Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Investigation and Modeling of Land Use Changes in Mahabad County Using Markov Chain Model

Azra Moshtagh Mehr [1] , Mir Asadullah Hejazi [2]✉ , Fariba Karami [3]

1. Master Student of Spatial Planning, Department of Geomorphology, University of Tabriz.
E-mail: a.moshtagh1376@gmail.com
2. Corresponding author, Associate Professor, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Iran.
E-mail: s_hejazi@tabrizu.ac.ir
3. Professor, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Iran. E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:
Received: 31 January 2024
Revised: 3 March 2024
Accepted: 16 march 2024
Published: 21 June 2025

Keywords:
Mahabad,
Markov chain,
Modeling changes,
Land use,
Remote Sensing.

ABSTRACT

Objective: Land use changes are considered driving forces for unprecedented changes at the local, regional and global levels in ecosystems and environmental processes. Hence, the assessment of land use changes is very important to obtain continuous and accurate information regarding the dynamics of different areas in a specific period of time for any type of development planning. In this regard, in the present research, the evaluation of land use changes in Mahabad county in a twenty-year period from 2000 to 2020 and the prediction of its possible trends until 2040 have been discussed.

Methods: In this research, the images of ETM and OLI sensors of Landsat satellite in three years of 2000, 2010 and 2020 and the supervised classification have been used to detect the changes that have occurred. In addition, in order to simulate land use changes, Markov model and cellular automata have been used.

Results: Based on our results, the highest trend of increase was related to the built-up lands and the highest trend of decrease was related to the water bodies of the region. In other words, the area of built-up lands increased from 2367.67 hectares to 71006.08 hectares. Besides, the area of water bodies has reached from 9266.63 hectares to 1164.28 hectares, respectively. In addition, based on the results of the Markov model, it is expected that the trend of land use changes will decrease the area of agricultural lands by 1473.1 hectares, orchards and forests by 810.11 hectares, pasture land by 16455.4 hectares and water bodies by 545.69 hectares. On the other hand, these changes will be accompanied by an increase in the area of barren lands by 11831.72 hectares and built-up lands by 7448.42 hectares. Therefore, the possible trend of changes indicates an increase in the level of barren lands and built-up lands and a decrease in other land uses.

Conclusions: The results of the present research highlighted the need to pay attention to the challenge of land use change in Mahabad county and can provide a proper understanding of the dimensions, trends and patterns of land use in the region to officials, researchers and local people.

Cite this article: Moshtagh Mehr, A., Hejazi, A., & Karami, F. (2025). Investigation and Modeling of Land Use Changes In Mahabad County Using Markov Chain Model. *Journal of Geography and Planning*, 29 (91), 187-205. http//doi.org/10.22034/gp.2024.60347.3231

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/gp.2024.60347.3231

Introduction

Land use change is related to a range of central topics for the study of changes on a global scale and refers to an increasing challenge for human society and natural ecosystems in the current century. Land use changes are primarily driven by human drivers and social and economic development processes, and on the other hand, they are affected by biophysical factors such as climate, land, and soil quality. Land use changes affect a wide range of environmental characteristics and natural resources, such as water quality, land and air resources, ecosystems and climate cycles, and the main concern in this field is due to its direct impact on basic characteristics and processes, such as land productivity, diversity Geographical and biological, land degradation, hydrological cycle and environmental mechanisms are some of these processes. Hence, timely detection and monitoring of land use changes is very important to obtain continuous and accurate information about the dynamics of different areas in a specific period of time for any type of development planning. Accordingly, in the present research, the study and evaluation of land use changes in the area of Mahabad county in West Azerbaijan province has been done with an experimental approach. The current research seeks to contribute to providing a clear picture of the process of changes and its potential role in the plans and programs of the region by evaluating the various dimensions of changes in the last twenty years and predicting them in the next twenty years.

Materials and Methods

Land use classification using Landsat images has received significant attention in recent decades. Therefore, the use of Landsat images provides researchers with an opportunity to gain insight into various land use trends from the past to the present, which are important in monitoring land use changes. For this reason, ETM images of Landsat 7 for the years 2000 and 2010 and OLI images of Landsat 8 for 2020 have been freely downloaded and used by referring to the USGS database. In addition, the supervised classification method and the maximum likelihood technique have been used to extract the land use of the region. In this regard, first the reference data for each year were generated and then they were used for training and validation. On the other hand, the Markov chain model has been used to predict land use in 2040.

Results

According to the results, in 2000, 0.93% were agricultural lands, 0.67% were orchards and forests, 19.31% were pasture lands, 65.6% were barren lands, 0.96% were built-up areas, and 53.3% were water bodies. In addition, land use in 2010 has seen relatively large changes, but despite this, barren lands and pastures still account for the largest share, whereas orchards and forests account for the smallest share of land use. In other words, in 2010, the share of agricultural lands, orchards and forests, pasture lands, barren lands, built-up areas, and water bodies was 1.89, 0.46, 22.73, 59, 13.49, and 2.43 percent, respectively. Meanwhile, it was equal to 2.59, 1.96, 24.47, 43.46, 27.05 and 0.44 percent respectively, in 2020. Our findings have shown that the area of built-up areas and pastures has always increased in the twenty-year period, while the area of barren lands and water bodies has always decreased. The area of agricultural land, orchards and forests has also increased and decreased alternately, but in a twenty-year perspective, the area of agricultural land has decreased and the area of orchards and forest land has also increased. Hence, it should be said that the highest trend of increase was related to the built-up lands and the highest trend of decrease was related to the water bodies of the region. The results of the Markov model have also predicted that by 2040, about 44.06% of agricultural lands will be converted to orchards and forests, 10.46% of orchards and forests will be converted to agricultural lands, 42.14% of pasture lands will be converted to agricultural lands, 4.4 40% of barren lands will be converted into built-up lands, 45.63% of built-up lands into water bodies and 0.42% of waterbody areas will be converted into built-up areas. These changes will reduce the area of agricultural lands by 1473.1 hectares, orchards and forests by 810.11 hectares, pasture lands by 16455.4 hectares and water bodies by 545.69 hectares. Furthermore, these changes will be accompanied by an increase in the area of barren lands by 11831.72 hectares and built-up areas by 7448.42 hectares.

Conclusion

According to our results, the broad trend of urban land growth following the ever-increasing growth of the urban population as well as the development of residential settlements and industrial areas is clearly evident. This situation has caused the area of man-made land uses to grow strongly in the region and overshadow the natural cover of the region. On the other hand, the intensity and extent of these changes in the northern areas of the city, which are more populated, have been much more intense than in other areas. In addition, the results of the simulation of land use changes also show the continuation of the mentioned process and not paying attention to this issue can intensify the pressure on its natural resources and weaken the ecological capability of the land. Therefore, the results of the present research highlight the need to pay attention to the challenge of land use

change at Mahabad county and can provide officials, researchers and local people with a proper understanding of the dimensions, trends and patterns of land use in the region.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۸۰۷۸ شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۵۳۴
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف

عذرا مشتاق مهر [۱]، سید اسدالله حجازی [۲]✉، فریبا کرمی [۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی ، دانشگاه تبریز ایران. رایانامه: a.moshtagh1376@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار ، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: s.hejazi@tabrizu.ac.ir

۳. استاد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: fkarami@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱

کلیدواژه‌ها:
پوشش زمین،
طبقه‌بندی نظارت‌شده،
سنجش‌ازدور،
ماتریس تغییرات،
مهاباد.

چکیده

ارزیابی تغییرات کاربری سطح زمین برای دستیابی به اطلاعات مستمر و دقیق در ارتباط با پویایی مناطق مختلف در یک دوره زمانی خاص برای هر نوع برنامه‌ریزی توسعه بسیار مهم است. بر همین اساس، در تحقیق حاضر به مطالعه و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد در یک بازه زمانی بیست ساله از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و پیش‌بینی روندهای احتمالی آن تا سال ۲۰۴۰ پرداخته شده است. در تحقیق حاضر، از تصاویر سنجنده‌های ETM و OLI ماهواره لندست در سه تاریخ ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ و تکنیک طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تشخیص تغییرات رخداده بهره گرفته شده است. هم‌چنین، به‌منظور مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شده است. مطابق نتایج، اراضی ساخته شده بیشترین افزایش مساحت و پهنه‌های آبی بیشترین کاهش مساحت را نشان داده‌اند به‌نحوی که مساحت اراضی ساخته شده از ۲۳۶۷/۶۷ هکتار به ۷۱۰۰۶/۰۸ هکتار و مساحت پهنه‌های آبی از ۹۲۶۶/۶۳ هکتار به ۱۱۶۴/۲۸ هکتار رسیده است. علاوه بر این، نتایج مدل مارکوف چنین نشان می‌دهد که روند تغییرات کاربری اراضی منطقه موجب افزایش سطح اراضی بایر و اراضی ساخته شده و کاهش سطح دیگر اراضی شده و چنین انتظار می‌رود که مساحت اراضی زراعی به میزان ۱۴۷۳/۱ هکتار، باغات و جنگل‌ها به میزان ۸۱۰/۱۱ هکتار، اراضی مرتعی به میزان ۱۶۴۵۵/۴ هکتار و پهنه‌های آبی به میزان ۵۴۵/۶۹ با کاهش و در مقابل، مساحت اراضی بایر به میزان ۱۱۸۳۱/۷۲ هکتار و اراضی ساخته شده به میزان ۷۴۴۸/۴۲ هکتار افزایش خواهد یافت. به‌طور کلی، پیش‌بینی‌ها روند فزاینده گسترش اراضی ساخته شده و مسکونی و نیز کاهش روزافزون گستره پهنه‌های آبی منطقه را برجسته نموده است که این روند می‌تواند پیامدها و تبعات بسیاری بر توسعه پایدار شهرستان مهاباد به دنبال داشته باشد. بنابراین، نتایج تحقیق حاضر ضرورت توجه به مبحث تغییر کاربری اراضی در محدوده شهرستان مهاباد را برجسته نموده و می‌تواند شناخت مناسبی از ابعاد منفی، روندها و الگوهای کاربری زمین در منطقه به مسئولان، محققان و مردم محلی ارائه دهد.

استناد مشتاق مهر ، عذرا ؛ حجازی ، سید اسدالله ؛ و کرمی ، فریبا (۱۴۰۴). بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸ (۹۱)، ۲۰۵-۱۸۷.

http//doi.org/10.22034/gp.2024.60347.3231

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

تغییر کاربری اراضی یکی از موضوعات داغ تحقیقات جغرافیایی در عرصه جهانی در دهه‌های اخیر بوده است. مبحث تغییر کاربری اراضی مربوط به طیفی از موضوعات محوری برای مطالعه تغییرات در گستره جهانی است و به چالشی فزاینده برای جامعه انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی در قرن حاضر اشاره دارد (شریف و همکاران، ۲۰۲۲). این تغییرات اغلب فراگیر، سریع و در مقیاس‌های مختلف رخ داده و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد نظام ارضی تأثیر می‌گذارند (ماتئوس، لنشا و سیگای[1] ۲۰۲۲). تغییرات کاربری زمین در وهله اول توسط محرک‌های انسانی و فرآیندهای توسعه اجتماعی و اقتصادی هدایت می‌شود و از طرفی دیگر متأثر از عوامل بیوفیزیکی مانند آب‌وهوا، زمین و کیفیت خاک است (ژو[2] و همکاران، ۲۰۲۰). در این میان، رشد جمعیت، شهرنشینی، گسترش کشاورزی و اقتصاد جهانی از جمله محرک‌های انسانی شناخته شده تغییرات کاربری اراضی به شمار می‌آیند (بکله، وو و ویرسا[3] ۲۰۱۹). با این وجود، تغییرات کاربری اراضی چه ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد و چه از تحولات طبیعی نشأت گرفته باشد، به‌دلیل تعامل آن با اکوسیستم زمینی، تنوع زیستی و اکولوژی چشم‌انداز می‌تواند بر تغییرات در مقیاس جهانی نیز تأثیر بگذارد (حاق و باساک[4] ۲۰۱۷). بنابراین، تغییرات محیط طبیعی و تأثیر فعالیت‌های انسانی که به‌طور ناگهانی یا تدریجی در سطح زمین رخ می‌دهد، هسته اصلی مطالعه تغییرات کاربری اراضی است. ازاین‌رو، دستیابی به درک صحیح از تغییرات سطح زمین، دانش ارزشمندی از تعاملات بین محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی ارائه می‌دهد و در نتیجه مدیریت بهتر و استفاده مناسب‌تر از منابع طبیعی را سبب می‌شود (شنانی و زراعی، ۱۳۹۵).

تغییرات کاربری اراضی بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی از قبیل کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی، اکوسیستم‌ها و چرخه‌های آب‌وهوایی تأثیرگذار است و نگرانی اصلی در این زمینه ناشی از تأثیر مستقیم آن بر ویژگی‌ها و فرآیندهای اساسی است که بهره‌وری زمین (سالاریان و همکاران، ۱۴۰۰)، تنوع جغرافیایی و زیستی (دیبابا، دیمیس و میگل[5] ۲۰۲۰)، تخریب زمین (هایلماریام، سورمیسا و تیکتای[6] ۲۰۱۶)، چرخه هیدرولوژیکی و سازوکارهای محیطی (امیرو، رجا و عبدول، ۲۰۱۸) برخی از این فرآیندها هستند بعلاوه، تغییرات کاربری اراضی در طول زمان یک عامل حیاتی در ایجاد چشم‌اندازها و شرایط محیطی خاص در مناطق وسیع به‌شمار می‌آید (رانسول[7] و همکاران، ۲۰۱۲). بدین‌ترتیب، تشخیص و پایش به‌موقع تغییرات کاربری سطح زمین برای دستیابی به اطلاعات مستمر و دقیق در ارتباط با پویایی مناطق مختلف در یک دوره زمانی خاص برای هر نوع برنامه‌ریزی توسعه بسیار مهم است (پانده[8] و همکاران، ۲۰۱۸).

الگوی کاربری و پوشش زمین در هر منطقه منعکس کننده عوامل طبیعی و اجتماعی–اقتصادی آن منطقه و استفاده از آنها از نظر زمانی و مکانی است (حسان و همکاران، ۲۰۱۶). به بیانی دیگر، داده‌های کاربری اراضی، سطح زمین را در یک لحظه معین از زمان توصیف می‌کنند و می‌توانند برای شناسایی فرآیندهای اساسی که به چشم‌انداز فعلی منجر شده‌اند، مورد استفاده واقع شوند (چادوری[9] حسن و عبدالله، ۲۰۲۰). بنابراین، به‌روزرسانی داده‌های موجود کاربری زمین به حفظ ارزش اطلاعات ارزشمند کمک نموده و تجزیه و تحلیل و ارزیابی تغییرات را امکان‌پذیر می‌سازد (سولارد و ویلسون، ۲۰۱۵). از سویی دیگر، پیش‌بینی روندهای آتی کاربری اراضی می‌تواند از اهمیت زیادی در زمینه بهینه‌سازی الگوهای کاربری زمین و بهبود مدیریت کاربری

---

1. Mathewos, Lencha & Tsegaye
2. Xu
3. Bekele, Yu & Yirsaw
4. Haque & Basak
5. Dibaba, Demissie & Miegel
6. Hailemariam, Soromessa & Teketay
7. Rounsevell
8. Pande
9. Chowdhury

پایدار برخوردار باشد. بر همین اساس، این رویکرد یکی از دقیق‌ترین فرآیندها برای درک وضعیت زمین در گذشته، انواع تغییرات مورد انتظار در آینده و هم‌چنین نیروها و فرآیندهای پشت این تغییرات است (دینکا و چاکا، ۲۰۱۹).

با توجه به موارد فوق، در تحقیق حاضر به مطالعه و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهرستان مهاباد در استان آذربایجان غربی با یک رویکرد آمایشی پرداخته شده است. یکی از اهداف اصلی بررسی کاربری اراضی در این شهرستان شناسایی و بررسی روندهای زمانی و مکانی تغییر و تحولات در طی دو دهه اخیر در آن بوده است. به‌عبارتی دیگر، سؤال مهم تحقیق حاضر این است که الگوی حاکم بر تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر تخریب تنوع جغرافیایی در این منطقه به چه نحوی بوده است؟ در راستای پاسخ به این سؤال، تحقیق حاضر به دنبال این است که با ارزیابی ابعاد مختلف تغییرات در بازه زمانی بیست سال اخیر و پیش‌بینی آن در بیست سال آینده، در ارائه تصویر واضحی از روند تغییرات و نقش بالقوه آن در طرح‌ها و برنامه‌های آمایشی منطقه سهیم باشد.

پیشینه پژوهش

زمین منبع و دارایی منحصربه‌فردی است که فضایی را مشخص می‌کند که فعالیت‌های اقتصادی و فرآیندهای زیست‌محیطی در آن انجام می‌شود و منابع زیست‌محیطی و دارایی‌های اقتصادی در آن قرار دارند. ازاین‌رو، زمین محدود و به‌شکل روزافزونی تحت فشار است تا نیازهای فزاینده جامعه انسانی را برآورده کند (بخش آماری سازمان ملل متحد[1] ۲۰۱۹: ۳). از طرفی دیگر، کاربری زمین مفهومی رایج و معادل هرگونه استفاده‌ای از زمین می‌باشد (شیعه، ۱۳۹۱: ۱۲۰). از نظر مفهومی، کاربری زمین ازجمله مهم‌ترین شاخص‌هایی بوده که انسان با استفاده از آن در کنار فراهم ساختن موجبات رشد و توسعه اجتماعی- اقتصادی خود، ساختارها و فرآیندهای محیط‌زیست را تغییر داده و این شامل انواع بهره‌برداری از زمین به‌منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است (ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۶). ازاین‌رو، انسان و فعالیت‌های او محور اصلی کاربری زمین می‌باشند و تغییرات کاربری اراضی به‌منزلهٔ فرآیندی اجتناب‌ناپذیر بوده و ناشی از واکنش میان عوامل انسانی و طبیعی قلمداد می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷).

در این راستا، با وجود اینکه دو اصطلاح "پوشش زمین"[2] و "کاربری زمین" اغلب به‌جای یکدیگر و در یک معنا استفاده می‌شوند، اما در واقع این دو مفهوم متفاوت هستند. در یک تعریف کلی، پوشش زمین چیزی است که سطح زمین را می‌پوشاند و کاربری زمین نحوه استفاده از زمین را بیان می‌کند (هورنینگ[3] ۲۰۰۴). به‌عبارتی دیگر، پوشش زمین با توصیف فیزیکی زمین مطابقت دارد و به یک تعریف ساده منتهی می‌شود: پوشش فیزیکی مشاهده شده سطح زمین. از این نظر، پوشش زمین همان چیزی است که با زمین هم‌پوشانی داشته و یا در حال حاضر آن را می‌پوشاند. مطابق این مفهوم، دسته‌بندی‌های فیزیکی مختلف از هم متمایز می‌شوند که مناطق پوشش گیاهی (درختان، بوته‌ها، مزارع، چمن‌زار)، زمین لخت و خاک برهنه (حتی اگر کمبود پوشش باشد)، سطوح سخت (سنگ‌ها، ساختمان‌ها) و مناطق مرطوب و بدنه‌های آبی (دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها و غیره) از آن جمله هستند (دوهامل، ۲۰۱۲). در مقابل، فعالیت‌های انسانی در سطح زمین به‌عنوان کاربری زمین شناخته می‌شود و لزوماً همیشه ارتباطی با پوشش زمین ندارد (ماتئوس، ۲۰۲۲). با این حال، کاربری و پوشش زمین اصطلاحی است که به هر دو دسته کاربری و انواع مختلف پوشش زمین اشاره دارد و در یک مفهوم کلی و رایج استفاده می‌شود: فعالیت‌های انسانی که مستقیماً محیط فیزیکی را تغییر می‌دهد (مایر و تورنر[4] ۱۹۹۲).

از دوران صنعتی شدن، مشکلات زیست محیطی جهان به‌طور فزاینده‌ای برجسته شده است. با مطالعه عمیق در مورد تغییرات محیطی، محققان دریافتند که تغییر پوشش زمین تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی عامل مهمی است که منجر به تغییرات محیطی جهان می‌شود. بر همین اساس، تحقیقات مربوط به تغییرات کاربری و پوشش زمین به‌طور جدی از دهه ۱۹۳۰، شروع به افزایش

---

1. UNSD
2. Land cover
3. Horning
4. Meyer & Turner

نموده است (چانگ[1]و همکاران، ۲۰۱۷). بر همین اساس، در ادامه به مرور تعدادی از مطالعات مرتبط که در سالیان اخیر در ایران و جهان به انجام رسیده است، پرداخته شده است.

مطالعات داخلی

فیروزجایی، کیاورز و کلانتری (۱۳۹۷) به پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در یک دوره زمانی بلند از ۱۳۶۴ تا ۱۴۱۹ با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از گسترش بی‌رویه شهر بابل در طی ۳۰ سال گذشته بوده است به‌طوری‌که رشد ۹۲ درصدی مساحت اراضی ساخته شده سبب تخریب بیش از حد اراضی زارعی و فضای سبز در حاشیه شهر شده است. بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش فاصله از اراضی ساخته شده میزان تغییرات کاربری اراضی کاهش چشمگیری داشته است. هم‌چنین شاخص آنتروپی شانون طی سال‌های گذشته روند رو به رشدی داشته به‌طوری که از ۰/۷۳ در سال ۱۳۶۴ به ۰/۸ در سال ۱۳۹۴ رسیده است. نتایج تغییرات کاربری اراضی، رشد ۳۳ درصدی اراضی ساخته شده و کاهش ۷۰۴ هکتاری اراضی زراعی را برای سال ۱۴۱۹ نسبت به سال ۱۳۹۴ را پیش‌بینی نموده است و این امر ضرورت توجه به موضوع گسترش شهری و پیامدهای آن در شهر و پیرامون آن را نشان می‌دهد.

اکبری، زندی و میمری (۱۳۹۸) با تحلیل و پیش‌بینی گسترش محدوده شهری مشهد در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۴۰۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و زنجیره مارکوف به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین تغییرات در سال‌های ۷۹ تا ۸۸ مربوط به محدوده باغات و اراضی کشاورزی بوده است و اراضی بایر در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. هم‌چنین، مساحت مراتع در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۹ افزایش چشمگیری داشته است. هم‌چنین در طی ۳ بازه زمانی ۱۳۹۵، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹ بیشترین تغییر در کاربری‌ها مربوط به محدوده‌های ساخته شده است که بر اساس پیش‌بینی مدل مارکوف در افق ۱۴۰۴ این کاربری حدود ۱۲۱/۵۷ درصد تغییر خواهد داشت.

نیک‌پور، عمونیا و نورپسندی (۱۴۰۰) به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با تلفیق مدل زنجیره مارکوف و مدل سلول‌های خودکار در منطقه عباس‌آباد استان مازندران با به‌کارگیری تصاویر سنجنده *TM* و *OLI* ماهواره‌های لندست ۸ و ۵ پرداخته‌اند. برای منطقه مذکور ۴ کلاس کاربری (منابع آبی، پوشش گیاهی، ساخته شده و اراضی بایر) تفکیک شده و جهت استخراج کلاس‌های کاربری از روش طبقه‌بندی شیءگرا و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان[2]استفاده شده است. نتایج نشان داده است که در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۱۷ پهنه ساخته شده روند افزایشی و سه کلاس دیگر روند کاهشی را داشته‌اند. بر اساس مدل پیش‌بینی زنجیره مارکوف با دقت بالای ۸۵ درصد روند تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ همانند سال‌های قبل خواهد بود. این موضوع نشان می‌دهد که تبدیل و تغییر کاربری‌ها مانند قبل خواهد بود.

رضائی مقدم، رجبی و موسوی (۱۴۰۲) در تحقیق خود به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز رود زرد در محدوده شهرستان باغملک استان خوزستان با استفاده از سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف اقدام نموده‌اند. دوره آماری این تحقیق یک بازه زمانی ۱۸ ساله از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ و سال‌های پیش‌بینی آن ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ بوده است. مطابق یافته‌های این مطالعه، اراضی بایر، فضای سبز و باغات دارای روند کاهشی و نواحی ساخته شده، زمین‌های زراعی و سطوح آبی دارای روند افزایشی بوده‌اند. بعلاوه، نتایج شبیه‌سازی تغییرات چنین نشان داده است که با روند موجود، در سال ۲۰۲۵ کاربری‌های ساخته شده، زراعی و بدنه‌های آبی افزایش و فضای سبز و باغات و زمین بایر کاهش خواهند داشت و در سال ۲۰۵۰ نیز فضای سبز و باغات به۱۹۲/۶ هکتار و زمین بایر به ۸۴۳۸۷/۶ هکتار کاهش و در مقابل، زمین زراعی به ۱۲۴۳/۷ هکتار، آب‌های سطحی به ۸۹۵/۵ هکتار و نواحی ساخته شده به ۱۶۷۱/۹ هکتار افزایش پیدا خواهد نمود.

مطالعات خارجی

[1]. Chang

[2]. SVM

پانده و همکاران (۲۰۲۱)، به ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی در حوضه آبخیز پنجاری در هند با کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی نموده‌اند. محققان سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ را در این راستا مطالعه نموده و از تکنیک طبقه‌بندی نظارت‌شده بهره گرفته‌اند. نتایج تحقیق حاکی از افزایش اراضی کشاورزی به میزان ۱۸/۷۱ درصد، اراضی ساخته‌شده به میزان ۰/۶۲ درصد، اراضی بایر به میزان ۴۰/۳۳ درصد و اراضی آبی به میزان ۱۷/۳۹ درصد بوده است. نتایج نهایی این مطالعه نیز بر ارائه دقت مطلوب الگوریتم طبقه‌بندی نظارت‌شده در شناسایی پدیده‌های تصویری تأکید نموده است.

چاتورودی[1]و همکاران (۲۰۲۲)، تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی و پیش‌بینی رشد اراضی ساخته شده در منطقه احمدآباد کشور هندوستان در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰ را مورد مطالعه قرار داده‌اند. مطابق نتایج این تحقیق، در بازه بین ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، مجموع مساحت ساخته شده ۱۳۰ درصد یعنی از ۱۳۲ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۰ به ۳۰۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است. مطابق بررسی‌های محققان، رشد سریع جمعیت عامل اصلی رشد اراضی شهری در این منطقه بوده است زیرا زمین شهری ۳/۹ کیلومتر مربع مساحت ساخته شده اضافی را برای پذیرش هر ۱۰۰۰۰۰ ساکن جدید اضافه نموده است. علاوه بر این، در قیاس با سال ۲۰۱۹، مدل مارکوف افزایش ۲۵ درصدی و ۱۹ درصدی را در کل اراضی ساخته شده شهری و جمعیت احمدآباد تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی نموده است.

شریف و همکاران (۲۰۲۲)، اقدام به ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های ماهواره لندست و مدل زنجیره مارکوف در منطقه الباحه[2]در کشور عربستان سعودی و در بازه ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۱ نموده‌اند. بعلاوه، محققان به ارزیابی رشد آتی کاربری زمین شهری در بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۴۷ پرداخته‌اند. نتایج تحقیق حاکی از توسعه اقتصادی–اجتماعی قابل توجه در طول دوره آماری بوده است و نیز توسعه فیزیکی شهری به قیمت کاهش وسیع مراتع، جنگل و بوته‌زارها و اراضی بایر و شن‌زارها صورت گرفته است. بر اساس نتایج مدل مارکوف، رشد شهری بزرگی در این منطقه پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۷ حدود ۲۶۰۷ کیلومتر مربع با افزایش خالص ۸۱۱ کیلومتر مربع برآورد شده است.

گول[3]و همکاران (۲۰۲۳)، در تحقیق خود به مطالعه تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخش مالاکند[4]در استان خیبر کشور پاکستان پرداخته‌اند. دوره زمانی مورد مطالعه آنان در این تحقیق سال‌های بین ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ بوده است. نتایج این تحقیق حاکی از کاهش قابل‌توجه پوشش برف و زمین‌های بایر بوده که پیامد تغییرات اقلیمی بوده است و در مقابل، مناطق ساخته شده، پوشش گیاهی، و بدنه‌های آبی روند افزایشی را نشان داده است. نتایج نهایی این تحقیق حاکی از این بوده است که نیاز مبرمی به برنامه‌ریزی برای حفظ زیستگاه‌های طبیعی در راستای توسعه پایدار در منطقه وجود دارد.

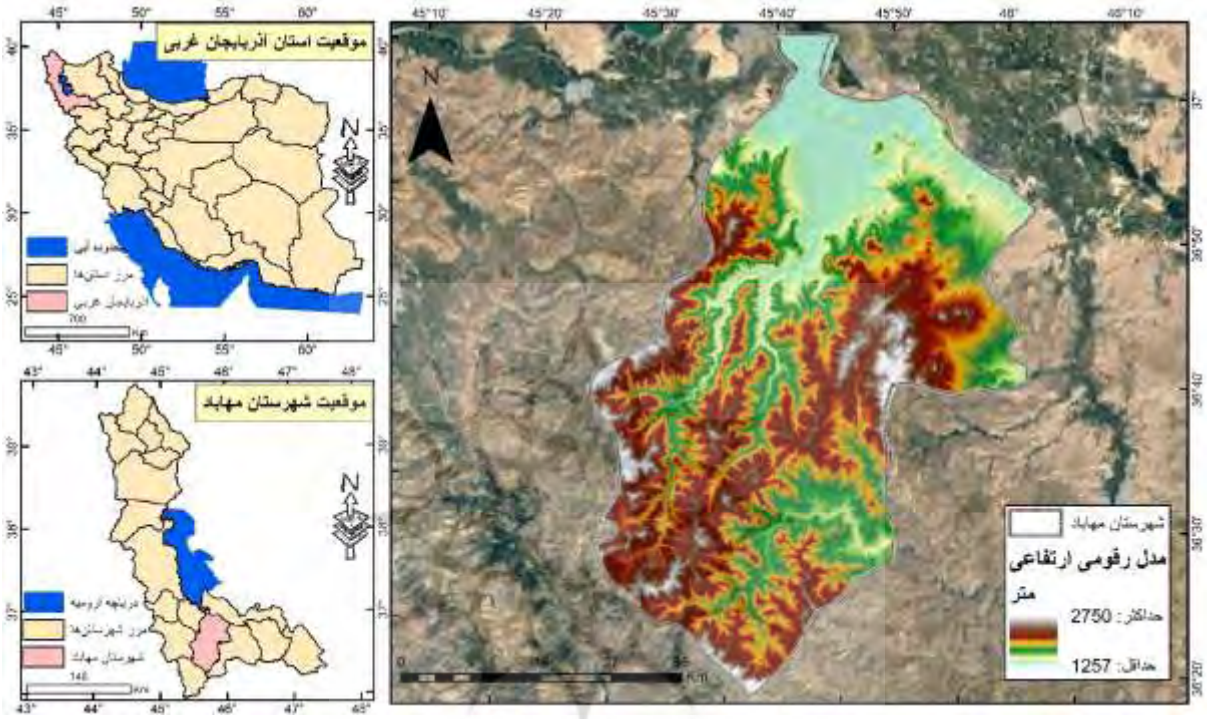
روش پژوهش

محدوده مورد مطالعه

شهرستان مهاباد با مساحت ۲۶۳۰۰۰ هکتار در جنوب استان آذربایجان غربی واقع شده است. این شهرستان از سمت شمال به دریاچه ارومیه و شهرستان میاندوآب، از شرق به شهرستان بوکان، از جنوب به شهرستان سردشت و از طرف غرب به شهرستان‌های پیرانشهر و نقده منتهی می‌شود. از نظر موقعیت جغرافیایی دقیق، این شهرستان بین مدارهای ۴۵ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و عرض‌های ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۳۸۵

[1]. Chaturvedi
[2]. Al Baha
[3]. Gul
[4]. Malakand

متری از سطح دریا واقع شده است. شهرستان مهاباد از نظر تقسیمات اقلیمی زمستانی در منطقه خیلی سرد و در تقسیمات اقلیمی تابستانه در منطقه معتدل و مرطوب قرار گرفته است. میانگین کلی بارش سالانه در شهرستان مهاباد برابر با ۳۹۸ میلی‌متر، بیشینه بارندگی سالانه برابر با ۶۲۰ و کمینه بارندگی سالانه برابر با ۲۰۶ میلی‌متر است (سالنامه آماری استان آذربایجان غربی، ۱۴۰۰). مطابق آخرین داده‌های سرشماری عمومی نفوس و مسکن، شهرستان مهاباد دارای جمعیتی بالغبر ۲۳۶۸۴۸ نفر در قالب ۵۷۵۶۲ خانوار بوده است که از این میزان ۷۱ درصد را جمعیت شهری و ۲۱ درصد را جمعیت روستانشین تشکیل می‌دهند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). در شکل ۱ نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان مهاباد نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان مهاباد

داده‌ها و روش

پویایی زمانی سطح زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ابزار مهمی برای مطالعه تغییرات کاربری و پوشش زمین در یک دوره زمانی به محققان داده است. علاوه بر این، می‌توان تغییرات در گستره‌های مکانی و میزان تغییرات را نیز با استفاده از این داده‌ها محاسبه نمود (روی و روی، ۲۰۱۰). با این وجود، انتخاب تصاویر ماهواره‌ای مناسب برای اجرای موفقیت‌آمیز فرآیند تشخیص و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی از اهمیت زیادی برخودار است. از این نظر، تصاویر انتخاب شده باید دارای وضوح مکانی و زمانی مناسب برای تولید نقشه‌ها و برآوردهای بسیار دقیق و مرتبط باشند. در این راستا، در ماهواره‌های لندست به‌دلیل آرشیو گسترده‌ای از تصاویر اخذشده از سطح زمین که پیشینه آن به دهه ۱۹۸۰ برمی‌گردد، مناسب‌ترین منبع داده در این خصوص در نظر گرفته می‌شوند (یونس و همکاران، ۲۰۲۳). به همین دلیل، طبقه‌بندی کاربری زمین با استفاده از تصاویر Landsat در دهه‌های اخیر به شکل چشمگیری مورد توجه قرار گرفته است. ازاین‌رو، استفاده از مجموعه تصاویر لندست به محققان فرصتی برای دستیابی به بینش مناسب در مورد روندهای مختلف کاربری اراضی از گذشته تا حال، که در زمینه نظارت بر تغییرات کاربری زمین مهم هستند، ارائه می‌دهد (فیری و مورگنروث، ۲۰۱۷).

مشخصات داده‌های مورداستفاده در تحقیق حاضر در جدول ۱ نشان داده شده است. تصاویر سنجنده ETM لندست ۷ برای دو سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ برای سال ۲۰۲۰ با مراجعه به پایگاه داده سازمان زمین‌شناسی

ایالات متحدهٔ[1] انتخاب و به‌صورت رایگان دریافت شده است. همان‌طور که در جدول زیر مشخص شده است، در انتخاب داده‌ها به شرایط خاصی توجه شده است از جمله اینکه برای تفکیک بهتر طبقات مختلف اراضی از یکدیگر، تصاویر ماه‌های تابستان (تیر ماه) مورد استفاده واقع شده است و اینکه تصاویر دریافتی دارای پوشش ابر زیر ۱۰ درصد بوده‌اند که انجام تجزیه و تحلیل‌ها را بدون نیاز به تصحیحات خاصی ممکن ساخته است. علاوه بر این، داده‌های موجود از نوع سطح 1TP بوده‌اند که به‌صورت پردازش‌شده می‌باشند.

جدول ۱. مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

ردیف	ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویربرداری	ردیف و گذر	پوشش ابر	منبع
۱	لندست ۷	ETM	۲۰۰۰/۰۶/۲۸	۳۴ – ۱۶۸	≥ ٪۱۰	Earth explorer (USGS)
۲				۳۵ – ۱۶۸		
۳			۲۰۱۰/۰۷/۱۰	۳۴ – ۱۶۸		
۴				۳۵ – ۱۶۸		
۵	لندست ۸	OLI	۲۰۲۰/۰۶/۲۷	۳۴ – ۱۶۸		
۶				۳۵ – ۱۶۸		

طبقه‌بندی نظارت‌شده

در تحقیق حاضر از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای استخراج کاربری اراضی منطقه مطالعاتی استفاده شده است. در این روش نواحی کوچکی تحت عنوان نمونه‌های آموزشی روی تصویر استخراج می‌شود که شامل متغیرهای پیش‌بینی اندازه‌گیری شده در هر واحد نمونه‌برداری است و کلاس‌های قبلی را به واحدهای نمونه ارتباط می‌دهد. از طرفی دیگر، طبقه‌بندی نظارت‌شده دارای تکنیک‌های متعددی است که حداکثر احتمال[2]یکی از رایج‌ترین آن‌ها است. ازآنجایی‌که این تکنیک در اکثر مطالعات پیشین نتیجه دقیقی ارائه نموده و هم‌چنین دارای فرآیند پردازشی نسبتاً آسانی است، در تحقیق حاضر نیز از آن استفاده شده است. حداکثر احتمال برگرفته از تئوری بیز[3]است که در آن هر کلاس در ناحیه‌ای در فضای چندطیفی محصور می‌شود و عملکرد تفکیک آن بزرگ‌تر از همه کلاس‌های دیگر است. به دیگر بیان، این روش چنین فرض می‌کند که آمارهای هر کلاس در هر باند دارای توزیع نرمال شده است و احتمال تعلق یک پیکسل معین به یک کلاس خاص را محاسبه می‌کند. بر این اساس با تعیین یک آستانه طیفی احتمالی، همه پیکسل‌ها در کلاس‌های معین طبقه‌بندی می‌شوند (احمد، ۲۰۱۲). در فرآیند طبقه‌بندی در تحقیق حاضر نیز، ابتدا داده‌های نمونه برای هر سال تولید شده و سپس برای آموزش و اعتبارسنجی از آنها استفاده شده است.

زنجیره مارکوف

طیف گسترده‌ای از مدل‌های تغییر کاربری زمین در راستای تجزیه و تحلیل ابعاد مختلف تغییرات کاربری اراضی توسعه داده شده است (وربورگ[4]و همکاران، ۲۰۰۹). از این نظر، روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی نیز برای بررسی رابطه بین تغییرات در گذشته و نیروهای محرک تغییرات در آینده تحت سناریوهای مختلف ارائه شده است که معمولاً مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی، سیاسی، اجتماعی–اقتصادی، فناوری و فرهنگی در این زمینه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (گومز[5]و همکاران ،

[1]. USGS
[2]. Maximum Likelihood
[3]. Bayes' theorem
[4]. Verburg
[5]. Gomes

۲۰۲۱). از میان تمام رویکردهای موجود، استفاده از مدل زنجیره مارکوف بیش‌ترین توجه را به خود جلب نموده است. زنجیره مارکوف، یک نوع مدل فرآیند تصادفی است که بیان می‌کند با چه احتمالی ممکن است که یک وضعیت به وضعیت یا حالت دیگری تغییر یابد. این مدل یک ابزار توصیفی کلیدی دارد که ماتریس احتمال انتقالات نام دارد. در مدل زنجیره مارکوف، مجموعه‌ای از حالات ممکن تعریف می‌شود که این فرایند از یک وضعیت شروع شده و به‌طور متوالی از وضعیتی به وضعیت دیگری جابه‌جا می‌شود و هر حرکت، یک گام تلقی می‌شود. در این مدل، باید دو نقشه پوشش اراضی از دو دوره زمانی متفاوت وجود داشته باشد که در این حالت، امکان محاسبه احتمال انتقالات کاربری‌ها در بین دوره‌های زمانی مورد بررسی، میسر می‌شود. (سالاریان و همکاران، ۱۴۰۰). مدل زنجیره مارکوف دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی است که با استفاده از رابطه ۱ بیان می‌شود:

$$\Pr(X_{n+1} = x \mid x_1, X_2 = x_2, \ldots, X_n = \Pr(X_{n+1} = x \mid X_n = x_n) \qquad \text{۱) رابطه}$$

رابطه فوق بدان‌معناست که زنجیره مارکوف $X(t)$ همگن است اگر $P(Xn+1 = j|Xn = i) = P(X1 = j|X0 = i)$، یعنی احتمالات انتقال به زمان n بستگی ندارد. در این صورت، برای احتمال رفتن از i به j در یک مرحله چنین حالتی خواهیم داشت: $pij = P(X1 = j|X0 = i)$ و برای ماتریس انتقال نیز خواهیم داشت: $P = (pij)$.

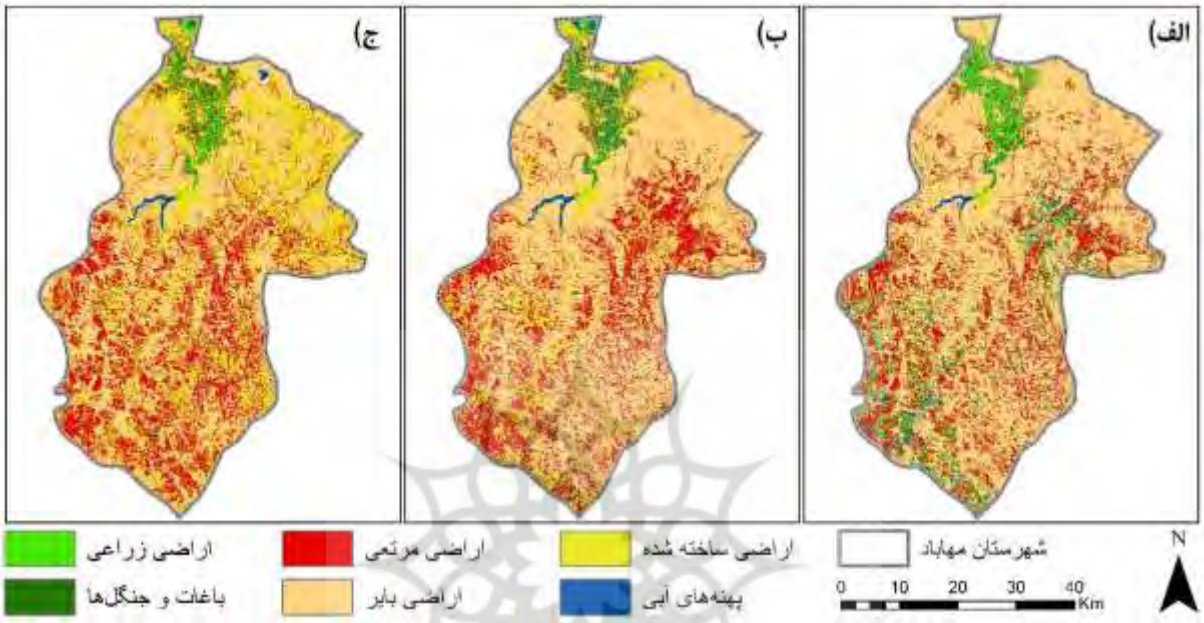
نتایج

۱. طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان مهاباد

نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان مهاباد در سه سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق نقشه حاصله، سطح شهرستان مهاباد به ۶ کلاس کاربری عمده تفکیک شده و مورد بررسی قرار گرفته است. در یک نگاه کلی چنین به نظر می‌رسد که بخش عمده اراضی زراعی، باغات و جنگل‌ها و اراضی ساخته شده در نیمه شمالی شهرستان گسترده شده است و در مقابل، سایر اراضی در سرتاسر منطقه توزیع یافته‌اند. بنابراین، تأثیر فعالیت‌های انسانی در نیمه شمالی شهرستان با توجه به واقع شدن شهر مهاباد و نیز شرایط حاکم بر توپوگرافی منطقه کاملاً مشهود می‌باشد.

بررسی نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی که در جدول ۲ بیان شده است حاکی از این بوده که در سال ۲۰۰۰، از مجموع مساحت ۲۶۲۴۵۱ هکتاری شهرستان مهاباد چیزی در حدود ۲۶۰۶۵/۵۶ هکتار مربوط به اراضی زراعی، ۱۷۶۵/۵۲ هکتار مربوط به اراضی باغی و جنگلی، ۵۰۶۹۵/۴۵ هکتار مربوط به اراضی مرتعی، ۱۷۲۲۹۰ هکتار مربوط به اراضی بایر، ۲۳۶۷/۶۷ هکتار مربوط به اراضی ساخته شده یا شهری و ۹۲۶۶/۶۳ هکتار نیز مربوط به پهنه‌های آبی بوده است. بنابراین، اراضی بایر در سال ۲۰۰۰ بیشترین گستره را در بر گرفته است و پس از آن اراضی مرتعی، اراضی زراعی، پهنه‌های آبی، اراضی ساخته شده و باغات و جنگل‌ها جای گرفته‌اند (شکل ۲–الف). هم‌چنین، الگوی کاربری اراضی در سال ۲۰۱۰ در مقایسه با سال قبل‌تر تغییرات نسبتاً زیادی را شاهد بوده است اما با این وجود، اراضی بایر و مراتع همچنان بیشترین سهم و در مقابل، باغات و جنگل‌ها کمترین سهم را از کاربری اراضی منطقه به خود اختصاص داده‌اند. در این سال مساحت اراضی زراعی برابر با ۴۹۶۰ هکتار، مساحت باغات و جنگل‌ها برابر با ۱۲۰۸/۷۳ هکتار، مساحت اراضی مرتعی برابر با ۵۹۶۵۷/۶ هکتار، مساحت اراضی بایر برابر با ۱۵۴۹۴۴/۵ هکتار، مساحت اراضی ساخته شده برابر با ۳۵۳۱۵/۴۶ هکتار و نهایتاً مساحت پهنه‌های آبی برابر با ۶۳۶۸/۰۷ هکتار می‌باشد. بنابراین، موضوع مهم و قابل توجه در این سال، کاهش مساحت اراضی زراعی و پهنه‌های آبی و افزایش مساحت اراضی ساخته شده بوده است (شکل ۲–ب). علاوه بر این، از مجموع مساحت ۲۶۲۴۵۱ هکتاری شهرستان مهاباد در سال ۲۰۲۰، ۷۱/۶۸۰۲ هکتار به اراضی زراعی، ۵۱۵۲/۸۷ هکتار به باغات و جنگل‌ها، ۶۴۲۳۵/۴ هکتار به اراضی مرتعی، ۱۱۴۰۸۶/۶۸ هکتار به اراضی بایر، ۷۱۰۰۶/۰۸ هکتار به اراضی ساخته شده و ۱۱۶۴/۲۸ هکتار به پهنه‌های آبی اختصاص یافته است (شکل ۲–ج). بنابراین، اراضی بایر کماکان گسترده‌ترین طبقه کاربری اراضی در شهرستان مهاباد به حساب می‌آید اما با این حال سهم آن با کاهش مواجه شده است. از طرفی دیگر، اراضی ساخته شده در این سال رشد چشمگیری داشته و به رتبه دوم از نظر مساحت رسیده و جای اراضی

مرتعی را گرفته است. هم‌چنین، اراضی زراعی و باغات و جنگل‌ها نیز در این سال رشد داشته‌اند که افزایش مساحت باغات و جنگل‌ها بیشتر از اراضی زراعی بوده است. در مقابل، مساحت پهنه‌های آبی کاهش نسبتاً شدیدی داشته و مساحت آن از ۶۳۶۸/۰۷ هکتار در سال ۲۰۱۰ به ۱۱۶۴/۲۸ هکتار در سال ۲۰۲۰ تقلیل یافته است که بیانگر کاهش و پسروی ۵۲۰۳/۷۹ هکتار از سطح آب‌های منطقه می‌باشد و همین عامل منجر به این شده است که پهنه‌های آبی در سال ۲۰۲۰ کمترین مساحت در مقایسه با سایر اراضی را داشته باشند.



شکل ۲. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان مهاباد (الف: سال ۲۰۰۰؛ ب: سال ۲۰۱۰؛ ج: سال ۲۰۲۰)
(منبع: یافته‌های تحقیق)

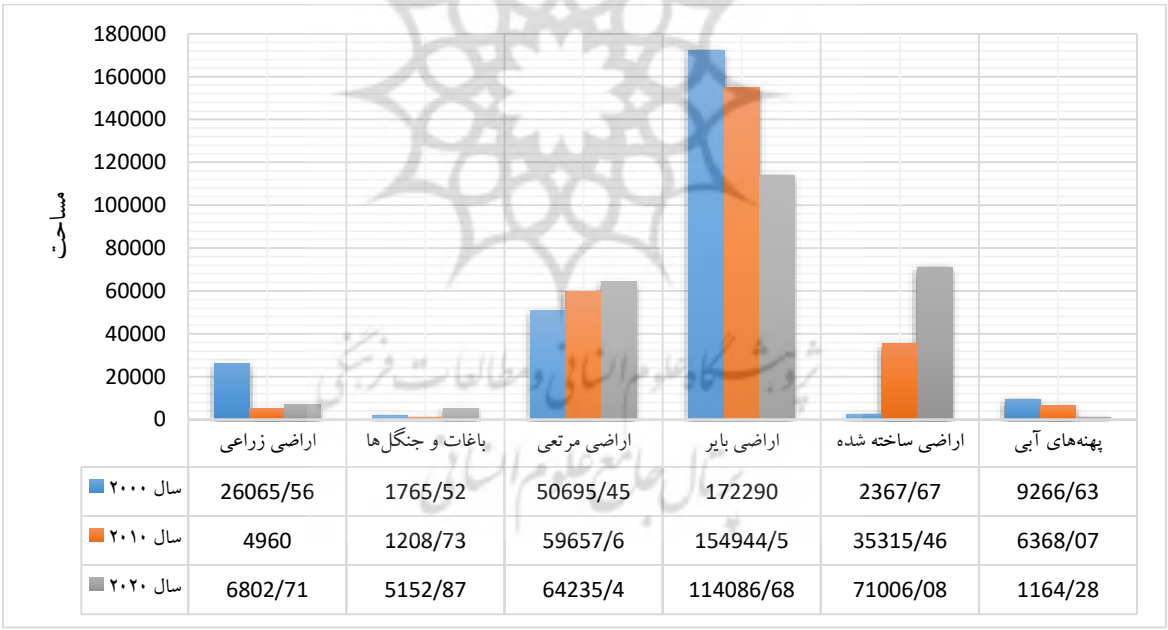
جدول ۲. مساحت کاربری اراضی شهرستان مهاباد در بازه ۲۰۲۰-۲۰۰۰

سال	۲۰۰۰		۲۰۱۰		۲۰۲۰	
کاربری زمین	مساحت (هکتار)	نسبت (درصد)	مساحت (هکتار)	نسبت (درصد)	مساحت (هکتار)	نسبت (درصد)
اراضی زراعی	۲۶۰۶۵/۵۶	۹/۹۳	۴۹۶۰	۱/۸۹	۶۸۰۲/۷۱	۲/۵۹
باغات و جنگل‌ها	۱۷۶۵/۵۲	۰/۶۷	۱۲۰۸/۷۳	۰/۴۶	۵۱۵۲/۸۷	۱/۹۶
اراضی مرتعی	۵۰۶۹۵/۴۵	۱۹/۳۱	۵۹۶۵۷/۶	۲۲/۷۳	۶۴۲۳۵/۴	۲۴/۴۷
اراضی بایر	۱۷۲۲۹۰	۶۵/۶	۱۵۴۹۴۴/۵	۵۹	۱۱۴۰۸۶/۶۸	۴۳/۴۶
اراضی ساخته شده	۲۳۶۷/۶۷	۰/۹۶	۳۵۳۱۵/۴۶	۱۳/۴۹	۷۱۰۰۶/۰۸	۲۷/۰۵
پهنه‌های آبی	۹۲۶۶/۶۳	۳/۵۳	۶۳۶۸/۰۷	۲/۴۳	۱۱۶۴/۲۸	۰/۴۴
مجموع	۲۶۲۴۵۱	۱۰۰	۲۶۲۴۵۱	۱۰۰	۲۶۲۴۵۱	۱۰۰

ارزیابی روند زمانی–مکانی تغییرات کاربری اراضی

روندهای زمانی تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهرستان مهاباد در دو بازه قابل بررسی است: اول تغییرات ایجادشده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و دوم تغییرات ایجادشده در بازه زمانی بین ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰. بر این اساس، می‌توان ابعاد تغییرات را به‌صورت دقیق‌تر مورد بررسی قرار داده و ارزیابی صحیحی از الگوی کلی تغییرات در منطقه به انجام رساند. مطابق بررسی‌ها، در

بازه ۲۰۱۰–۲۰۰۰ مساحتی در حدود ۲۱۱۰۵/۵۶ هکتار از اراضی زراعی کاسته شده است که به معنای کاهش ۸۰/۹۷– درصدی از آن می‌باشد. باغات و جنگل‌ها نیز کاهش مساحت ۵۵۶/۷۹ هکتاری را نشان داده‌اند. تغییرات مراتع به‌نحوی بوده است که ۸۹۶۲/۱۵ هکتار به آن افزوده شده و مساحت اراضی بایر با کاهش ۱۷۳۴۵/۵ هکتاری همراه شده است. بعلاوه، مساحت تغییرات اراضی ساخته شده برابر با ۳۲۹۴۷/۷۹ هکتار بوده که به معنای رشد ۱۳۹۱/۵۷ درصدی آن می‌باشد. نهایتاً، تغییرات پهنه‌های آبی به شکل کاهشی و با کاهش مساحت ۲۸۹۸/۵۶ هکتاری به ثبت رسیده است. علاوه بر این، مساحت اراضی زراعی، باغات و جنگل‌ها، مراتع و اراضی ساخته شده در بازه ۲۰۲۰–۲۰۱۰ افزایش یافته است و در مقابل، مساحت اراضی بایر و پهنه‌های آبی کاهش یافته است. از این نظر، مساحت اراضی زراعی رشد ۳۷/۱۵ درصدی را تجربه نموده و مساحت اراضی باغی و جنگلی نیز با رشد ۳۲۶/۳۰ درصدی همراه شده است. بعلاوه، مساحت اراضی مرتعی رشد ۷/۶۷ درصدی و اراضی ساخته شده رشد ۱۰۱/۰۶ درصدی داشته است. هم‌چنین، مساحت اراضی بایر با تغییرات ۲۶/۳۷– درصدی و پهنه‌های آبی نیز با تغییرات ۸۱/۷۲– درصدی مواجه شده است. همان‌طور که در نمودار شکل ۳ قابل مشاهده است، مساحت اراضی ساخته شده و مراتع در بازه بیست ساله از نوع همواره افزایشی و در مقابل، مساحت اراضی بایر و پهنه‌های آبی از نوع همواره کاهشی بوده است. مساحت اراضی زراعی و باغات و جنگل‌ها نیز به‌طور متناوب کم و زیاد شده است اما در یک چشم‌انداز بیست ساله، مساحت اراضی زراعی کاهش و مساحت اراضی باغی و جنگلی نیز افزایش یافته است. از این نظر باید گفت که بیشترین روند افزایش مربوط به اراضی ساخته شده و بیشترین روند کاهش مربوط به پهنه‌های آبی منطقه بوده است. بنابراین، نتایج حاکی از تأثیر شدید فعالیت‌های انسانی بر کاربری اراضی منطقه و پیامدهای آن بر تغییرات پوشش طبیعی زمین در آن می‌باشد.



	اراضی زراعی	باغات و جنگل‌ها	اراضی مرتعی	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پهنه‌های آبی
سال ۲۰۰۰	26065/56	1765/52	50695/45	172290	2367/67	9266/63
سال ۲۰۱۰	4960	1208/73	59657/6	154944/5	35315/46	6368/07
سال ۲۰۲۰	6802/71	5152/87	64235/4	114086/68	71006/08	1164/28

شکل ۳. نمودار روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد (منبع: یافته‌های تحقیق)

از طرفی دیگر، ماتریس تغییرات متقابل کاربری اراضی منطقه با استفاده از دستور CrossTab محاسبه شده است تا مشخص شود که کدام یک از کاربری‌ها بیشترین تأثیر را در تغییرات اراضی به خود اختصاص داده است. به‌عبارتی دیگر، این ماتریس بیانگر این است که چه میزان از پیکسل‌های مربوط به هر کاربری در قیاس با طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰ دچار تغییر شده و در سال ۲۰۲۰ در کدام کاربری‌ها جای گرفته است. بر اساس داده‌های جدول ۳، ۸۵/۸۷ درصد از اراضی زراعی سال ۲۰۰۰ در سال ۲۰۲۰ تغییر یافته و به طبقات دیگر اراضی تبدیل شده‌اند. این میزان برای باغات و جنگل‌ها ۶۳/۲۸ درصد، برای اراضی مرتعی ۴۲/۴۷ درصد، برای اراضی بایر ۱۸/۴ درصد، برای اراضی ساخته شده ۴۳/۶۵ درصد و برای پهنه‌های آبی ۹۳/۹۸ درصد بوده

است. از این نظر، بررسی‌ها نشان داده است که ۱۴/۱۲ درصد از اراضی زراعی بدون تغییر بوده است و این رقم برای باغات و جنگل‌ها، اراضی مرتعی، اراضی بایر، اراضی ساخته شده و پهنه‌های آبی به‌ترتیب ۳۶/۷۲ درصد، ۵۷/۵۲ درصد، ۸۱/۵۹ درصد، ۵۶/۳۴ درصد و ۶/۰۱ درصد می‌باشد. بنابراین، بیشترین تغییر مربوط به پهنه‌های آبی و کمترین تغییر مربوط به اراضی بایر بوده است. از طرفی دیگر، به لحاظ تغییرات متقابل کاربری اراضی نیز نتایج چنین نشان می‌دهند که بیشترین تغییر اراضی زراعی به اراضی مرتعی، بیشترین تغییر باغات و جنگل‌ها به اراضی زراعی، بیشترین تغییر اراضی مرتعی به اراضی ساخته شده، بیشترین تغییر اراضی بایر به اراضی ساخته شده، بیشترین تغییر اراضی ساخته شده به اراضی بایر و بیشترین تغییر پهنه‌های آبی به اراضی ساخته شده اتفاق افتاده است. در نتیجه، اراضی ساخته شده بیشترین تأثیرات را در روند تغییرات کاربری اراضی در شهرستان مهاباد داشته است.

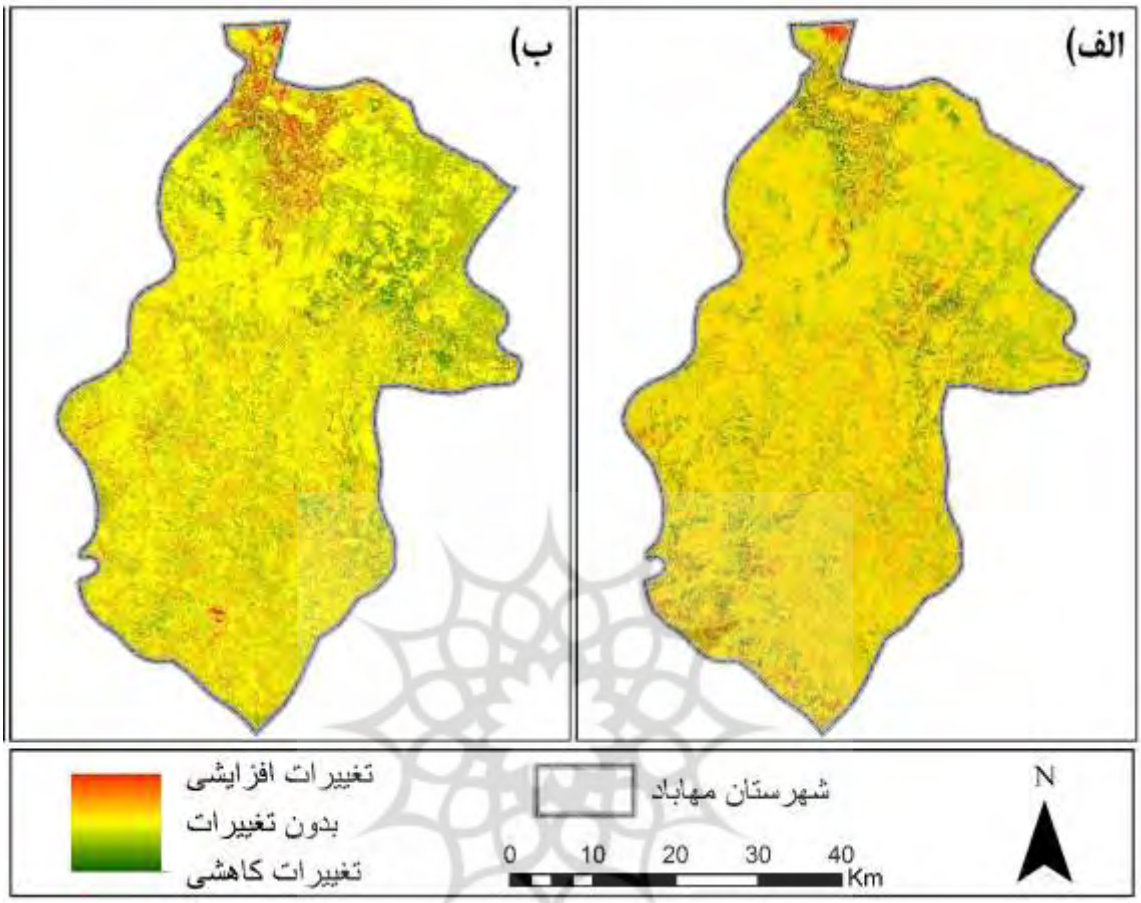
جدول ۳. ماتریس تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد در بازه ۲۰۲۰-۲۰۰۰ (برحسب درصد)

نوع کاربری اراضی	اراضی زراعی	باغات و جنگل‌ها	اراضی مرتعی	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پهنه‌های آبی
اراضی زراعی	۱۴/۱۲۲	۴۴/۰۶۴	۱/۹۳۵	۰/۲۵۷	۰/۷۲۲	۴/۳۸
باغات و جنگل‌ها	۱۰/۴۶	۳۶/۷۲	۱/۱۲۳	۰/۱۹۵	۱/۰۵۵	۴/۱۸۲
اراضی مرتعی	۴۲/۱۳۵	۷/۲۹	۵۷/۵۲۳	۵/۶	۱/۰۵۸	۱۸/۸۷۶
اراضی بایر	۱۱/۰۵۱	۲/۰۴۷	۱۵/۵۷۲	۸۱/۵۹۹	۴۰/۳۹۸	۲۰/۹۱۸
اراضی ساخته شده	۲۲/۱۳۵	۹/۴۸۵	۲۳/۸۰۶	۱۲/۲۱۵	۵۶/۳۴۸	۴۵/۶۳۴
پهنه‌های آبی	۰/۰۹۶	۰/۳۹۵	۰/۰۴۱	۰/۱۳۵	۰/۴۱۹	۶/۰۱۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تغییرات کلاس	۸۵/۸۷۸	۶۳/۲۸	۴۲/۴۷۷	۱۸/۴۰۱	۴۳/۶۵۲	۹۳/۹۸۹

در ادامه، ارزیابی مکانی تغییرات کاربری اراضی در شهرستان مهاباد انجام گرفته است تا مشخص شود که کدام نواحی شاهد تغییرات مختلف اعم از کاهش یا افزایش مساحت یا بدون تغییرات بوده است. در این راستا نیز تغییرات مکانی کاربری اراضی در دو بازه ده ساله مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۴). بر این اساس، مناطقی که با رنگ‌های متمایل به قرمز مشخص شده‌اند بیان‌گر تغییرات افزایشی است و رنگ قرمز حداکثر تغییرات افزایشی را نشان می‌دهد. هم‌چنین، مناطقی که با رنگ‌های متمایل به سبز مشخص شده‌اند، بیان‌گر مناطقی با تغییرات کاهشی است که بیشترین تغییرات کاهشی با رنگ سبز نشان داده شده است. علاوه بر این، مناطق با رنگ زرد روی نقشه بیان‌گر مناطق بدون تغییر کاربری اراضی در طی این سال‌ها می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته چنین مشخص نموده است که بیشترین تغییرات از نوع افزایشی یا کاهشی در بازه زمانی بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در نیمه شمالی منطقه اتفاق افتاده است و به‌ویژه میزان این تغییرات در شمالی‌ترین نواحی شهرستان مهاباد که اراضی زراعی و باغی و نیز نواحی شهری و روستایی دارای تراکم بیشتری است، بسیار بیشتر از سایر نواحی آن می‌باشد (شکل ۴-الف). ارزیابی‌ها برای بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ نیز حاکی از این است که علاوه بر تشدید تغییرات افزایشی در نواحی منطبق بر اراضی زراعی و ساخته شده در قسمت شمالی منطقه، شاهد تغییرات کاهشی نیز در این منطقه و به‌ویژه نواحی شمال شرقی آن بوده‌ایم. با این وجود، به نظر می‌رسد که گستره نواحی بدون تغییر منطقه با توجه به مساحت بالای اراضی بایر و مراتع همچنان سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است (شکل ۴-ب). ارزیابی صحت و اعتبارسنجی طبقه‌بندی نظارت‌شده کاربری اراضی شهرستان مهاباد با بهره‌گیری از ماتریس خطا به انجام رسیده و برای این منظور از شاخص‌هایی از قبیل ضریب کاپا[1] و صحت کلی برای اعتبارسنجی فرایند طبقه‌بندی استفاده شده است. بر اساس نتایج حاصله، صحت کلی طبقه‌بندی برای سال ۲۰۰۰ برابر با ۸۸/۲۳ درصد، برای سال ۲۰۱۰ برابر با ۹۰/۸۹ درصد و برای سال ۲۰۲۰ برابر با ۹۱/۰۶ درصد محاسبه شده است. بعلاوه، ضریب کاپا

[1]. Kappa

برای این سه سال به‌ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۰/۸۷۲ و ۰/۸۹۳۸ حاصل شده است که به‌معنای صحت و دقت قابل قبول فرایند طبقه‌بندی برای هر سه سال می‌باشد.



شکل ٤. نقشه گستره مکانی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد (الف: دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰؛ ب: دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۰)
(منبع: یافته‌های تحقیق)

پیش‌بینی کاربری اراضی با مدل مارکوف

مدل‌سازی پیش‌بینی روند کاربری اراضی و تغییرات بالقوه آن در سطح شهرستان مهاباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف مورد توجه قرار گرفته است. مارکوف مدلی است برای توصیف تغییرات کاربری اراضی از یک دوره به دوره دیگر و مبنایی برای پیش‌بینی تغییرات آتی در نظر گرفته می‌شود. مدل زنجیره مارکوف روشی مبتنی بر احتمالات است که بر مبنای آن می‌توان تغییرات کاربری اراضی در سال‌های آینده را پیش‌بینی نمود. نتیجه این مدل یک نقشه احتمال تبدیل کاربری‌های مختلف، نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی در سال معین و هم‌چنین ماتریس احتمال تبدیل برای هر کاربری در آینده می‌باشد. بنابراین، ماتریس احتمال تغییر کاربری اراضی بر اساس مدل مارکوف محاسبه شده و با بهره‌گیری از تابع سلول‌های خودکار[1]مارکوف در بستر *Idrisi* نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۴۰ به دست آمده است.

ماتریس درصد احتمال انتقال طبقات کاربری اراضی در جدول ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، احتمالات بدین شکل تصور شده است که ۱۴/۱۲ درصد از اراضی زراعی، ۳۶/۷۲ درصد از باغات و جنگل‌ها، ۵۷/۵۲ درصد از اراضی مرتعی، ۸۱/۶ درصد از اراضی بایر، ۵۶/۳۵ درصد از اراضی ساخته شده و ۶/۰۱ درصد از پهنه‌های آبی همچنان در همان طبقه پابرجا خواهند

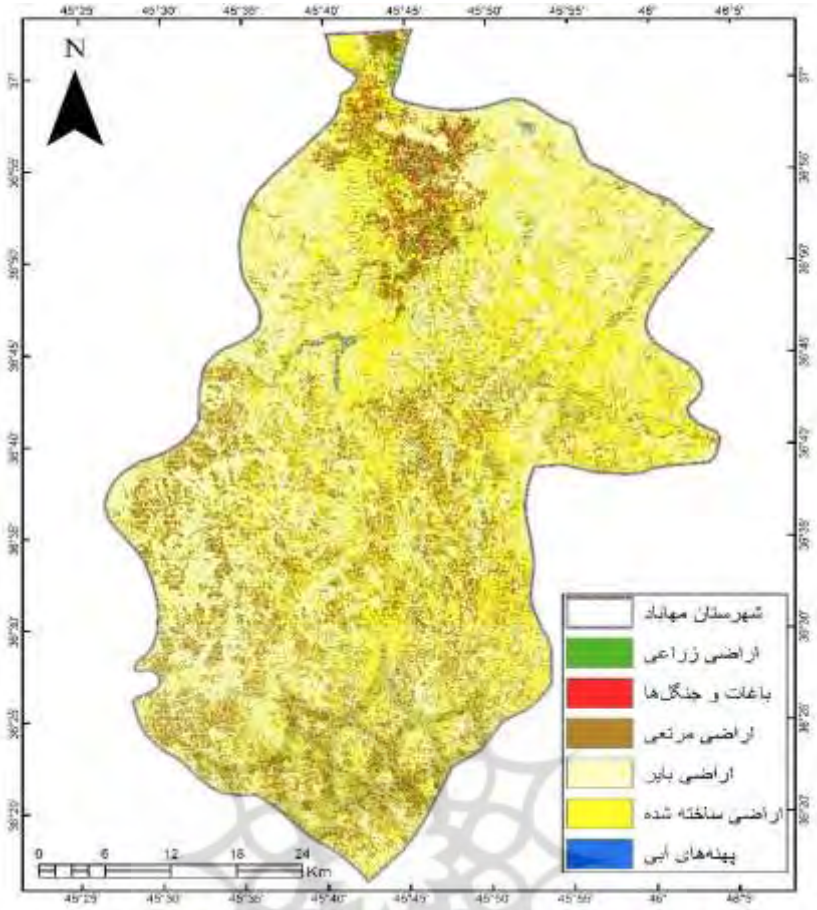
[1]. Cellular Automata

بود. علاوه بر این، طبق ماتریس احتمالی چنین فرض شده است که ۴۴/۰۶ درصد از اراضی زراعی به باغات و جنگل‌ها، ۱۰/۴۶ درصد از باغات و جنگل‌ها به اراضی زراعی، ۴۲/۱۴ درصد از اراضی مرتعی به اراضی زراعی، ۴۰/۴ درصد از اراضی بایر به اراضی ساخته شده، ۴۵/۶۳ درصد از اراضی ساخته شده به پهنه‌های آبی و ۰/۴۲ درصد از پهنه‌های آبی به اراضی ساخته شده تبدیل خواهند شد که مقادیر مذکور حداکثر تغییرات احتمالی هر طبقه بوده است. بعلاوه، احتمال انتقال هیچ یک از کاربری‌ها صفر نبوده و تغییرات در این زمینه کم و بیش محتمل می‌باشد. ماتریس احتمال انتقال و نقشه شرطی حاصل از مدل مارکوف به‌همراه تصویر طبقه‌بندی شده کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ ورودی‌های مدل سلول‌های خودکار مارکوف بوده‌اند.

جدول ٤. ماتریس درصد احتمال انتقال کاربری اراضی منطقه در بازه ۲۰۴۰-۲۰۲۰

نوع کاربری	اراضی زراعی	باغات و جنگل‌ها	اراضی مرتعی	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پهنه‌های آبی	مجموع
اراضی زراعی	۱۴/۱۲	۱۰/۴۶	۴۲/۱۴	۱۱/۰۵	۲۲/۱۴	۰/۱۰	۱۰۰
باغات و جنگل‌ها	۴۴/۰۶	۳۶/۷۲	۷/۲۹	۲/۰۵	۹/۴۸	۰/۳۹	۱۰۰
اراضی مرتعی	۱/۹۴	۱/۱۲	۵۷/۵۲	۱۵/۵۷	۲۳/۸۱	۰/۰۴	۱۰۰
اراضی بایر	۰/۲۶	۰/۱۹	۵/۶	۸۱/۶	۱۲/۲۱	۰/۱۳	۱۰۰
اراضی ساخته شده	۰/۷۲	۱/۰۵	۱/۰۶	۴۰/۴	۵۶/۳۵	۰/۴۲	۱۰۰
پهنه‌های آبی	۴/۳۸	۴/۱۸	۱۸/۸۸	۲۰/۹۲	۴۵/۶۳	۶/۰۱	۱۰۰

نهایتاً، در شکل ۵ نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده شهرستان مهاباد در چشم‌انداز سال ۲۰۴۰ بر اساس مدل سلول‌های خودکار مارکوف نشان داده شده است. ارزیابی دقت نقشه حاصله با استفاده از ضریب کاپا و برمبنای نقشه طبقه‌بندی سال ۲۰۲۰ با استفاده از دستور Validate به انجام رسیده و نتایج حاصل از این بوده است که دقت پیش‌بینی برابر با ۰/۸۴ می‌باشد که میزان قابل قبولی به شمار می‌رود. علاوه بر این، در جدول ۵ مساحت و نسبت کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده برای شهرستان مهاباد در چشم‌انداز سال ۲۰۴۰ بیان شده است. بر اساس مدل مارکوف چنین انتظار می‌رود که ۲۱/۶۵ درصد از اراضی زراعی، ۱۵/۷۲ درصد از باغات و جنگل‌ها، ۲۵/۶۲ درصد از اراضی مرتعی، ۱۰/۳۷ درصد از اراضی بایر، ۱۰/۴۹ درصد از اراضی ساخته شده و ۴۶/۸۷ درصد از پهنه‌های آبی تا سال ۲۰۴۰ با تغییر همراه شود. بر این اساس، روند احتمالی تغییرات حاکی از افزایش سطح اراضی بایر و اراضی ساخته شده و کاهش سایر اراضی می‌باشد. به‌عبارتی دیگر، برآورد مدل مارکوف چنین نشان می‌دهد که بیشترین تبدیل اراضی زراعی به اراضی مرتعی (۱۷۶۴/۲ هکتار)، بیشترین تبدیل باغات و جنگل‌ها به اراضی زراعی (۱۲۲۱/۶ هکتار)، بیشترین تبدیل اراضی مرتعی به اراضی ساخته شده (۱۴۷۱۵/۱ هکتار)، بیشترین تبدیل اراضی بایر به اراضی ساخته شده (۱۳۷۱۸/۶ هکتار)، بیشترین تبدیل اراضی ساخته شده به اراضی بایر (۲۳۵۶۹/۲ هکتار) و نهایتاً بیشترین تبدیل پهنه‌های آبی به اراضی بایر (۱۲۵۹۱۸/۴ هکتار) اتفاق خواهد افتاد. در نتیجه، پیش‌بینی‌ها چنین نشان می‌دهند که در سال ۲۰۴۰ اراضی بایر همچنان بیشترین وسعت از محدوده شهرستان مهاباد را به خود اختصاص خواهند داد و پس از آن به‌ترتیب اراضی ساخته شده، اراضی مرتعی، اراضی زراعی، باغات و جنگل‌ها و نهایتاً پهنه‌های آبی جای خواهند گرفت. به‌طور کلی، پیش‌بینی‌ها روند فزاینده گسترش اراضی ساخته شده و مسکونی و نیز کاهش روزافزون گستره پهنه‌های آبی منطقه را برجسته نموده است که این روند می‌تواند پیامدها و تبعات بسیاری بر توسعه پایدار شهرستان مهاباد به دنبال داشته باشد.



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی احتمالی شهرستان مهاباد در سال ۲۰۴۰
(منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۵. مساحت احتمالی کاربری اراضی شهرستان مهاباد در سال ۲۰۴۰

نوع کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	نسبت (درصد)	رتبه	مساحت تغییرات	درصد تغییرات	روند تغییرات
اراضی زراعی	۵۳۲۹/۶۱	۲/۰۳	۴	۱۴۷۳/۱	۲۱/۶۵	کاهشی
باغات و جنگل‌ها	۴۳۴۲/۷۶	۱/۶۵	۵	۸۱۰/۱۱	۱۵/۷۲	کاهشی
اراضی مرتعی	۴۷۷۸۰	۱۸/۲	۳	۱۶۴۵۵/۴	۲۵/۶۲	کاهشی
اراضی بایر	۱۲۵۹۱۸/۴	۴۷/۹۷	۱	۱۱۸۳۱/۷۲	۱۰/۳۷	افزایشی
اراضی ساخته شده	۷۸۴۵۴/۵	۲۹/۹۲	۲	۷۴۴۸/۴۲	۱۰/۴۹	افزایشی
پهنه‌های آبی	۶۱۸/۵۹	۰/۲۳	۶	۵۴۵/۶۹	۴۶/۸۷	کاهشی
مجموع	۲۶۲۴۵۱	۱۰۰				

بحث و نتیجه‌گیری

زمین از زمان‌های گذشته با به حال به‌منظور پاسخگویی به نیازهای متعدد و اهداف متنوع انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. ازاین‌رو، تغییر کاربری زمین در مواقعی که بهره‌برداران تصمیم می‌گیرند که منابع زمینی را برای اهداف مختلف به کار گیرند، رخ می‌دهد که می‌تواند اثرات مطلوب و نامطلوب را برای مردم با خود به ارمغان بیاورد. به همین دلیل، ارزیابی و بررسی تغییر کاربری زمین اساساً تحلیل رابطه بین مردم و زمین است و مشخص می‌کند که چرا، چه زمانی، چگونه و در کجا تغییر کاربری

زمین اتفاق افتاده و یا ممکن است در آینده رخ دهد. بر همین اساس، در تحقیق حاضر به بحث و بررسی پیرامون تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و هم‌چنین شبیه‌سازی این تغییرات برای سال ۲۰۴۰ به انجام رسید.در این راستا، از قابلیت‌های سنجش از دور ماهواره‌ای و هم‌چنین امکانات پردازشی بسترهای نرم‌افزاری استفاده شده و تجزیه و تحلیل جامعی به انجام رسید.

با توجه به نتایج تحقیق، باید گفت که الگوی کاربری اراضی در سطح شهرستان مهاباد دستخوش تغییر و تحولات بسیاری در طی دو دهه شده است. به‌عبارتی دیگر، روند گسترده رشد اراضی شهری و مسکونی به‌دنبال رشد روزافزون جمعیت شهری و هم‌چنین توسعه شهرک‌های مسکونی و نواحی صنعتی کاملاً مشهود می‌باشد. این روند سبب شده است تا گستره اراضی انسان‌ساخت در سطح منطقه به شدت رشد یافته و پوشش طبیعی منطقه را به شدت تحت‌الشعاع قرار دهد. از طرفی دیگر، شدت و وسعت این تغییرات در نواحی شمالی شهرستان که بیشتر مسکون شده است، بسیار شدیدتر از سایر نواحی آن بوده است. علاوه بر این، نتایج شبیه‌سازی تغییرات کاربری نیز نشان از ادامه روند مذکور داشته و عدم توجه به این موضوع می‌تواند فشارها بر منابع طبیعی آن را تشدید نموده و توان اکولوژیکی زمین را تضعیف نماید. بنابراین، نتایج تحقیق حاضر لزوم توجه به چالش تغییر کاربری اراضی در سطح شهرستان مهاباد را برجسته نموده و می‌تواند شناخت مناسبی از ابعاد، روندها و الگوهای کاربری زمین در منطقه به مسئولان، محققان و مردم محلی ارائه دهد.

با توجه به نتایج و دستاوردهای تحقیق و هم‌چنین محدودیت‌ها و چالش‌هایی که محقق در تحقیق حاضر با آن مواجه شده است، پیشنهادات تحقیق به شرح زیر ارائه شده است:

-مقیاس موردمطالعه در تحقیق حاضر محدوده شهرستان مهاباد را در بر گرفته است که مساحت این محدوده نسبتاً وسیع بوده و مشکلات مختلفی اعم از دریافت تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آنها را سبب شده است. علاوه بر این، تحلیل دقیق عوامل بالقوه و بالفعل تغییر کاربری اراضی در نواحی و زمان‌های مختلف در منطقه را با محدودیت همراه ساخته است. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی مقیاس کوچک‌تری همچون بخش یا حوضه برای مطالعه انتخاب شده و ابعاد مختلف تغییر کاربری اراضی به دقت ارزیابی شود.

-با توجه به توسعه فناوری‌های مختلف همچون گوگل ارث انجین، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی از قابلیت‌های این سامانه برای انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده کاربری اراضی منطقه استفاده شود.

– توجه جدی و دقیقی به مسئله کاربری اراضی و تخصیص بهینه آن مبذول شده و طرح‌ها و برنامه‌های مدیریت اراضی به نحو مناسبی پیگیری شود تا پیامدهای منفی تغییرات کاربری اراضی در سطح منطقه به حداقل رسیده و امکان دستیابی به توسعه پایدار به شکل مطلوب فراهم شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش کد اخلاق را به شماره ..... از کمیته اخلاق دانشکده/دانشگاه ..... دریافت کرده است.

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله

نویسنده دوم: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده سوم: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه .....، دانشکده ..... در قالب پژوهانهٔ پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و هم‌چنین پژوهانهٔ برای سایر نویسندگان انجام شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ابراهیمی، حمید؛ رسولی، علی‌اکبر؛ احمد پور، احمد. (۱۳۹۷). مدل‌سازی تغییرات دینامیک کاربری اراضی با استفاده از پردازش شئ گرا تصاویر ماهواره‌ای و مدل CA-Markov مطالعه موردی: شهر شیراز. *اطلاعات جغرافیایی « سپهر»*، ۲۷(۱۰۸)، ۱۳۷-۱۴۹.

اکبری، ابراهیم؛ زندی، رحمان؛ کلاته میمری، رقیه. (۱۳۹۸). تحلیل و پیش‌بینی گسترش شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و زنجیره مارکوف (طی سال‌های ۱۴۰۴-۱۳۷۹). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۸(۲)، ۱۴۹-۱۶۶.

ایلدرمی، علیرضا؛ نوری، حمید، ؛ نادری، مهین، آقابیگی امین، سهیلا؛ زینی وند، حسین. (۱۳۹۶). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و *CA* مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرین). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۸(۱۶)، ۲۳۲-۲۴۰.

رضائی مقدم، محمدحسین؛ رجبی، معصومه؛ موسوی، معصومه. (۱۴۰۲). بررسی و پایش تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز رود زرد با استفاده از سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۷(۸۳)، ۴۹-۶۱.

سالاریان، فاطمه؛ طاطیان، محمدرضا؛ قانقرمه، عبدالعظیم؛ تمرتاش، رضا. (۱۴۰۰). مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی تغییرات کاربری (Land Change Modeler). *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲(۴)، ۴۷-۷۰.

شنانی هویزه، سیده مائده؛ زارعی، حیدر. (۱۳۹۵). بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۷ (۱۴)، ۲۴۴-۲۳۷.

شیعه، اسماعیل (۱۳۹۱). *مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

کریمی فیروزجایی، محمد؛ کیاورز، مجید؛ کلانتری، محسن. (۱۳۹۷). پایش و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در دوره زمانی ۱۴۱۹-۱۳۶۴ با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، ۵(۳)، ۳۲-۵۲.

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰). *سالنامه آماری استان آذربایجان غربی*. درگاه ملی آمار: https://amar.org.ir/

نیکپور، عامر، عمونیا، حمید؛ نورپسندی، الهه. (۱۴۰۰). پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به روش سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: منطقه عباس‌آباد، استان مازندران). *سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲(۲)، ۳۵-۵۳.

References

Ebrahimi, Hamid; Rasouli, Ali Akbar; Ahmadpour, Ahmad. (2018). Modeling of land use dynamics changes using object-oriented processing of satellite images and CA-Markov model. Case study: Shiraz city. Geographic Information "Sepehr", 27(108), 137-149. [In Persian]

Akbari, Ebrahim; Zandi, Rahman; Kalateh-e-Mimari, Roghieh. (2019). Analysis and prediction of Mashhad city expansion using multi-temporal satellite images and Markov chain (during 1379-1404). Geography and Environmental Hazards, 8(2), 149-166. [In Persian]

Ildarmi, Ali Reza; Nouri, Hamid; Naderi, Mahin; Aghabeigi Amin, Soheila; Zeinivand, Hossein. (2017). Prediction of land use changes using Markov chain model and CA Markov (Case study: Green watershed). Watershed Management Research Journal, 8(16), 232-240. [In Persian]

Rezaei Moghadam, Mohammad Hossein; Rajabi, Masoumeh; Mousavi, Masoumeh. (2013). Investigating and monitoring land use changes in the Zard River watershed using remote sensing and Markov chain model. Geography and Planning, 27(83), 49-61. [In Persian]

Salarian, Fatemeh; Tatian, Mohammad Reza; Qanqormeh, Abdol Azim; Tamertash, Reza. (2012). Modeling land cover changes in Golestan province using land use change modeling (Land Change Modeler). Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources, 12(4), 47-70. [In Persian]

Shanani Hoveyzeh, Seyedeh Maedeh; Zarei, Heydar. (2016). Investigating land use changes over a two-decade period (case study: Abu al-Abbas watershed). Watershed Management Research, 7 (14), 244-237. [In Persian]

Shia, Esmaeil (2012). Introduction to Urban Planning. Tehran: Iran University of Science and Technology Press. [In Persian]

Karimi Firouzjaei, Mohammad; Kiavarz, Majid; Kalantari, Mohsen. (2018). Monitoring and Forecasting Land Use Changes and Physical Expansion of Babol City in the Period 1364-1419 Using Multitemporal Landsat Images. Physical Development Planning, 5(3), 32-52. [In Persian]

Statistics Center of Iran. (2000). Statistical Yearbook of West Azerbaijan Province. National Statistics Portal: https://amar.org.ir/[In Persian]

Nikpour, Amer; Ammonia, Hamid; Noorpasandi, Elahe. (2000). Monitoring and Forecasting Land Use Changes Using Landsat Satellite Images Using Automated Cells and Markov Chain Methods (Case Study: Abbas Abad Region, Mazandaran Province). Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources, 12(2), 35-53.[In Persian]

Ahmad, B., & Ahmed, R. (2012). Modeling urban land cover growth dynamics using multi-temporal Satellite image: a case study Dhaka, Bangladesh. *International Journal of Geo Information*, 1(1), 3-31.

Akbari, E., Zandi, R., & kalatah Meymari, R. (2019). Analyzing and forecasting the expansion of Mashhad City from 2000 to 2025 through multi-temporal Satellite imagery and Markov chain. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 8(2), 149-166. (In Persian)

Alsharif, M., Alzandi, A. A., Shrahily, R., & Mobarak, B. (2022). Land use land cover change analysis for urban growth prediction using Landsat satellite data and Markov chain model for Al Baha Region Saudi Arabia. *Forests*, 13(10), 1530.

Bekele, B., Wu, W., & Yirsaw, E. (2019). Drivers of land use-land cover changes in the central rift valley of Ethiopia. *Sains Malays*, 48(7), 333-1345.

Chang, Y., Hou, K., Li, X., Zhang, Y., & Chen, P. (2018). Review of land use and land cover change research progress. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 113, p. 012087). IOP Publishing.

Chaturvedi, S., Shukla, K., Rajasekar, E., & Bhatt, N. (2022). A spatio-temporal assessment and prediction of Ahmedabad's urban growth between 1990–2030. *Journal of Geographical Sciences*, 32(9), 1791-1812.

Chowdhury, M., Hasan, M. E., & Abdullah-Al-Mamun, M. M. (2020). Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 63-75.

Dibaba, W. T., Demissie, T. A., & Miegel, K. (2020). Drivers and implications of land use/land cover dynamics in Finchaa catchment, northwestern Ethiopia. *Land*, 9(4), 113.

Dinka, M. O., & Chaka, D. D. (2019). Analysis of land use/land cover change in Adei watershed, Central Highlands of Ethiopia. *Journal of Water and Land Development*.

Duhamel, C. (2003). Land Use and land cover, including their classification in Land use, land cover and Soil Sciences.

Ebrahimy, H., Rasuly, A., & Ahmadpour, A. (2019). Modeling dynamic changes of Land Use with Object Based Image Analysis and CA-Markov approach (Case study: Shiraz city). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(108), 137-149. (In Persian)

Emiru, T., Naqvi, H. R., & Athick, M. A. (2018). Anthropogenic impact on land use land cover: influence on weather and vegetation in Bambasi Wereda, Ethiopia. *Spatial Information Research*, 26, 427-436.

Gomes, E., Inácio, M., Bogdzevič, K., Kalinauskas, M., Karnauskaitė, D., & Pereira, P. (2021). Future land-use changes and its impacts on terrestrial ecosystem services: A review. *Science of The Total Environment*, 781, 146716.

Gul, S., Bibi, T., Rahim, S., Gul, Y., Niaz, A., Mumtaz, S., & Shedayi, A. A. (2023). Spatio-temporal change detection of land use and land cover in Malakand Division Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan, using remote sensing and geographic information system. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(4), 10982-10994.

Hailemariam, S. N., Soromessa, T., & Teketay, D. (2016). Land use and land cover change in the bale mountain eco-region of Ethiopia during 1985 to 2015. *Land*, 5(4), 41.

Haque, M. I., & Basak, R. (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. The Egyptian *Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(2), 251-263.

Hassan, Z., Shabbir, R., Ahmad, S. S., Malik, A. H., Aziz, N., Butt, A., & Erum, S. (2016). Dynamics of land use and land cover change (LULCC) using geospatial techniques: a case study of Islamabad Pakistan. *SpringerPlus*, 5, 1-11.

Horning, N. (2004). Land cover classification methods. Remote Sensing & Geographic Information Systems Facility. *Remote Sensing Resources*. Center for Biodiversity and Conservation at the American Museum of Natural History.

Ildoromi, A., Nori, H., Naderi, M., Aghabeigi, A., & Zeinvand, H. (2017). (2018). Land use change prediction using Markov chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed). *jwmr*. *8*(16), 232-240. (In Persian)

Karimi Firozjaei, M., Kiavarz, M., & Kalantari, M. (2018). Monitoring and prediction of land use changes and physical expansion of Babol city during 1985-2040 using multi-temporal Landsat imagery. *Physical Social Planning*, 5(3), 32-52. (In Persian)

Liu, Q., & Gong, F. (2013). Monitoring land use and land cover change: a combining approach of change detection to analyze urbanization in Shijiazhuang, China.

Mathewos, M., Lencha, S. M., & Tsegaye, M. (2022). Land use and land cover change assessment and future predictions in the Matenchose Watershed, Rift Valley Basin, using CA-Markov simulation. *Land*, 11(10), 1632.

Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1996). Land-use/land-cover change: challenges for geographers. *GeoJournal*, 39(3): 237-240.

Nikpour, A., Amounia, H., & Nourpasandi, E. (2021). Monitoring and predicting land use changes using landsat satellite images by Cellular Automata and Markov model (Case study: Abbasabad area, Mazandaran province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12(2), 35-53. (In Persian)

Pande, C. B., Moharir, K. N., Khadri, S. F. R., & Patil, S. (2018). Study of land use classification in an arid region using multispectral satellite images. *Applied Water Science*, 8, 1-11.

Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9), 967.

Rezaei Moghaddam, M. H., Rajabi, M., & Mousavi, M. (2023). Assessing and Monitoring of land Use Changes in the Zard River Drainage Basin Using Remote Sensing and Markov Chain Model. *Journal of Geography and Planning*, 27(83), 49-61. (In Persian)

Rounsevell, M. D., Pedroli, B., Erb, K. H., Gramberger, M., Busck, A. G., Haberl, H., & Wolfslehner, B. (2012). Challenges for land system science. *Land use policy*, 29(4), 899-910.

Roy, P. S., & Roy, A. (2010). Land use and land cover change in India: Aremote sensing & GIS prespective. *Journal of the Indian institute of science*, 90(4), 489-502.

Salarian, F., Tatian, M., Ghanghermeh, A., & Tamartash, R. (2021). Modeling land cover changes in Golestan province using land change modeler (LCM). J*ournal of RS and GIS for Natural Resources*, 12(4), 47-70. (In Persian)

Shanani Hoveyzeh, S. M., & Zarei, H. (2017). Investigation of Land Use Changes During the Past Two Last Decades (Case Study: Abolabas Basin). *jwmr*. *7*(14), 244-237. (In Persian)

Shieh, E. (2010*). Introduction to urban planning*. Tehran, Iran University of Science and Technology (IUST). (In Persian)

Soulard, C. E., & Wilson, T. S. (2015). Recent land-use/land-cover change in the Central California Valley. *Journal of Land Use Science*, 10(1), 59-80.

Verburg, P. H., Van De Steeg, J., Veldkamp, A., & Willemen, L. (2009). From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of environmental management*, 90(3), 1327-1335.

Xu, X., Shrestha, S., Gilani, H., Gumma, M. K., Siddiqui, B. N., & Jain, A. K. (2020). Dynamics and drivers of land use and land cover changes in Bangladesh. *Regional Environmental Change*, 20, 1-11.

Younes, A., Ahmad, A., Hanjagi, A. D., & Nair, A. M. (2023). Understanding Dynamics of Land Use & Land Cover Change Using GIS & Change Detection Techniques in Tartous, Syria. European *Journal of Geography*, 14(3), 20-41.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی