اسلامشهر، شهرقدس و بهارستان کمتر از ۵۰٪ است.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۳/۰۲

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۵/۲۳

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۸/۰۵

صص. ۲۱۰-۱۷۹

واژگان کلیدی:

داده‌های مکانی، قوانین انجمنی، فضاهای پیراشهری، تغییر کاربری اراضی، حریم جنوبی کلان‌شهر تهران.

نویسنده مسئول (رایانامه: b_mirbagheri@sbu.ac.ir)

ارجاع به مقاله: رستمی، ثریا؛ میرباقری، بابک؛ متکان، علی اکبر. (۱۴۰۴). تحلیل عوامل مؤثر در تغییر کاربری اراضی کشاورزی به تفریحی - گردشگری در روستاهای پیراشهری رشت. مجله توسعه فضاهای پیراشهری، ۷(۳)، ۲۱۰-۱۷۹.

doi <http://doi.org/10.22034/jpusd.2025.525245.1346>

مقدمه

ظهور کلان‌شهرها و رشد مجموعه‌های سکونتگاهی پیرامون آن‌ها از جمله بازتاب‌های فضایی فرایند شهری شدن به شمار می‌روند. این گونه شهرها به‌عنوان بزرگ‌ترین کانون‌های تراکم جمعیت و فعالیت در مقیاس‌های سرزمینی و منطقه‌ای، تابع عملکرد نیروهای همگرا و واگرا در مقیاس ملی و محلی هستند. این روند به‌طور مشخص با استفاده از نظریه نیروهای مرکزگرا و مرکزگریز^۱ در رشد شهری قابل تبیین است که از دهه ۱۹۳۰ توسط چالز سی کولبی^۲ وارد مطالعات جغرافیایی شد (Krzysztofik, 2016). در مقیاس کلان و در اثر نیروهای مرکزگرا و عواملی چون نزدیکی به بازارها، فراهم بودن زیرساخت‌های فیزیکی مصنوع، دسترسی به شبکه‌ها و امکانات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و غیره سبب سرازیر شدن جریان سرمایه و جمعیت به سمت مادر شهرها و کلان‌شهرهای منطقه‌ای و ملی می‌شوند. اما نیروهای مرکزگریز عملکردی واگرا داشته و زمینه رشد سکونتگاه‌ها و زیرساخت‌های مربوط را در آن سوی مرزهای مادر شهرها و کلان‌شهرها شکل می‌دهند. عواملی چون منطقه بندی‌های جدید صنعتی و گسترش پهنه‌های صنعتی و توسعه کارخانه‌ها در خارج از محدوده شهر، افزایش قیمت زمین و اجاره‌ها در شهر مرکزی و توسعه شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌های حمل‌ونقل و غیره سبب رشد شهر در فراسوی مرزهای آن و فضاهای پیراشهری می‌شوند (Martin & Grodach, 2022). در اغلب کشورهای در حال توسعه، رشد شهرها به دنبال افزایش شدید جمعیت، افزایش مهاجرت روستاییان و شهری شدن شتابان رخ داده است. به دنبال شهری شدن شتابان و رشد سریع جمعیت شهرها، تقاضا برای توسعه کاربری‌های شهری افزایش می‌یابد، در نتیجه شهر شروع به رشد و گسترش عمودی و افقی می‌کند (مسعودی، ۱۳۸۹). رشد افقی شهرها در بیشتر موارد به هرگونه تغییر کاربری اراضی غیرشهری به اراضی شهری تعبیر می‌شود. در خلال این نوع رشد، گسترش شهر و ایجاد زیرساخت‌های مربوط به شهر چشم‌اندازهای محیطی را دگرگون می‌سازد (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۷). این جریان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با سرعتی چشمگیر و به شکلی اغلب ناموزون در حال وقوع است. در نتیجه شهرها به‌صورت بی‌رویه و بی‌برنامه شروع به گسترش فیزیکی می‌کنند. این رشد و گسترش بی‌برنامه منجر به مشکلات عدیده‌ای از جمله تخریب اراضی کشاورزی و از بین رفتن باغات در مناطق پیراشهری می‌شود. پیامد این روند موجب برهم خوردن تعادل زیست‌محیطی و به مخاطره افتادن توسعه پایدار است، زیرا اراضی کشاورزی و باغات یکی از ارکان اصلی زیرساخت‌های اکولوژیک محسوب می‌شوند که خدمات اکوسیستمی گوناگونی را به جوامع انسانی ارائه می‌دهند (Rasmussen et al, 2021).

با توجه به شرایط ویژه ژئوهیدروکلیمایی در عرصه فلات ایران و واقع شدن آن بر روی کمربند بیابانی کره زمین، کوهستان‌های بلند به‌ویژه رشته‌کوه‌های بلند و گسترده البرز و زاگرس، دریای مازندران و ...، سبب تعدیل شرایط آب و هوایی و فراهم شدن شرایط زیست در دشت‌های پایکوهی، دشت‌های میانکوهی و جلگه‌ها شده است. از این رو به‌حکم طبیعت و به‌طور تاریخی اغلب نقاط شهری و روستایی ایران در اراضی حاصلخیز کوهپایه‌ها، دشت‌های میانکوهی و جلگه‌ها استقرار یافته‌اند (یوسفی‌فر، ۱۳۹۸؛ خیرآبادی، ۱۳۷۶؛ رهنمایی، ۱۳۷۱). بنابراین

1 - centripetal and centrifugal forces
2 - Charles C. Colby

هرگونه گسترش شهری بی‌رویه می‌تواند زمینه را برای تخریب اکوسیستم‌های کشاورزی پیرامون شهرها فراهم کند. لذا تحقیق در این زمینه به‌ویژه با استفاده از فناوری‌ها و فنون نوین امری ضروری است؛ از این رو تحقیق در مورد ابعاد رشد کالبدی سکونتگاه‌های حریم جنوبی تهران با استفاده از قوانین انجمنی داده‌کاوی مورد توجه تحقیق حاضر قرار گرفت.

به‌طور کلی به کارگیری قوانین انجمنی برای شناسایی الگوهای رشد سکونتگاه‌ها و تحلیل فضایی در این حوزه به‌صورت محدود بوده، ضمن اینکه در پژوهش‌های پیشین به تحلیل تلفیقی قوانین انجمنی مکان‌منا به‌صورت فراگیر و محلی پرداخته نشده است. پژوهش حاضر با تمرکز ویژه بر بخش جنوبی حریم تهران و با بهره‌گیری از داده‌کاوی مکانی در دو مقیاس فراگیر و محلی، تلاش می‌کند این شکاف را پر نماید. استفاده از تکنیک‌های نوین داده‌کاوی و تحلیل مکانی، امکان مدل‌سازی دقیق‌تر و کشف الگوهای پیچیده در روند رشد سکونتگاه‌های پیراشهری را فراهم می‌آورد. بدین ترتیب، این مطالعه علاوه بر غنی‌سازی دانش علمی در این حوزه، می‌تواند به برنامه‌ریزی‌های مؤثرتر و توسعه پایدار سکونتگاه‌های پیرامونی کلان‌شهر تهران یاری رساند.

مبانی نظری

شهری شدن به‌عنوان یک فرایند جهانی پیوسته سکونتگاه‌های انسانی اعم از شهری و روستایی را متحول و دگرگون می‌کند. رشد شهری شدن و شهرها از نظر گستردگی، سرعت و مقیاس بی‌سابقه است، به‌نحوی که می‌توان گفت شهری شدن، یکی از ابرروندهای قرن بیست‌ویکم می‌باشد (IPCC, 2014:950).

بر اساس دیدگاه نانگ و همکاران الگوی رشد شهر تابعی از چرخه‌های انتشار و ادغام است. بر این اساس در مرحله اول انتشار، رشد گسسته شهر به‌صورت پراکنده و در پیرامون شهر اصلی شروع می‌شود. اما در ادامه با رشد سکونتگاه‌های پراکنده و پیوستگی آن‌ها، فاصله میان شهر اصلی و سکونتگاه‌های پیرامونی پر شده و در بافت شهر اصلی ادغام می‌شوند. این چرخه متوقف نمی‌شود و در اثر پراکنش مجدد جمعیت و فعالیت، سکونتگاه‌های جدیدتری در فاصله دورتر ایجاد می‌شوند (Nong et al, 2018). در توسعه گسسته شهرها شبکه راه‌ها به‌عنوان بستر اصلی حمل‌ونقل، نقش مهمی در هدایت فرایند گسترش و رشد شهری دارند (Rodrigue, 2020). فرایند شهری شدن عامل کلیدی در رشد شهری و تغییر کاربری زمین است. به‌علاوه رشد و گسترش شهری رابطه مستقیمی با ویژگی‌های اجتماعی - اقتصادی و تحولات جمعیتی دارد. زیرا رشد جمعیت باعث گسترش منطقه ساخته‌شده می‌شود. مدل‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کشف تغییرات رشد شهری و قواعد حاکم بر آن وجود دارد که در تحقیق حاضر ترکیبی از مدل‌های مبتنی بر سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌کاوی مدنظر بوده است. فنون داده‌کاوی ابزارهای کارآمدی برای استخراج اطلاعات و کشف دانش از پایگاه داده‌های بزرگ هستند. تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و استخراج دانش از آن‌ها، فرصت‌های جدید و فراوانی برای تصمیم‌گیری آگاهانه و مبتنی بر دانش را در خدمت برنامه‌ریزان و مدیران برای بهبود پایداری شهری قرار می‌دهد (Biberi, 2018).

داده کاوی مکانی، فرایند پشتیبانی از تصمیم‌سازی‌ها با استفاده از استخراج دانش ضمنی (ناآشکار) با استفاده از پایگاه داده‌های مکانی آشکار است (Li et al., 2015). هدف داده کاوی مکانی، کشف الگوهای ناشناخته اما به‌طور بالقوه مفید از مجموعه داده‌های مکانی بزرگ است. استخراج الگوهای مفید از مجموعه داده‌های مکانی به دلیل پیچیدگی انواع داده‌های مکانی، روابط مکانی و خودهمبستگی مکانی، دشوارتر از استخراج الگوهای مربوط به داده‌های فاقد موقعیت جغرافیایی است (Shekhar et al., 2021). کارکرد اصلی داده کاوی مکانی استخراج دانش انتزاعی از داده‌های عینی است. زیرا داده‌های مورد استفاده یعنی داده‌های مکانی حاصل مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها از عوارض در مکان مشخص هستند. درحالی‌که دانش پنهان و ضمنی است و دانش کشف‌شده شامل الگوهای عمومی است که به‌عنوان مجموعه‌ای از قوانین و استثناها عمل می‌کنند (Wang and Li, 2015).

یکی از زیرشاخه‌های مهم علم داده کاوی، تکنیک قوانین انجمنی است که روابط و وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴). درواقع هدف از استخراج قوانین انجمنی از داده‌های مکانی، درک روابط علت و معلولی میان آن‌ها است (Pampoore-Thampi et al., 2014). بر اساس مقیاس عملیات داده کاوی، قوانین انجمنی داده کاوی مکانی را می‌توان به قوانین انجمنی داده کاوی مکانی فراگیر^۱ و محلی^۲ دسته‌بندی کرد (Cai et al., 2024). قوانین فراگیر میزان وابستگی در بین مجموعه داده کل محدوده مکانی مورد مطالعه را تحلیل می‌کنند. اما قوانین محلی وابستگی مکانی را در واحدهای مکانی درون محدوده یا زیرمجموعه‌ها را مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهند (Bivand, & Wong, 2018). هدف تحقیق حاضر تحلیل فراگیر و محلی رشد سکونتگاه‌های شهری با استفاده از قوانین انجمنی است.

آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین به‌وسیله داده‌های سنجش‌ازدور فعالیتی پویا و به نسبت پر سابقه است (جوان و همکاران، ۱۳۹۹). اما تلفیق این موضوع با داده کاوی مکانی برای کشف الگوهای مکانی - زمانی^۳ موجود در پایگاه داده‌های بزرگ (کلان‌داده‌ها) موضوعی جدید به شمار می‌رود. از این رو تحقیقات در خصوص کاربری فنون داده کاوی - علی‌الخصوص استخراج قوانین انجمنی - در تغییرات کاربری و پوشش زمین در مناطق شهری و پیراشهری چندان گسترده نیست. در این ارتباط پانیکراهی و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه تغییر پوشش و کاربری اراضی با استفاده از داده‌های مکانی - زمانی پرداخته‌اند. سپس روش‌های کمی را برای پرداختن به اکثر چالش‌ها و آماده‌سازی مجموعه داده‌های سری زمانی به گونه‌ای که مجموعه داده‌های سری زمانی حاصل با کیفیت بالا و بدون نویز در دسترس باشد، مورد بحث و پیشنهاد قرار می‌دهد. پیش‌تر پانیکراهی و همکاران (۲۰۱۷) بر اهمیت داده کاوی در مطالعات تغییرات کاربری و پوشش زمین تأکید کرده بودند، زیرا تکنیک داده کاوی با انجام پیش‌پردازش داده‌ها، چالش‌های بسیاری مانند مقادیر گمشده و اندازه‌گیری‌های با کیفیت پایین موجود در مجموعه داده‌ها را برطرف می‌کند. ژنگ و همکاران (۲۰۱۶) نیز با استفاده از داده کاوی، برخی از ویژگی‌ها و الگوهای ناشناخته مربوط به پایداری شهرهای معدنی و تغییرات کاربری آن‌ها را کشف کردند. در ایران نیز تحقیقات بسیار

1 - Spatial Data Mining

2 - Decision-Making

1-Global

۲-Local

۳ Spatio-temporal Patterns

محدودی در خصوص به کارگیری فنون داده کاوی در مطالعات تغییرات کاربری زمین در شهرها و نواحی پیرامونی آنها انجام شده است. از جمله بهاری سجهرود و طالعی (۱۴۰۰) با استفاده از روش داده کاوی و به کمک تحلیل‌های مکانی، روش قواعد انجمنی و درخت تصمیم، به استخراج الگوهای استقرار وضع موجود کاربری‌های شهری در ناحیه ۴ منطقه ۵ شهرداری تهران پرداخته و میزان تأمین استانداردها و قواعد مبتنی بر دانش کارشناسی را با وضع موجود مورد مقایسه قراردادند. همچنین زمانی و همکاران (۱۳۹۶) به ارتباط بین اطلاعات و ویژگی‌های مکانی و جمعیتی با مصرف آب در شهر اصفهان با استفاده از کاوش قوانین انجمنی پرداختند. الگوریتم مورد استفاده برای استخراج قوانین مربوط به متغیرهای مکانی - جمعیتی و میزان مصرف آب، الگوریتم Apriori می‌باشد. در نهایت نیز به ارزیابی قوانین به کمک الگوی مکانی توزیع مصرف آب خانوار و یافتن نقاط داغ مصرف پرداخته شده است. مرور ادبیات تحقیق نشان داد که داده کاوی مکانی حوزه‌ای رو به گسترش به شمار می‌رود. اگرچه بررسی ادبیات پیشین دانش ارزشمندی در اختیار قرار می‌دهد، اما هیچ کدام از تحقیقات انجام شده نمی‌توانند به‌عنوان چارچوبی جامع برای این پژوهش مورد استفاده قرار گیرند. در واقع، تحقیق حاضر با تمرکز ویژه بر کاربرد تکنیک قوانین انجمنی در داده کاوی مکانی در تحلیل رابطه بین رشد فراگیر و محلی سکونتگاه‌های شهری و تغییر کاربری اراضی، رویکردی نوآورانه را در پیش گرفته است. لذا تمرکز این پژوهش بر روی دو محور اصلی آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و استخراج قوانین انجمنی مربوط به دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ بوده است. علت تأکید بر دوره ۲۰ ساله اخیر گستردگی تغییرات کاربری و دسترسی بیشتر به داده‌های مربوط به تعریف معیارها بوده است. در ادامه به‌طور خلاصه به مفاهیم اساسی مرتبط با قوانین انجمنی پرداخته می‌شود.

قوانین انجمنی

قواعد انجمنی از جمله روش‌های داده کاوی است که به کشف قوانین وابستگی بین داده‌ها در یک پایگاه داده حجیم می‌پردازد. در این روش الگوهایی که به صورت مکرر در مجموعه داده‌ها تکرار می‌گردند، شناسایی شده و از آنها به منظور تشریح قواعد وابستگی و شناسایی روابط تکرارشونده بین متغیرهای مورد بررسی استفاده می‌شود، ضمن اینکه احتمال وقوع روندها و وقایع را نیز مشخص می‌کنند (Han et al., 2013). در واقع هدف از به کارگیری قوانین انجمنی در داده کاوی مکانی، درک روابط علت و معلولی میان متغیرهای مکانی است (Pamphore-Thampi et al., 2014). قوانین انجمنی از الگوریتم‌های گوناگونی استفاده می‌کنند. یکی از این الگوریتم‌ها که در تحقیق حاضر هم از آن استفاده شده الگوریتم Apriori است. Apriori از جمله الگوریتم‌های نظارت‌نشده و مبتنی بر یادگیری ماشین است که هدف آن استخراج قوانین از تعاملات بین عوارض و رویدادها در پایگاه داده است (Houshmand-Nanehkaran et al., 2021). این الگوریتم یک الگوریتم متداول و کلاسیک است که برای تولید قوانین انجمنی در مجموعه اقلام مکرر استفاده می‌شود و در سال ۱۹۹۳ توسط Agrawal و همکاران معرفی شده است. الگوریتم Apriori قوانین انجمنی را طی دو مرحله تولید می‌کند:

1- Apriori Algorithm

2- Minimum Support Threshold

- گام اول: شناسایی مجموعه‌ای از اقلام مهم (اقلامی که از حداقل میزان پشتیبان^۲ فراتر می‌روند)؛
- گام دوم: استفاده از اقلام شناسایی شده برای ایجاد قوانین انجمنی .
باید توجه داشت که عملکرد الگوریتم‌های کاوش قوانین انجمنی تا حد زیادی وابسته به مرحله اول فرآیند است، زیرا استخراج قوانین انجمنی پس از تعیین اقلام مهم کار نسبتاً ساده‌ای است (Houshmand-Nanehkaran et al,2021). معیارهای قوانین انجمنی شامل موارد زیر است که در ادامه به تشریح هر یک پرداخته می‌شود.

$$\text{Support}(X \rightarrow Y) = P(X \cap Y) \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

$$\text{Confidence}(X \rightarrow Y) = P(Y|X) = P(X \cap Y) / P(X) \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

$$\text{Lift}(X \rightarrow Y) = P(X \cap Y) / P(X) P(Y) \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

"معیار پشتیبان"، نسبت تعداد تراکنش‌های موردنظر محقق را به کل تراکنش‌ها در مجموعه داده‌های مورد داده کاوی بررسی می‌کند. این معیار برای سنجش تکرارپذیری شاخص‌ها و ویژگی‌های مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرد. "معیار اطمینان" در واقع میزان اطمینان از قوانین انجمنی را اندازه می‌گیرد و نسبت تراکنش ویژگی‌ها را در مرحله مقدم (X) و مرحله مؤخر (Y) نشان می‌دهد. "معیار ارتقا" نسبت اطمینان یک قانون انجمنی به احتمال وقوع اولیه آن را بررسی می‌کند. اعداد بزرگ‌تر از یک این معیار نشان‌دهنده شانس وقوع بیشتر و اعداد کوچک‌تر از یک بیانگر وابستگی منفی هستند (Houshmand-Nanehkaran et al,2021).

روش‌شناسی

تحقیق حاضر بر اساس هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی و برحسب روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی است. در این تحقیق، ابتدا داده‌ها و نقشه‌های اولیه گردآوری شده و پایگاه داده تشکیل شد. داده‌های مورد استفاده برای ایجاد پایگاه داده مذکور شامل موارد زیر است:

- تصاویر ماهواره‌ای لندست؛
 - نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰؛
 - نقشه‌های موجود در سامانه برخط OSM.
- تحلیل‌های انجام شده شامل موارد زیر بوده است:
- آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰؛
 - استخراج قوانین انجمنی مربوط به رشد فضاهای ساخته شده در دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰.

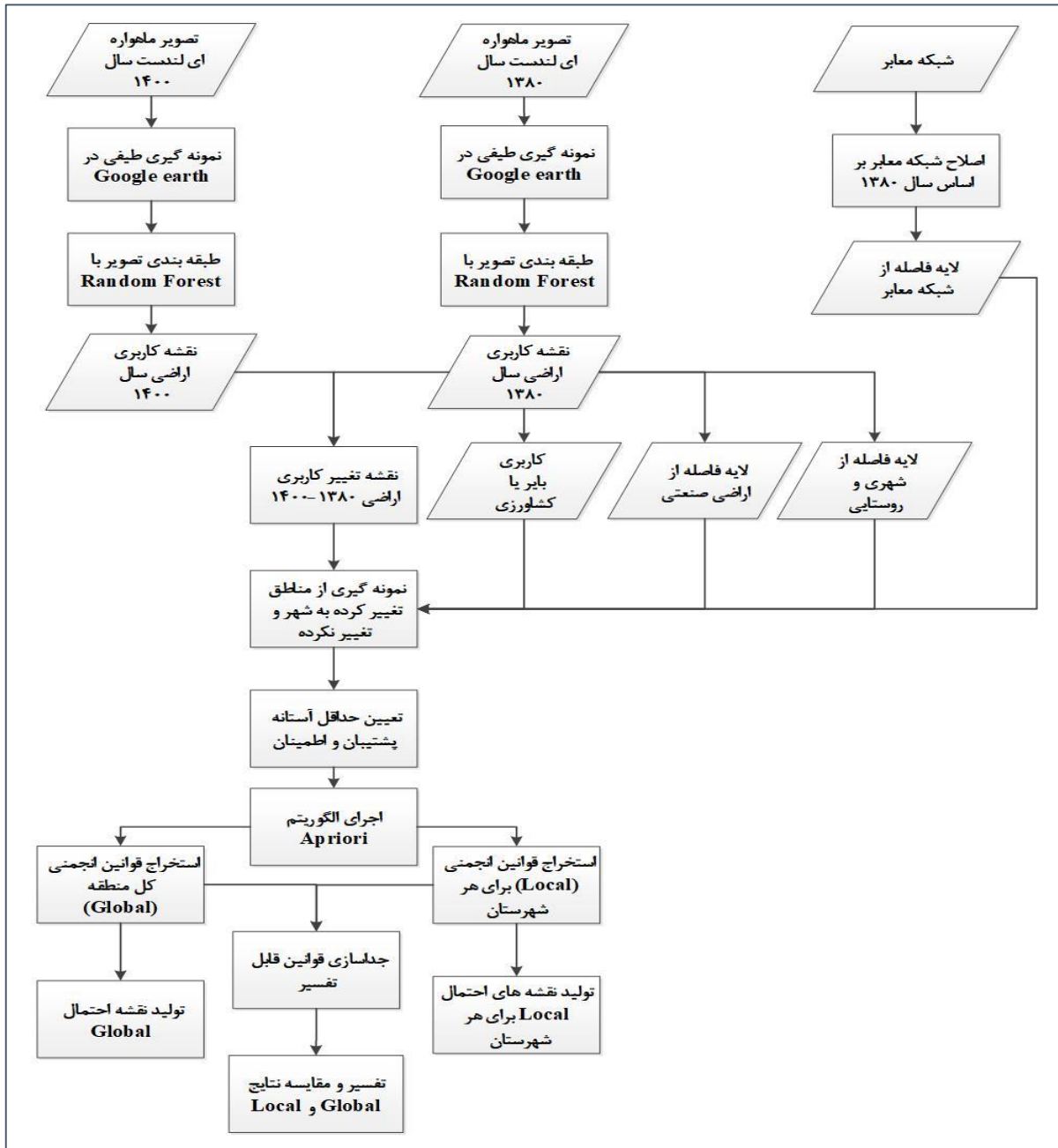
آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی: داده‌های مورد استفاده برای آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شامل پایگاه داده‌های ماهواره‌ای سنجنده‌های TM، ETM، و OLI ماهواره لندست بر روی سامانه

1- Open Street Map
2- Random Forest

Google Earth Engine از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ بوده است. تصاویر لندست با روش نظارت‌شده‌ی جنگل تصادفی^۱ (RF) طبقه‌بندی شدند. طبقات نقشه پوشش و کاربری تهیه‌شده شامل کاربری ساخته‌شده شهری و روستایی، کاربری صنعتی و کارگاهی، اراضی بایر، کشاورزی و پوشش آبی بوده است. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به دو دوره موردبررسی، با استفاده از همپوشانی لایه‌ها چگونگی تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ مشخص شده است.

استخراج قوانین انجمنی

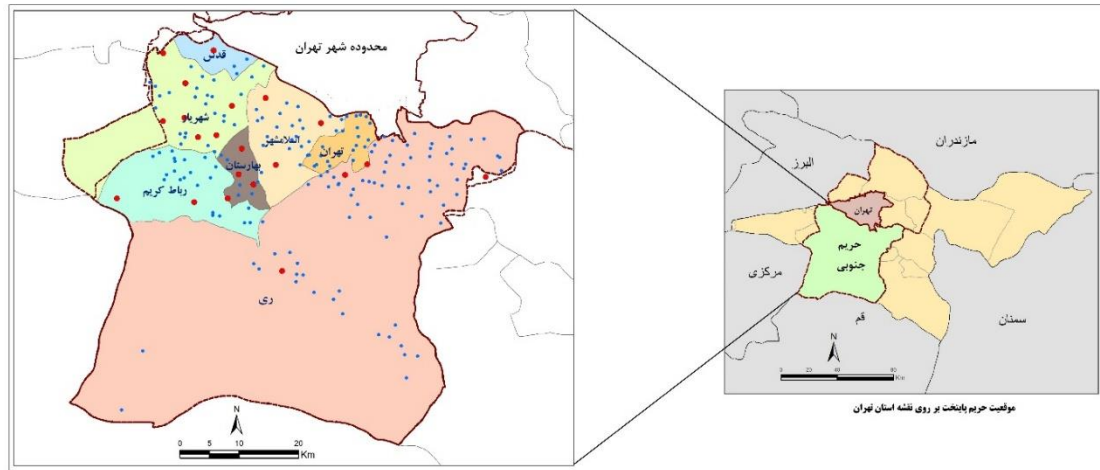
در تحقیق حاضر از الگوریتم Apriori برای استخراج قوانین انجمنی در مقیاس فراگیر برای کل محدوده مورد مطالعه (حریم جنوبی شهر تهران) و در مقیاس محلی (شهرستان‌های داخل حریم جنوبی شهر تهران) استفاده شده است. متغیرهای مورد استفاده در این تحلیل شامل "فاصله از اراضی ساخته‌شده محدوده‌های شهری و روستایی"، "فاصله از معابر اصلی منتهی به سکونتگاه‌ها"، فاصله از کاربری‌های صنعتی و مجموعه‌های کارگاهی" و "نوع کاربری (کشاورزی/بایر) در سال ۱۳۸۰" بوده است. در مرحله پایانی تحقیق حاضر، نقشه پتانسیل (احتمال) رشد محدوده‌های ساخته‌شده شهری با استفاده از قوانین انجمنی تولید شده و سطوح اطمینان استعداد تغییر کاربری در دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ تهیه شده است. این نقشه نشان می‌دهد که تغییرات کاربری در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ به فضاهای ساخته‌شده از چه میزان اطمینانی پیروی کرده است. شکل ۲ فرایند انجام پژوهش حاضر را نمایش می‌دهد.



شکل ۲. فرایند انجام پژوهش

محدوده مکانی مورد مطالعه پژوهش حاضر بخشی از محدوده پیراشهری شهر تهران است. به عبارت دیگر منطقه مورد مطالعه تحقیق شامل بخش جنوبی منطقه‌ای است که موسوم به حریم تهران است. حریم جنوبی تهران با وسعتی در حدود ۳۲۶۷ کیلومتر مربع، بین ۳۵٫۲۵ تا ۳۵٫۷۵ درجه عرض شمالی و ۵۰٫۷۵ تا ۵۱٫۷۵ درجه طول شرقی واقع شده است. این منطقه از شمال به شهر تهران، از جنوب به استان قم، از جنوب غرب بوز به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و شهرستان ملارد و از شرق به استان سمنان محدود است. این محدوده علاوه بر شهرستان‌های شهریار، رباط کریم، شهر قدس، بهارستان و اسلامشهر، بخش‌هایی از شهرستان‌های تهران و ری را نیز شامل می‌شود.

به دلیل انطباق پهنه مورد مطالعه بر دشت آبرفتی و حاصلخیز جنوب تهران و دسترسی به منابع آب سطحی (رودخانه کرج در غرب) و آب‌های زیرزمینی، این منطقه از گذشته کانون فعالیت‌های زراعی و باغی بوده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



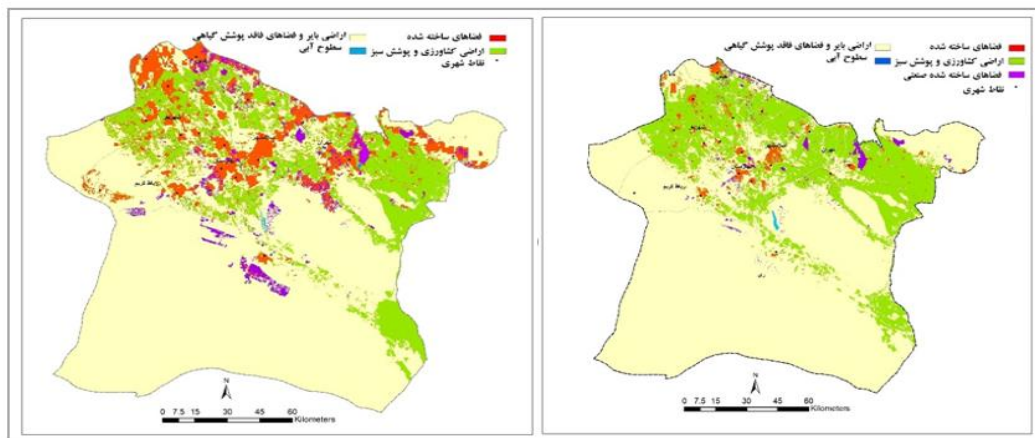
شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

در صدسال اخیر تهران به عنوان برنده جریان توسعه ناموزون حاکم بر کشور در قامت یک کلان‌شهر ظهور کرد و به سرعت تبدیل به بزرگ‌ترین کانون جمعیت و فعالیت در کشور شد. پس از دهه ۱۳۴۰ به تدریج جریان واگرایی رشد تهران آغاز و طی دهه‌های بعد از انقلاب منجر به شکل‌گیری مجموعه شهری شد (مدنی‌پور، ۱۳۸۱ و مهدی‌زاده، ۱۳۸۲). اصطلاح حریم پایتخت پس از تهیه طرح جامع دوم شهر تهران در سال ۱۳۸۶، وارد ادبیات شهری ایران شد. این حریم شامل گستره‌های جغرافیایی شمال و جنوب تهران است که از هر دو طرف به مرز این استان محدود می‌شود. منظور از حریم جنوبی شهر تهران در تحقیق حاضر، بخش جنوبی حریم پایتخت است. بخش اعظم حریم جنوبی شهر تهران از دیرباز به لحاظ زراعی و باغی به‌ویژه در بخش غربی پررونق بوده است. با شروع جریان واگرایی انتشار جمعیت و فعالیت به خارج شهر تهران، حریم جنوبی تهران آماج تغییرات کاربری شدیدی شده است. جمعیت محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۲۷۷۵۸۹۳ نفر بوده که ۸۵ درصد آن را جمعیت شهری و ۱۵ درصد آن را جمعیت روستایی تشکیل می‌دهد. بر اساس نتایج سرشماری رسمی سال ۱۳۳۵، در حریم جنوبی تهران، تنها ۱۰ نقطه شهری کوچک وجود داشت که کل جمعیت آن‌ها حدود ۲۱ هزار نفر بود. در سال ۱۳۹۵ تعداد نقاط شهری این محدوده به ۲۰ شهر و جمعیت آن به ۲۳۵۵۳۱۹ میلیون نفر رسیده که سالانه ۸/۵ درصد رشد داشته است. پهنه جنوبی حریم تهران، نه تنها بخش انبوهی از جمعیت تهران را در خود جای داده، بلکه یکی از بزرگ‌ترین پهنه‌های فعالیت کارگاهی - صنعتی کشور نیز محسوب می‌شود. با گسترش شهرها و کاربری‌های صنعتی، مساحت زیادی از اراضی حاصلخیز واقع در حریم جنوبی تهران به فضاهای مسکونی و کار و فعالیت کارگاهی و صنعتی تبدیل شده است. با توجه به اینکه چگونگی این تغییر کاربری مشخص نبود در تحقیق حاضر قواعد حاکم بر آن با استفاده از قوانین انجمن داده کاوی مکانی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی

بر اساس نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی تهیه‌شده در دوره ۲۰ ساله موردبررسی، بیشترین تغییرات مربوط به فضاهای ساخته‌شده و اراضی کشاورزی و پوشش‌های سبز بوده است. شکل ۳ (الف و ب)، نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه را در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۱ که میزان مساحت کاربری و پوشش اراضی دوره موردبررسی را بیان می‌کند، مساحت اراضی ساخته‌شده از ۱۰۵/۵ کیلومتر مربع به ۳۷۶,۳ کیلومتر مربع رسیده و سهم آن از اراضی محدوده مورد مطالعه از ۳/۲ درصد به ۱۱/۴۹ درصد رسیده است. به‌عکس مساحت اراضی کشاورزی و دارای پوشش گیاهی نیز از ۷۵۶/۲ کیلومتر مربع به ۵۵۹ کیلومتر مربع رسیده است. میزان کاهش مساحت اراضی کشاورزی در این دوره بالغ بر ۱۹۷/۲ هکتار بوده و سهم آن از مساحت کل محدوده مورد مطالعه از ۲۳/۱ درصد در سال ۱۳۸۰ به ۱۷/۱ درصد در سال ۱۴۰۰ کاهش یافته است. با توجه به اهمیت کاربری صنعتی و مجتمع‌های کارگاهی در منطقه مورد مطالعه، نقشه این کاربری نیز در دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ با استفاده از نقشه‌های موجود و آنلاین تهیه‌شده است. مساحت این کاربری از حدود ۲۹/۳ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۰ به ۶۷/۶ کیلومتر مربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است.



(ب)

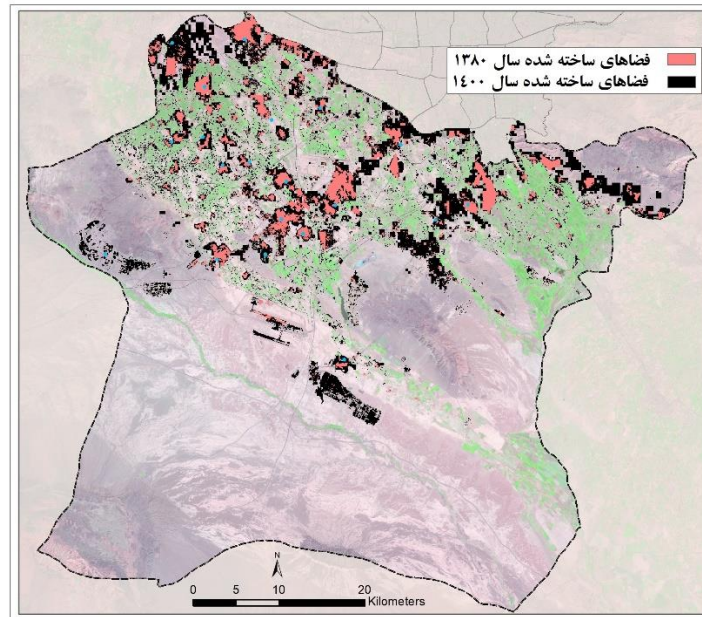
(الف)

شکل ۳. کاربری و پوشش اراضی سال ۱۳۸۰ (الف)، کاربری و پوشش اراضی سال ۱۴۰۰ (ب)

جدول ۱. میزان مساحت کلاس‌های کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها در منطقه مطالعاتی در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۴۰۰

تغییرات مساحت به سال پایه (به هکتار)	۱۴۰۰		۱۳۸۰		کاربری و پوشش اراضی
	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	
۲۷۰/۸	۱۱/۴۹	۳۷۶,۳	۳/۲	۱۰۵/۵	فضاهای ساخته‌شده
۱۹۷/۲-	۱۷/۰۶	۵۵۹	۲۳/۱	۷۵۶/۲	کشاورزی و پوشش سبز
۷۳/۲	۴۰/۱۷	۲۳۳۹/۲	۷۳/۶	۲۴۱۲/۴	بایر و فاقد پوشش
-۰/۵	۰/۰۵	۱/۵	۰/۱	۲	سطوح آبی
۰	۱۰۰	۳۲۷۶	۱۰۰	۳۲۷۶	جمع

شکل ۴ نیز نقشه تغییرات فضاهای ساخته شده را در دو مقطع زمانی نمایش می دهد. بر اساس نقشه مذکور، فضاهای ساخته شده در سال ۱۳۸۰ گسستگی بیشتری داشته اند. اما روند گسترش این فضاها در طی زمان به سمت پیوستگی بیشتر تمایل پیدا کرده است. این پیوستگی در سال ۱۴۰۰ کاملاً مشخص است. این بدان معناست که در صورت رشد بیشتر فضاهای ساخته شده مربوط به سکونتگاه های شهری و روستایی و نیز فضاهای صنعتی و کارگاهی در دهه های آتی، این فضاها در هم ادغام شده و پهنه شهری به هم پیوسته و بزرگی را شکل خواهند داد.

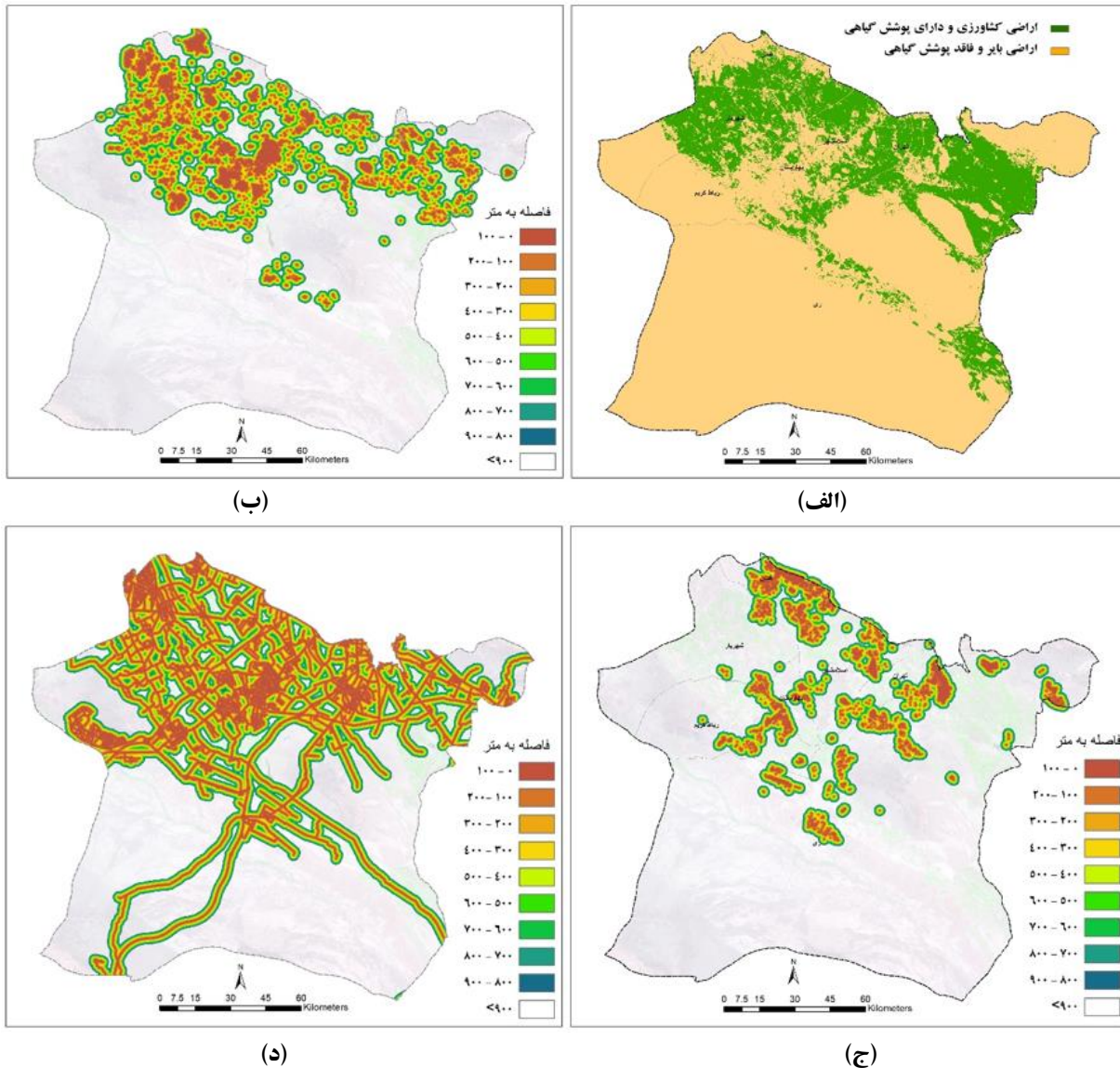


شکل ۴. تغییرات فضاهای ساخته شده در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰

استخراج قوانین انجمنی مربوط به رشد سکونتگاه های شهری

برای استخراج قوانین انجمنی مربوط به رشد فضاهای ساخته شده دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ ابتدا داده های مربوط به معیارهای تعیین شده آماده سازی شد و سپس نقشه مربوط به هر یک از معیارها تهیه شد. این نقشه ها شامل موارد زیر است:

- نقشه نوع پوشش اراضی بایر و کاربری کشاورزی در سال ۱۳۸۰ (شکل ۵ الف))؛
- نقشه فاصله از فضاهای ساخته شده مربوط به سکونتگاه های شهری و روستایی سال ۱۳۸۰ (شکل ۵ ب))؛
- نقشه فاصله از فضاهای صنعتی مربوط سال ۱۳۸۰ (شکل ۵ ج))؛
- نقشه فاصله از شبکه راه های اصلی (شکل ۵ د)).



شکل ۵- نقشه پوشش اراضی بایر و کشاورزی در سال ۱۳۸۰ (الف)، نقشه فاصله از فضاهای ساخته شده (ب)، نقشه فاصله از فضاهای صنعتی (ج)، نقشه فاصله از شبکه راه‌های اصلی (د)

پس از تهیه نقشه معیارها، پایگاه داده نمونه‌ها از موقعیت‌هایی که دچار تغییر کاربری شده و یا کاربری خود را حفظ کرده‌اند و با لحاظ نقشه معیارها، در نرم‌افزار MATLAB ایجاد شد. این نمونه‌برداری به صورت نقطه‌ای انجام شده است. پس از تعیین معیارها و تشکیل پایگاه داده با استفاده از الگوریتم Apriori، قوانین انجمنی مربوط به تغییر کاربری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در دو حالت فراگیر و محلی استخراج شد.

جداول قوانین تولیدشده شامل ستون‌های مقدم، تالی، Support و Confidence است. مقدم نشان‌دهنده معیار مؤثر بر تغییر کاربری و تالی نشان‌دهنده تغییر یا عدم تغییر کاربری است. همچنین Support نشان می‌دهد که یک قانون در چه نسبتی از کل داده‌ها یا رکوردهای موجود در پایگاه داده، صادق است. به عبارت دیگر، Support بیان می‌کند که چند درصد از نمونه‌های موجود در داده‌ها، هر دو بخش مقدم و تالی قانون را به طور هم‌زمان پشتیبانی می‌کنند (یعنی هر دو بخش در آن نمونه‌ها وجود دارند). معیار Confidence نیز بیانگر میزان اطمینان به یک قانون

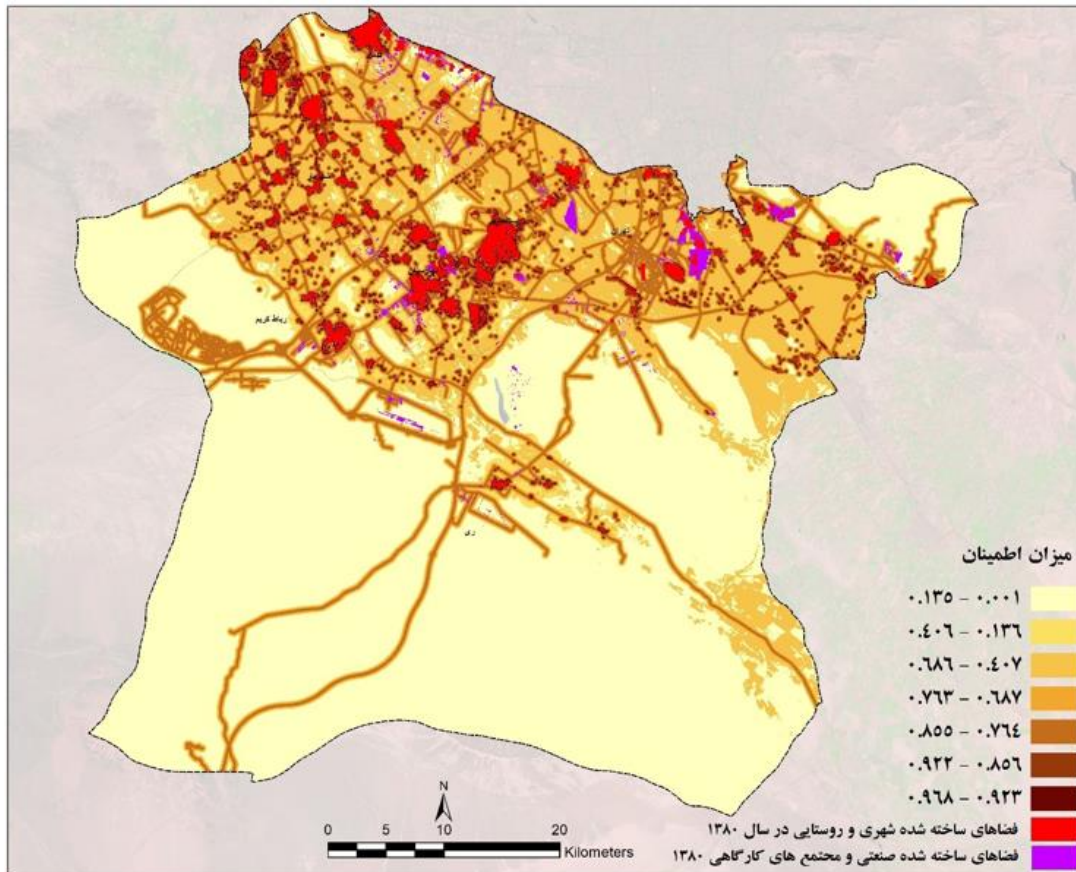
انجمنی است. Confidence بیان می‌کند که اگر شرط اول یک قانون درست باشد، چقدر احتمال دارد که شرط دوم آن نیز درست باشد. این احتمال به صورت درصد بیان می‌شود. به عبارت دیگر، Confidence احتمال وقوع بخش تالی قانون را در صورتی که بخش مقدم آن رخ داده باشد، تخمین می‌زند. در این تحقیق، مقدار Confidence معادل پتانسیل (احتمال) تغییر در نظر گرفته شده است.

به هنگام اجرای الگوریتم Apriori، با تنظیم مقدار Support روی مقادیر گوناگون توسط کاربر، تعداد قوانین استخراج شده از الگوریتم تغییر می‌کند. در نهایت میزان Support برابر با ۰٫۱ تعیین شد. میزان اطمینان قوانین استخراج شده در تحقیق حاضر نیز، حداقل ۰٫۵۲ و حداکثر ۰٫۹۹ می‌باشد. تعداد قوانین استخراج شده با میزان Support=0.1 برابر با ۲۷۰ قانون بود که تنها ۲۶ قانون قابل قبول شد. قوانین قابل قبول قوانینی هستند که در سمت تالی الگوی تکی تغییر کاربری یا عدم تغییر کاربری به تنهایی دیده شده و قابل تفسیر باشند. در پژوهش حاضر، این تحلیل در قسمت مقدم بیانگر متغیرهای مؤثر بر تغییر کاربری اراضی و در قسمت تالی بیانگر تغییر یا عدم تغییر کاربری و پوشش اراضی است. در جدول ۲ چند نمونه از قوانین قابل قبول در مقیاس فراگیر (کل منطقه مورد مطالعه) نشان داده شده است.

جدول ۲. نمونه‌ای از قوانین انجمنی استخراج شده در مقیاس فراگیر

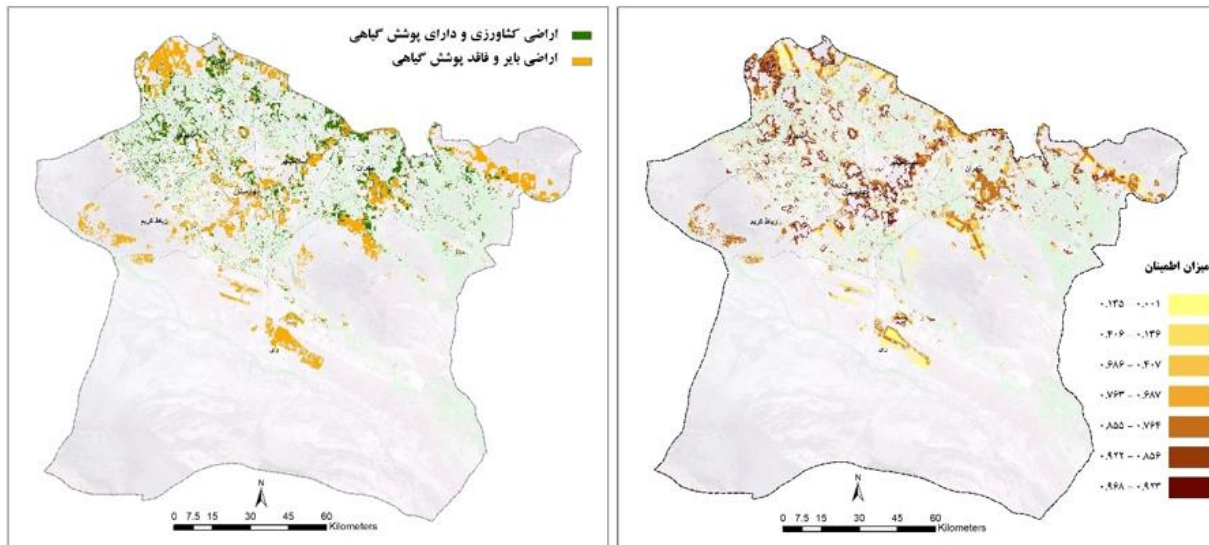
ردیف	مقدم	تالی	Supp	Conf	Lift	ردیف	مقدم	تالی	Supp	Conf	Lift
۱	فاصله ۱۰۰ متر از شهر	تغییر کاربری	۰٫۱۹۶	۰٫۹۴۲	۱٫۸۸۴	۴	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از معابر	عدم تغییر کاربری	۰٫۲۶۶	۰٫۹۴۰	۱٫۸۸۰
۲	اراضی بایر در فاصله بیش از ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰٫۱۰۴	۰٫۹۶۱	۱٫۹۲۳	۵	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از معابر و فاصله بیش از ۹۰۰ متر از شهر	عدم تغییر کاربری	۰٫۲۵۶	۰٫۹۸۵	۱٫۹۷۰
۳	اراضی بایر در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از صنعتی و فاصله ۱۰۰ متر از معابر	تغییر کاربری	۰٫۱۱۹	۰٫۸۵۵	۱٫۷۱۰	۶	اراضی بایر در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از معابر و فاصله بیش از ۹۰۰ متر از شهر	عدم تغییر کاربری	۰٫۲۴۲	۰٫۹۹۰	۱٫۹۸۱

پس از اجرای الگوریتم Apriori با استفاده از میزان اطمینان قوانین در دو مقیاس فراگیر (کل منطقه مورد مطالعه) و محلی (شهرستان‌های واقع در منطقه مورد مطالعه) تولید شد. بر این اساس ابتدا نقشه میزان اطمینان تغییر کاربری اراضی به فضاهای ساخته شده برای کل منطقه مورد مطالعه تولید شد (شکل ۶). در این نقشه میزان اطمینان بیشتر بیانگر پتانسیل (احتمال) بیشتر تغییر کاربری به فضاهای ساخته شده است.



شکل ۶. میزان اطمینان محاسبه شده برای تغییر کاربری به فضاهای ساخته شده بر اساس معیارهای بکار گرفته در قوانین انجمنی

سپس با برش این نقشه بر اساس نقشه اراضی تغییر یافته به فضاهای ساخته شده در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۴۰۰، نقشه میزان اطمینان به طور اختصاصی برای اراضی تغییر یافته تهیه شد (شکل ۷ (الف)). جدول ۳ نیز مساحت هر یک از دامنه‌های مربوط به میزان اطمینان اراضی برای تبدیل به فضاهای ساخته شده و نیز میزان تغییر پوشش بایر و کاربری کشاورزی (زراعی و باغی) حریم جنوبی تهران را بر اساس شکل ۷ (ب) نشان می‌دهد. میانگین میزان اطمینان به دست آمده در اراضی تغییر کاربری یافته کل منطقه مورد مطالعه در فاصله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ برابر با ۰/۶۴۳ بوده است. در حدود ۸۰/۶ درصد از اراضی بیشتر از میانگین مذکور و ۱۹/۴ درصد زیر میانگین مذکور بوده‌اند.



(ب)

(الف)

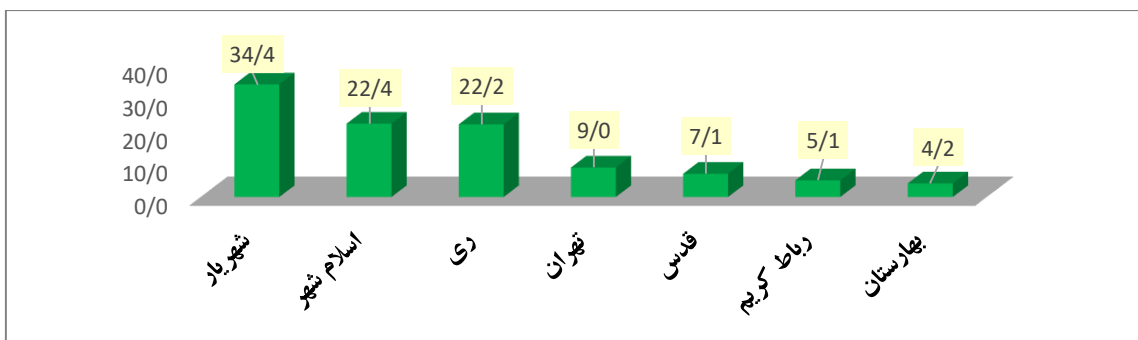
شکل ۷. میزان اطمینان اراضی تغییر یافته به فضاهای ساخته شده در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (الف)، اراضی بایر و کشاورزی تغییر یافته به فضاهای ساخته شده در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (ب)

جدول ۳. میزان تغییر کاربری اراضی (بایر و زراعی - باغی) به فضاهای ساخته شده مبتنی بر بازه‌های اطمینان در محدوده حریم جنوبی تهران در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (مساحت به کیلومتر مربع)

ردیف	میزان اطمینان (Confidence)	کل فضاهای ساخته شده		اراضی بایر تبدیل شده به فضای ساخته شده		اراضی زراعی و باغی تبدیل شده به فضای ساخته شده	
		درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت
۱	۰/۰۰۱ - ۰/۱۳۵	۱۰/۵	۲۸/۵	۱۶/۸۳	۲۸/۲	۰/۲۵	۰/۳
۲	۰/۱۳۶ - ۰/۴۰۶	۳/۲	۸/۷	۸/۴	۸/۴	۰/۲۵	۰/۳
۳	۰/۴۰۷ - ۰/۶۸۶	۱۶/۷	۴۵/۳	۱۴/۸	۱۴/۸	۲۵/۱۲	۳۰/۵
۴	۰/۶۸۷ - ۰/۷۶۳	۱۴/۶	۳۹/۵	۲۶/۸	۲۶/۷	۱۰/۴۶	۱۲/۳
۵	۰/۷۶۴ - ۰/۸۵۵	۳۳/۲	۹۰	۵۹	۵۹	۲۵/۵۴	۳۱
۶	۰/۸۵۶ - ۰/۹۲۲	۴/۴	۱۱/۸	۰/۸	۰/۸	۹/۰۶	۱۱
۷	۰/۹۲۳ - ۰/۹۶۸	۱۷/۴	۴۷	۲۹/۶	۲۹/۶	۱۴/۳۳	۱۷/۴
۸	جمع	۱۰۰	۲۷۰/۸	۱۰۰	۱۶۶/۵	۱۰۰	۱۰۴/۳

در دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ از کل فضاهای ساخته شده که ۲۷۰/۸ کیلومتر است، بالغ بر ۱۶۶/۵ کیلومتر مربع از اراضی بایر و ۱۰۴/۳ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی به فضاهای ساخته شده تبدیل شده‌اند. بر اساس جدول ۳، حدود ۳۷/۲ کیلومتر مربع معادل ۱۳/۷ درصد از اراضی تغییر کاربری یافته در دوره ۲۰ ساله مورد بررسی از میزان اطمینان کم (بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۴۰۶) برخوردار بوده‌اند. این اراضی در سال ۱۳۸۰، عمدتاً بایر بوده و اراضی کشاورزی تنها ۶ دهم درصد از آن‌ها را تشکیل داده بودند. همچنین ۸۴/۸ کیلومتر مربع (معادل ۳۱/۳ درصد) از اراضی تغییر

کاربری یافته منطقه در دامنه میزان اطمینان ۰/۴۰۷ تا ۰/۷۶۳ قرار داشته‌اند. ۴۳/۲ کیلومتر مربع (۳۵/۵۸ درصد) از اراضی مذکور شامل اراضی کشاورزی بوده است. به علاوه ۱۴۸/۸ کیلومتر مربع (معادل ۵۵ درصد) کل اراضی تغییر کاربری یافته منطقه در دامنه میزان اطمینان ۰/۷۶۴ تا ۰/۹۶۸ قرار دارند. ۵۹/۴ کیلومتر (معادل ۴۸/۹۳ درصد) از این اراضی را کاربری کشاورزی تشکیل داده بودند. هم‌چنین برای مقایسه میزان تغییر کاربری اراضی کشاورزی (زراعی - باغی) در شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه، نمودار مساحت اراضی مذکور ترسیم شد (شکل ۸). بر اساس این نمودار، بیشترین تغییرات تبدیل کاربری اراضی زراعی - باغی به فضاهای ساخته‌شده در شهرستان‌های شهریار، اسلامشهر و ری رخ داده است. اراضی کشاورزی تغییر کاربری یافته سه شهرستان مذکور در دوره مورد بررسی ۷۹ کیلومتر مربع (معادل ۷۶ درصد) از کل سطح اراضی زراعی - باغی منطقه را تشکیل داده است.



شکل ۸. مساحت اراضی کشاورزی تبدیل شده به فضاهای ساخته‌شده در شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه به کیلومتر مربع در دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰

استخراج قوانین انجمنی مربوط به شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه

در ادامه به ارائه نتایج تحقیق در ارتباط با قوانین انجمنی مقیاس محلی که در این تحقیق شامل شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه است پرداخته می‌شود. بر این اساس میزان اطمینان (احتمال تغییر کاربری اراضی) با توجه به معیارهای بکار گرفته در استخراج قوانین انجمنی در هر شهرستان مشخص شده و سپس نقشه میزان اطمینان اراضی تغییر کاربری یافته در دوره ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ برای هر شهرستان تهیه شده است. هم‌چنین با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان میزان مساحت تغییر کاربری در بازه‌های اطمینان مختلف را محاسبه کرد. نمونه‌ای از قوانین استخراج شده با اطمینان بالای ۸۰ درصد در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نمونه‌ای از قوانین استخراج شده برای شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه

شهرستان	مقدم	تالی	Supp	Conf	Lift
اسلامشهر	اراضی در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۲۵۹	۰/۸۵۹	۱/۷۱۸
	اراضی بایر در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۴۹	۰/۹۰۰	۱/۸۰۰
بهارستان	اراضی در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۳۰۵	۰/۸۶۵	۱/۷۳۱
	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از صنعتی و ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۶۴	۰/۸۸۷	۱/۷۷۴
شهریار	اراضی در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۲۵۹	۰/۸۵۹	۱/۷۱۸
	اراضی بایر در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۴۹	۰/۹۰۰	۱/۸۰۰
شهری	اراضی در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۸۶	۰/۹۷۸	۱/۹۵۷
	اراضی کشاورزی در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۱۰	۰/۹۸۲	۱/۹۶۴
شهر قدس	اراضی در فاصله ۱۰۰ متر از شهر	تغییر کاربری	۰/۲۵۴	۰/۹۶۰	۱/۹۲۱
	اراضی بایر در فاصله ۱۰۰ متری از شهر	تغییر کاربری	۰/۱۱۴	۰/۹۷۷	۱/۹۵۵
رباط کریم	اراضی در فاصله ۱۰۰ متری از معابر	تغییر کاربری	۰/۳۴۲	۰/۸۴۹	۱/۲۰۸
	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از معابر و ۹۰۰ متر از صنعتی	عدم تغییر کاربری	۰/۱۰۳	۰/۸۱۸	۱/۶۳۷

قوانین فوق نشان می‌دهد فاصله از شهر تأثیر قابل توجهی بر تغییر کاربری اراضی دارد. در فاصله ۱۰۰ متری از شهر، احتمال تغییر کاربری در شهرستان‌های شهریار، رباط کریم، ری، قدس، اسلامشهر، بهارستان به‌طور فراوانی بالاتر است (میزان اطمینان ۸۵٪ تا ۹۷٪). در مقابل، در فاصله بیش از ۹۰۰ متر، احتمال عدم تغییر کاربری افزایش می‌یابد (میزان اطمینان ۵۵٪ تا ۹۱٪)، به‌جز در شهرستان بهارستان که الگوی مشخصی در این فاصله مشاهده نشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نزدیکی به شهر، تغییر کاربری را تسریع می‌کند و این مسئله در نقشه‌های مربوطه نیز مشهود است.

همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که فاصله از معابر با تغییر کاربری اراضی رابطه معکوس دارد. اراضی نزدیک به معابر (تا ۱۰۰ متر) به احتمال زیاد تغییر کاربری می‌دهند (اطمینان ۶۵٪ تا ۸۸٪). این احتمال با افزایش فاصله کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال، اراضی دور از معابر (بیش از ۹۰۰ متر) در شهرستان‌های ری، شهریار و رباط کریم به احتمال زیاد تغییر کاربری نمی‌دهند (اطمینان ۸۲٪ تا ۹۴٪).

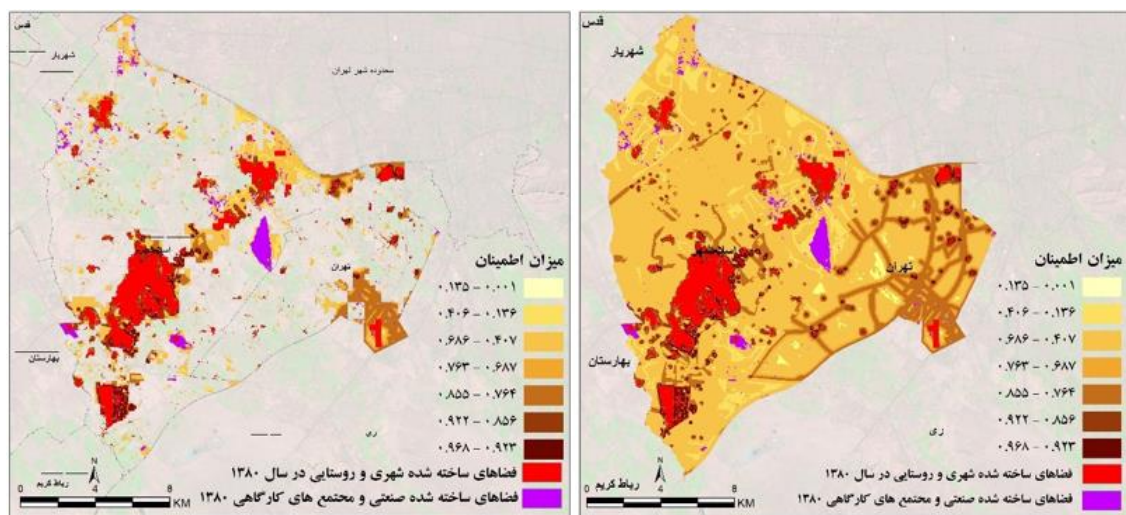
میزان تغییرات کاربری اراضی و مقادیر اطمینان مربوط به آن‌ها در شهرستان اسلامشهر و بخشی از شهرستان تهران

جدول ۵، میزان اطمینان اراضی تغییر یافته در دوره مورد بررسی را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، تغییرات کاربری شهرستان اسلامشهر در دامنه با میزان ۰/۱۳۶ تا ۰/۶۸۶ بالغ بر ۲۶ کیلومتر مربع (معادل ۶۴ درصد) بوده است. به‌علاوه در بازه میزان اطمینان ۰/۷۶۴ تا ۰/۹۶۸، حدود ۱۴/۸۴ کیلومتر مربع (۳۶ درصد) به فضاهای ساخته شده تغییر کاربری داده‌اند. در آن بخش از شهرستان تهران که در درون حریم جنوبی این شهر واقع شده، حدود ۳/۱۶

کیلومتر مربع (۲۱/۹ درصد) در بازه میزان اطمینان ۰/۱۳۶ تا ۰/۶۸۶ واقع شده و ۱۱/۳۸ کیلومتر مربع در بازه میزان اطمینان ۰/۶۸۷ تا ۰/۹۶۸ به فضاهای ساخته شده تغییر کاربری داده‌اند. شکل ۹ نقشه‌های میزان اطمینان تغییر کاربری اراضی در بخشی از شهرستان تهران و شهرستان اسلامشهر (الف) و همچنین میزان اطمینان در فضاهای ساخته شده آن‌ها در دوره مورد بررسی (ب) را نشان می‌دهد.

جدول ۵. میزان تغییر کاربری اراضی به فضاهای ساخته شده محدود شهرستان‌های اسلامشهر و بخشی از شهرستان تهران در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در بازه‌های مختلف اطمینان (مساحت به کیلومتر مربع)

جمع	میزان اطمینان (Confidence)							شهرستان	
	تا ۰/۹۲۳	تا ۰/۸۵۶	تا ۰/۷۶۴	تا ۰/۶۸۷	تا ۰/۴۰۷	تا ۰/۱۳۷	تا ۰/۰۰۱		
	۰/۹۶۸	۰/۹۲۲	۰/۸۵۵	۰/۷۶۳	۰/۶۸۶	۰/۴۰۶	۰/۱۳۵		
۴۱/۲۵	۵/۴۴	۴/۸۱	۴/۵۹	۰	۲۲/۷۹	۳/۶۳	۰	مساحت	اسلامشهر
۱۰۰	۱۳/۲	۱۱/۷	۱۱/۱	۰	۵۵/۲	۸/۸	۰	درصد	شهر
۱۴,۵۹	۰/۸۸	۰/۵۰	۷/۷۵	۲/۲۵	۳/۰۱	۰/۱۵	۰	مساحت	تهران
۱۰۰	۶	۳/۵	۵۳/۱	۱۵/۵	۲۰/۶	۱/۳	۰	درصد	شهر



(ب)

(الف)

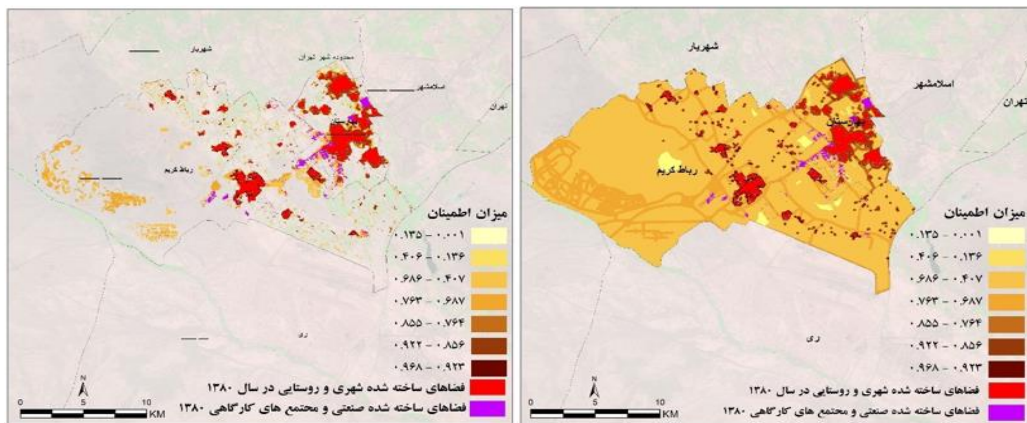
شکل ۹. میزان اطمینان محاسبه شده برای تغییرات کاربری در شهرستان‌های تهران و اسلامشهر (الف)، میزان اطمینان محاسبه شده برای فضاهای ساخته شده در شهرستان‌های تهران و اسلامشهر از ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (ب)

میزان تغییرات کاربری اراضی و مقادیر اطمینان مربوط به آن‌ها در شهرستان‌های بهارستان و رباط کریم جدول ۶ نیز مساحت اراضی تغییر کاربری یافته در بازه‌های میزان اطمینان قوانین انجمنی در شهرستان‌های بهارستان و رباط کریم را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول مذکور، در شهرستان بهارستان ۴/۶۵ کیلومتر مربع (۳۲/۱ درصد) از اراضی تغییر کاربری یافته در بازه میزان اطمینان ۰/۰۰۱ تا ۰/۶۸۶، و ۱۲/۸۴ کیلومتر مربع (۶۷/۹ درصد) نیز در بازه میزان اطمینان ۰/۶۸۷ تا ۰/۹۶۸ واقع شده‌اند. در شهرستان رباط کریم نیز، ۲۵/۱۲ کیلومتر مربع

(۵۰/۴ درصد) اراضی واقع در بازه میزان اطمینان ۰/۰۰۱ تا ۰/۶۸۶ و ۱۴/۹۳ کیلومترمربع در بازه میزان اطمینان ۰/۶۸۷ تا ۰/۹۶۸ به فضاهای ساخته شده تغییر کاربری داده اند. تغییر کاربری هایی که در فاصله دورتری در جنوب شهرستان دیده می شوند بیانگر سهم قابل توجه اراضی با میزان اطمینان کمتر در این تغییرات است. شکل ۱۰، نقشه های میزان اطمینان تغییر کاربری اراضی در شهرستان های بهارستان و رباط کریم را در محدوده دو شهرستان و میزان اطمینان در فضاهای ساخته شده آن ها را در دوره مورد بررسی نشان می دهد.

جدول ۶. میزان تغییر کاربری اراضی به فضاهای ساخته شده محدوده شهرستان های بهارستان و رباط کریم در فاصله سال های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در بازه های مختلف اطمینان (مساحت به کیلومترمربع)

جمع	میزان اطمینان (Confidence)							شهرستان	
	تا ۰/۹۲۳	تا ۰/۸۵۶	تا ۰/۷۶۴	تا ۰/۶۸۷	تا ۰/۴۰۷	تا ۰/۱۳۷	تا ۰/۰۰۱		
	۰/۹۶۸	۰/۹۲۲	۰/۸۵۵	۰/۷۶۳	۰/۶۸۶	۰/۴۰۶	۰/۱۳۵		
۱۴/۵	۰/۶۵	۹/۲۸	۱/۱۴	۱/۷۷	۴/۳۹	۰/۲۱	۰/۰۵	مساحت	بهارستان
۱۰۰	۴/۵	۴۳/۳	۷/۹	۱۲/۲	۳۰/۳	۱/۵	۰/۳	درصد	
۳۰/۰۵	۳/۵	۱/۴۳	۰	۱۰	۱۵/۰۱	۰	۰/۱۱	مساحت	رباط کریم
۱۰۰	۱۱/۵	۴/۸	۰	۳۳/۳	۵۰	۰	۰/۴	درصد	



(ب)

(الف)

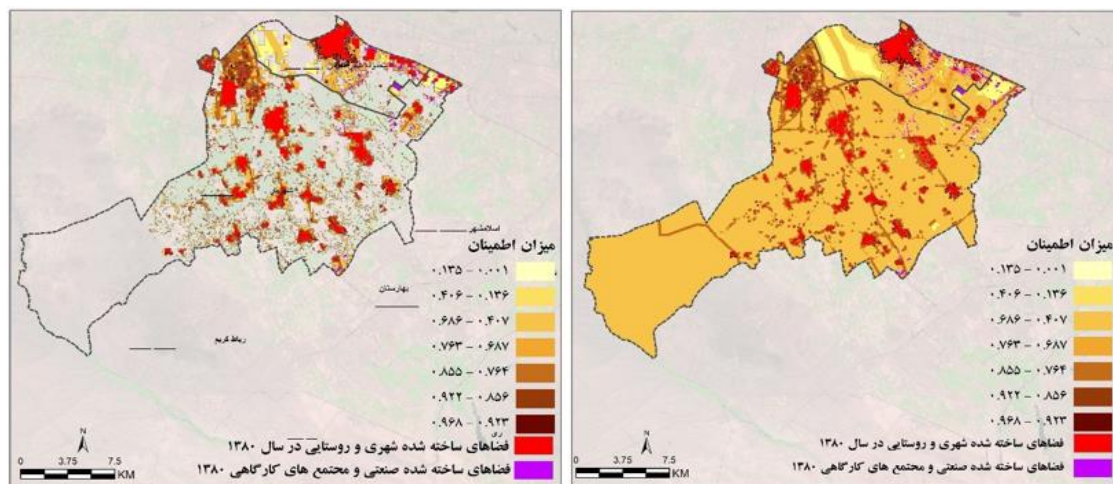
شکل ۱۰. میزان اطمینان محاسبه شده برای تغییرات کاربری در شهرستان های بهارستان و رباط کریم (الف)، میزان اطمینان محاسبه شده برای فضاهای ساخته شده در شهرستان های بهارستان و رباط کریم از ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (ب)

میزان تغییرات کاربری اراضی و مقادیر اطمینان مربوط به آن ها در شهرستان های شهریار و شهر قدس
بر اساس جدول ۷، در شهرستان شهریار حدود ۱/۷۸ کیلومترمربع (۲/۹ درصد) اراضی در بازه میزان اطمینان ۰/۰۰۱ تا ۰/۱۳۵ و ۲۷/۹۱ کیلومترمربع (۴۶ درصد) در بازه میزان اطمینان ۰/۴۰۷ تا ۰/۶۸۶ و ۳۰/۹۸ کیلومترمربع (۵۱/۱ درصد) از اراضی واقع در بازه میزان اطمینان ۰/۷۶۴ تا ۰/۹۸۶ واقع شده اند. این شهرستان دارای یکی از مهم ترین گستره های زراعی - باغی در تهران بوده و به همین دلیل گسترش فضاهای ساخته شده بیشترین تأثیر را بر تبدیل اراضی کشاورزی به فضاهای ساخته شده در شهریار داشته است. در شهرستان قدس نیز ۴/۷۴ کیلومترمربع

(۲۴/۲ درصد) از اراضی با میزان اطمینان کم ۰/۰۰۱ تا ۰/۴۰۶ و ۱۱/۸۷ کیلومتر مربع (۶/۶ درصد) از اراضی با میزان اطمینان ۰/۴۰۷ تا ۰/۷۶۳ و ۲/۹۷ کیلومتر مربع (۱۵/۱ درصد) از اراضی با میزان اطمینان ۰/۸۵۶ تا ۰/۹۸۶ در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ به فضاهای ساخته شده تبدیل شده‌اند. شکل ۱۱، نقشه‌های میزان اطمینان تغییر کاربری اراضی در شهرستان‌های قدس و شهریار را در محدوده دو شهرستان و همچنین میزان اطمینان محاسبه شده در فضاهای ساخته شده آن‌ها در دوره مورد بررسی نشان می‌دهند.

جدول ۷. میزان تغییر کاربری اراضی به فضاهای ساخته شده محدوده شهرستان‌های شهریار و شهر قدس در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در بازه‌های مختلف اطمینان (مساحت به کیلومتر مربع)

جمع	میزان اطمینان (Confidence)							شهرستان
	تا ۰/۹۲۳	تا ۰/۸۵۶	تا ۰/۷۶۴	تا ۰/۶۸۷	تا ۰/۴۰۷	تا ۰/۱۳۷	تا ۰/۰۰۱	
۶۰/۷۶	۰/۹۶۸	۰/۹۲۲	۰/۸۵۵	۰/۷۶۳	۰/۶۸۶	۰/۴۰۶	۰/۱۳۵	شهریار
۵/۷	۵/۷۲	۱۹/۵۶	۰	۲۷/۹۱	۰	۱/۷۸	مساحت	
۱۰۰	۹/۴	۹/۵	۳۲/۲	۰	۴۶	۰	۲/۹	درصد
۱۹/۵۸	۲/۵۹	۰/۳۸	۰	۳/۱۰	۸/۷۷	۰/۷۸	۳/۹۶	قدس
۱۰۰	۱۳/۳	۱/۹	۰	۱۵/۸	۴۴/۸	۴	۲۰/۲	



(ب)

(الف)

شکل ۱۱. میزان اطمینان محاسبه شده برای تغییرات کاربری در شهرستان‌های شهریار و شهر قدس (الف)، میزان اطمینان محاسبه شده برای فضاهای ساخته شده در شهرستان‌های شهریار و شهر قدس از ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (ب)

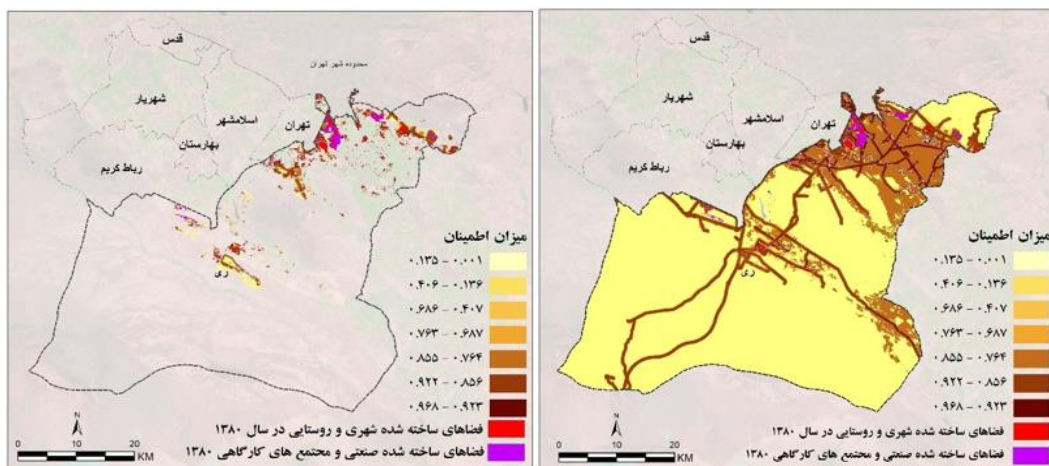
میزان تغییرات کاربری اراضی و مقادیر اطمینان مربوط به آن‌ها در شهرستان ری

ری وسیع‌ترین شهرستان واقع در حریم جنوبی تهران است. بر اساس جدول ۸، در حدود ۲۱/۴۳ کیلومتر مربع (۲۳/۷ درصد) از اراضی با میزان اطمینان ۰/۰۰۱ تا ۰/۴۰۶ در سال ۱۴۰۰ به فضاهای ساخته شده تغییر کاربری داده‌اند. این میزان قابل توجه از اراضی عمدتاً به دلیل مکان‌یابی کاربری‌های صنعتی در فضاهای دورتر از سکونتگاه‌های شهری و روستایی بوده است. با این وجود ۶۸/۷۷ کیلومتر مربع (۷۶/۲ درصد) از اراضی تغییر کاربری یافته به فضاهای ساخته شده در دوره مورد بررسی در بازه میزان اطمینان ۰/۷۶۴ تا ۰/۹۶۸ واقع شد بودند. این تغییرات عمدتاً در شمال

شرق این شهرستان در نزدیکی سکونتگاه‌ها و کاربری‌های صنعتی موجود رخ داده‌اند. شکل ۱۲، نقشه‌های میزان اطمینان تغییر کاربری اراضی در شهرستان ری را در محدوده دو شهرستان و میزان اطمینان محاسبه‌شده در فضاهای ساخته‌شده آن‌ها در دوره موردبررسی نشان می‌دهند.

جدول ۸. میزان تغییر کاربری اراضی به فضاهای ساخته‌شده محدوده شهرستان ری در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ در بازه‌های مختلف اطمینان (مساحت به کیلومتر مربع)

جمع	میزان اطمینان (Confidence)							شهرستان	ری
	تا ۰/۹۲۳	تا ۰/۸۵۶	تا ۰/۷۶۴	تا ۰/۶۸۷	تا ۰/۶۰۷	تا ۰/۱۳۷	تا ۰/۰۰۱		
	۰/۹۶۸	۰/۹۲۲	۰/۸۵۵	۰/۷۶۳	۰/۶۸۶	۰/۴۰۶	۰/۱۳۵		
۹۰/۲	۱۴/۷۴	۲۸/۷۲	۲۵/۳۱	۰	۰	۲/۹۲	۱۸/۵۱	مساحت	
۱۰۰	۱۶/۳	۳۱/۸	۲۸/۱	۰	۰	۳/۲	۲۰/۵	درصد	



(ب)

(الف)

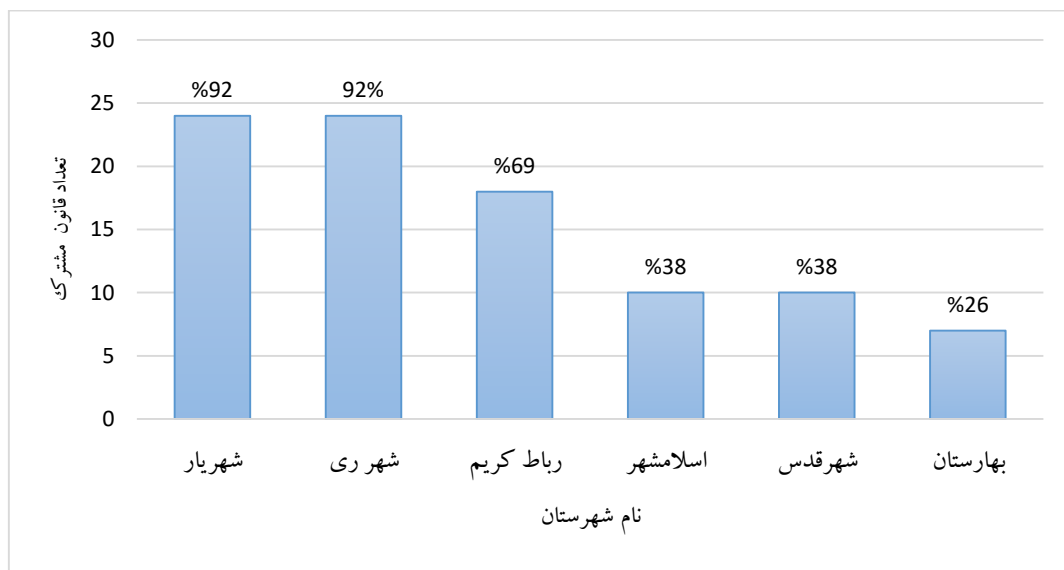
شکل ۱۲. میزان اطمینان محاسبه‌شده برای تغییرات کاربری در شهرستان ری (الف)، میزان اطمینان محاسبه‌شده برای فضاهای ساخته‌شده شهرستان ری از ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ (ب)

مقایسه قوانین انجمنی فراگیر و محلی

در ادامه با توجه به استخراج قوانین فراگیر و محلی و اهمیت مقایسه این قوانین، در جدول ۹ قوانین مشترک بین کل منطقه و هر شهرستان مشخص گردیده است. بدین صورت که ابتدا قوانین استخراج‌شده برای کل منطقه مطالعاتی آورده شده و سپس در صورتی که قانون موردنظر در شهرستان موردنظر نیز استخراج‌شده ستون مربوطه تیک خورده است. به‌طور مثال قانون اول که نشان‌دهنده تغییر کاربری در فواصل ۱۰۰ متری از معابر است در کل منطقه و در تمام شهرستان‌ها با اطمینان‌های مختلف استخراج‌شده است. بدین ترتیب درصد اشتراک قوانین هر شهرستان با کل منطقه محاسبه شد. همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده‌شده است، شهرستان‌های شهریار، شهرری و رباط کریم بالای ۵۰٪ با قوانین فراگیر اشتراک داشتند، اما در سه شهرستان اسلامشهر، شهرقدس و بهارستان قوانین مشترک با فراگیر کمتر از ۵۰٪ بود از این رو اختلاف قابل توجهی با یکدیگر داشتند.

جدول ۹. قوانین مشترک بین کل منطقه و شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه

ردیف	مقدم	تالی	کل منطقه	اسلام شهر	بهارستان	رباط کریم	ری	قدس	شهریار	تعداد
۱	اراضی در فاصله ۱۰۰ متر از معابر	تغییر کاربری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۶
۲	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از صنعتی و ۱۰۰ متر از معابر	تغییر کاربری	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۵
۳	اراضی بایر در فاصله ۱۰۰ متر از معابر	تغییر کاربری	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۵
۴	اراضی در فاصله ۱۰۰ متر از شهر	تغییر کاربری	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	۵
۵	اراضی در فاصله ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر از معابر	تغییر کاربری	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۵
۶	اراضی در فاصله بیش از ۹۰۰ متر از شهر	عدم تغییر کاربری	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	۵



شکل ۱۳. نمودار قوانین مشترک بین کل منطقه و شهرستان‌ها

بحث

نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر نشان می‌دهد تغییرات تحت تأثیر شرایط محلی متفاوت بوده است و تأثیر متغیرهای مکانی بر تغییر کاربری با توجه به شرایط هر مکان متفاوت بوده است. در نتیجه رابطه بین متغیرهای مکانی و تغییر کاربری در تمام منطقه ثابت نیست. بنابراین قوانین استخراج شده برای کل منطقه با قوانین استخراج شده برای هر شهرستان دارای اختلافاتی است. یکی از نوآوری‌های پژوهش حاضر، تمایز قائل شدن بین قوانین انجمنی فراگیر و محلی در تحلیل رشد سکونتگاه‌ها بود. یافته‌ها مبنی بر همسانی بالاتر الگوهای رشد در شهرستان‌های شهریار،

شهری و رباط کریم با الگوی کلی منطقه، در مقایسه با شهرستان‌های اسلامشهر، شهر قدس و بهارستان، حاکی از وجود طیفی از دینامیک‌های فضایی است. این تمایز، پیامدهای مهمی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای دارد. به این معنا که رویکردهای برنامه‌ریزی باید متناسب با ویژگی‌های خاص هر شهرستان، منعطف و بومی‌سازی شوند. درک تفاوت‌های محلی در الگوهای رشد، می‌تواند به سیاست‌گذاری‌های هدفمندتر برای تأمین نیازهای کاربری‌های خاص در هر منطقه کمک کند.

همسو با رویکردهای نوین در مطالعات برنامه‌ریزی شهری، این تحقیق نیز به‌طور موفقیت‌آمیزی از قدرت داده‌کاوی مکانی، به‌خصوص تحلیل قواعد انجمنی، برای آشکارسازی الگوهای پیچیده فضایی بهره‌برده است. این رویکرد، مشابه با یافته‌های مطالعه (بهاری سجهرودی و همکاران، ۱۴۰۰) که به استخراج قواعد استقرار کاربری‌های شهری در مقیاس ناحیه‌ای پرداخته است، نشان‌دهنده اثربخشی این تکنیک‌ها در درک عمیق‌تر ساختار و دینامیک فضایی شهرهاست. درحالی‌که پژوهش حاضر بر پویایی تغییرات کاربری و گسترش سکونتگاه‌ها در طول زمان (۱۴۰۰-۱۳۸۰) در مقیاس پیراشهری تمرکز دارد، مطالعه مذکور به ارزیابی انطباق کاربری‌های موجود با استانداردهای برنامه‌ریزی در مقیاس محلی (ناحیه‌ای) پرداخته است. این هم‌پوشانی در روش‌شناسی، بر قابلیت تعمیم و کارایی ابزارهای داده‌کاوی در سطوح مختلف تحلیل شهری تأکید می‌کند.

یافته‌های این پژوهش، ضمن همسویی با بخش‌هایی از ادبیات موجود در زمینه رشد شهری، تمایزات قابل توجهی را نیز آشکار می‌سازد. درحالی‌که عمده تحقیقات پیشین بر توسعه و اعتبارسنجی مدل‌های پیش‌بینی‌کننده رشد شهری تمرکز داشته‌اند و سعی در شبیه‌سازی الگوهای آتی توسعه داشته‌اند، این تحقیق رویکردی متفاوت را اتخاذ کرده است. در این مطالعه به‌جای تمرکز صرف بر "مدل‌سازی" رشد نظیر تحقیقات میرباقری و همکاران، ۱۳۹۷؛ دولت‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۸ و اکبری و همکاران، ۱۴۰۲، به تحلیل و استخراج "قوانین" حاکم بر این فرآیند پرداخته شده است.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به تحلیل رشد و گسترش فضاهای ساخته‌شده در حریم جنوبی تهران پرداخت که این رشد، بازتابی از رشد سریع جمعیت است که اغلب با تأخیر به وقوع می‌پیوندد. این تحلیل شامل دو بخش "آشکارسازی تغییرات کاربری" و "کشف قوانین انجمنی حاکم بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی در فاصله دوره زمانی ۲۰ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰" است. آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره لندست و در محیط Google Earth Engine انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که وسعت اراضی ساخته‌شده از ۱۰۵/۵ کیلومتر مربع به ۳۷۶/۶ کیلومتر مربع رسیده است. این ارقام نشان‌دهنده افزایش تقریباً ۲۷۰/۸ کیلومتر مربعی فضاهای ساخته‌شده که شامل فضاهای شهری و روستایی و نیز مجتمع‌های صنعتی - کارگاهی است. بیشترین کاهش مربوط به سطح فضاهای زراعی - باغی و سایر پوشش‌های سبز است که به میزان ۱۹۷/۲ کیلومتر مربع کاهش یافته‌اند. بخشی از این کاهش محصول گسترش فضاهای ساخته‌شده و بخش مهمی از آن نیز محصول تبدیل شدن این اراضی به زمین‌های بایر و فاقد پوشش سبز بوده است. همچنین نتایج تحلیل داده‌های کاربری اراضی با استفاده از قوانین انجمنی و به کارگیری

متغیرهای تأثیرگذار نشان می‌دهد که اراضی مجاور شهر و در فواصل نزدیک فضاهای ساخته شده شهری و روستایی و نیز راه‌های اصلی، بیشترین پتانسیل را برای تغییر کاربری دارند. این بدان معنا است که تغییرات کاربری اراضی به نحو بارزی تابع قوانین نزدیکی به فضاهای ساخته شده موجود و نیز شبکه راه‌ها بوده‌اند. به علاوه این یافته‌ها نشان می‌دهند که عمده تغییرات اراضی زراعی - باغی در فواصل نزدیک به شهر اتفاق افتاده است. همچنین بررسی تغییرات کاربری و سطوح اطمینان مربوط به آن در سطوح شهرستان‌های واقع در محدوده حریم جنوبی تهران گویای آن است که در اغلب موارد قوانین مربوط به مقیاس فراگیر (کل منطقه) با قوانین ناظر بر تغییرات در مقیاس محلی (هریک از شهرستان‌های محدوده مورد مطالعه) در انطباق هستند. در این میان شهرستان رباط کریم استثنا به شمار می‌رود. در این شهرستان، به دلیل احداث شهر جدید پرند، احداث مجتمع‌های صنعتی و کارگاهی در نواحی دورتر و نیز فضاهای ساخته شده مربوط به پادگان‌ها و برخی شهرک‌های جدید، اراضی بافاصله از فضاهای ساخته شده موجود نیز که از حد اطمینان کمتری برای تغییرات کاربری برخوردار بوده دیده می‌شود. به علاوه از نظر میزان گسترش شهری در اراضی زراعی، قوانین تولید شده در مقیاس فراگیر و محلی به نحو بارزی در انطباق باهم هستند. باین وجود به دلیل شرایط جغرافیایی، گسترش فضاهای ساخته شده در شهرستان‌های شهریار، اسلام‌شهر و ری بیشتر از سایر شهرستان‌ها بوده و ۷۶ درصد از سهم اشغال فضاهای سبز به این سه شهرستان اختصاص دارد.

نتایج تحقیق حاضر در ارتباط با تحقیقات پیشین بیان‌گر واقعیت‌های مهمی است. اول آنکه فضاهای ساخته شده در حریم جنوبی تهران اگرچه در ابتدا به صورت منفصل شکل گرفته‌اند اما در پیروی از قاعده "چرخه انتشار - ادغام" دیتزل و همکاران در سال ۲۰۰۵، به سمت پیوستگی پیش می‌روند. به علاوه تحلیل قوانین انجمنی در ارتباط با معیارهای فاصله از فضاهای ساخته شده موجود و شبکه معابر در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که بیشترین گسترش شهرها به صورت بلافاصله و در مجاورت شهرها صورت می‌گیرد و بیشترین تغییر کاربری اراضی زراعی و باغی به فضاهای ساخته شده نیز در همین فواصل نزدیک به شهر رخ داده است. این واقعیت ضمن آنکه در انطباق با قاعده تاریخی شکل‌گیری سکونتگاهی در ایران در اراضی حاصلخیز زراعی - باغی دشت‌های پایکوهی و میانکوهی است (یوسفی فر، ۱۳۹۸، خیرآبادی، ۱۳۷۶ و راهنمایی، ۱۳۷۱)، می‌تواند دربرگیرنده این هشدار باشد که اراضی زراعی - باغی واقع در حریم جنوبی شهر تهران به عنوان یکی از ارکان اصلی اکوسیستم فضاهای پیراشهری این شهر به شدت در معرض تخریب قرار دارند. از این رو نظارت دقیق و سختگیرانه بر ساخت و سازها و گسترش فضاهای ساخته شده شهری و روستایی و مجتمع‌های صنعتی و کارگاهی و سایر تأسیسات در این منطقه لازم و ضروری است.

در مجموع، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که درک و مدل‌سازی رشد شهری نیازمند توجه هم‌زمان به سطوح مختلف حکمرانی و برنامه‌ریزی است. تمایز قائل شدن میان قوانین فراگیر منطقه‌ای و قوانین خاص شهرستانی، همان‌طور که در مقایسه الگوهای رشد کاربری اراضی در جنوب کلان‌شهر تهران مشاهده شد، بر اهمیت رویکردهای چند سطحی و انعطاف‌پذیر در سیاست‌گذاری شهری تأکید دارد. همسانی نسبی الگوهای رشد در شهرستان‌های شهریار، شهرری و رباط کریم با کل منطقه، در مقابل تفاوت‌های بارزتر در شهرستان‌های اسلام‌شهر، شهر قدس و بهارستان، ضرورت بومی‌سازی راهبردها و مداخلات برنامه‌ریزی را برجسته می‌سازد. بنابراین، پیشنهاد

می‌شود در فرآیندهای برنامه‌ریزی آینده، به‌جای اتکا صرف به چارچوب‌های کلی، تحلیل‌های دقیق‌تری از دینامیک‌های محلی صورت گیرد تا بتوان به نتایج مؤثرتر و پایداری در توسعه شهری دست یافت. مشاهده تفاوت‌های چشمگیر میان اثربخشی قوانین منطقه‌ای و محلی در شکل‌دهی به الگوهای رشد در مناطق مختلف مطالعه شده در تهران، این یافته کلیدی را برجسته می‌سازد که درک عمیق‌تر از چارچوب‌های قانونی و نحوه اجرای آن‌ها، می‌تواند ابزار قدرتمندتری برای هدایت توسعه پایدار شهری نسبت به صرفاً پیش‌بینی الگوها باشد. لذا، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی علاوه بر توسعه مدل‌های پیشرفته، به تحلیل‌های حقوقی و سیاستی دقیق‌تری نیز در زمینه قوانین مؤثر بر رشد شهری بپردازند.

لازم به ذکر است در تحقیق حاضر قوانین انجمنی به دو صورت فراگیر و محلی در یک دوره زمانی استخراج و مورد بررسی قرار گرفت، لذا پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی، این مطالعه به صورت سری زمانی انجام شده و در دوره‌های زمانی مختلف پایداری قوانین بررسی گردد تا در نهایت مشخص شود آیا قوانین استخراج شده از داده‌های مکانی منطقه مطالعاتی، در طی دوره‌های زمانی مختلف، متفاوت هستند یا خیر. همچنین پیشنهاد می‌گردد تحلیل حساسیت قوانین انجمنی به نحوه نمونه‌گیری نیز بررسی گردد. در تحقیق حاضر تعداد نمونه‌های تغییر یافته و تغییر نیافته برابر در نظر گرفته شد، این در حالی است که می‌توان با تغییر نسبت نمونه‌ها - به‌عنوان مثال با توجه به مساحت اراضی - میزان حساسیت قوانین استخراج شده به این تغییرات را ارزیابی نمود.

با وجود دستاوردهای حاصل، این تحقیق با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است. استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور با تفکیک پذیری متوسط ممکن است جزئیات دقیقی از برخی کاربری‌های خاص یا تغییرات سریع را پوشش ندهد. همچنین، تحلیل عوامل اجتماعی-اقتصادی مؤثر بر رشد سکونتگاه‌ها، فراتر از معیارهای مورد استفاده در این تحقیق، نیازمند داده‌های دقیق‌تر در سطح خانوار یا قطعه زمین است. پژوهش‌های آتی می‌توانند با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با تفکیک پذیری بالاتر و همچنین تلفیق دقیق‌تر عوامل اقتصادی-اجتماعی و سیاست‌های نهادی، به درک عمیق‌تری از پویایی رشد پیراشهری دست یابند.

حامی مالی

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

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان به‌اندازه یکسان در مفهوم‌سازی و نگارش مقاله سهیم بودند و تمام نویسندگان محتوای نسخه نهایی را تأیید نموده‌اند.

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 افراد، به دلیل مشاوره و راهنمایی علمی و مشارکت آن‌ها در این مقاله تشکر و قدرانی می‌نمایند.

منابع

- اکبری، عطاالله و اسکندری‌ثانی، محمد و اسماعیل‌نژاد، مرتضی. (۱۴۰۲). شبیه‌سازی و پیش‌بینی الگوی رشد شهری تا سال ۱۴۳۰ با استفاده از مدل SLEUTH-3R (مطالعه موردی: شهر زاهدان)، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، (۱) ۲۱، ۱۴۲-۱۰۵.
- امیرانتخابی، شهرام؛ جوان، فرهاد و حسنی مقدم، حسن. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات خزش شهری در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی (مورد مطالعه: شهرستان رضوانشهر). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۲(۳)، ۷۱-۵۹.
- بهاری سجهرود، زهرا و طالعی، محمد. (۱۴۰۰). داده کاوی و کاوش وضع موجود الگوی مکانی استقرار کاربری‌های شهری، اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۳(۱۱۹)، ۷۵-۸۶.
- جوان، فرهاد؛ حسنی مقدم، حسن و ترابی، حسن. (۱۳۹۹). ارزیابی روند تخریب اراضی جنگلی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: جنگل‌های فندق‌قلو شهرستان نمین). محیط زیست و توسعه فرابخشی، ۵(۶۹)، ۷۴-۶۳.
- خلیلی، احمد، زبردست، اسفندیار و عزیز، محمدمهدی. (۱۳۹۷). گونه‌شناسی فضایی الگوهای رشد در مناطق شهر بنیان. نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲(۲۳)، ۵۳-۶۶.
- خیرآبادی، مسعود، شهرهای ایران، ترجمه حسین حاتمی‌نژاد و عزت‌اله مافی، مشهد، نشر نیکا.
- دولت‌آبادی، فیروز و مرادپور، نبی. (۱۳۹۸). بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم‌آباد تا سال ۱۴۰۴ با استفاده از مدل‌های MARKOV، MLP و CA-MARCOV، نشریه مدیریت شهری، ۳(۵۳)، ۳۶۸-۳۵۱.
- رهنمایی، محمدتقی. (۱۳۷۱). مجموعه مباحث شهرسازی: جغرافیا، تهران، انتشارات مرکز تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
- زمانی، زهرا، علی محمدی، عباس و فرنقی، مهدی. (۱۳۹۸). بررسی ارتباط بین اطلاعات و ویژگی‌های مکانی و جمعیتی با مصرف آب در شهر اصفهان با استفاده از کاوش قوانین انجمنی، نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، (۱) ۹، ۸۱-۶۵.
- طرح جامع شهر تهران. (۱۳۸۶). مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- مسعودی، کیومرث. (۱۳۸۹). مطالعات و ساماندهی باغ‌ها و اراضی مزروعی شهر تهران: مطالعات جمعیتی-اجتماعی، مهندسان مشاور بافت شهر.
- میرباقری، بابک و علی محمدی، عباس. (۱۳۹۷). ارزیابی قابلیت رگرسیون وزنی جغرافیایی در بهبود پیش‌بینی رشد اراضی شهری با استفاده از سلول‌های خودکار. مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۶(۲)، ۴۳-۶۴.
- نصیری‌هنده‌خاله، اسماعیل؛ جوان، فرهاد و یونسی‌سندی، ریحانه. (۱۴۰۱). بررسی تأثیرات خزش شهری بندر انزلی در پایداری کالبدی-فضایی سکونتگاه‌های پیراشهری. روستا و توسعه پایدار فضا، ۳(۴)، ۹۸-۸۲.
- یوسفی‌فر، شهرام. (۱۳۸۹). الگوهای پیدایش شهر و شهرنشینی در تاریخ ایران، مجله تاریخ ایران، ۱۴۵-۱۷۰، (۱) ۳.
- Agrawal, R., Imieliński, T., & Swami, A. (1993, June). Mining association rules between sets of items in large databases. In *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (pp. 207-216).
- Angel, S., Sheppard, S., Civco, D. L., Buckley, R., Chabaeva, A., Gitlin, L., ... & Perlin, M. (2005). The dynamics of global urban expansion (p. 205). *Washington, DC: World Bank, Transport and Urban Development Department*.
- Bibri, S. E. (2018). Data science for urban sustainability: Data mining and data-analytic thinking in the next wave of city analytics.
- Bivand, R. S., & Wong, D. W. (2018). Comparing implementations of global and local indicators of spatial association. *Test*, 27(3), 716-748.
- Cai, Fei, Jie Chen, Telin Chen, Banghua Zhang, and Wenping Fan. "Mining significant local spatial association rules for multi-category point data." *Heliyon* 10, no. 3 (2024).
- Dietzel, C., Oguz, H., Hemphill, J. J., Clarke, K. C., & Gazulis, N. (2005). Diffusion and coalescence of the Houston Metropolitan Area: evidence supporting a new urban theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(2), 231-246.
- Geurts, K., Wets, G., Brijs, T., & Vanhoof, K. (2003). Profiling of high-frequency accident locations by use of association rules. *Transportation research record*, 1840(1), 123-130

- Han, D., Shi, Y., Wang, W., & Dai, Y. (2013). Research on Multi-Level Association Rules Based on Geosciences Data. *J. Softw.*, 8(12), 3269-3276.
- Houshmand-Nanehkaran, F., Lajevardi, S. M., & Mahlouji-Bidgholi, M. (2021). Geographic data-mining and extraction of association rules using the Apriori algorithm (Case study: Capital of Iranian provinces). In *Smart Sustainable Cities of the Future* (pp. 189-246). Springer, Cham.
- Javan, F., Afrakhteh, H. and Riyahi, V. (2019). Spatial Analysis of Tourism Impacts on the Economy of Rural Areas (Case Study: Rezvanshahr County, Iran). *Journal of Research and Rural Planning*, 8(3), 133-150. doi: 10.22067/jrrp.v8i3.80895
- Javan, F. and Pourgharib, B. (2024). Assessing the Impact of English Language Proficiency in Host Communities on the Sustainability of Rural Tourism (A Case Study of Villages in Gilan Province, Northern Iran). *Journal of Sustainable Rural Development*, 8(1), 119-130. doi: 10.22034/jsrd.2024.458005.1187
- Krzysztofik, R. (2016). Revisiting the question of centripetal and centrifugal forces in urban systems. *Geographia Polonica*, 89(4), 429-442.
- Martin, D., & Grodach, C. (2022). Placing production in urban cultural policy: The locational patterns of cultural industries and related manufacturing. *Journal of Urban Affairs*, 44(4-5), 567-587.
- Mohamadi, M., Afrakhteh, H. and Javan, F. (2022). Performance Evaluation of the Modern Rural Management based on Good Governance Approach (Case Study: Villages in Central District of Karaj County). *Journal of Research and Rural Planning*, 11(1), 59-79. doi: 10.22067/JRRP.V11I1.2108.1021
- Nong, D. H., Lepczyk, C. A., Miura, T., & Fox, J. M. (2018). Quantifying urban growth patterns in Hanoi using landscape expansion modes and time series spatial metrics. *PloS one*, 13(5), e0196940.
- Pampoore-Thampi, A., Varde, A., & Yu, D. (2014). Mining GIS data to predict urban sprawl. *ACM KDD (Bloomberg Track)*, 118-125.
- Panigrahi, S., Verma, K., & Tripathi, P. (2017). Data mining algorithms for land cover change detection: a review. *Sādhanā*, 42, 2081-2097.
- Panigrahi, S., Verma, K., & Tripathi, P. (2021). Review of MODIS EVI and NDVI data for data mining applications. In *Data Deduplication Approaches* (pp. 231-253). Academic Press.
- Rasmussen, L. V., Fold, N., Olesen, R. S., & Shackleton, S. (2021). Socio-economic outcomes of ecological infrastructure investments. *Ecosystem Services*, 47, 101242.
- Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Schneider, A. (2012). Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach. *Remote Sensing of Environment*, 124, 689-704.
- Shekhar, S., Zhang, P., & Huang, Y. (2010). Spatial data mining. *Data mining and knowledge discovery handbook*, 837-854.
- Sundarakumar, K., M. Harika, S.A. Begum, S. Yamini and K. Balakrishna. 2012. Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using a Landsat Data. *Engineering Science & Technology*, 4: 170-178
- Tayyebi, A., & Pijanowski, B. C. (2014). Modeling multiple land use changes using ANN, CART and MARS: Comparing tradeoffs in goodness of fit and explanatory power of data mining tools. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 102-116.
- Wang, Deren Li · Shuliang & Deyi Li., & Li, D. (2015) Spatial data mining. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Zeng, L., Wang, B., Fan, L., & Wu, J. (2016). Analyzing sustainability of Chinese mining cities using an association rule mining approach. *Resources Policy*, 49, 394-404.

References

- Agrawal, R., Imieliński, T., & Swami, A. (1993, June). Mining association rules between sets of items in large databases. In *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (pp. 207-216).
- Akbari, A., Eskandari Sani, M., Esmail Nejad, M. (2023). Identifying the driving Factors of the Expansion and Future Growth of Urban Areas (Case Study: Expansion of Urban Areas of Zahedan), *Journal of Geography and Regional Development*, 21(1), 105-142 (In Persian)
- Angel, S., Sheppard, S., Civco, D. L., Buckley, R., Chabaeva, A., Gitlin, L., ... & Perlin, M. (2005). The dynamics of global urban expansion (p. 205). *Washington, DC: World Bank, Transport and Urban Development Department*.

- Bahari Sajeroud, Z, Talei, M. (2021). Exploring the spatial pattern of urban land uses by utilizing data mining methods, *Scientific-Research Quarterly Of Geographical Data*, 30(119), 75-86. (In Persian)
- Bibri, S. E. (2018). Data science for urban sustainability: Data mining and data-analytic thinking in the next wave of city analytics.
- Bivand, R. S., & Wong, D. W. (2018). Comparing implementations of global and local indicators of spatial association. *Test*, 27(3), 716-748.
- Cai, Fei, Jie Chen, Telin Chen, Banghua Zhang, and Wenping Fan. "Mining significant local spatial association rules for multi-category point data." *Heliyon* 10, no. 3 (2024).
- Center for Studies and Planning of the City of Tehran (2007), Comprehensive Plan of the City of Tehran. (In Persian)
- Dietzel, C., Oguz, H., Hemphill, J. J., Clarke, K. C., & Gazulis, N. (2005). Diffusion and coalescence of the Houston Metropolitan Area: evidence supporting a new urban theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(2), 231-246.
- Dowlatabadi, F., Moradpour, N. (2019). Investigation and modeling of land use changes in Khorramabad city by 1404 using MLP, MARKOV and CA-MARCOV models, *International Journal of Urban and Rural Management*, 17(53), 351-368. (In Persian)
- Geurts, K., Wets, G., Brijs, T., & Vanhoof, K. (2003). Profiling of high-frequency accident locations by use of association rules. *Transportation research record*, 1840(1), 123-130
- Han, D., Shi, Y., Wang, W., & Dai, Y. (2013). Research on Multi-Level Association Rules Based on Geosciences Data. *J. Softw.*, 8(12), 3269-3276.
- Houshmand-Nanehkar, F., Lajevardi, S. M., & Mahlouji-Bidgholi, M. (2021). Geographic data-mining and extraction of association rules using the Apriori algorithm (Case study: Capital of Iranian provinces). In *Smart Sustainable Cities of the Future* (pp. 189-246). Springer, Cham.
- Khairabadi, M. *Cities of Iran*, Translated by Hatami Nejad, H and Mafi, E. Mashhad, Nika Publishing. (In Persian)
- Khalili, A, Zabardast, E, and Azizi, M. (2017). Spatial Typology of Growth Patterns in Urban-Based Regions. *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 23(2), 53-66. (In Persian)
- Krzysztofik, R. (2016). Revisiting the question of centripetal and centrifugal forces in urban systems. *Geographia Polonica*, 89(4), 429-442.
- Martin, D., & Grodach, C. (2022). Placing production in urban cultural policy: The locational patterns of cultural industries and related manufacturing. *Journal of Urban Affairs*, 44(4-5), 567-587.
- Masoudi, K. (2010). *Studies and Organization of Gardens and Farmlands of Tehran: Socio-demographic Studies*, Baft Shahr Consulting Engineers. (In Persian)
- Master Plan Of Tehran (2007). Tehran Urban Research and Planing Center Publication. (In Persian)
- Mirbagheri, B, and Alimohammadi, A. (2018). Evaluating the Capability of Geographically Weighted Regression in Improvement of Urban Growth Simulation Performance Using Cellular Automata. *Engineering Journal Of GeoSpatial Information Technology*, 6(2), 43-64. (In Persian)
- Nong, D. H., Lepczyk, C. A., Miura, T., & Fox, J. M. (2018). Quantifying urban growth patterns in Hanoi using landscape expansion modes and time series spatial metrics. *PloS one*, 13(5), e0196940.
- Pampoore-Thampi, A., Varde, A., & Yu, D. (2014). Mining GIS data to predict urban sprawl. *ACM KDD (Bloomberg Track)*, 118-125.
- Panigrahi, S., Verma, K., & Tripathi, P. (2017). Data mining algorithms for land cover change detection: a review. *Sādhanā*, 42, 2081-2097.
- Panigrahi, S., Verma, K., & Tripathi, P. (2021). Review of MODIS EVI and NDVI data for data mining applications. In *Data Deduplication Approaches* (pp. 231-253). Academic Press.
- Rahnamaei, Mohammad, T. (1997). *A Collection of Urban Planning Topics: Geography*, Tehran, Publications of the Center for Urban Planning and Architectural Research of Iran. (In Persian)
- Rasmussen, L. V., Fold, N., Olesen, R. S., & Shackleton, S. (2021). Socio-economic outcomes of ecological infrastructure investments. *Ecosystem Services*, 47, 101242.
- Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Schneider, A. (2012). Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach. *Remote Sensing of Environment*, 124, 689-704.
- Shekhar, S., Zhang, P., & Huang, Y. (2010). Spatial data mining. *Data mining and knowledge discovery handbook*, 837-854.

- Sundarakumar, K., M. Harika, S.A. Begum, S. Yamini and K. Balakrishna. 2012. Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using a Landsat Data. *Engineering Science & Technology*, 4: 170-178
- Tayyebi, A., & Pijanowski, B. C. (2014). Modeling multiple land use changes using ANN, CART and MARS: Comparing tradeoffs in goodness of fit and explanatory power of data mining tools. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 102-116.
- Wang, Deren Li · Shuliang & Deyi Li., & Li, D. (2015) Spatial data mining. Berlin, Heidelberg: *Springer Berlin Heidelberg*.
- Yousefi Far, Sh. (2010). The Patterns of the Emergence of Cities and Urbanization in the History of Iran. *Jornal Of History Of Iran*, 3(1), 145-170. (In Persian)
- Zamai, Z., Ali Mohammadi, A., & Farnaghi, M. (2019). Exploring the Relationships between Spatial and Demographic Parameters and Urban Water Consumption in Esfahan Using Association Rule Mining. *Jornal Of Geomatics Science And Technology*, 9(1), 65-81. (In Persian)
- Zeng, L., Wang, B., Fan, L., & Wu, J. (2016). Analyzing sustainability of Chinese mining cities using an association rule mining approach. *Resources Policy*, 49, 394-404.