Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Modeling land use changes in Gahvareh region, Kermanshah province

Behnoush Farokhzadeh*[1], Noazar Goran[2], Soheila Aghabeigi Amin[3]

1. Assistant Professor, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, Email: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir
2. M.Sc. Student, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, Email: navzargoran@gmail.com
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: saghabeigi@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 06 March 2023
Revised: 29 March 2023
Accepted: 01 April 2023
Published online: 02 August 2023

Keywords:
Artificial neural network, Landscape management, Land use change modeling, LCM, Zagros.

ABSTRACT

Land use change is an important global and local ecological trend and is one of the major challenges in the 21st century. The purpose of this study was to model land use changes in the Gahvareh region, Kermanshah province using the LCM model. This model has the ability to simulate several land use changes by utilizing and integrating Markov chain models, multi-layer perceptron neural network, logistic regression, and MLOP. In this research, Landsat 4, Landsat 5, and Landsat 8 satellite images were used to prepare land cover maps. After initial corrections, the images were classified using the Maximum likelihood method, and land use maps for the years 1986, 2000, and 2018 were prepared. After monitoring the changes of different land uses during two periods (1986-2000) and (2000-2018) and assessing the validation of the model, finally, the land use map of 2028 was predicted using the LCM model. The results showed that during the first and second calibration periods, 30% and 42% of forest land were reduced, 26 and 37 ha were added to agricultural land and 80% and 32% were added to residential land respectively. The most changes during the study period were the conversion of forest lands to pasture and thin forest (80%). Forecasts for the year 2028 showed that the dense forest would be destroyed and would be decreased in half in comparison to 2018. Evaluation of the accuracy of transmission potential modeling using artificial neural networks showed high accuracy in most of the scenarios.

Citation: Farokhzadeh, B., Goran, N., & Aghabeigi Amin, S. (2023). Modeling land use changes in Gahvareh region, Kermanshah province. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 11*(2), 48-62.
DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Behnoush Farokhzadeh
Address: Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
Tel: +989335921090
Email: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Modeling land use changes in Gahvareh region, Kermanshah province

Behnoush Farokhzadeh1[1], Noazar Goran[2], Soheila Aghabeigi Amin[3]

1. Assistant Professor, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, Email: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir
2. M.Sc. Student, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, Email: navzargoran@gmail.com
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: saghabeigi@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Land use changes are an important ecological trend and one of the major challenges in the 21st century. Human history shows the destructive effects of ever-increasing population growth, the unprecedented growth of cities, industrialization, expansion of agricultural land, and land use changes. Today, land use change is important in terms of world environmental changes and this issue has attracted global attention. Gahvareh region is in Dalaho city (in the west of Kermanshah city) and due to its diverse and rich cover, has undergone fundamental changes. This can endanger the region as a challenge in the future. Due to the increase in population and the growing need for food, preserving water and soil as valuable assets have become particularly important. Investigating land use changes in the past and predicting these changes in the future can help managers to better plan for sustainable development. The remote sensing change detection technique used in this research is a process that determines the state of changes in phenomena from images obtained at different times. Therefore, in this study, land use changes in the Gahvarah region were examined over 32 years, and the changes were predicted for the year 2028.

Methodology: The purpose of this study was to model land use changes in the Gahvareh region, Kermanshah province using the LCM model. This model has the ability to simulate several land use changes by utilizing and integrating Markov chain models, multi-layer perceptron neural networks, logistic regression, and MLOP. In this research, Landsat 4, Landsat 5, and Landsat 8 satellite images were used to prepare land cover maps. After performing geometric, radiometric, and atmospheric corrections on the raw images, the region was divided into different classes such as forest, pasture, residential land, and agricultural land. After digitizing the samples, the classification of images using the Maximum Likelihood method was done and land use maps were prepared for the years 1986, 2000, and 2018. Next, in order to validate the model, the land use map of 2018 was predicted by the LCM model and compared with the reference map prepared through the ground reality. Finally, after ensuring the accuracy of the model, land use maps for 2028 were predicted using the hard prediction model. Modeling accuracy was evaluated using the Kappa coefficient.

Results and Discussion: The results showed that during the first and second calibration periods, 30% and 42% of forest land was reduced, 26 and 37 hectares were added to agricultural land and 80% and 32% were added to residential land respectively. The most changes during the study period were the conversion of forest lands to pasture and thin forest (80%). Forecasts for the year 2028 showed that the dense forest would be destroyed and would be decreased in half in comparison to 2018. Evaluation of the accuracy of transmission potential modeling using artificial neural networks showed high accuracy in most of the scenarios.

Conclusion: The investigation of changes in agricultural lands showed that in the period of 32 years, during the first and second evaluation periods, 8210 and 14706 ha were added to the area of agricultural lands. This development in agricultural lands can be due to the increase in the price of agricultural products, the development of mechanization in terms of agriculture, and the ease of cultivation in this area. Also, it can be seen that the greatest growth of agricultural lands is in the east and southeast, which was the result of the conversion of pastures into agricultural lands in this region. However, the development of agricultural land in higher areas has led to the

***Corresponding author:** Behnoush Farokhzadeh
Address: Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
Tel: +989335921090
Email: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

destruction of the forest. The validation results showed the high efficiency of the LCM model in predicting land cover changes. Modeling is an effective and efficient tool for predicting changes in the future, which informs managers and planners about future changes so that they can have effective management.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.
Funding: This study was conducted as part of the M.Sc. Thesis at Malayer University.
Authors' contribution: Behnoush Farokhzadeh; Conceptualization, Methodology, Manuscript editing; Noazar Goran: Resources, Writing-original draft, Software; Soheila Aghabeigi Amin: Formal analysis, Investigation, and visualization, Manuscript editing.
Conflicts of interest: The author of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.
Acknowledgment: We would like to express our sincere gratitude to Malayer University for the financial and logistical support that significantly contributed to the research project.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی:۲۴۲۳-۵۹۷۰

مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه گهواره، استان کرمانشاه

بهنوش فرخ‌زاده*[۱]، نوذر گوران[۲]، سهیلا آقابیگی امین[۳]

۱. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد،گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، navzargoran@gmail.com

۳. استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، saghabeigi@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۵ اسفند ۱۴۰۲
بازنگری: ۲۴ اردیبهشت ۱۴۰۲
پذیرش: ۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۲
انتشار برخط: ۱۱ مرداد ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
تغییرات کاربری اراضی، زاگرس، شبکه عصبی مصنوعی، مدل LCM، مدیریت سرزمین

چکیده

تغییرات کاربری اراضی یک روند فراگیر مهم بوم‌شناختی جهانی و محلی دارد و به‌عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم است. این مطالعه با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی منطقه گهواره، استان کرمانشاه با استفاده از مدل LCM انجام گرفت. این مدل قابلیت شبیه‌سازی هم‌زمان چندین کاربری را داشته و تغییرات کاربری اراضی را با بهره‌گیری و تلفیق مدل‌های زنجیره مارکوف، شبکه عصبی چند لایه پرسپترون، رگرسیون لجستیک و MLOP شبیه‌سازی می‌کند. در این تحقیق جهت تهیه نقشه‌های پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌های Landsat 4، Landsat 5 و Landsat 8 استفاده شد. پس از انجام تصحیحات اولیه، طبقه‌بندی تصاویر با روش بیش‌ترین شباهت انجام و نقشه کاربری در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۷ تهیه شد. پس از پایش تغییرات کاربری‌های مختلف، طی دو دوره (۱۳۷۸- ۱۳۶۵) و (۱۳۹۷-۱۳۷۸) و انجام صحت‌سنجی مدل، در نهایت نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۱۴۰۷ با استفاده از مدل، پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد طی دوره‌های اول و دوم به‌ترتیب ۳۰ و ۴۲ درصد از سطح اراضی جنگلی کاسته شده و ۲۶ و ۳۷ هکتار به سطح اراضی کشاورزی و ۸۰ و ۳۲ درصد به اراضی مسکونی اضافه شده است. بیش‌ترین تغییرات طی دوره مورد مطالعه تبدیل ۸۰ درصد اراضی جنگلی به مرتع و جنگل تنک بود. پیش‌بینی تغییرات برای ۱۴۰۷ نشان داد که جنگل متراکم نسبت به سال ۱۳۹۷ با کاهش نصف مساحت خود همراه خواهد بود. مقادیر دقت کلی بالای ۹۱ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۸۵ درصد، نشان از دقت بالای مدل در تهیه و پیش‌بینی نقشه‌های به‌دست آمده است.

استناد: فرخ‌زاده، بهنوش، گوران، نوذر، و آقابیگی امین، سهیلا (۱۴۰۲). مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه گهواره، استان کرمانشاه. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۱(۲)، ۴۸- ۶۲.

DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** بهنوش فرخ‌زاده
نشانی: گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
تلفن: ۰۹۳۳۵۹۲۱۰۹۰
پست الکترونیکی: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

مقدمه

تاریخ بشر حاکی از آثار مخرب رشد روزافزون جمعیت و به‌تبع آن رشد بی‌سابقه شهرها، صنعتی شدن، گسترش زمین‌های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی است. امروزه، تغییر کاربری اراضی از جنبه تغییرات محیط‌زیست دارای اهمیت است و مورد توجه دانشمندان و تصمیم‌گیران قرار گرفته است (Mas et al., 2014). تغییر کاربری و تخریب جنگل و خاک بر انتشار گازهای گلخانه‌ای اثر معنی‌داری می‌گذارد (Upadhyay et al., 2006) که منجر به افزایش این گازها در مقیاس جهانی، منطقه‌ای، ملی و محلی می‌شود. به‌طوری‌که از شروع انقلاب صنعتی تقریباً ۱۳۶ گیگا تن کربن در نتیجه تغییرات کاربری اراضی به اتمسفر انتشار یافته است (Skutsch et al., 2007). به‌طور کلی طی سه قرن گذشته در جهان نزدیک به ۱/۲ میلیون کیلومترمربع از جنگل و درخت‌زارها و ۶/۵ میلیون کیلومترمربع از علفزارها و چراگاه‌ها به دیگر کاربری‌ها (مرتع، کشاورزی و اراضی مسکونی) تبدیل شده است. تغییر کاربری اراضی به نوبه خود منجر به تخریب خاک و افزایش فرسایش آن می‌شود (Hashimoto et al., 2002). با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مواد غذایی، حفظ آب و خاک به‌عنوان سرمایه‌هایی ارزشمند، اهمیت خاصی پیدا کرده است. بررسی تغییرات کاربری اراضی در گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در آینده می‌تواند به برنامه‌ریزی بهتر در جهت توسعه پایدار به مدیران کمک کند. تکنیک آشکارسازی تغییرات با سنجش از دور که در این تحقیق به‌کار رفته فرایندی است که وضعیت تغییرات پدیده‌ها را از روی تصاویر به‌دست آمده در زمان‌های مختلف مشخص می‌کند (Singh, 1989).

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای بررسی تغییرات کاربری (شوشتری و همکاران، ۱۳۹۷؛ مهرابی و همکاران، ۲۰۱۹؛ Saifullah et al., 2017) و مطالعه تغییرات محیط زیستی (Mas, 1999؛ Coppin and Bauer, 1996؛ Yuan et al., 2005؛ Zhang et al., 2010) به‌کار می‌رود. هم‌چنین مدل پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (LCM)، به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات اراضی در آینده و تأثیرات آن بر جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی می‌پردازد (وفایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۵؛ محمد یوسفی و همکاران، ۱۳۹۹؛ سانجوی روی و همکاران، ۲۰۱۵). کریم‌زاده مطلق و همکاران (۱۴۰۱)، در مطالعه‌ای تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز زاینده‌رود را با استفاده از زنجیره مارکوف بررسی و پیش‌بینی نمودند. بدین‌منظور تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۸ را بررسی و نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ را شبیه‌سازی نمودند. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده تغییرات کاربری اراضی به‌صورت گسترش مناطق شهری و کاهش مساحت کاربری کشاورزی بوده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که روند تغییرات پس از سال ۱۹۹۶ پویا بوده و شدت یافته است؛ زیرا در سال ۲۰۱۸ منطقه وسیعی از اراضی کشاورزی به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده است. اراضی کشاورزی و باغ‌ها در سال ۲۰۱۸ شامل ۷۴۰۵۷ هکتار است و تا سال ۲۰۵۰ می‌تواند به ۴۰۰۰۰ هکتار کاهش یابد. قنبری و همکاران (۱۴۰۱)، به بررسی تطبیقی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌گرا در دو کلان شهر تبریز و کرج در بازه زمانی ۲۰۱۷–۲۰۰۰ پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش شی‌گرا و مدل هلدرن استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نمایان گر رشد سریع‌تر کرج نسبت به تبریز است؛ به‌طوری که تبریز ۴/۲ درصد و کرج ۷ درصد توسعه پیدا کرده است. در کرج مراتع با بیش‌ترین تخریب (۱۰ درصد)، و در تبریز کاربری مختلط باغی و زراعی با ۴/۵ درصد بیش‌ترین تخریب را داشته است. هم‌چنین، نتایج مدل هلدرن نشان داد که رشد کرج کاملاً از رشد جمعیت پیروی کرده است.

منصور و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی تغییرات کاربری و پوشش زمین در شهرهای کوهستانی عمان را در طی بازه زمانی ۲۰۱۸–۲۰۰۸ و ۲۰۳۸–۲۰۰۸ با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی GIS و زنجیره مارکوف ارزیابی و شبیه‌سازی نمودند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که تغییر واقعی کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ و میزان رشد خالص مناطق شهری ۴۱۸ درصد بوده است و در طول دو دهه آینده، مناطق انسان‌ساخت کاربری غالب منطقه خواهند بود و درصد بسیاری از زمین‌های بایر و پوشش گیاهی به‌تدریج به کاربری مسکونی تبدیل خواهند شد. علاوه بر این، لتا و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ای به مدل‌سازی و پیش‌بینی دینامیک تغییرات کاربری اراضی بر اساس مدل LCM در کشور اتیوپی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان دهنده افزایش مساحت اراضی کشاورزی به میزان ۳۹/۱۵ درصد است. اما مساحت اراضی جنگلی، مرتع و علفزار به‌ترتیب با ۴۸/۳۸ درصد، ۱۹/۵۸ درصد و ۲۶/۲۳ درصد کاهش یافته است. نقشه پیش‌بینی‌شده کاربری اراضی برای دوره‌های آینده نشان می‌دهد که مساحت پوشش جنگلی از ۱۶/۹۴ درصد در سال ۲۰۱۹ به ۸/۰۷ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد، در حالی‌که مساحت زمین کشاورزی افزایش می‌یابد. تبدیل منطقه جنگلی، اراضی مرتعی و زمین‌های علفزار به کاربری‌های دیگر، به‌ویژه به زمین کشاورزی، تغییر اصلی کاربری اراضی در آینده است.

منطقه مورد مطالعه این تحقیق منطقه گهواره در شهرستان دالاهو (در غرب شهرستان کرمانشاه) است که به‌دلیل پوشش متنوع و غنی مانند بسیاری از حوضه‌های دیگر دستخوش تغییرات اساسی شده است. این امر می‌تواند به‌عنوان یک چالش در آینده منطقه را دچار مخاطره نماید، بنابراین در این مطالعه تغییرات کاربری اراضی در شهرستان گهواره در بازه زمانی ۳۲ سال مورد بررسی قرار گرفت و

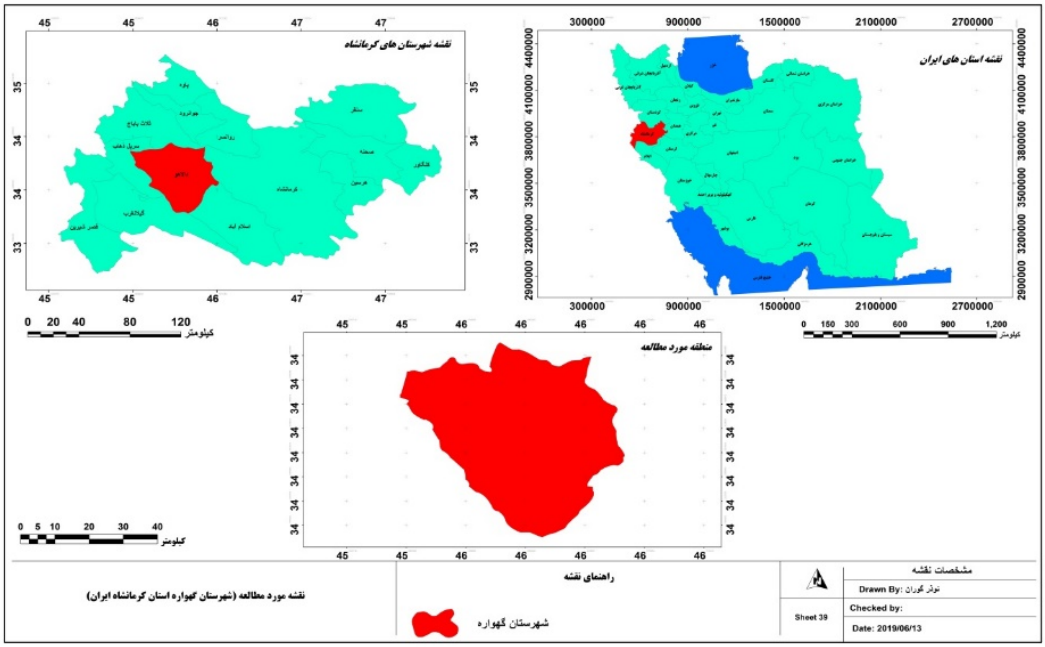
[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

تغییرات برای ۱۴۰۷ پیش‌بینی شد. از دلایل انتخاب این محدوده برای مطالعه تنوع مناسب کاربری اراضی و هم‌چنین اهمیت این شهرستان از نظر توسعه شهری و احتمال بالای تغییرات کاربری در این ناحیه به‌دلیل رشد جمعیت و همچنین جاذبه‌های توریستی این منطقه بوده است. نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب علمی- منطقی برای تصمیمات برنامه‌ریزی منطقه‌ای و توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

بخش گهواره با مساحتی حدود ۹۷۵ کیلومترمربع، یکی از بخش‌های شهرستان دالاهو-گوران سابق- واقع در استان کرمانشاه است (شکل ۱). منطقه‌ی کوهستانی و سردسیر و محصور به کوه‌های مرتفع در سلسله جبال زاگرس است که در ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی جغرافیایی قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا در این منطقه دارای حداقل ۱۴۷۸ متر و حداکثر ۱۸۶۲ متر است. میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۶۱۱ میلی‌متر و متوسط حداکثر دمای آن در گرم‌ترین ماه سال به ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در سردترین ماه سال به ۶- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. پوشش غالب در جنگل‌های این منطقه بلوط ایرانی است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the case study

روش کار

نقشه‌های کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (جدول۱) که از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شدند، تهیه شدند. بدین‌منظور پس از انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصاویر خام، اقدام به ایجاد ترکیب باندی کاذب جهت تشخیص بهتر عوارض و پدیده‌های سطح زمین به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شد و سپس با توجه به وضعیت منطقه، شباهت طیفی عوارض و سطح پوشش، منطقه به کلاس‌های مختلف تقسیم‌بندی شد. پس از رقومی کردن نمونه‌های تعلیمی و تفکیک‌پذیری نمونه‌ها، طبقه‌بندی تصاویر با روش بیش‌ترین شباهت، انجام (Foody, 2002؛ Yuan et al., 2005؛ Bakr et al., 2010) و نقشه کاربری در سال های ۱۳۶۵، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۷ تهیه شد. در ادامه، پس از پایش و آشکارسازی تغییرات، جهت صحت‌سنجی مدل، بار دیگر نقشه کاربری سال ۱۳۹۷ توسط مدل LCM مدل‌سازی و با نقشه مرجع تهیه شده از طریق واقعیت زمینی، مورد مقایسه قرار گرفت، در نهایت بعد از اطمینان از صحت مدل‌سازی، نقشه کاربری ۱۴۰۷ توسط مدل LCM پیش‌بینی و تهیه شد.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table 1- Specifications of satellite images

ردیف	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	ماهواره	سنجنده
1	1986	1365	Landsat	MSS و TM
2	2000	1378	Landsat	MSS و TM
3	2018	1397	Landsat	OLI

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM

این مدل قابلیت شبیه‌سازی همزمان چندین کاربری را داشته و تغییرات کاربری اراضی را با بهره‌گیری و تلفیق مدل‌های زنجیره مارکوف، شبکه عصبی چندلایه پرسپترون، رگرسیون لجستیک و MLOP شبیه‌سازی می‌کند. مدل LCM یک روش یکپارچه بوده و می‌تواند چندین کاربری را به‌طور همزمان شبیه‌سازی کند (Estman et al., 2009). در این روش مدل‌سازی، شامل ۴ مرحله است: ۱) آشکارسازی تغییرات، ۲) مدل‌سازی پتانسیل انتقال، ۳) پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات و ۴) ارزیابی صحت مدل‌سازی. جهت دست‌یابی به نتایج صحیح و نزدیک بـه واقعیت، لازم است هر یک از مراحل به خوبی و با دقت پیاده‌سازی شوند (محمد ابراهیم عفیفی، ۱۳۹۹).

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۷ اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره زمانی مورد مطالعه شد. در مرحله بعد انتخاب متغیرهای مناسب برای ورود به مدل بر اساس ضریب همبستگی کرامر (معادله ۱) صورت گرفت. این متغیرها عبارت‌اند از: ۱- مدل رقومی ارتفاع ۲- شیب ۳- فاصله از رودخانه ۴- فاصله از جاده ۵- فاصله از مناطق مسکونی ۶- فاصله از مناطق کشاورزی ۷- فاصله از مناطق جنگلی (Mas et al., 2004؛ رفعیان و همکاران، ۱۳۸۵؛ Khoi,2010 و Murayama). ضریب کرامر که نشان‌دهنده‌ی ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی است در محدوده ۰ تا ۱ قرار می‌گیرد و مطابق فرمول یک محاسبه می‌شود (Pijanowski et al., 2002).

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{N * Min(K-1, L-1)}} \quad (۱)$$

X^2: آماره کای اسکور. N: تعداد نمونه ها، K و L به‌ترتیب تعداد ردیف و ستون‌های جدول است.

پتانسیل انتقال

هنگامی که متغیرهای مدل انتخاب شدند، نقشه‌های پتانسیل انتقال یا تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چندلایه، مدل‌سازی می‌شود (Pijanowski et al., 2002).

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

خروجی‌های مرحله پتانسیل انتقال به‌عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به‌کار می‌روند. احتمال و مساحت تغییرات هر انتقال با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از دو مدل پیش‌بینی سخت و نرم در مدل LCM تهیه خواهد شد. در مدل پیش‌بینی سخت تمام سطح یک پیکسل به یک کاربری خاص اختصاص می‌یابد ولی در پیش‌بینی نرم هر پیکسل الزاماً متعلق به یک کاربری خاص نیست بلکه ممکن است به چندین کاربری مختلف اختصاص پیدا کند (Eastman et al., 2006).

اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی مدل‌سازی شده

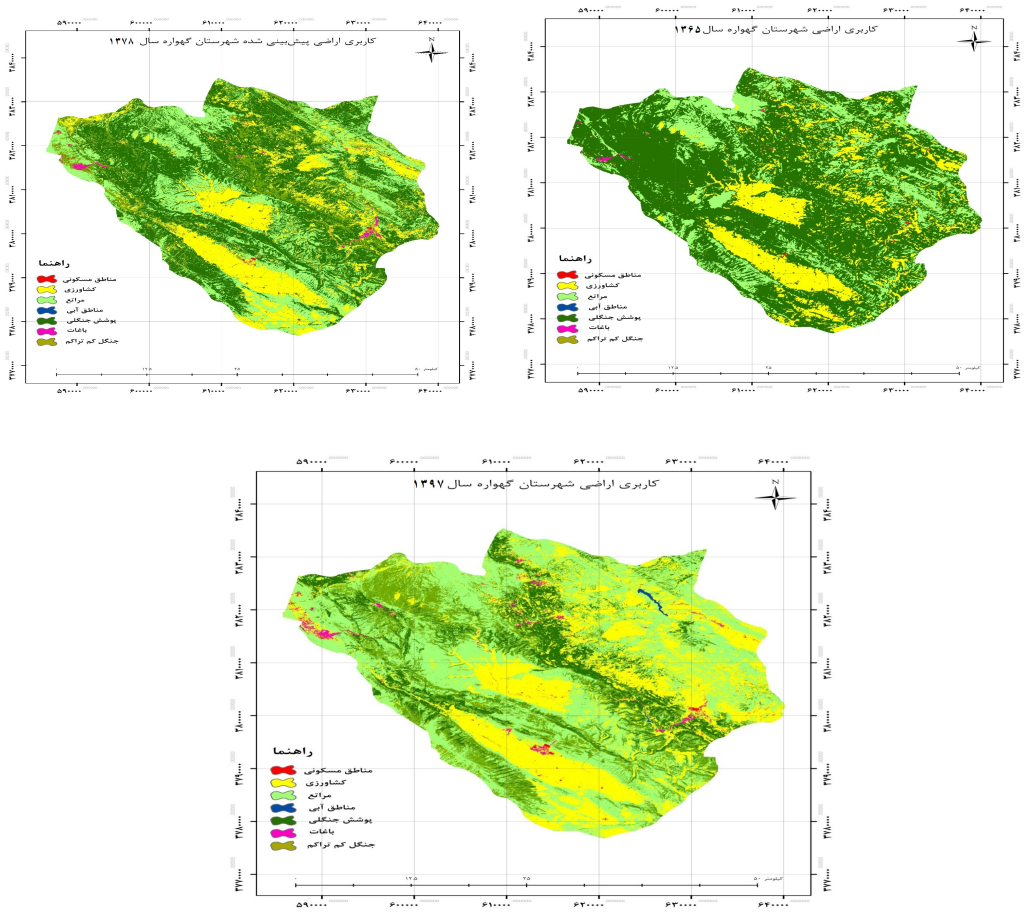
به‌منظور اعتبارسنجی مدل LCM از نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۸ برای پیش‌بینی و مدل‌سازی نقشه سال ۱۳۹۷ استفاده شد. سپس، نقشه پیش‌بینی شده توسط مدل با نقشه کاربری اراضی تهیه شده به‌عنوان نقشه مرجع مورد مقایسه قرار گرفت. خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس ضریب کاپا به‌دست آمد. مقدار ضریب کاپا از ۱- تا ۱+ متغیر است. مقدار کاپا برابر با ۱ نشان‌دهنده تشابه کامل نقشه پیش‌بینی شده با نقشه واقعیت زمینی و ۱- نشان‌دهنده این است که دو تصویر کاملاً با هم متفاوت هستند. ضریب کاپا صفر نیز بدین‌معناست که ۵۰ درصد پیکسل‌ها با هم متفاوت هستند. دقت کلی عبارتست از نـسبت تعـداد پیکـسل‌هـای درسـت طبقه‌بندی شده یک طبقه به کل پیکسل‌های درست طبقه‌بنـدی شده در تمامی طبقات (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). در نهایت بعد از اطمینان از صحت مدل‌سازی، نقشه کاربری ۱۴۰۷ توسط مدل LCM پیش‌بینی و تهیه شد.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

نتایج و بحث

انواع کاربری‌های شناسایی شده در منطقه برای سال‌های مورد بررسی شامل باغ، نواحی مسکونی، زراعت، مراتع، مناطق با پوشش جنگلی متراکم، پوشش جنگلی تنک و آب است که در شکل ۲ و هم‌چنین مساحت هر کاربری در جدول ۲ ارائه شده است. دقت کلی و ضریب کاپا نشان‌دهنده صحت مورد قبول در نقشه‌های تهیه شده است (جدول ۳).



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی منطقه طی سال‌های مورد مطالعه

Figure 2- Land use of the case study during the studied years

جدول ۲- مساحت و درصد پوشش طبقات کاربری اراضی

Table 2- Area and percentage coverage of land use classes

سال	1986		2000		2018	
طبقه کاربری	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
مناطق مسکونی	159.44	0.08	292.1	0.15	386.30	0.20
مناطق کشاورزی	30858.46	16.26	39069.02	20.59	53775.09	28.24
مراتع	36815.69	19.40	47681.39	25.13	77827.91	41.04
مناطق آبی	4.32	0.002	5.31	0.003	250.02	0.132
پوشش جنگل	121645.49	64.09	82427.63	43.44	22911.91	12.07
باغ	330.30	0.17	847.73	0.45	1406.93	0.74
پوشش جنگل تنک	0.00	0.00	19423.42	10.24	33143.55	17.47

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

جدول۳- محاسبه دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۷

Table 3- Calculation of overall accuracy and Kappa coefficient for the years 1986, 1999 and 2018

1986	2000	2018	
91.00	95.20	93.00	دقت کلی (درصد)
0.85	0.92	0.91	کاپا

آشکارسازی تغییرات

تغییرات کاربری طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۸

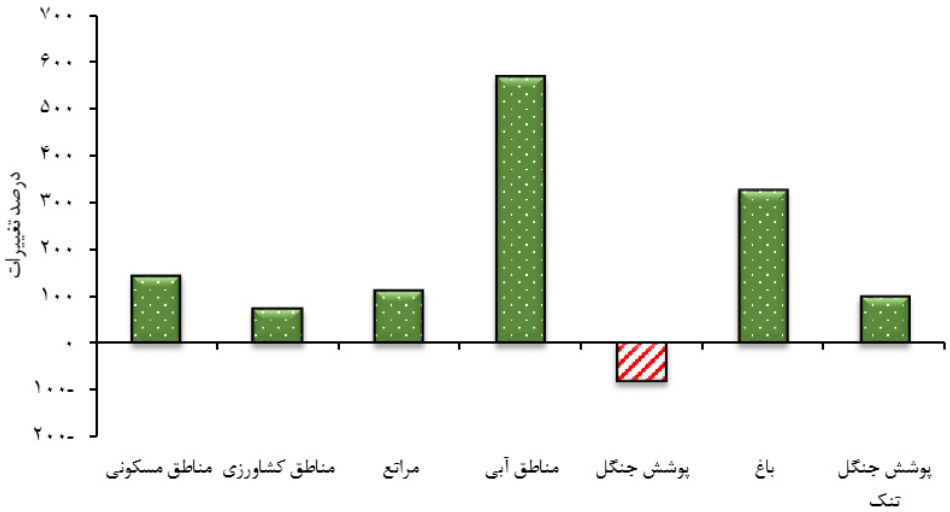
مطابق نقشه‌های به‌دست آمده بیش‌ترین درصد تغییرات افزایشی در فاصله سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۸ مربوط به کاربری باغ با ۱۵۶ درصد و پس از آن مناطق مسکونی با افزایش ۸۳ درصد بوده است. کاربری جنگل تنها کاربری است که طی این دوره زمانی با کاهش ۳۲ درصدی همراه بوده است. افزایش ۱۳۰ هکتاری مناطق مسکونی حاکی از رشد بالای جمعیت در منطقه است. از پیامدهای این تغییرات نیاز به منبع درآمد جدید و در نتیجه جنگل‌تراشی و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها جهت برآورد نیازهای انسانی است که نتایج به‌خوبی بیان‌گر این مسئله است.

تغییرات کاربری اراضی طی سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷

مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی طی بازه ۱۸ ساله از سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۷ نشان داد که بیش‌ترین درصد تغییرات افزایش مربوط به مناطق آبی و پس از آن اراضی باغی است. هم‌چنین روند کاهشی مساحت اراضی جنگلی با شدت بیش‌تری در این بازه ادامه داشته و به ۷۲ درصد رسیده است.

تغییرات کاربری طی سال های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷

به‌طور کلی از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ بیش‌ترین درصد تغییرات افزایش مربوط به مناطق آبی و اراضی باغی است. تخریب اراضی جنگلی در کل دوره مورد بررسی باعث کاهش ۸۱ درصدی این کاربری شده است (شکل ۳).



شکل۳- مقایسه درصد تغییرات پوشش اراضی در فاصله زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۷ در منطقه گهواره

Figure 3- Comparison of the percentage of land cover changes in 1986-2018 in Gahvareh region

صحت‌سنجی مدل‌سازی

در شکل ۴ نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی سال ۱۳۹۷ ارائه شده است. مقایسه نقشه شبیه‌سازی سال ۱۳۹۷ با نقشه مرجع همان سال با شاخص کاپای ۰/۷۹ حاکی از دقت قابل قبول مدل‌سازی است. به‌منظور مدل‌سازی پتانسیل انتقال، ارتباط بین متغیرهای متحرک و تغییرات پوشش کاربری از ضریب کرامر استفاده شد. مقادیر ضریب کرامر در جدول ۴ و نقشه پیش‌بینی شده کاربری/ پوشش در سال

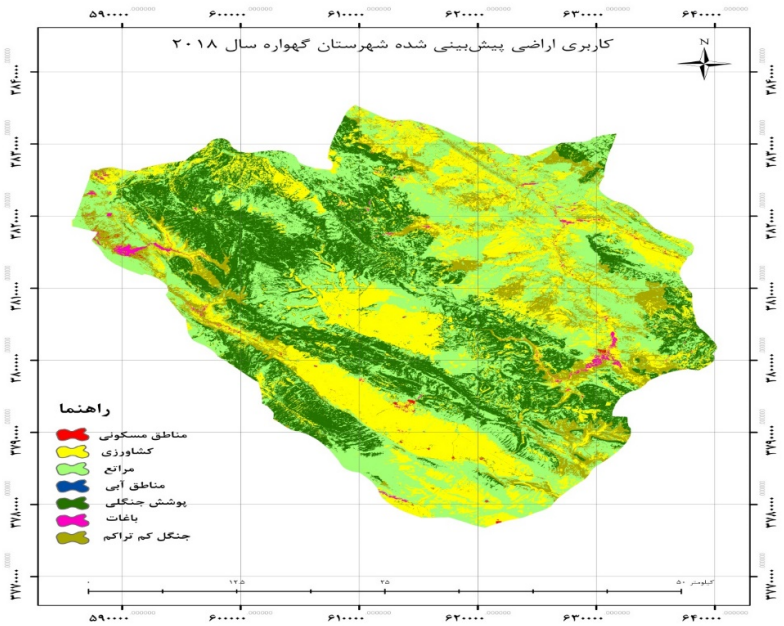
[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

۱۳۹۷ در شکل ۴ ارائه شده است. مقادیر ضریب کرامر برای اکثر متغیرها بالاتر از ۰/۱۵ است که نشان‌دهنده قدرت توضیحی مطلوب متغیرهای مورد بررسی است (Easteman, 2009).

جدول ٤- مقادیر ضریب کرامر برای متغیرهای متحرک

Table 4- Kramer coefficient values for moving variables

متغیرمتحرک	مقدار ضریب کرامر
شیب	0.60
ارتفاع	0.48
جهت	0.15
فاصله از مناطق مسکونی	0.41
فاصله از جاده	0.36
فاصله از رودخانه	0.16



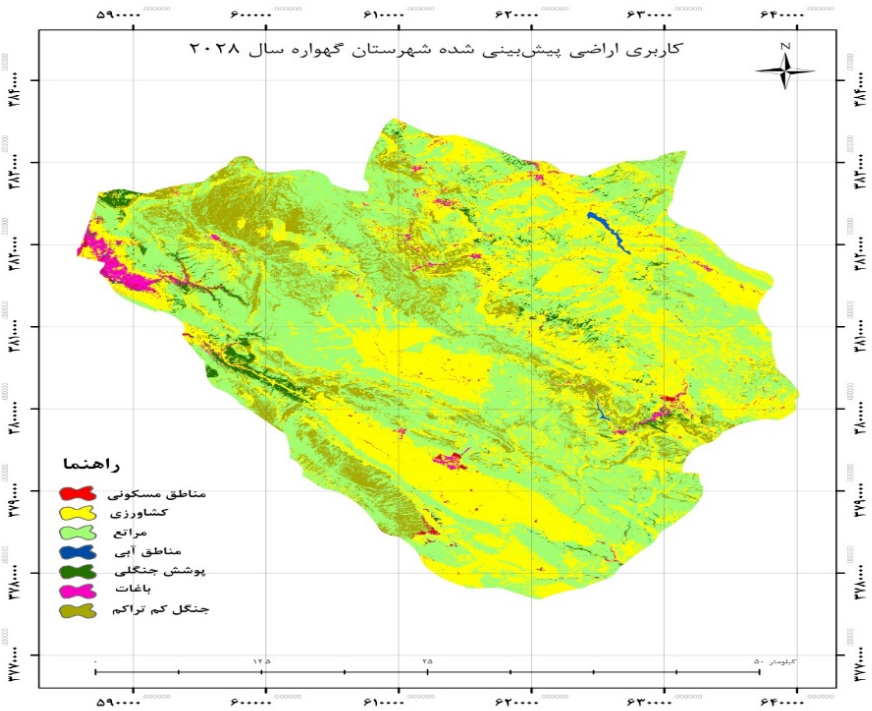
شکل ٤- نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی سال ۱۳۹۷

Figure 4- Predicted land use map for 2018

پس از اطمینان از صحت مدل‌سازی، در ادامه از مدل شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی پتانسیل انتقال جهت پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین، استفاده و با استفاده از زنجیره مارکف نقشه پوشش مربوط به ۱۴۰۷ تولید شد. نقشه و مساحت طبقات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در ۱۴۰۷ به‌ترتیب در شکل ۵ و جدول ۵ ارائه شده است.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]



شکل ۵- نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی ۱۴۰۷
Figure 5- Predicted land use map for 2028

جدول ۵- مساحت و درصد کاربری اراضی پیش بینی شده برای ۱۴۰۷
Table 5- The area and percentage of land use predicted for 2028

متغیرمتحرک	مساحت (هکتار)	درصد هر کاربری از کل
مناطق مسکونی	774.83	0.41
مناطق کشاورزی	72164.84	38.03
مراتع	80848.01	42.61
مناطق آبی	250.02	0.13
پوشش جنگل	11417.28	6.02
باغ	2331.85	1.23
پوشش جنگل تنک	21959.89	11.57

نتایج نشان می‌دهد در ۱۴۰۷ مساحت جنگل متراکم به ۱۱۴۱۷ هکتار کاهش پیدا خواهد کرد، هم‌چنین میزان مراتع به مقدار ۸۰۸۴۸ هکتار افزایش یافته است. مناطق مسکونی دارای بیش‌ترین میزان تغییرات بوده که این مقدار به میزان ۱۰۰ درصد افزایش یافته است. باغات و مناطق کشاورزی نیز با میزان افزایش به‌ترتیب به مقدار ۶۵ و ۳۴ درصد در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. محمد یوسفی و همکاران (۱۳۹۹) عامل این تغییرات را افزایش جمعیت و نیز افزایش نیاز انسان به زمین و تمایل انسان به بهره‌برداری از طبیعت بیان نموده‌اند. هم‌چنین لو و ونگ (۲۰۰۷) نیز در مطالعه خود به این نکته اشاره نمودند که با رشد جمعیت، فشار بر عرصه‌های طبیعی افزایش و بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌ها موجب تخریب و نابودی بوم‌سازگان می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نرخ بسیار بالای جنگل‌زدایی را در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ نشان داد که علت اصلی این پدیده تغییر کاربری سطوح جنگلی به کاربری‌های انسان‌ساخت هم‌چون اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی است. آشکارسازی تغییرات در زمینه اراضی کشاورزی نشان داد که در بازه زمانی ۳۲ ساله طی دوره اول و دوم به‌ترتیب ۸۲۱۰ و ۱۴۷۰۶ هکتار به سطح اراضی کشاورزی

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

منطقه‌ی مورد مطالعه اضافه شده است. این توسعه در اراضی کشاورزی می‌تواند به‌دلیل افزایش قیمت و سوداوری محصولات کشاورزی، توسعه مکانیزاسیون و سهولت کشت و کار در این منطقه باشد. هم‌چنین با توجه به نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین رشد کاربری کشاورزی در شرق و جنوب شرقی منطقه رخ داده است که نتیجه تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی در این ناحیه بوده است. اما توسعه اراضی کشاورزی در مناطق و نواحی مرتفع‌تر در جهت تخریب جنگل بوده است. بیش‌ترین رشد بافت مسکونی در اطراف شهرها و در مرکز حوزه اطراف شهرستان‌های گهواره اتفاق افتاده است. هم‌چنین گسترش روستاها می‌تواند متأثر از توریسم‌پذیری این منطقه و افزایش مناطق مسکونی به‌دلیل آب و هوای مناسب این منطقه باشد. این در حالی است که تغییرات در کاربری مسکونی در مناطق شمالی منطقه به‌دلیل توپوگرافی خاص، دسترسی دشوارتر برای گردش‌گران و هم‌چنین عدم وجود شهرستان‌های بزرگ، کم‌تر بوده است. تبدیل اراضی مسکونی به کشاورزی نیز به‌طور محدود به چشم می‌خورد که این خطا می‌تواند ناشی از آن باشد که با برداشت محصولات کشاورزی یا نوع خاک منطقه به رنگ زرد درآمده است. لذا بازتاب طیفی این اراضی شبیه به اراضی مسکونی خواهد شد و در کلاس مسکونی قرار خواهد گرفت. به‌طور کلی نتایج این مطالعه به‌خوبی نشان‌دهنده تغییرات پوشش منطقه مورد مطالعه است، که ادامه روند موجود در آینده معضلات و مشکلات عمده‌ای را متوجه جنگل‌های استان کرمانشاه خواهد کرد. قرار دادن تصویری شفاف از آینده در مقابل مدیران و برنامه‌ریزان می‌تواند در برنامه‌ریزی برای حفظ و احیای منابع طبیعی خصوصاً در مورد مناطق جنگلی بسیار کارآمد باشد، زیرا نقشه‌های پتانسیل انتقال و نقشه‌های پیش‌بینی تغییرات پوشش، به خوبی مناطق در معرض خطر را نشان می‌دهند.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم در دانشگاه ملایر انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: بهنوش فرخ‌زاده: راهنمایی، مفهوم‌سازی، کنترل نتایج، ویرایش و بازبینی مقاله؛ نوذر گوران: انجام تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی، نگارش نسخه اولیه مقاله؛ سهیلا آقابیگی امین: مشاوره، تحلیل‌های آماری، بازبینی متن مقاله.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: از حمایت‌های همه جانبه دانشگاه ملایر در انجام این پژوهش صمیمانه تشکر می‌شود.

منابع

۱. ابراهیمی، حمید، رسولی، علی اکبر، و احمدپور، احمد (۱۳۹۷). مدل‌سازی تغییرات دینامیک کاربری اراضی با استفاده از پردازش شئ گرا تصاویر ماهواره‌ای و مدلCA-Markov مطالعه موردی: شهر شیراز. *سپهر*، ۲۷(۱۰۸)، ۱۳۷-۱۴۹. doi: 10.22131/sepehr.2019.34625

۲. ایمانی هرسینی، جلیل، کابلی، محمد، فقهی، جهانگیر، و طاهرزاده، علی (۱۳۹۶). مدلسازی روند تغییرات پوشش/کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار (مطالعه موردی استان همدان). *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۹(۱)، ۱۱۹-۱۲۹. https://www.sid.ir/paper/87033/fa

۳. جورابیان شوشتری، شریف، اسماعیلی‌ساری، عباس، حسینی، سید محسن، و غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۷۹). کاربرد روش پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شرق استان مازندران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۹(۴)، ۱۲۶-۱۴۴. https://www.sid.ir/paper/372037/fa

۴. رحیمی، داریوش، و رحیمی، یونس (۱۳۹۵). بررسی اثر تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی بر سیلاب در شمال ایران (حوضه مادرسو). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۷(۱)، ۱۰۲-۸۹. GEP.2016.21358/۱۰,۲۲۱۰۸

۵. رفیعیان، امید، درویش‌صفت، علی‌اصغر، و نمیرانیان، منوچهر (۱۳۸۵). تعیین تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور بین سال ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده +ETM، مطالعه موردی در جنگل‌های بابل. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۰(۳)، ۲۸۵-۲۷۷. http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-584-fa.html

۶. ضیایی، حجت‌الله (۱۳۸۰). اصول مهندسی آبخیزداری. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۴۲ صفحه.

۷. عفیفی، محمدابراهیم (۱۳۹۹). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و مدل LCM، مطالعه موردی: شهر شیراز. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰(۵۶)، ۱۵۸-۱۴۱. https://www.sid.ir/paper/403340/fa

۸. فلاحتکار، سامره، حسینی، سید محسن، سلمان ماهینی، عبدالرسول، و ایوبی، شمس‌الله (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM. *پژوهش‌های محیط زیست*، ۷(۱۳)، ۱۷۴-۱۶۳. https://www.sid.ir/paper/192365/fa

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

۹. قنبری، ابوالفضل، واعظی، موسی، رستمی، رحیمه، و باکویی، مائده (۱۴۰۱). بررسی تطبیقی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌گرا (مطالعه موردی: تبریز و کرج). *آمایش محیط*، ۱۵(۵۹)، ۲۲-۱. https://journals.iau.ir/article_700064.html

۱۰. کریم‌زاده مطلق، زینب، لطفی، علی، پورمنافی، سعید و احمدی‌زاده، سید سعیدرضا (۱۴۰۱) ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA_Markov. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۳(۲)، ۸۰-۶۳. GEP.2022.130601.1458/۱۰,۲۲۱۰۸

۱۱. محمدیوسفی، مجید، پژوهش، مهدی، و هنربخش، افشین (۱۳۹۹). مدل‌سازی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت‌آباد). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۱۱(۲۱)، ۱۲۹-۱۴۲. https://www.sid.ir/paper/407119/fa

۱۲. میر علیزاده فرد، سید رضا، و علی بخشی، سیده مریم (۱۳۹۵). پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدلساز تغییر کاربری اراضی (مطالعهٔ موردی: دشت برتش دهلران، ایلام). *سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۷(۲)، ۴۶-۳۳. https://journals.iau.ir/article_524153.html

۱۳. وفایی، ساسان، درویش‌صفت، علی‌اصغر، و پیروقار، مهتاب (۱۳۹۲). پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، مطالعه موردی: منطقه مریوان. جنگل ایران، *انجمن جنگلبانی ایران*، ۵(۳)، ۳۳۶-۳۲۳. https://www.ijf-isaforestry.ir/article_4740.html

۱۴. یوسفی، صالح، تازه، مهدی، میرزایی، سمیه، مرادی، حمیدرضا، و توانگر، شهلا (۱۳۹۰). مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). *کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*. ۵(۳)، ۷۶-۶۷. https://www.sid.ir/paper/189580/fa

References

1. Afifi, M. E. (2020) Land use change modeling using Markov chain model and LCM model, case study: Shiraz city. *Journal of Applied Research of Geographical Sciences, 20*(56), 141-158. [In Persian].
2. Coppin, P. R., & Bauer, M. E. (1996). Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote Sensing Reviews, 13*(3), 207-234.
3. Ebrahimi, 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].
4. Estman, J. R. (2009). Idrisi Tiaga: Guide to GIS and image processing, *Clark University.*
5. Falahatkar, S., Hosseini, S. M., Salman Mahiny, A. R., & Ayoubi, S. (2016). Prediction of land use/cover change by using LCM model. *Environmental Researches, 7*(13), 163-174. [In Persian].
6. Ghanbari, A., Vaezi, M., Rostami, R., & Bakooyi, M. (2023). A Comparative Study of Land Use Change Using Object Method (A Case Study of Tabriz and Karaj). *Journal of Environmental-based Territorial Planning (JETP), 15*(59), 1-22. [In Persian].
7. Hashimoto, S., Nose, M., Obara, T., & Moriguchi, Y. (2002). Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. *Environmental Science and Policy, 5*, 183-193.
8. Hewson, J., Razafimanahaka, J. H., Wright, T. M, Mandimbiniaina, R., Mulligan, M., Jones J. P., & Razakamanarivo, H. (2019). Land Change Modelling to Inform Strategic Decisions on Forest Cover and CO2 Emissions in Eastern Madagascar. *Environmental Conservation, 46*(1), 25-33.
9. Imani Harsini, J., Kaboli, M., Feghhi, J., & Taherzadeh, A. (2017). Land use/land cover change modelling using Markov chain and Cellular Automata (Case study: Hamedan province). *Journal of Environmental Science and Technology, 19*(1), 119-129. [In Persian].
10. Joorabian Shooshtari, S., Esmaili-Sari, A., Hosseini, S. M., & Gholamalifard, M. (2019). Application of Multilayer Perceptron Neural Network Method in Land Use Change Modeling in the East of Mazandaran Province. *Geography and Environmental Planning, 29*(4), 125-144. [In Persian].
11. Karimzadeh Motlagh, Z., Lotfi, A., Pourmanafi, S., & Ahmadizadeh, S. (2022). Evaluation and Prediction of Land-Use Changes using the CA_Markov Model. *Geography and Environmental Planning, 33*(2), 63-80. [In Persian].
12. Khoi, D., & Murayama, Y. (2010). Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing, (2),* 1249-1272.
13. Leta, M.K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Sustainability, 13*(7), 3740.
14. Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing, 28*(5), 823-870.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]

15. Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land Use Policy, 91*, 104414.
16. Mas, J. F. (1999). Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing, 20*(1), 139-152.
17. Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., & Camacho Olmedo, M. T. (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling and software,* 51, 94-111.
18. Mas, J. F. Puig, H. Palacio, J. L., & Sosa-Lope, A. (2004). Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modellingand Software, 19*(5), 461-471.
19. Mehrabi, A., Khabazi, M., Almodaresi, S. A., Nohesara, M., & Derakhshani, R. (2019). Land use changes monitoring over 30 years and prediction of future changes using multi-temporal Landsat imagery and the land change modeler tools in Rafsanjan city (Iran). *Sustainable Development of Mountain Territories, 11*(1), 39 – 53.
20. Mir Alizadehfard, S. R., & Alibakhshi, S. M. (2016). Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam). *Journal of RS and GIS for Natural Resources, 7*(2), 33-46. [In Persian].
21. Onate-vadivieso, F., & Sendra, J. B. (2010). Application of GIS and Remote sensing techniques in generation of landuse scenario for hidrological modeling. *Journal of Hydrology, 395* (3-4), 256-264.
22. Pijanowski, B., Brown, D., Shellito, B., & Manik, G. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems, 26* (6), 553-575.
23. Rafieyan, O., Darvishsefat, A. A., & Namiranian, M. (2006). The area change detection in the Northern forests of Iran using ETM+ data. *JWSS-Isfahan University of Technology, 10*(3), 277-287. [In Persian].
24. Rahimi, D., & Rahemi, Y. (2016). Resources in the impacts climate change on floods in north of Iran. *Geography and Environmental Planning, 27*(1), 89-102. [In Persian].
25. Saifullah, K., Barus, B., & Rustiadi, E. (2017). Spatial modelling of land use/cover change (LUCC) in South Tangerang City, Banten. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 54*(1), 12-18.
26. Sanjoy, R. Kaniz, F. Mossammat, p. & Hasan, M. (2015). Monitoring and Prediction of Land Use/Land Cover Change using the Integration of Markov Chain Model and Cellular Automation in the Southeastern Tertiary Hilly Area of Bangladesh. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), 24*(4), 125-148.
27. Singh, A. (1989). Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing, 10*(6), 989-1003.
28. Skutsch, M., Bird, N., Trines, E., Dutschke, M., Frumhoff, P., De Jong, B. H., & Murdiyarso, D. (2007). Clearing the way for reducing emissions from tropical deforestation. *Environmental Science & Policy, 10*(4), 322-334.
29. Upadhyay, T. P. Solberg, B., & Sankhayan P. L. (2006). Use of models to analysis land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis. *Forest Policy and Economics, 9*(4), 349-371.
30. Vafaei, S., Darvishsefat, A. A., & Pir Bavaghar, M. (2013). Monitoring and predicting land use changes using LCM module (Case study: Marivan region). *Iranian Journal of Forest, 5*(3), 323-336. [In Persian].
31. Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology, 75*(7), 1861-1876.
32. Yousef, S., Tazeh, M., Mirzaee, S., Moradi, H. R., & Tavangar, S. H. (2011). Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city). *Journal of RS and GIS for Natural Resources, 5*(3), 76-67. [In Persian].
33. Yousefi, M., pajouhesh, M., & honarbakhsh, A. (2020). Modeling trends land use changes local by using LCM Model based on artificial neural networks and Markov Chain analysis (Case Study: BeheshtAbad Watershed). *Journal of Watershed Management Research. 11*(21), 129-142. [In Persian].
34. Yuan, F., Sawaya, K. E. Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin cities (Minnesota) Metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment, 98*(2-3), 317-328.
35. Zhang, L., Chen, X., Cai, X., & Salim, H. A. (2010) Spatial-temporal changes of NDVI and their relations with precipitation and temperature in Yangtze River basin from 1981 to 2001. *Geo-Spatial Information Science, 13*(3), 186-190.
36. Ziaee H. (1380). Principles of Watershed Management Engineering. Astan Quds Razavi Publications. 542 pages. [In Persian].

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.2.4.2]