

Monitoring Land Use Changes in the City Ghaem Shahr Using RS and GIS

Received: 2024.12.23
Accepted: 2025.02.05

Mojgan Nadiri,*  Mohammad Hossein Shooshpasha

Department of Geography,
Central Tehran Branch,
Islamic Azad University,
Tehran, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Land use changes are one of the important issues in regional and development planning. Considering the advantages and capabilities of satellite data, this technology can be of great help in identifying and discovering these changes; In this study, land use changes in the Ghaemshahr region were evaluated over a 22-year period. To conduct this research, images from the 2001 ETM+ sensor, 2014 and 2023 OLI sensor of the Landsat satellite were used. The main goal of this research is to investigate and reveal land use changes in the city of Ghaemshahr, located in Mazandaran province, between 2001 and 2023, where a large part of its forests have been destroyed for various reasons in recent years; since at least two data series from different time periods are required to monitor land use changes using satellite images.

Material and methods: In this study, data from the ETM+ and OLI sensors of the Landsat satellite were used to monitor the trend of land use and land cover changes in Ghaemshahr County in three time periods: 2001 to 2014, 2014 to 2023, and finally to examine the 22-year changes from 2001 to 2023. The images presented in this system were atmospherically, radiometrically, and geometrically corrected, and the Jeffreys-Matousita criterion, which is a type of test to ensure the separation of classes defined using ground control samples, was used. And the samples were re-corrected and the best band combination was selected, and the study area was classified into six land use classes. In addition, the minimum separability using the Jeffreys-Matouseita criterion is zero and its maximum is 2. The results of class separability were extracted for the years 2001, 2014 and 2023.

Results and discussion: Based on the results of the matrix table, the overall classification accuracy obtained from the ETM+ sensor data for the year 2001 was calculated to be 89.2 and for the OLI sensor data for the years 2014 and 2023 it was calculated to be 90.3 and 95.8. Also, the kappa coefficient for the years 2001, 2014 and 2023 is 0.85, 0.88 and 0.91, respectively. In terms of the area changed over the 22-year period, the garden and residential land classes have increased the most, so that the area of these classes has increased from 22.5 and 12 percent of the total area of the study area in 2001 to 43.5 and 20.8 percent in 2023, respectively, which means an increase of more than 7,694 hectares in garden lands and 3,139 hectares in residential lands. Also, the agricultural land class had the largest decrease with a decrease of 11,102 hectares and 29.1 percent. This decrease is due to the conversion of agricultural land to garden and residential land in the study area. Other classes of water, barren areas and forests decreased by 0.3, 0.2, and 0.4 percent, respectively. In general, the use of satellite images to prepare maps of land use and their changes is essential in environmental resource management planning.

Conclusion: The results of this study indicate that the area of forested lands has decreased and over time, the land cover pattern and consequently land use have undergone fundamental changes and transformations, and human factors have played the largest role. In Qaemshahr County, a significant portion of the conversion of garden and agricultural lands is related to the replacement of residential use in place of these lands.

Keywords: Satellite images, Jeffries-Matouseita, change detection, Kappa coefficient.

How to cite this article:
Nadiri, M. and
Shooshpasha, M. H. 2026.
*Monitoring Land Use
Changes in the City Ghaem
Shahr Using RS and GIS.*
Adv. Environ. Sci. 24 (1):
133-148.

* Corresponding Author Email Address: mo.nadiri@iau.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237951.1472



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

پایش تغییرات کاربری اراضی شهرستان قائم‌شهر با استفاده از RS و GIS



تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۷

مژگان ندیری*، محمدحسین شوش پاشا

گروه جغرافیا، واحد تهران مرکزی،
دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: تغییرات کاربری اراضی یکی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و توسعه‌ای می‌باشد. با توجه به مزیت‌ها و قابلیت‌هایی که داده‌های ماهواره‌ای، دارند این تکنولوژی می‌تواند کمک شایانی به شناسایی و کشف این تغییرات نماید؛ در این پژوهش تغییرات کاربری اراضی منطقه قائم‌شهر در یک دوره ۲۲ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این پژوهش از تصاویر سال ۲۰۰۱ سنجنده ETM+، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ سنجنده OLI ماهواره لندست استفاده شده است. هدف اصلی این تحقیق بررسی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر قائم‌شهر واقع در استان مازندران بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ که در طی سال‌های اخیر بخش عظیمی از جنگل‌های آن به دلیل‌های مختلف در حال نابودی است؛ از آنجاکه برای پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حداقل به دو سری داده از دوره‌های زمانی مختلف مورد نیاز است، در این تحقیق از دو تصویر ماهواره لندست استفاده شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از داده‌های سنجنده‌های OLI، ETM+ ماهواره لندست جهت پایش روند تغییرات کاربری، پوشش اراضی شهرستان قائم‌شهر در ۳ بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴، ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ و نهایتاً جهت بررسی تغییرات ۲۲ ساله ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استفاده گردید. تصاویر ارائه شده در این سامانه از لحاظ اتمسفری، رادیومتریک و هندسی تصحیح گردید و از معیار جفریس-ماتوسیتا که نوعی آزمون جهت اطمینان از تفکیک‌پذیری طبقه‌ها که با استفاده از نمونه‌های کنترل زمینی تعریف شده می‌باشد، استفاده شد و نسبت به تصحیح مجدد نمونه‌ها و انتخاب بهترین ترکیب باندی اقدام گردید و در طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه با شش کلاس کاربری مورد بررسی قرار گرفت. ضمن این که حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از معیار جفریس-ماتوسیتا در صفر و حداکثر آن، ۲ می‌باشد. نتایج تفکیک‌پذیری طبقات برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ استخراج گردید.

نتایج و بحث: بر اساس نتایج جدول ماتریس صحت کلی طبقه‌بندی حاصل از داده‌های سنجنده ETM+ برای سال ۲۰۰۱ برابر با ۸۹.۲ و برای داده‌های سنجنده OLI برای سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ برابر با ۹۰.۳ و ۹۵.۸ محاسبه گردید. همچنین ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ به ترتیب برابر با ۰.۸۵ و ۰.۸۸ و ۰.۹۱ می‌باشد. از نظر مساحت مورد تغییر در دوره ۲۲ ساله، کلاس اراضی باغی و مسکونی بیشترین افزایش را داشته است، به طوری که مساحت این کلاس‌ها به ترتیب از ۲۲.۵ و ۱۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۱ به ۴۳.۵ و ۲۰.۸ درصد در سال ۲۰۲۳ رسیده؛ یعنی افزایشی بیش از ۷۶۹۴ هکتار در اراضی باغی و ۳۱۳۹ هکتار در اراضی مسکونی را تجربه کرده است. همچنین کلاس اراضی کشاورزی با کاهش ۱۱۱۰۲ هکتار و ۲۹.۱ درصدی بیشترین کاهش را داشته است. این کاهش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. سایر کلاس‌های آب و نواحی بایر و جنگل به ترتیب ۰.۳، ۰.۲، ۰.۴ درصد کاهش یافتند. به طوری که به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی پوشش و تغییرات آن‌ها، در برنامه‌ریزی مدیریت منابع محیطی امری ضروری می‌باشند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این است که، مساحت اراضی جنگلی کاهش یافته است و در طول زمان، الگوی پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی شده است و عوامل انسانی بیشترین نقش را ایفا نموده است. در شهرستان قائم‌شهر بخش قابل توجهی از تبدیلات اراضی باغی و کشاورزی مربوط به جایگزین شدن کاربری مسکونی به جای این اراضی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، جفریس-ماتوسیتا، آشکارسازی تغییرات، ضریب کاپا.

استناد به این مقاله: ندیری، م.، م.، ح. شوش پاشا. ۱۴۰۵. پایش تغییرات کاربری اراضی شهرستان قائم‌شهر با استفاده از RS و GIS. فصلنامه علوم محیطی نوین. ۲۴ (۱): ۱۴۸-۱۳۳.

* Corresponding Author Email Address: mo.nadiri@iaou.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2025.237951.1472



مقدمه

۷۴٪ نشان داده که مدل مورد استفاده علی‌رغم برخی نقاط ضعف، از توان قابل قبولی در پیش‌بینی تغییرات این منطقه برخوردار بوده است. نتایج گویای این واقعیت است که در صورت ادامه روند کنونی تغییرات تا سال ۲۰۳۰، مساحت مناطق انسان‌ساخت، ۳۷/۴۵ درصد نسبت به وضعیت کنونی افزایش خواهد یافت که می‌تواند منجر به تخریب حدود ۵ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۱۶ درصد از پوشش باغات و فضای سبز شهری کنونی منطقه شود. هدف اصلی این تحقیق بررسی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر قائم‌شهر واقع در استان مازندران بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ که در طی سال‌های اخیر بخش عظیمی از جنگل‌های آن به دلیل‌های مختلف در حال نابودی است؛ و راستای تحقیق، هدف از آن، بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی در یک دوره زمانی با استفاده از داده‌های ماهواره و مشخص نمودن کاربری‌هایی که بیشترین تغییرات را داشته است.

الم و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله خود با عنوان استفاده از داده‌های ماهواره لندست برای ارزیابی کاربری زمین و تغییر پوشش زمین در دره کشمیر، نتایج نشان می‌دهد که در دوره‌های زمانی انتخاب‌شده تغییرات اساسی در کاربری و پوشش زمین وجود داشته است. تی آیل و همکاران (۲۰۱۸)، در اثر خود با عنوان نقشه‌برداری از پوشش کاربری زمین و تجزیه و تحلیل تشخیص تغییر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌از‌دور، اتیوپی شمالی، آمار تغییر پوشش زمین در سال ۲۰۱۴ نشان داد که این منطقه عمدتاً توسط واحدهای نقشه‌برداری زمین‌های زراعی، چوبی، بوته‌ای، درختچه‌ای، علفی و جنگلی تحت پوشش قرار گرفته است که تقریباً ۶۳٪، ۱۲٪، ۸٪، ۶٪، ۴٪ و ۲٪ از کل، به ترتیب تغییر پوشش زمین با مناطق آب و هوایی، انواع خاک و کلاس‌های شیب در بیشتر قسمت‌های منطقه متداول بود و تبدیل زمین‌های چرا به توسعه فیزیکی از تغییرات عمده در ۲۰ سال گذشته بوده است.

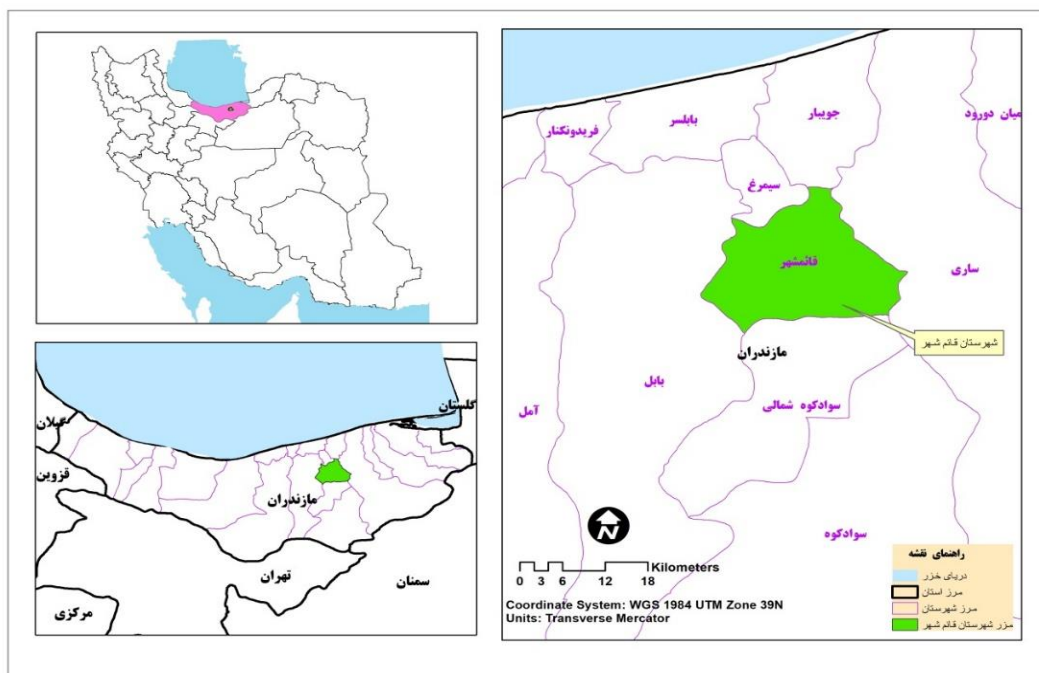
تغییرات کاربری اراضی فرآیندی طبیعی بوده و توقف کامل آن کاری بس دشوار است، اما می‌توان آن را کنترل کرد. رشد شهرنشینی یکی از بدترین تأثیرات را در به وجود آوردن چالش‌های مدیریت کاربری اراضی داشته است. اطلاع از میزان تغییرات کاربری‌های اراضی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان، یکی از مهم‌ترین موارد مورد نیاز در برنامه‌ریزی محیط‌زیست و مدیریت اراضی است.

علی بخشی (۱۳۹۴) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، تغییرات پوشش اراضی محدوده تالاب میقان را در بازه زمانی ۱۲ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده‌های ETM+ و OLI مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش تصاویر با دو روش طبقه‌بندی ماکزیمم احتمال و فازی در پنج کلاس تالاب، اراضی بایر، مرتع، زراعت دیم و زراعت آبی رده‌بندی شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، افزایش سطح آب تالاب از ۵۷,۷۷۸۴ هکتار در سال ۲۰۰۲ به ۳۵,۷۸۸۷ هکتار در سال ۲۰۱۳ و همچنین افزایش اراضی زراعی دیم، کاهش اراضی مرتعی، کاهش اراضی زراعی آبی و درنهایت، کاهش اراضی بایر از اهم این تغییرات است. شفیع و همکاران (۱۳۹۴)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، تغییرات کاربری پوشش اراضی در محدوده شهرستان اسلام‌شهر طی سه دهه اخیر و پیش‌بینی پوشش کاربری اراضی این شهرستان در سال ۲۰۳۰ را انجام داد. او ابتدا با تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۸۵، سنجنده ETM سال ۲۰۰۰ و سنجنده OLI سال ۲۰۱۵ ماهواره Land sat پردازش کرد. بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم عملیات بارز سازی تصاویر اجرا و با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه‌های موضوعی کاربری، پوشش اراضی را تهیه کرد نتایج بررسی‌های وی نشان داد که در طی ۳۰ سال گذشته، مناطق انسان‌ساخت ۵۱/۸۰ درصد افزایش یافته و به نابودی حدود ۱۳ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۱۷ درصد از باغات فضای سبز شهری منطقه منجر شده است. اعتبار سنجی مدل با ضریب کاپای

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان قائمشهر در استان مازندران واقع شده است این استان بین ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. حدود جغرافیایی آن از شمال به شهرستان جویبار که زمانی جزو قائمشهر بود از جنوب به شهرستان سوادکوه که سوادکوه نیز زمانی جزو قائمشهر بود از غرب به شهرستان بابل و از شرق به شهرستان ساری محدود است. مساحت

شهرستان قائمشهر در حدود ۳۷۶ کیلومترمربع و تراکم نسبی جمعیت آن ۴۵۲ نفر در کیلومترمربع است که پرتراکم‌ترین شهرستان در سطح استان محسوب می‌گردد آب‌وهوای شهر قائمشهر به دلیل قرار گرفتن میان کوه و دریا آب‌وهوای معتدل و مرطوب دارد و میزان بارش زیاد باران و رطوبت بالا و قسمت‌های جنوبی شهرستان به دلیل دارا بودن پوشش کوهپایه‌ای و ارتفاع زیاد آب‌وهوای سردتر و کوهستانی و زمستانه‌ای بارانی و برفی دارد. (مدیری، م، ۱۳۹۶)



شکل ۱- نقشه موقعیت شهرستان قائمشهر (مأخذ: تقسیمات سیاسی وزارت کشور)

Fig. 1- Location map of Qaemshahr city

مواد و روش‌ها

این تحقیق توصیفی - تحلیلی و از نوع اکتشافی است. در این تحقیق از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده خواهد شد. این تحقیق در پهنه شهرستان قائمشهر انجام شده است از آنجاکه برای پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حداقل به دو سری داده از دوره‌های زمانی مختلف مورد نیاز است، در این تحقیق از دو تصویر ماهواره لندست استفاده شد. این تصاویر دارای شماره گذر ۱۶۴ و

شماره ردیف ۳۵ هستند. در این تحقیق از داده‌های سنجنده‌های ETM+, OLI ماهواره لندست جهت پایش روند تغییرات کاربری، پوشش اراضی شهرستان قائمشهر در ۳ بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴، ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ و نهایتاً جهت بررسی تغییرات ۲۲ ساله ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استفاده گردید. تصاویر ارائه شده در این سامانه از لحاظ اتمسفری، رادیومتریکی و هندسی تصحیح گردید. جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استفاده شد و از معیار جفریس - ماتوسیستا که نوعی آزمون

مرتبط به پیکسل‌هایی است که به اشتباه به کاربری‌های دیگر تعلق پیدا کرده‌اند. در نهایت با استفاده از دستور Thematic Change workflow، دو تصویر طبقه‌بندی شده از یک صحنه گرفته شده در زمان‌های مختلف را به عنوان ورودی می‌گیرد و تفاوت‌های بین آن‌ها را شناسایی می‌کند. تصویر طبقه‌بندی به دست آمده، انتقال‌های طبقاتی را نشان می‌دهد، به عنوان مثال، از کلاس ۱ به کلاس ۲. تشخیص تغییر موضوعی را می‌توان برای تحلیل کاربری زمین، تغییر پوشش زمین، جنگل‌زدایی، شهرنشینی، گسترش کشاورزی، تغییرپذیری آب و غیره استفاده کرد. این دستور بر اساس الگوریتم‌های تشخیص تغییر موضوعی "from to"، خروجی‌های مربوطه را به دست آورده و جزوه پرکاربردترین روش‌های آشکارسازی تغییرات می‌باشد. این روش در واقع، تشخیص تغییر مقایسه پس از طبقه‌بندی Post-Classification Comparison change detection می‌باشد که از پرکاربردترین روش‌های آشکارسازی تغییرات که چه در مطالعات داخلی و چه در پژوهش‌های مختلف انجام گرفته در مجلات معتبر خارجی به کار گرفته شده است. نتایج مطالعه حاکی از این است که تغییرات ایجاد شده در دوره زمانی ۲۲ ساله بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳، کاهش ۲۹.۱ درصد اراضی کشاورزی، افزایش ۸.۷ درصد اراضی مسکونی و همچنین افزایش ۲۱.۳ درصدی باغات را نشان می‌دهد. این افزایش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

نتایج و بحث

جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در شهرستان قائم‌شهر چندین مرحله برای استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی انجام گردید.

۱. بارز سازی تصاویر

بارز سازی تصاویر در شکل ۳ تصویر رنگی کاذب سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۲۳، ۲۰۱۴، سنجنده ETM+ با ترکیب 432 به

جهت اطمینان از تفکیک‌پذیری طبقه‌ها که با استفاده از نمونه‌های کنترل زمینی تعریف شده می‌باشد، استفاده شد و نسبت به تصحیح مجدد نمونه‌ها و انتخاب بهترین ترکیب باندی اقدام گردید و بر اساس طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه با شش کلاس کاربری، مورد بررسی قرار گرفت، ضمن این که حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از معیار جفریس- ماتوسیستا در صفر و حداکثر آن، ۲ می‌باشد. نتایج تفکیک‌پذیری طبقات برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ استخراج گردید. در طبقه‌بندی پیکسل پایه از مرسوم‌ترین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یعنی، طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال استفاده شده است. بدین ترتیب که پس از تعیین نواحی تعلیمی در شش کلاس کاربری، با استفاده از نرم‌افزار ENVI اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شده است؛ طبقه‌بندی تصاویر پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی بر اساس مجموعه باندهای اصلی سنجنده‌ها برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۳ انجام شد. برای این منظور از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده گردید و شش کاربری مجزا (کشاورزی، باغ، زمین بایر، جنگل، مسکونی و پهنه آبی) تفکیک گردید. پس از انجام طبقه‌بندی برای سال‌های مذکور و با استفاده از داده‌های سنجنده‌های OLI، فیلتر ۳×۳ جهت حذف و ادغام پیکسل‌های تکراری به کار گرفته شد. بر اساس نتایج جدول ماتریس صحت کلی طبقه‌بندی حاصل از داده‌های سنجنده ETM+ برای سال 2001 برابر با ۸۹.۲ و برای داده‌های سنجنده OAI برای سال‌های ۲۰۱۴ و 2023 برابر با ۹۰.۳ و ۹۵.۸ محاسبه گردید. همچنین ضریب کاپا برای سال‌های 2001، ۲۰۱۴ و 2023 به ترتیب برابر با ۰.۸۵ و ۰.۸۸ و ۰.۹۱ به دست آمد. نتایج ضریب کاپا و صحت کلی در طبقه‌بندی مذکور بیانگر مطابقت مناسب طبقه‌بندی کاربری‌ها با نقشه واقعیت زمینی می‌باشد. همچنین صحت تولیدکننده مناسب به دست آمده نشان‌دهنده درصدی از پیکسل‌هایی می‌باشد که در نقشه واقعیت زمینی درست طبقه‌بندی شده‌اند و درصد باقی‌مانده هم

کلاس کاربری مورد بررسی قرار گرفت. ضمن اینکه حداقل تفکیک پذیری با استفاده از معیار جفریس-ماتوسیتا در صفر و حداکثر آن، ۲ می‌باشد. نتایج تفکیک پذیری طبقات برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ با استفاده از داده‌های لندست ۷ و ۸ در جداول زیر ارائه شده است.

منظور تشخیص بهتر کاربری‌های منطقه و با سنجنده OLI و ترکیب باندی 543 نمایش داده شده است.

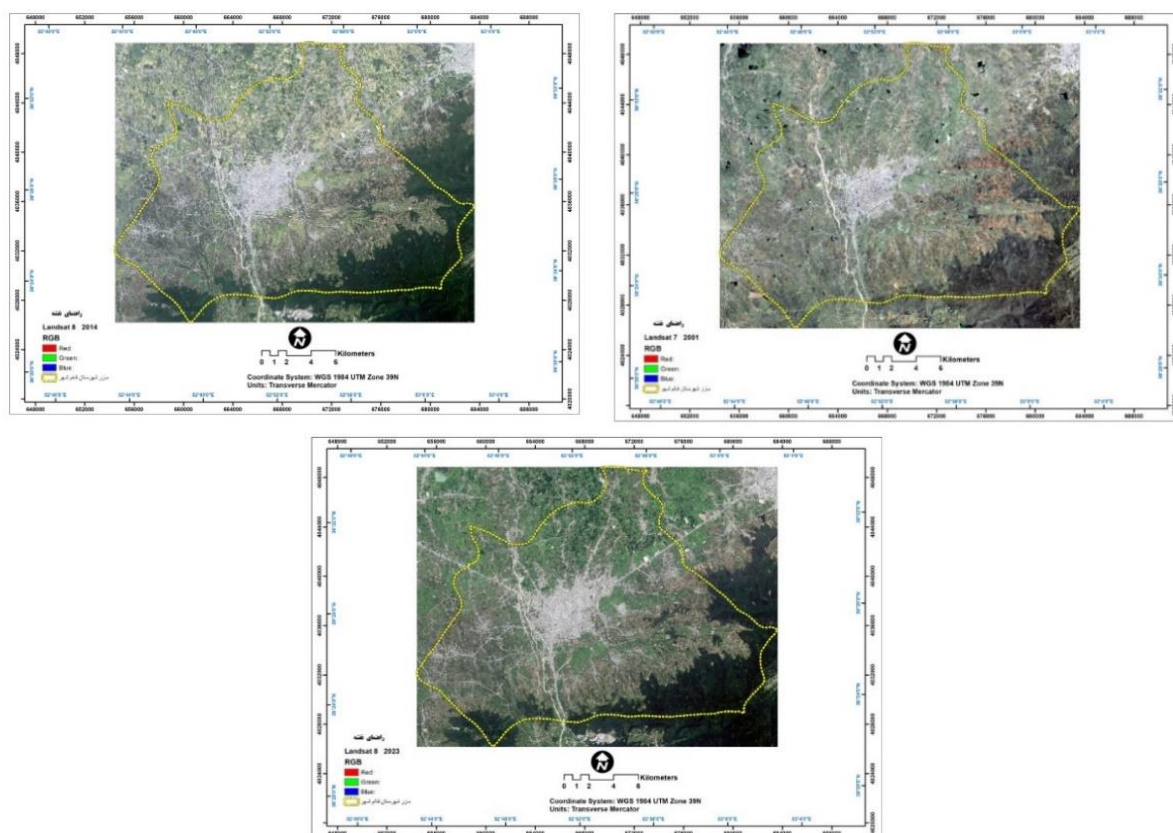
۲. بررسی تفکیک پذیری طبقات

جهت بررسی تفکیک پذیری طبقات پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی، مناسب تفکیک پذیری باندها با استفاده از معیار جفریس-ماتوسیتا در طبقه‌بندی با شش

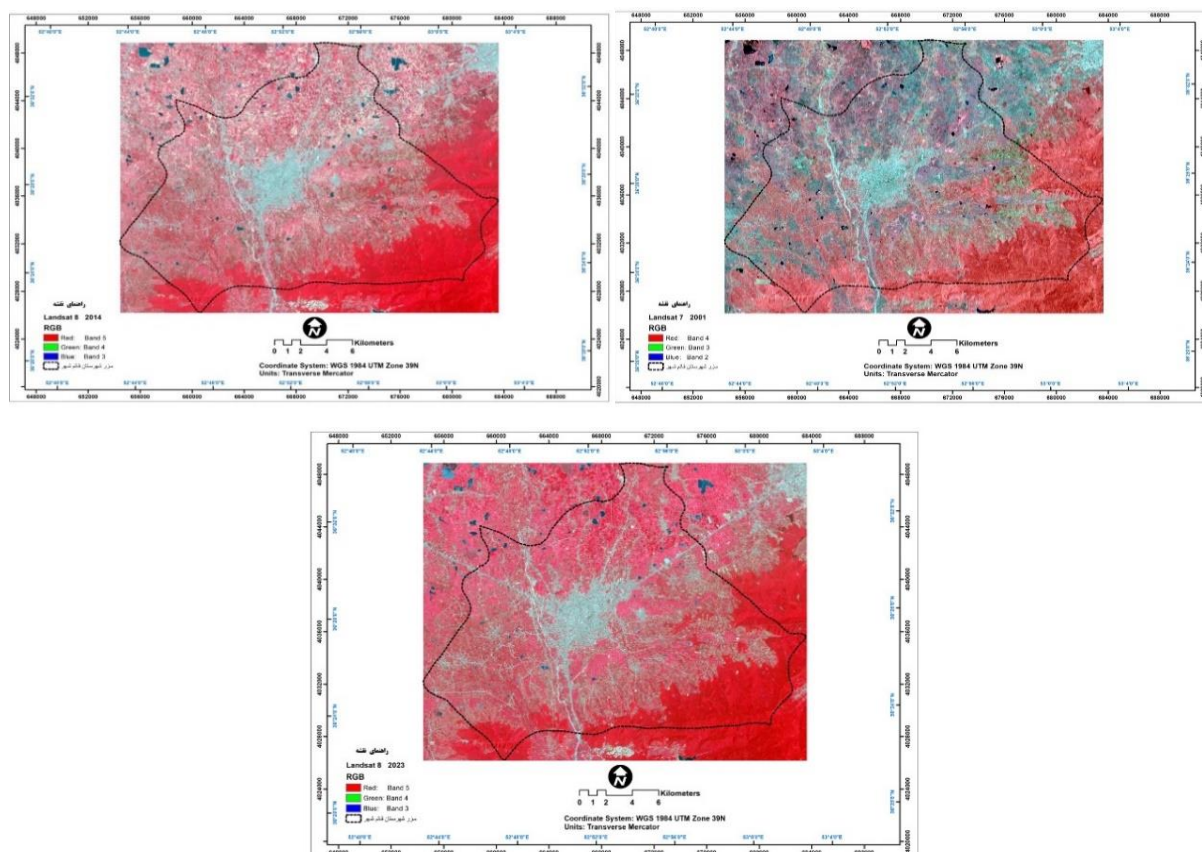
جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

Table 1- Specifications of satellite images used in the study area

نام ماهواره	سنجنده sensor	زمان تصویربرداری Image time	ستون pas	ردیف row	UTM ZONE
Landast 7	+ETM	2001.06.03	35	164	39N
Landast 8	OLI/TIR	2014.07.26	35	164	39N
Landast 8	OLI/TIR	2023.07.10	35	164	39N



شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای ۲۰۰۱-۲۰۲۳ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ (مأخذ: سایت USGS)
 Fig. 2- Satellite image-2001-2023 OLI sensor of Landsat 8 satellite (source: USGS website)



شکل ۳- تصویر رنگی کاذب سنجنده ETM+ لندست ۷ و سنجنده OLI لندست ۸
 Fig. 3- False color image of Landsat 7+ ETM sensor and Landsat 8 OLI sensor

جدول ۲- تفکیک پذیری کاربری‌ها بر اساس معیار جفریس- ماتوسیتا برای سال ۲۰۰۱
 Table 2-Separability of users based on Jeffreys-Matosita criteria for 2001

	جنگل forest	کشاورزی agriculture	باغ garden	زمین بایر arid	مسکونی residential
کشاورزی agriculture	1.96				
باغ garden	1.65	1.96			
زمین بایر arid	1.91	1.98	1.89		
مسکونی residential	1.99	1.92	1	1.88	
پهنه آبی Water area	2	2	2	2	1.99

جدول ۳- تفکیک پذیری کاربری‌ها بر اساس معیار جفریس-ماتوسیتا برای سال ۲۰۱۴

Table 3- Separability of users based on Jeffrey's-Matosita criteria for 2014

	جنگل forest	کشاورزی agriculture	باغ garden	زمین بایر arid	مسکونی residential
کشاورزی agriculture	1.93				
باغ garden	1.87	1.96			
زمین بایر arid	1.63	1.94	1.88		
مسکونی residential	1.95	1.93	1	1.89	
پهنه آبی Water area	2	2	2	2	1.99

جدول ۴- تفکیک پذیری کاربری‌ها بر اساس معیار جفریس-ماتوسیتا برای سال ۲۰۲۳

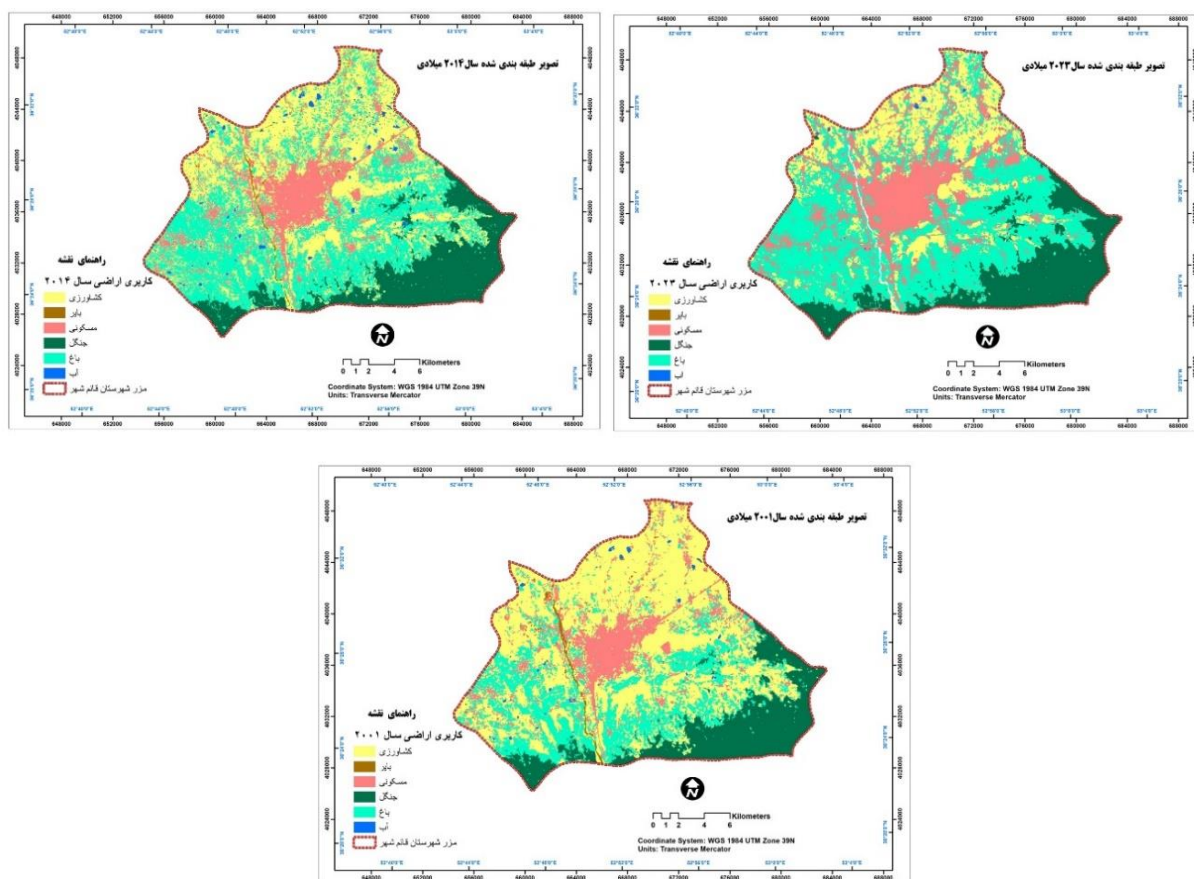
Table 4- Separability of users based on Jeffrey's-Matosita criteria for 2023

	جنگل forest	کشاورزی agriculture	باغ garden	زمین بایر arid	مسکونی residential
کشاورزی agriculture	1.95				
باغ garden	1.97	1.96			
زمین بایر arid	1.94	1.98	1.91		
مسکونی residential	1.98	1.92	1.88	1.65	
پهنه آبی Water area	2	2	2	2	2

میزان احتمال تعلق پیکسل‌ها به هر یک از طبقه‌ها محاسبه می‌شود و بر اساس بالاترین میزان احتمال عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات گوناگون صورت می‌گیرد. در این روش پس از ارزیابی احتمالات در هر کلاس، پیکسل‌ها به کلاس‌هایی اختصاص می‌یابند که بیشترین شباهت را دارند و اگر مقادیر احتمال پایین‌تر از حد آستانه معرفی شده باشد، پیکسل طبقه‌بندی نشده معرفی می‌شوند. (Alavipannah, 2003). در این پژوهش پس از تعیین نواحی تعلیمی در شش کلاس کاربری، با استفاده از نرم‌افزار ENVI اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شده است.

۳. طبقه‌بندی حداکثر احتمال (*Maximum Likelihood*)

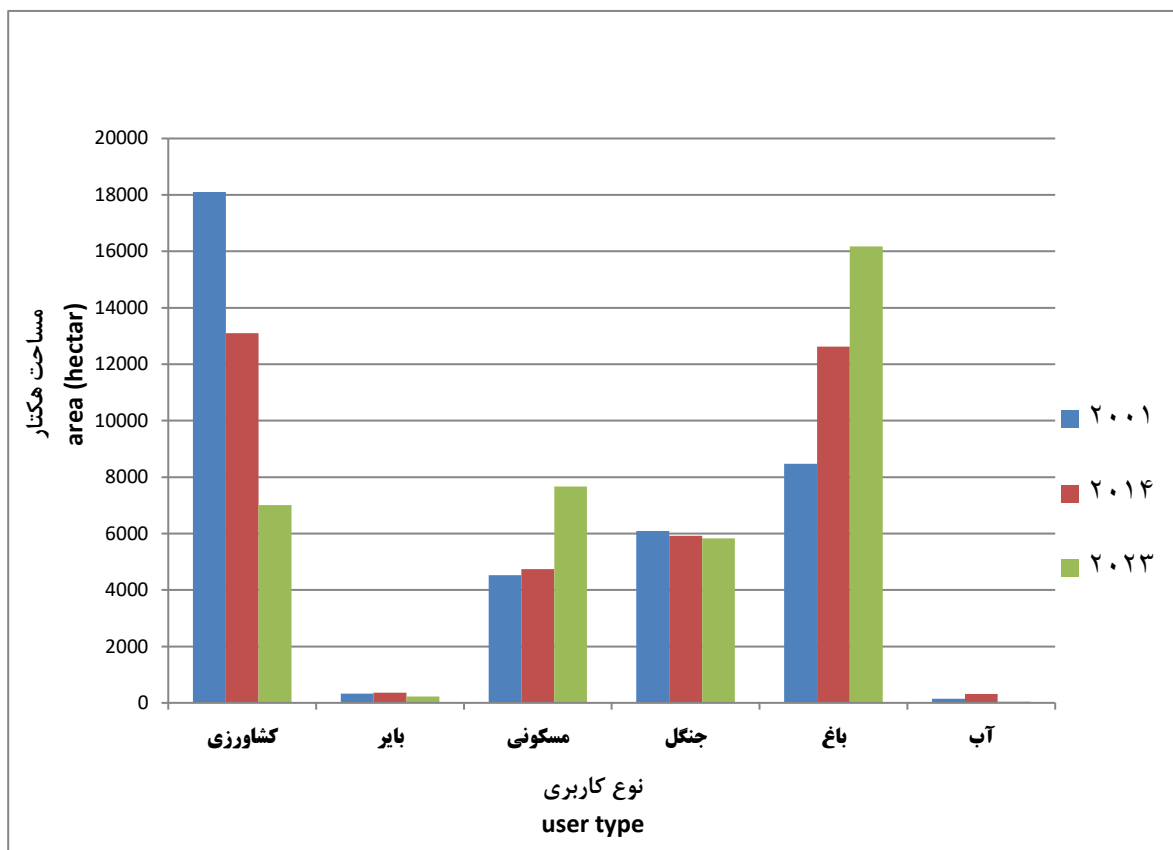
از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌ها ذکر شده است (Bolstad and Lillesand, 1991). در این الگوریتم، کلاسی به پیکسل نسبت داده می‌شود که بزرگ‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس را دارد. در روش حداکثر احتمال، در مرحله اول بر اساس نمونه‌های آموزشی طبقات، میانگین واریانس و کوواریانس برای باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی محاسبه می‌شود. در مرحله دوم،



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی شده تصویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال برای سال ۲۰۰۱، ۲۰۱۴، ۲۰۲۳
 Fig. 4- Classified image map using maximum likelihood algorithm for 2001, 2014, 2023

جدول ۵- مساحت کاربری اراضی شهرستان قائم‌شهر
 Table 5- The land use area of Qaemshahr city

کاربری landuse	2001	2014	2023
کشاورزی agriculture	18108	13102	7005
بایر arid	323	364	226
مسکونی residential	4529	4736	7668
جنگل forest	6086	5925	5825
باغ garden	8477	12620	16171
آب water	143	315	42



شکل ۵- تغییرات مساحت کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ میلادی شهرستان قائم‌شهر

Fig. 5- Changes in land use area between 2001, 2014, 2023

۴. عملیات پس پردازش

طبقه‌بندی تصاویر پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی بر اساس مجموعه باندهای اصلی سنجنده‌ها برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۳ انجام شد. برای این منظور از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده گردید و شش کاربری مجزا (کشاورزی، باغ، زمین بایر، جنگل، مسکونی و پهنه آبی) تفکیک گردید. پس از انجام طبقه‌بندی برای سال‌های مذکور و با استفاده از داده‌های سنجنده‌های OLI و فیلتر 3×3 جهت حذف و ادغام پیکسل‌های تکراری به کار گرفته شد. برای اطمینان از طبقه‌بندی، دقت طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود. در این تحقیق، از دو شاخص ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد. صحت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌های به‌درستی طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده که از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Rasouli, 2008):

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii}$$

در این رابطه، OA دقت کل، N معرف تعداد کل پیکسل‌های آموزشی و ... جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست. به دلیل ایرادات وارد بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است از شاخص کاپا استفاده می‌شود، چون شاخص کاپا پیکسل‌هایی را که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند مورد توجه قرار می‌دهد و این از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Bonyad & Hajighaderi, 2007):

$$Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

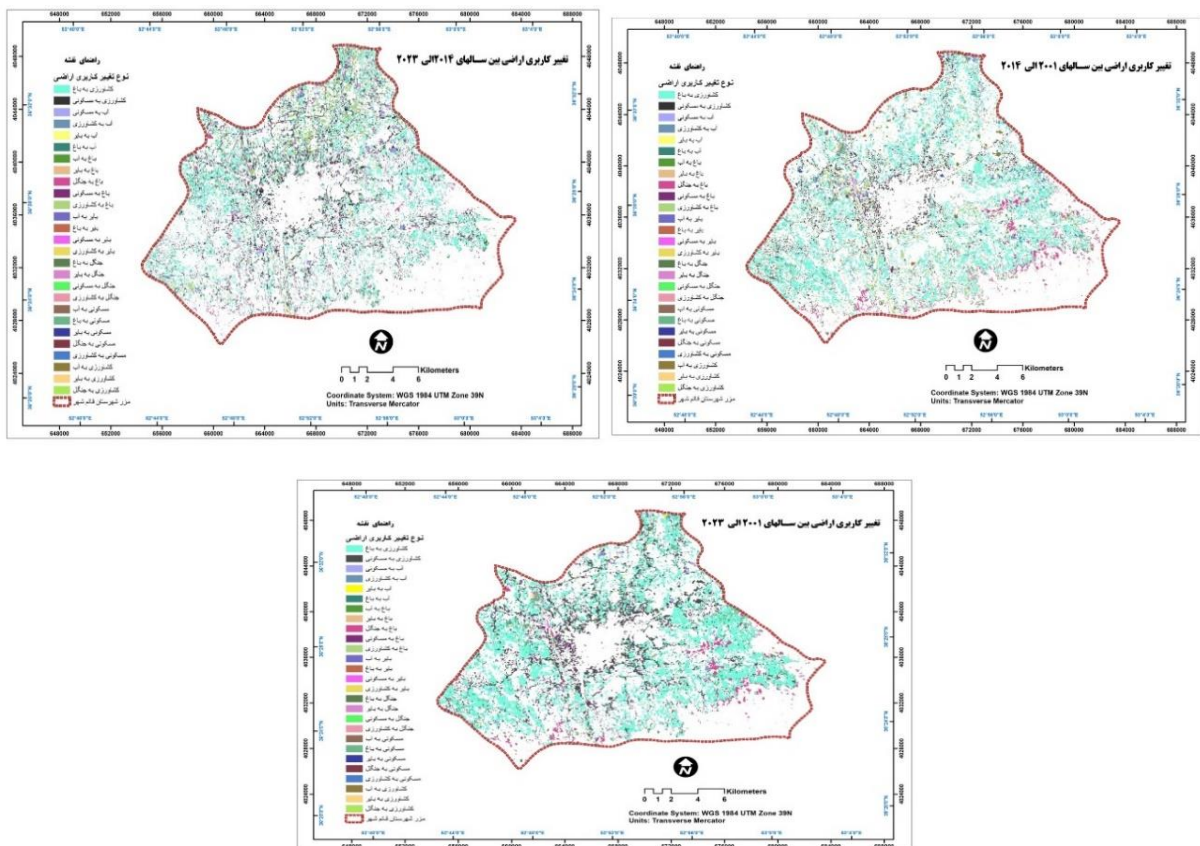
که در آن P_o درستی مشاهده و P_c توافق مورد انتظار

بین آن‌ها را شناسایی می‌کند. تصویر طبقه‌بندی به‌دست‌آمده، انتقال‌های طبقاتی را نشان می‌دهد، به‌عنوان مثال، از کلاس ۱ به کلاس ۲. تشخیص تغییر موضوعی را می‌توان برای تحلیل کاربری زمین، تغییر پوشش زمین، جنگل‌زدایی، شهرنشینی، گسترش کشاورزی، تغییرپذیری آب و غیره استفاده کرد. این دستور بر اساس الگوریتم‌های تشخیص تغییر موضوعی «from to» خروجی‌های مربوطه را به دست آورده و جزوه پرکاربردترین روش‌های آشکارسازی تغییرات می‌باشد. این روش در واقع، تشخیص تغییر مقایسه پس از طبقه‌بندی Post-Classification Comparison change detection می‌باشد که از پرکاربردترین روش‌های آشکارسازی تغییرات که چه در مطالعات داخلی و چه در پژوهش‌های مختلف انجام‌گرفته در مجلات معتبر خارجی به کار گرفته شده است.

است. حالت ایده‌آل برای مقدار ضریب کاپا عدد ۱ است و چنانچه این مقدار برابر صفر باشد، طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و اگر مقدار منفی به دست بیاید نشان‌دهنده خطا در طبقه‌بندی است. بر اساس نتایج جدول ماتریس صحت کلی طبقه‌بندی حاصل از داده‌های سنجنده ETM+ برای سال 2001 برابر با ۸۹.۲ و برای داده‌های سنجنده OLI برای سال‌های ۲۰۱۴ و 2023 برابر با ۹۰.۳ و ۹۵.۸ محاسبه گردید. همچنین ضریب کاپا برای سال‌های 2001، ۲۰۱۴ و 2023 به ترتیب برابر با ۰.۸۵ و ۰.۸۸ و ۰.۹۱ به دست آمد.

۵. آشکارسازی تغییرات با استفاده از روش Thematic Change workflow

با استفاده از دستور Thematic Change workflow، دو تصویر طبقه‌بندی‌شده از یک صحنه گرفته شده در زمان‌های مختلف را به عنوان ورودی می‌گیرد و تفاوت‌های



شکل ۶- نقشه تغییرات کاربری و پوشش رخ داده در طول بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳
 Fig. 6- map of Land use changes in 2001-2023

جدول ۶- تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ میلادی
Table 6- Land use changes between 2001 and 2023 AD

نوع تغییر کاربری User change type	۲۰۱۴ تا ۲۰۰۱	۲۰۲۳ تا ۲۰۱۴	۲۰۲۳ تا ۲۰۰۱
کشاورزی به باغ Farming to the garden	5424.14	4607.51	8059.18
کشاورزی به مسکونی Agriculture to housing	1198.68	2393.14	3186.17
باغ به کشاورزی Garden to agriculture	1175.50	956.94	578.58
جنگل به باغ Forest to garden	172.42	814.51	116.33
کشاورزی به بایر Agriculture is arid	172.18	210.09	100.71
بایر به کشاورزی Arid to agriculture	161.92	187.79	96.84
باغ به مسکونی Garden to residence	159.85	149.67	74.93
کشاورزی به آب farming to water	139.68	127.85	67.92
مسکونی به بایر Residence to arid	69.64	59.20	66.38
بایر به مسکونی Arid to Residence	62.49	42.57	60.26
بایر به باغ Arid to garden	50.29	39.77	43.55
جنگل به کشاورزی Forest to agriculture	45.52	30.10	21.43
مسکونی به آب Residence to water	25.79	25.11	20.00
بایر به آب Arid to water	17.30	22.56	8.17
باغ به بایر Garden to arid	16.88	21.19	7.16
باغ به آب Garden to water	11.79	14.81	5.33
آب به کشاورزی Water to agriculture	11.43	1.06	5.04

۶. تحلیل تغییرات

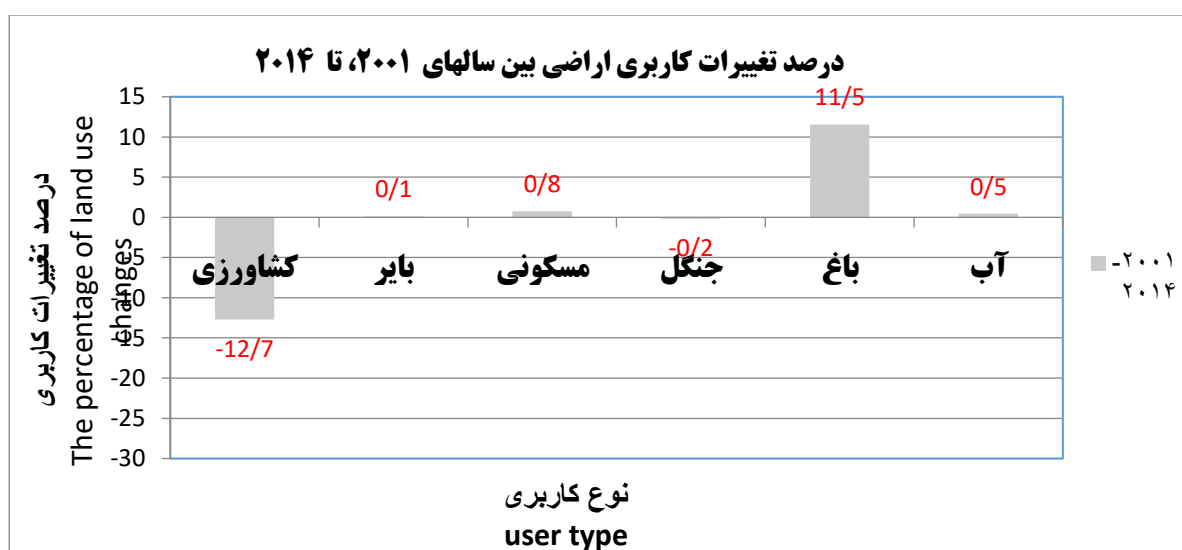
جدول شماره ۷ و شکل شماره ۷ نگاه کلی به تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۱ ایجاد شده را ارائه می‌کند همان‌طور که مشخص است اراضی کشاورزی به میزان ۱۲.۷ درصد کاهش یافته و اراضی باغی و مسکونی به ترتیب به میزان ۱۱.۵ و ۰.۸ درصد افزایش داشته است. این تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ در محدوده، اراضی کشاورزی

به میزان ۱۶.۴ درصد کاهش یافته و اراضی باغی و مسکونی به ترتیب به میزان ۹.۷ و ۸ درصد افزایش داشته است. این تغییرات بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ کاهش ۲۹.۱ درصد اراضی کشاورزی، افزایش ۸.۷ درصد اراضی مسکونی و همچنین افزایش ۲۱.۳ درصدی باغات را نشان می‌دهد. این افزایش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

جدول ۷- کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۰۱

Table 7- Land use changes between 2001 and 2014

کاربری	کاربری اراضی 2001 Landuse 2001		کاربری اراضی 2014 Landuse 2014		تغییرات کاربری اراضی 2001-2014 2001-2014 land use changes	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	تغییر مساحت (هکتار)	درصد تغییر
کشاورزی agriculture	18108	48.1	13102	35.4	-5005	-12.7
بایر arid	323	0.9	364	1.0	41	0.1
مسکونی Residence	4529	12.0	4736	12.8	206	0.8
جنگل Forest	6086	16.2	5925	16.0	-161	-0.2
باغ agriculture	8477	22.5	12620	34.1	4143	11.5
آب water	143	0.4	315	0.8	172	0.5

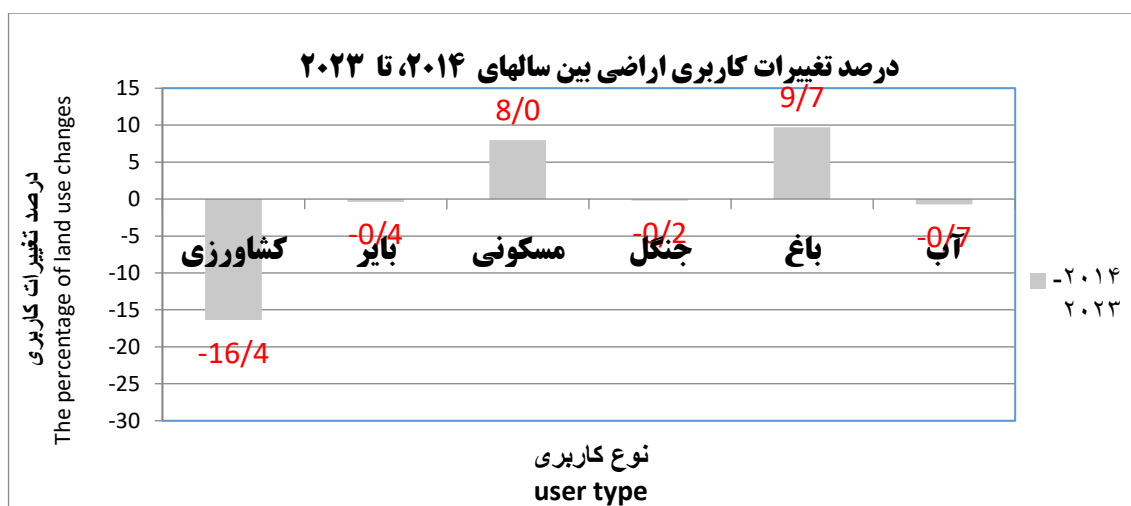


شکل ۷- درصد تغییرات اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۰۱
Fig. 7- The percentage of land changes between 2001 and 2014

جدول ۸- کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳

Table 8- Land use changes between 2014 and 2023 AD

کاربری	کاربری اراضی ۲۰۱۴		کاربری اراضی ۲۰۲۳		تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۴-۲۰۲۳	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	تغییر مساحت (هکتار)	درصد تغییر
کشاورزی agriculture	13102	35.4	7005	19.0	-6097	-16.4
بایر arid	364	1.0	226	0.6	-137	-0.4
مسکونی Residence	4736	12.8	7668	20.8	2932	8.0
جنگل forest	5925	16.0	5825	15.8	-100	-0.2
باغ agriculture	12620	34.1	16171	43.8	3551	9.7
آب water	315	0.8	42	0.1	-273	-0.7



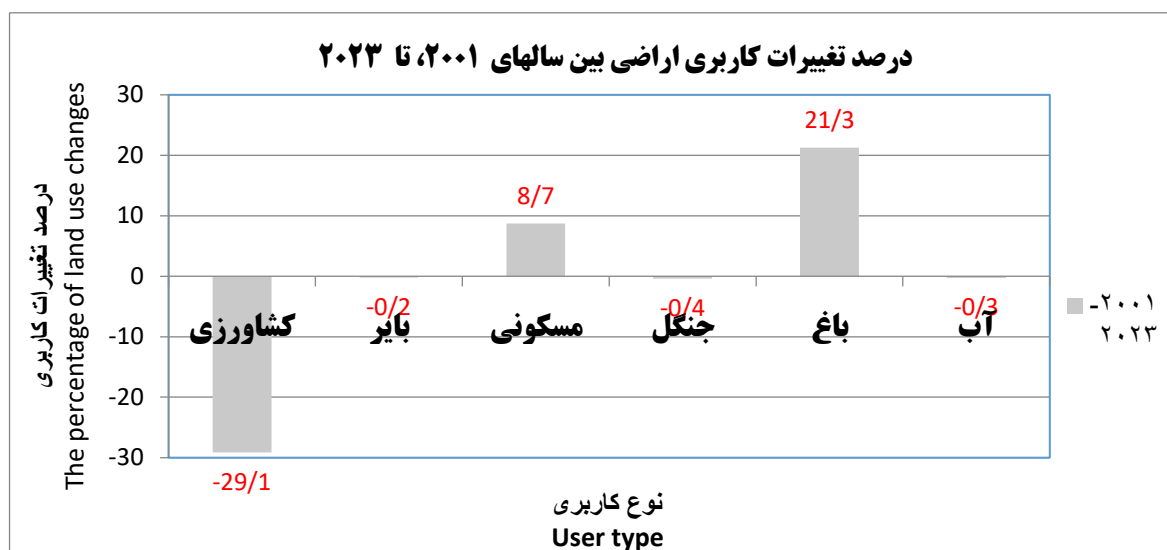
شکل ۸- درصد تغییرات اراضی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳

Fig. 8- The percentage of land changes between 2014 and 2023

جدول ۹- کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳

Table 9- Land use changes between 2001 and 2023 AD

کاربری	کاربری اراضی ۲۰۰۱		کاربری اراضی ۲۰۲۳		تغییرات کاربری اراضی ۲۰۰۱-۲۰۲۳	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری‌ها	تغییر مساحت (هکتار)	درصد تغییر
کشاورزی agriculture	18108	48.1	7005	18.9	-11102	-29.1
بایر arid	323	0.9	226	0.6	-96	-0.2
مسکونی residential	4529	12.0	7668	20.7	3139	8.7
جنگل forest	6086	16.2	5825	15.7	-261	-0.4
باغ garden	8477	22.5	16171	43.6	7694	21.3
آب water	143	0.4	42	0.1	-101	-0.3



شکل ۹- درصد تغییرات اراضی بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳
 Fig. 9- The percentage of land changes between 2001 and 2023

و ۲۹.۱ درصدی بیشترین کاهش را داشته است که یکی از موانع اصلی توسعه کشاورزی و نبود بازده ای و بهره‌وری مناسب تولید محصولات کشاورزی است و تغییر کاربری این اراضی راحت‌تر است و به‌رغم اقدامات و مساعدت‌های وزارت جهاد کشاورزی، برای حفظ و توسعه یکپارچگی اراضی زراعی و باغی این حوزه همچنان با چالش‌های جدی مواجه است. این کاهش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی، به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. سایر کلاس‌های آب و نواحی بایر و جنگل به ترتیب ۰.۳، ۰.۲، ۰.۴ درصد کاهش یافتند. روند تغییرات در جهت کاهش اراضی جنگلی بوده که قسمت عمده آن مربوط به تبدیل کاربری جنگلی به کاربری باغات می‌باشد. در نتیجه افزایش جمعیت طی دهه‌های اخیر بخش قابل توجهی از سایر کاربری‌ها به کاربری مسکونی تبدیل شده است. در منطقه مورد مطالعه نیز بخشی از اراضی باغی و کشاورزی به کاربری مسکونی تغییر یافته است.

نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها

نتایج حاکی از آن است که به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها، جهت تسهیل در برنامه‌ریزی مدیریت منابع محیطی امری ضروری می‌باشند. نتیجه بررسی روند توسعه فیزیکی و تغییر کاربری‌های قائم‌شهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای نتایج ارزشمندی را نشان می‌دهد که حاکی از تغییرات زیاد کاربری اراضی این منطقه طی دوره ۲۲ ساله می‌باشد. از نظر مساحت مورد تغییر در دوره ۲۲ ساله، کلاس اراضی باغی و مسکونی بیشترین افزایش را داشته است، به‌طوری‌که مساحت این کلاس‌ها به ترتیب از ۲۲.۵ و ۱۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۱ به ۴۳.۵ و ۲۰.۸ درصد در سال ۲۰۲۳ رسیده، یعنی افزایشی بیش از ۷۶۹۴ هکتار در اراضی باغی و ۳۱۳۹ هکتار در اراضی مسکونی را تجربه کرده است. همچنین کلاس اراضی کشاورزی با کاهش ۱۱۱۰۲ هکتار

References

Alavipanah, S.K. 2003. Application of Remote Sensing in Geology, vol1, Tehran University.

Alibakhshi, Z. 2015. Preparation of land use maps using supervised classification and fuzzy methods in

2013 in Migan wetland lands (Master's thesis). Payame Noor University, East Tehran.

Alkaradaghi, K., Salahalddin, S., Nadhir AI-Ansari, A., Laue, J. 2018. Evaluation of Land use & Land

cover Change Using Multi-Temporal Landsat Imagery: A case Study Sulaimaniyah Governorate, Iraq. *Journal of Geographic information System*, Vol.10.No. 6, PP.247-260.

Arkhi, S., Niazi, Yand Ebrahimi, H. 2014. Comparison of the Efficiency of Artificial Neural Network and Tree Classification Algorithms in Building the Landuse Layer Using ETM, case study: Daeeshshahr in Ilam province, *Journal of Geographic Information system*, vol 10, No.3, June 2018.

Arkhie, S. 2015. Investigation of different methods for detecting land use changes using remote sensing and GIS in Sarableh region, Ilam Province. *Journal of Natural Environment and Natural Resources of Iran*, Vol. 68, pp. 1-13.

Bolstad, P.V., Lillesand, T.M. 1991. Rapid maximum likelihood classification. *photogramm. Eng. Environmentak Remote senseing*. vol 57. No1.

Khatibi, M., Amirian, Y. 2022. Land use classification and calculation of changes from 2013 to 2021 using Landsat satellite data: A case study of Kermanshah County. *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, No. 3, pp. 25-48.

Lotfalizadeh, A. 2023. Investigation of land use change trends using Landsat satellite imagery. *Journal of Geography and Human Relations*, No. 2, pp. 52-66.

Modiri, M. 2017. Investigation and evaluation of land use change in Qaemshahr city using GIS and

satellite imagery. *New Perspectives in Human Geography Quarterly*, Year 9, No. 2.

Rabiei, H. 1993. *Remote Sensing: Principles and Applications*. Samt Publications, Tehran.

Rahimpur, T., Rezaei Moghadam, M. H. 2020. Monitoring land use changes using Landsat time-series images (Case study: Firuragh watershed, Khoy County). *National Conference on New Technologies and Applications of Geomatics*, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Rasouli, A. 1999. *Fundamentals of Applied Remote Sensing with emphasis on satellite image processing* (st ed). University of Tabriz Press, 703 pp.

Sabzaghay, G., Jafarzadeh, K., Dashti, S., Yousefi Khanqah, S., Bazmara Balashti, M. 2014. Land use change detection using remote sensing and GIS methods: Qaemshahr County. *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 19, No. 3, pp. 143-157.

Shafiee, S., Alikhah Asl, M., Rezvani, M. 2017. Preparation of land cover maps for Islamshahr using Maximum Likelihood and Fuzzy algorithms in 2015. *Human and Environment Quarterly*, Vol. 15, No. 41, summer 2017, pp. 28-37.

