

Original Article

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

1*Mozhgan Nadiri, 2Mohammad HossainShooshpasha

1-*Department of Geography, Islamic Azad University, Tehran, Iran

dr.mnadiri@gmail.com

2-Department of RS and GIS, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract:

Land use changes are one of the important issues in regional and development planning. According to the advantages and capabilities of satellite data, this technology can help identify and discover these changes; In this research, land use changes in Ghaem Shahr region were evaluated in a period of 22 years. To carry out this research, the images of 2001 ETM + sensor, 2014 and 2023 OLI sensor of Landsat satellite were used. The classification of images was done after determining the educational samples based on the set of main bands of the sensors for the years 2001 to 2023, which was studied using the Jeffries-Matosita criterion with six user classes. And six separate uses (agriculture, garden, barren land, forest, residential and water area) were separated. And for this purpose, the maximum likelihood algorithm was used, which is a supervised statistical method to identify patterns, the probability of a pixel belonging to each of the predetermined classes is calculated, and then these pixels are assigned to the class that has the highest probability. are given Based on the results of the matrix table, the overall accuracy of the classification obtained from the data of the ETM+ sensor for the year 2001 was equal to 89.2 and for the data of the OLI sensor for the years 2014 and 2023 it was calculated as 90.3 and 95.8. Also, Kappa coefficient for 2001 and 2014, 2014, 2023 is 0.85, 0.88 and 0.91, respectively. Finally, using the Thematic Change workflow command, it was used and it takes two classified images from the same area at different times as input and identifies the differences between them. The obtained classification picture shows class transitions. In terms of the changed area in the 22-year period, the class of garden and residential land has increased the most, so that the area of these classes increased from 22.5 and 12 percent of the total area of the studied area in 2014 to 43.5 and 12 percent, respectively. It reached 20.8 percent in 2023, which means an increase of more than 7694 hectares in garden lands and 3139 hectares in residential lands. has done Also, the class of agricultural land has had the greatest decrease with a decrease of 11,102 hectares and 29.1%. This reduction is caused by the conversion of agricultural land into garden and residential land in the study area. Other water classes

and barren and forest areas decreased by 0.3, 0.2, and 0.4 percent, respectively. In general, the use of satellite images for the preparation of land use maps and their changes are essential in environmental resource management planning. And the results of this research show that the area of forest lands has decreased and over time, the pattern of land cover and consequently land use has undergone a fundamental change and transformation, and human factors have played the most important role in this process. is In ghaemshahr city, a significant part of the conversion of garden and agricultural lands is related to the replacement of residential use instead of these lands.

Keywords: detection, land use changes, supervised classification, Ghaem Shahr

مقاله پژوهشی

پایش تغییرات کاربری اراضی شهرستان قائم شهر با استفاده از RS و GIS

نویسنده مسئول: مژگان ندیری عضو هیات علمی گروه جغرافیا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

محمد حسین شوش پاشا، کارشناسی ارشد RS&GIS، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده:

تغییرات کاربری اراضی یکی از موضوعات مهم در برنامه ریزی‌های 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؛ وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های قبلی در حوزه تغییرات کاربری اراضی منطقه قائم شهر این است که، این تحقیق شهرستان قائم شهر را یک دوره ۲۲ ساله مورد ارزیابی قرار داده است. برای انجام آن، از تصاویر سال ۲۰۰۱ سنجنده ETM+، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ سنجنده OLI ماهواره لندست استفاده شده است. طبقه‌بندی تصاویر پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی بر اساس مجموعه باندهای اصلی سنجنده‌ها برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ انجام شد که با استفاده از معیار جفریس-ماتوسیتا با شش کلاس کاربری مورد بررسی قرار گرفت. و شش کاربری مجزا (کشاورزی، باغ، زمین بایر، جنگل، مسکونی و پهنه آبی) تفکیک گردید و برای این منظور از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده گردید که یک روش آماری نظارت شده برای شناسایی الگوها است، احتمال تعلق یک پیکسل به هر کدام از کلاسهای از پیش تعیین شده محاسبه می‌گردد و سپس این پیکسل‌ها به آن کلاسی که دارای بیشترین احتمال است اختصاص داده می‌شوند. 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 ۹۰.۴ 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 طور کلی به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی پوشش و تغییرات آن‌ها، در برنامه ریزی مدیریت منابع محیطی امری ضروری می‌باشند و 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 در این فرآیند 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 می باشد.

واژه های کلیدی: آشکارسازی، تغییرات کاربری اراضی طبقه بندی نظارت شده، قائم شهر

مقدمه:

تغییرات کاربری اراضی فرآیندی طبیعی بوده و توقف کامل آن کاری بسی دشوار است اما می توان آن را کنترل کرد. رشد شهرنشینی یکی از بدترین تاثیرات را در به وجود آوردن چالش های مدیریت کاربری اراضی داشته است. اطلاع از میزان تغییرات کاربری های اراضی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم ترین موارد مورد نیاز در برنامه ریزی محیط زیست و مدیریت اراضی است.

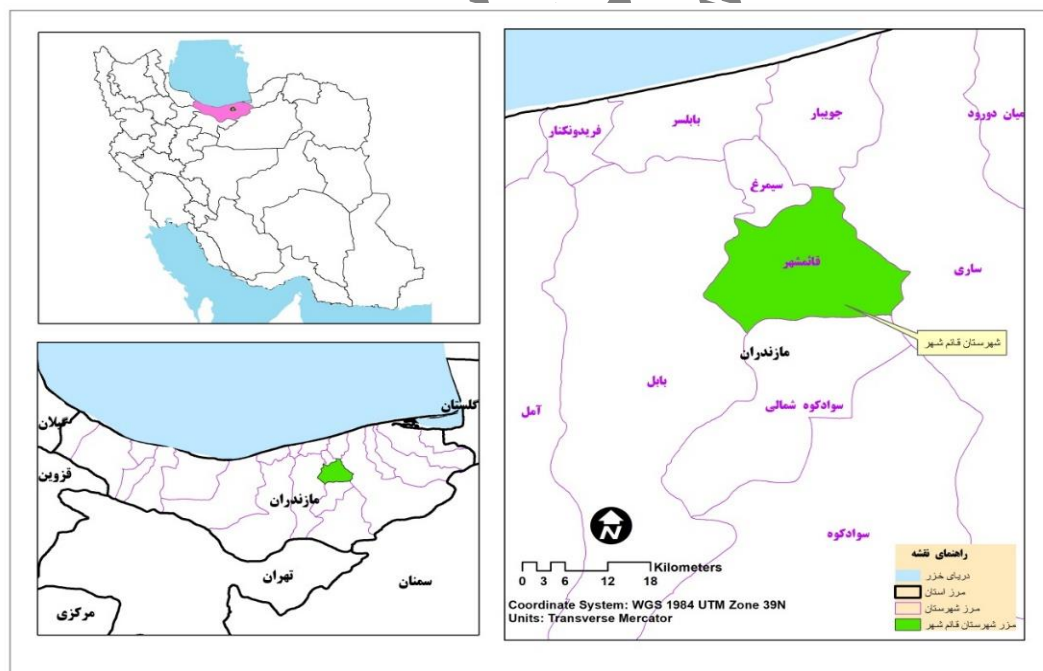
علی بخشی (۱۳۹۴)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود، تغییرات پوشش اراضی محدوده ی تالاب میقان را در بازه ی زمانی ۱۲ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده های ETM+ و OLI مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش تصاویر با دو روش طبقه بندی ماکزیمم احتمال و فازی در پنج کلاس تالاب، اراضی بایر، مرتع، زراعت دیم و زراعت آبی رده بندی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، 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 در نهایت، کاهش اراضی بایر از اهم این تغییرات است. شفيعی و همکاران (۱۳۹۴)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود، تغییرات کاربری پوشش اراضی در محدوده شهرستان اسلام شهر طی سه دهه اخیر و پیش بینی پوشش کاربری اراضی این شهرستان در سال ۲۰۳۰ را انجام داد و ابتدا با تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۸۵، سنجنده ETM سال ۲۰۰۰ و سنجنده OLI سال ۲۰۱۵ ماهواره Land sat پردازش کرد. بعد از اعمال پیش پردازش های لازم عملیات بارزسازی تصاویر اجرا و با بهره گیری از روش طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه های موضوعی کاربری، پوشش

اراضی را تهیه کرد نتایج بررسی‌های وی نشان داد که در طی ۳۰ سال گذشته، مناطق انسان ساخت ۵۱/۸۰ درصد افزایش یافته و منجر به نابودی حدود ۱۳ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۱۷ درصد از باغات فضای سبز شهری منطقه شده است. اعتبار سنجی مدل با ضریب کاپای ۷۴٪ نشان داده که مدل مورد استفاده علی رغم برخی نقاط ضعف، از توان قابل قبولی در پیش بینی تغییرات این منطقه برخوردار بوده است. نتایج گویای این واقعیت است که در صورت ادامه روند کنونی تغییرات تا سال ۲۰۳۰، مساحت مناطق انسان ساخت، ۳۷/۴۵ درصد نسبت به وضعیت کنونی افزایش خواهد یافت که می‌تواند منجر به تخریب حدود ۵۵ 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 قائم شهر 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 انتخاب شده 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 سنجش از دور، 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 متدوال بود و تبدیل زمین‌های چرا به توسعه فیزیکی از تغییرات عمده در ۲۰ سال گذشته بوده است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان قائم شهر 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 نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. حدود جغرافیایی آن از شمال به شهرستان جویبار که زمانی جزو قائم شهر بود از جنوب به شهرستان سوادکوه که سوادکوه نیز زمانی جزو قائم شهر بود از غرب به شهرستان بابل و از شرق به شهرستان ساری محدود است. مساحت شهرستان قائم شهر در حدود ۳۷۶ کیلومتر مربع و تراکم نسبی جمعیت آن ۴۵۲ نفر در کیلومتر مربع است که پرتراکم ترین شهرستان در سطح استان محسوب می گردد آب و هوای شهر قائم شهر به دلیل قرار گرفتن میان کوه و دریا آب و هوای معتدل و مرطوب دارد و میزان بارش زیاد باران و رطوبت بالا و قسمتهای جنوبی شهرستان به دلیل دارا بودن پوشش کوهپایه ای و ارتفاع زیاد آب و هوای سردتر و کوهستانی و زمستانهای بارانی و برفی دارد. (مدیری، م، ۱۳۹۶)



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

Fig1. Location map of Qaemshahr city

مواد و روش‌ها

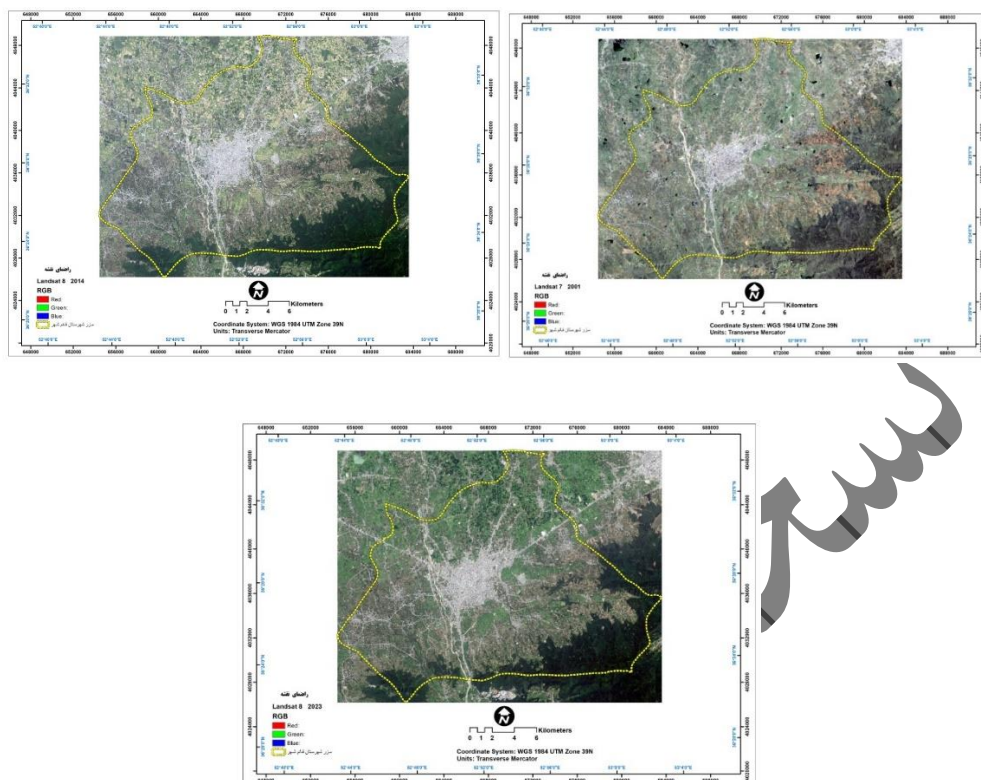
این تحقیق توصیفی - تحلیلی و از نوع اکتشافی است. در این تحقیق از هر دو روش کتابخانه ای و میدانی برای جمع آوری اطلاعات استفاده خواهد شد. این تحقیق در پهنه شهرستان قائم شهر انجام شده است از آنجا که برای پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای حداقل به دو سری داده از دوره های زمانی مختلف 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 داده های سنجنده های 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 - ماتوسیتا که نوعی آزمون جهت اطمینان از تفکیک پذیری طبقه ها که با استفاده از نمونه های کنترل زمینی تعریف شده می باشد، استفاده شد و نسبت به تصحیح مجدد نمونه ها و انتخاب بهترین ترکیب باندی اقدام گردید و بر اساس در طبقه بندی منطقه مورد مطالعه با شش کلاس کاربری مورد بررسی قرار گرفت. ضمن اینکه حداقل تفکیک پذیری با استفاده از معیار جفریس - ماتوسیتا در صفر و حداکثر آن، ۲ می باشد. نتایج تفکیک پذیری طبقات برای سالهای ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ استخراج گردید. در طبقه بندی پیکسل پایه از مرسوم ترین طبقه بندی تصاویر ماهواره ای یعنی، طبقه بندی کننده حداکثر احتمال استفاده شده است. بدین ترتیب که پس از تعیین نواحی تعلیمی در شش کلاس کاربری، با استفاده از نرم افزار ENVI اقدام به طبقه بندی تصاویر ماهواره ای شده است؛ طبقه بندی تصاویر پس از تعیین نمونه های تعلیمی بر اساس مجموعه باندهای اصلی سنجنده ها برای سال های 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 طبقه بندی برای سال های مذکور و با استفاده از داده های سنجنده های OLI، فیلتر ۳×۳ جهت حذف و ادغام پیکسل های تکراری بکار گرفته شد. بر اساس نتایج جدول ماتریس صحت کلی طبقه بندی حاصل از داده های سنجنده ETM+ برای سال 2001 برابر با ۸۹.۲ و برای داده های 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 بدست آمد. نتایج ضریب کاپا و صحت کلی در طبقه بندی مذکور بیانگر مطابقت مناسب طبقه بندی کاربری ها با نقشه واقعیت زمینی می باشد. همچنین

صحت تولید کننده مناسب بدست آمده نشان دهنده درصدی از پیکسل هایی می باشد که در نقشه واقعیت زمینی درست طبقه بندی شده اند و درصد باقی مانده هم مرتبط به پیکسل هایی است که به اشتباه به کاربریهای دیگر تعلق پیدا کرده اند. در نهایت با استفاده از دستور Thematic Change workflow، دو تصویر طبقه بندی شده از یک صحنه گرفته شده در زمانهای مختلف را به عنوان ورودی میگیرد و تفاوتی بین آنها را شناسایی می کند. تصویر طبقه بندی به دست آمده، انتقال های طبقاتی را نشان می دهد، به عنوان مثال، از کلاس ۱ به کلاس ۲. تشخیص تغییر موضوعی را می توان برای تحلیل کاربری زمین، تغییر پوشش زمین، جنگل زدایی، شهرنشینی، گسترش کشاورزی، تغییر پذیری آب و غیره استفاده کرد. این دستور بر اساس الگوریتمهای تشخیص تغییر موضوعی "from to"، خروجی های مربوطه را به دست آورده و جزوه پر کاربردترین روشهای آشکار سازی تغییرات می باشد. این روش در واقع، تشخیص تغییر مقایسه پس از طبقه بندی (Post-Classification Comparison change detection) می باشد که از پرکاربرد ترین روشهای آشکار سازی تغییرات که چه در مطالعات داخلی و چه در پژوهش های 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 می دهد. این افزایش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می باشد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره ای استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

Table1. Specifications of satellite images used in the study area

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



شکل ۲. تصویر ماهواره ای ۲۰۰۱-۲۰۲۳ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ (مأخذ: سایت USGS)

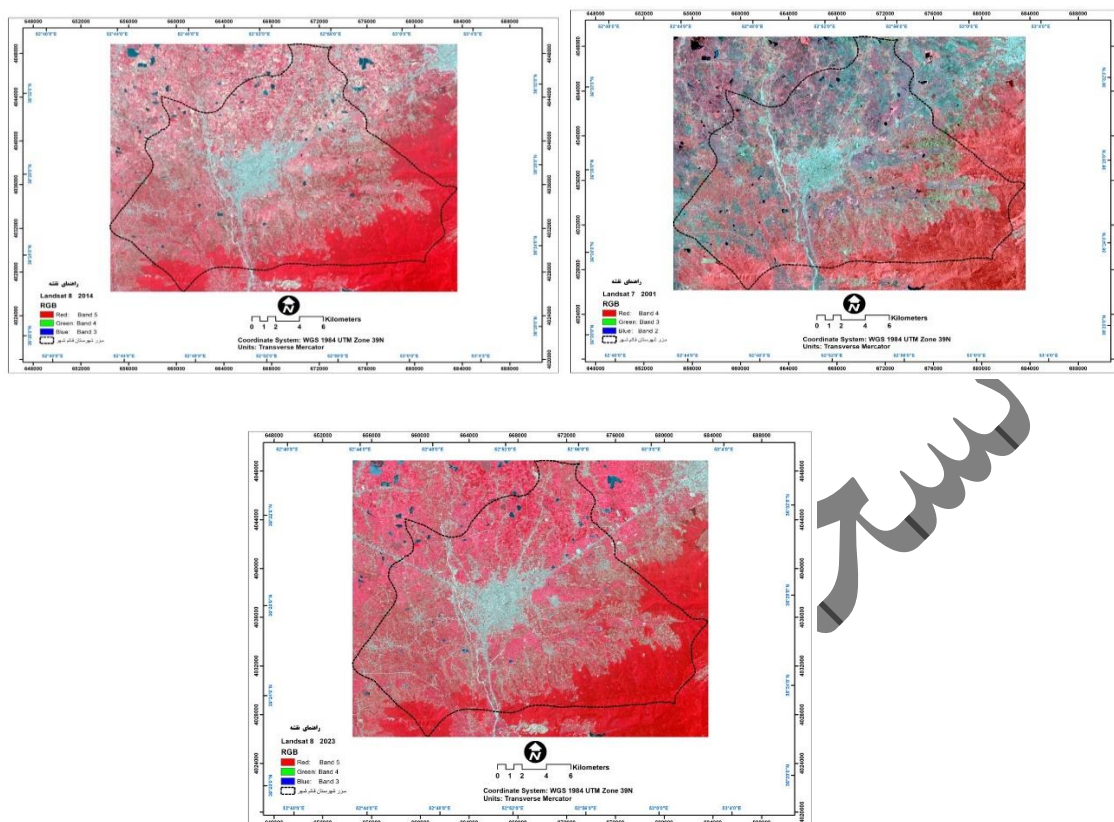
Fig. 2. Satellite image-2001-2023 OLI sensor of Landsat 8 satellite (source: USGS website)

نتایج و بحث

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

۱. بارزسازی تصاویر

بارزسازی تصاویر در شکل ۳ تصویر رنگی کاذب سالهای ۲۰۰۱، ۲۰۲۳، ۲۰۱۴ سنجنده ETM+ با ترکیب 432 به منظور تشخیص بهتر کاربری های منطقه و با سنجنده OLI و ترکیب بانندی 543 نمایش داده شده است.



شکل ۳. تصویر رنگی کاذب سنجنده ETM+ لندست ۷ و سنجنده OLI لندست ۸

Figure 3. False color image of Landsat 7+ ETM sensor and Landsat 8 OLI sensor

۲. بررسی تفکیک پذیری طبقات

جهت بررسی تفکیک پذیری طبقات پس از انتخاب نمونه های تعلیمی، مناسب تفکیک پذیری باندها با استفاده از معیار جفریس- ماتوسیتا در طبقه بندی با شش کلاس کاربری مورد بررسی قرار گرفت. ضمن اینکه حداقل تفکیک پذیری با استفاده از معیار جفریس- ماتوسیتا در صفر و حداکثر آن، ۲ می باشد. نتایج تفکیک پذیری طبقات برای سالهای ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ با استفاده از داده های لندست ۷ و ۸ در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۲. تفکیک پذیری کاربریها براساس معیار جفریس-ماتوسیتا برای سال ۲۰۰۱

Table2. 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 براساس معیار جفریس-ماتوسیتا برای سال ۲۰۱۴

Table3. Separability of users based on Jeffreys-Matosita criteria for ۲۰۱۴

	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 براساس معیار جفریس-ماتوسیتا برای سال ۲۰۲۳

Table4. Separability of users based on Jeffreys-Matosita criteria for 2023

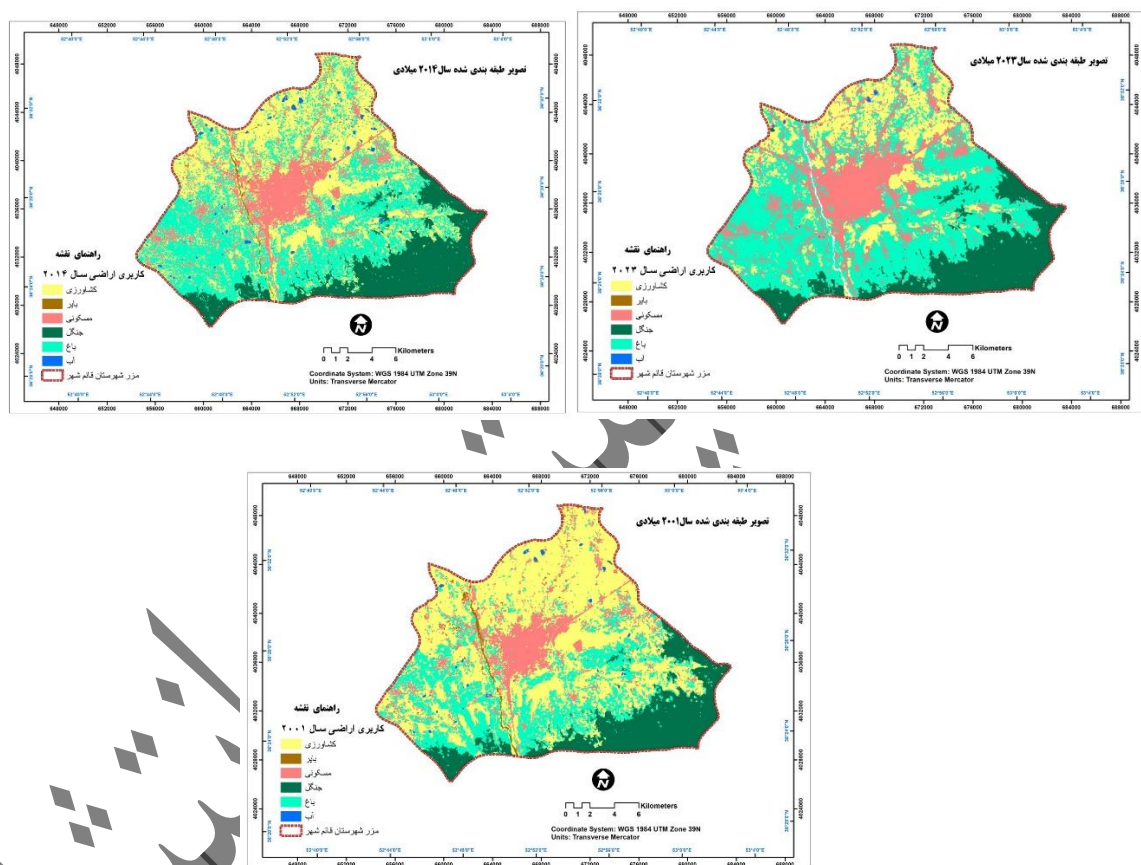
	جنگل forest	کشاورزی agriculture	باغ garden	زمین بایر arid	مسکونی residential
کشاورزی agriculture	1.95				
باغ garden	1.97	1.96			
زمین بایر arid	1.94	1.98	1.91		
مسکونی residential	1.98	1.92	1.88	1.65	
پهنه آبی Water area	2	2	2	2	2

۳. طبقه بندی حداکثر احتمال^۱

از میان روش‌های طبقه بندی نظارت شده، 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 دارا باشد. در روش حداکثر احتمال، در مرحله اول بر اساس نمونه‌های آموزشی طبقات، میانگین واریانس و کوواریانس برای باندهای مورد استفاده در طبقه بندی محاسبه می‌شود. در مرحله دوم، میزان احتمال تعلق پیکسل‌ها به هر یک از طبقه‌ها محاسبه می‌شود و بر اساس بالاترین میزان احتمال عمل طبقه

^۱. Maximum Likelihood

بندی 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 طبقه بندی نشده معرفی می‌شوند. (Alavipanah,2003). در این پژوهش پس از تعیین نواحی تعلیمی در شش کلاس کاربری، با استفاده از نرم افزار ENVI اقدام به طبقه بندی تصاویر ماهواره ای شده است.



شکل ۴. نقشه طبقه بندی شده تصویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال برای سال ۲۰۰۱، ۲۰۱۴، ۲۰۲۳

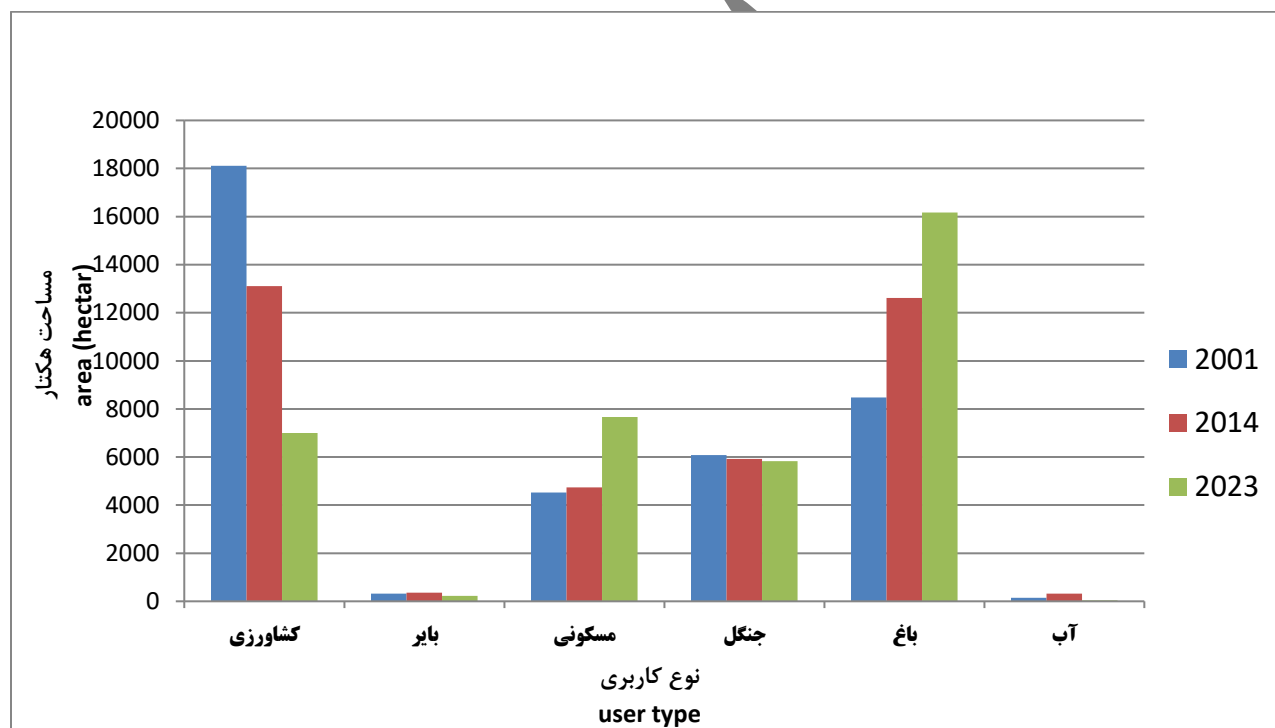
Figure 4. Classified image map using maximum likelihood algorithm for 2001, 2014, 2023

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 5. تغییرات مساحت کاربری اراضی بین سالهای ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ میلادی شهرستان قائم شهر

Fig5: Changes in land use area between 2001, 2014 ,2023

4. عملیات پس پردازش

طبقه بندی تصاویر پس از تعیین نمونه های تعلیمی بر اساس مجموعه باندهای اصلی سنجنده ها برای سال های 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 طبقه بندی برای سال های مذکور و با استفاده از داده های سنجنده های OLI و ۳×۳ فیلتر جهت حذف و ادغام پیکسل های تکراری بکار گرفته شد. برای اطمینان از طبقه بندی، دقت طبقه بندی ارزیابی می شود. در این تحقیق، از دو شاخص ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد. صحت کلی عبارت است از نسبت پیکسل های به درستی طبقه بندی شده بر تعداد کل پیکسل های طبقه بندی شده که از رابطه زیر محاسبه می شود. (Rasouli, 2008)

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

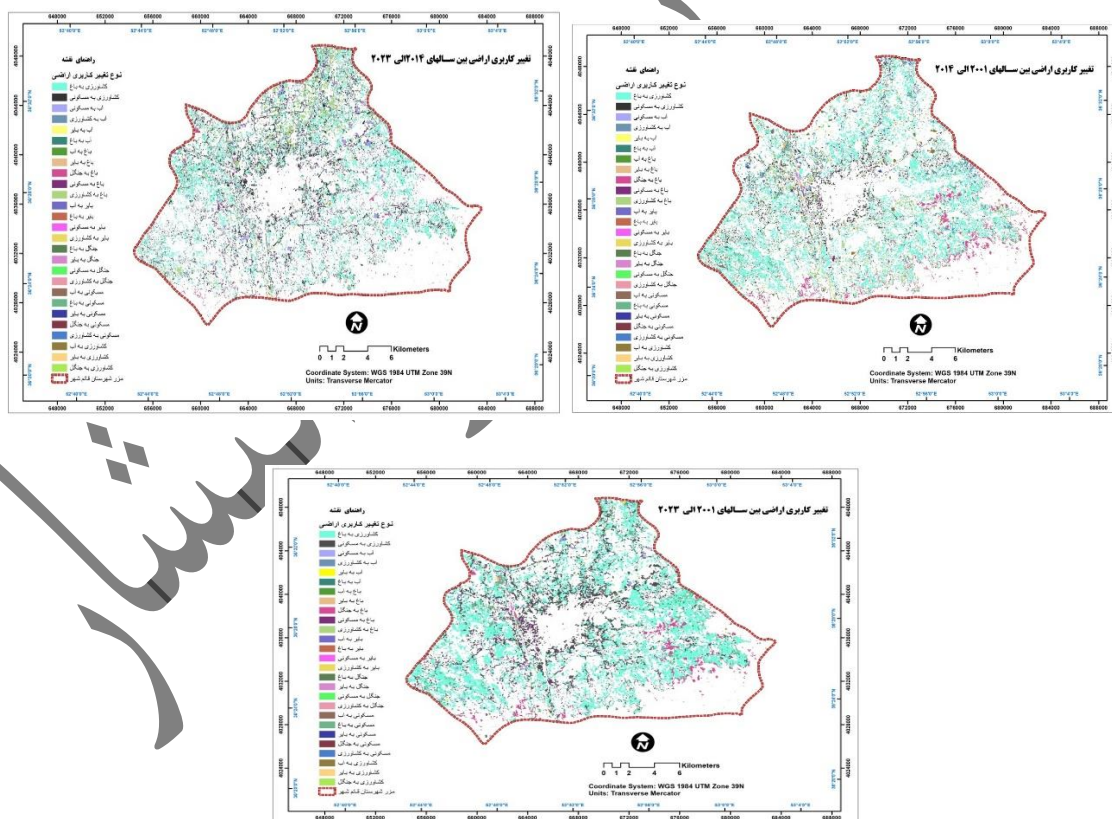
در این رابطه، OA دقت کل، N معرف تعداد کل پیکسل های آموزشی و ... جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست. به دلیل ایرادات وارد بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه بندی مورد توجه است از شاخص کاپا استفاده می شود، چون شاخص کاپا پیکسل هایی را که نادرست طبقه بندی شده اند مورد توجه قرار می دهد و این از طایفه زیر محاسبه می شود (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 است. حالت ایده آل برای مقدار ضریب کاپا عدد ۱ است و چنانچه این مقدار برابر صفر باشد، طبقه بندی کاملاً تصادفی و اگر مقدار منفی به دست بیاید نشان دهنده خطا در طبقه بندی است. بر اساس نتایج جدول ماتریس صحت کلی طبقه بندی حاصل از داده های سنجنده ETM+ برای سال ۲۰۰۱ برابر با ۸۹.۲ و برای داده های 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 بدست آمد.

۵. آشکارسازی تغییرات با استفاده از روش Thematic Change workflow

با استفاده از دستور Thematic Change workflow ، دو تصویر طبقه بندی شده از یک صحنه گرفته شده در زمان‌های مختلف را به عنوان ورودی می‌گیرد و تفاوت‌های بین آنها را شناسایی می‌کند. تصویر طبقه بندی به دست آمده ، انتقال های 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 ، جنگل زدایی ، شهرنشینی ، گسترش کشاورزی ، تغییر پذیری آب و غیره استفاده کرد. این دستور بر اساس الگوریتم‌های تشخیص تغییر موضوعی "from to" ، خروجی های مربوطه را به دست آورده و جزوه پر کاربردترین روشهای آشکار سازی تغییرات می باشد. این روش در واقع، تشخیص تغییر مقایسه پس از طبقه بندی (Post-Classification Comparison change detection) می‌باشد که از پر کاربرد ترین روشهای آشکار سازی تغییرات که چه در مطالعات داخلی و چه در پژوهش های مختلف انجام گرفته در مجلات معتبر خارجی به کار گرفته شده است.



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 ۴. تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ میلادی

Table4: Land use changes between 2001 and 2023 AD

نوع تغییر کاربری	۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴	۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳	۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳
User change type	2001 to 2014	2014 to 2023	2001 to 2023
کشاورزی به باغ	5424.14	4607.51	8059.18
Farming to the garden	5424.14	4607.51	8059.18
کشاورزی به مسکونی	1198.68	2393.14	3186.17
Agriculture to housing	1198.68	2393.14	3186.17
باغ به کشاورزی	1175.50	956.94	578.58
Garden to agriculture	1175.50	956.94	578.58
جنگل به باغ	172.42	814.51	116.33
Forest to garden	172.42	814.51	116.33
کشاورزی به بایر	172.18	210.09	100.71
Agriculture is arid	172.18	210.09	100.71
بایر به کشاورزی	161.92	187.79	96.84
Arid to agriculture	161.92	187.79	96.84

Arid to agriculture			
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	11.43	1.06	5.04

Water to agriculture			
----------------------	--	--	--

۶. تحلیل تغییرات

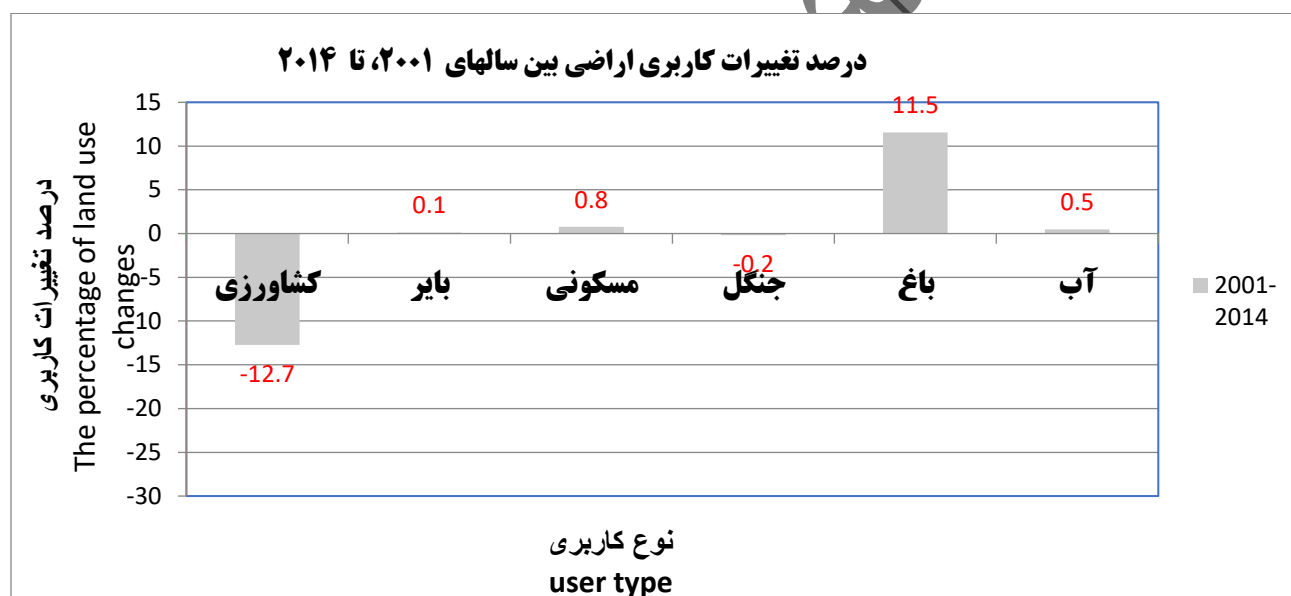
جدول شماره ۷ و شکل شماره ۷ نگاه کلی به تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ ایجاد شده را ارائه می کند همان طور که مشخص است اراضی کشاورزی به میزان ۱۲.۷ درصد کاهش یافته و اراضی باغی و مسکونی به ترتیب به میزان ۱۱.۵ و ۰.۸ درصد افزایش داشته است. این تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ در 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 می دهد. این افزایش ناشی تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی و مسکونی در منطقه مطالعاتی می باشد.

جدول ۷. کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴

Table ۴: Land use changes between ۲۰۰۱ and ۲۰۱۴

کاربری	کاربری اراضی ۲۰۰۱ Landuse 2001		کاربری اراضی ۲۰۱۴ Landuse 2014		تغییرات کاربری اراضی ۲۰۰۱-۲۰۱۴ 2001-2001 land use changes	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	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	4529	12.0	4736	12.8	206	0.8

Residence						
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



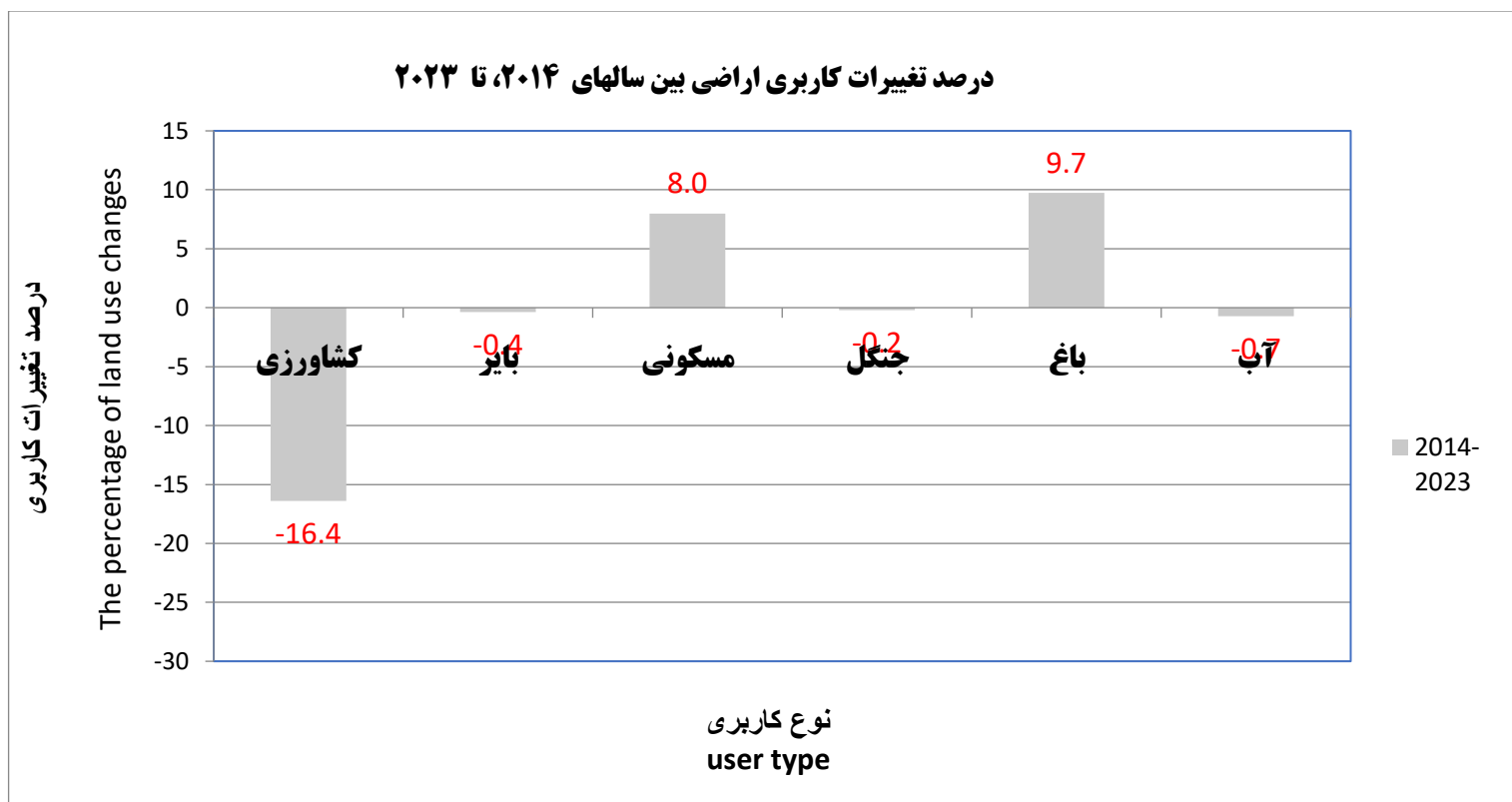
شکل ۷. درصد تغییرات اراضی بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴

Fig7. The percentage of land changes between 2001 and 2014

جدول ۸. کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳

Table4: Land use changes between 2014 and 2023 AD

کاربری	کاربری اراضی 2014 Landuse2014		کاربری اراضی 2023 Landuse2023		تغییرات کاربری اراضی 2014-2023 Landuse change2014-2023	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	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

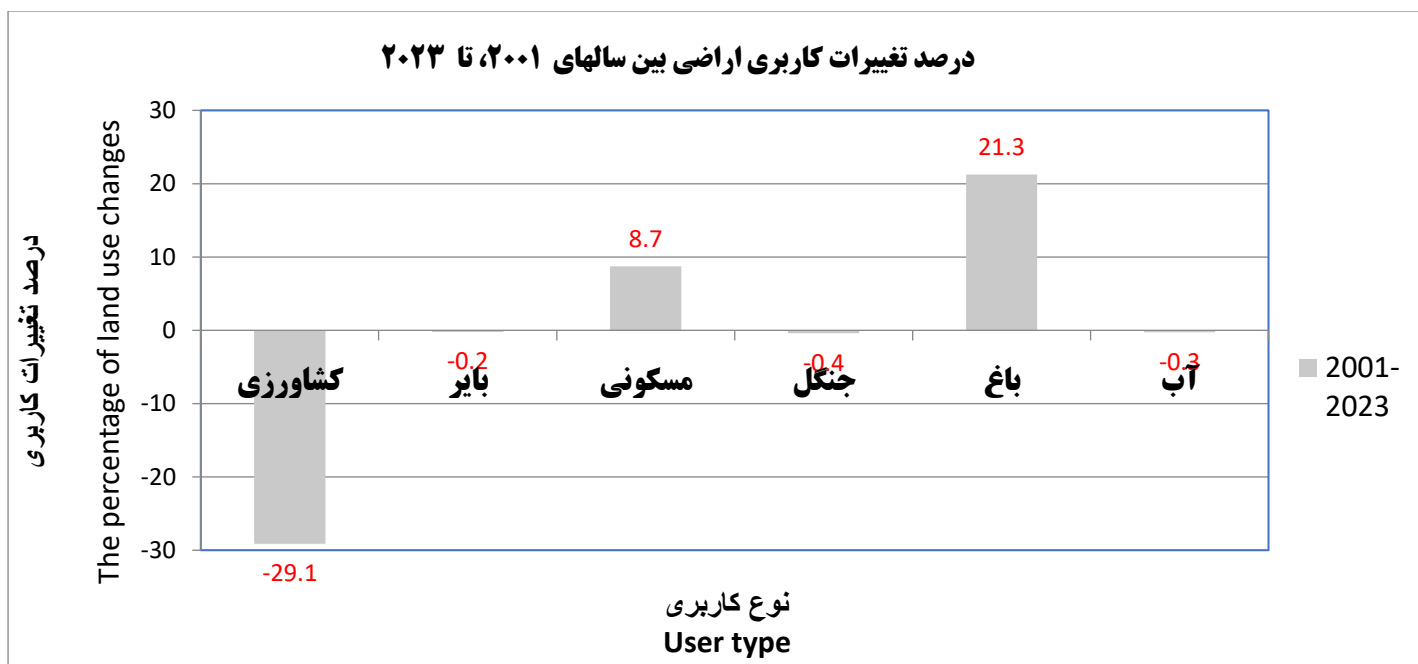
Fig8. The percentage of land changes between 2014 and 2023

جدول ۹. کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳

Table4: Land use changes between 2001 and 2023 AD

کاربری	کاربری اراضی 2001 Landuse2001		کاربری اراضی 2023 Landuse2023		تغییرات کاربری اراضی 2001-2023 Landuse change2001-2023	
	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	مساحت (هکتار)	درصد کاربری ها	تغییر مساحت (هکتار)	درصد تغییر
کشاورزی agriculture	18108	48.1	7005	18.9	-11102	-29.1

باير						
arid	323	0.9	226	0.6	-96	-0.2
مسكونى						
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

Fig9. The percentage of land changes between 2001 and 2023

نتیجه گیری و ارائه راهکارها

نتایج حاکی از آن است که به کارگیری تصاویر ماهواره ای برای تهیه نقشه های کاربری اراضی و تغییرات آن ها، جهت تسهیل در برنامه ریزی مدیریت منابع محیطی امری ضروری می باشند. نتیجه بررسی روند توسعه فیزیکی و تغییر کاربری های قائم شهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره ای نتایج ارزشمندی را نشان می دهد، که حاکی از تغییرات زیاد کاربری اراضی این منطقه طی دوره ۲۲ ساله می باشد. 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 2001 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. هم چنین کلاس اراضی کشاورزی با کاهش ۱۱۱۰۲ هکتار و ۲۹.۱ درصدی بیشترین کاهش را داشته است. که یکی از موانع اصلی توسعه کشاورزی و نبود بازدهی و بهره وری مناسب تولید محصولات کشاورزی است و تغییر کاربری این اراضی راحت تر است و به رغم اقدامات و مساعدت های 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 می باشد. سایر کلاس های 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 می باشد. در نتیجه افزایش جمعیت طی دهه های اخیر بخش قابل توجهی از سایر کاربری ها به کاربری مسکونی تبدیل شده است. در منطقه مورد مطالعه نیز بخشی از اراضی باغی و کشاورزی به کاربری مسکونی تغییر یافته است.

منابع مورد استفاده

- آرخی، ص، ۱۳۹۴، بررسی روشهای مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS منطقه سرابله استان ایلام. مجله محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۸، شماره ۱، صص ۱-۱۳.
- خطیبی، م، امیریان، ی. ۱۴۰۱. طبقه بندی کاربری اراضی و محاسبه تغییرات سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ با استفاده از داده های ماهواره لندست ۸ مطالعه موردی شهرستان کرمانشاه، نشریه کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ش ۳، صص ۲۵-۴۸.
- رحیم پور، ت، رضایی مقدم، م، ح، ۱۳۹۹، پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سری زمانی لندست (مطالعه موردی، حوضه آبریز فیروزق، شهرستان خوی)، کنفرانس ملی فن آوری ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- ربیعی، ح. ۱۳۷۲. سنجش از دور، اصول و کاربرد، انتشارات سمت تهران.
- رسولی، علی اکبر، ۱۳۷۸، مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره ای، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ۷۰۳ صفحه.
- سبزقبایی، غ، جعفرزاده، ک، دشتی، س، یوسفی خانقاه، ش، بزم آرا بلشتی، م، ۱۳۹۳ آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روشهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی: شهرستان قائم شهر، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره ۳، صص ۱۴۳-۱۵۷.
- شفیعی، س؛ علی خواه اصل، م، رضوانی، م، ۱۳۹۶، تهیه نقشه پوشش اراضی اسلامشهر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و فازی سال ۲۰۱۵، فصلنامه انسان و محیط زیست، ش ۴۱، دوره ۱۵ تابستان ۹۶، صص ۲۸-۳۷.
- علی بخشی، زهرا، ۱۳۹۴. تهیه نقشه کاربری با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و فازی ۲۰۱۳ در اراضی تالاب میقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور شرق تهران.

لطفعلی زاده، ع.، ۱۴۰۲. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست، مجله جغرافیا و روابط انسانی، شماره ۲، ص ۵۲-۶۶.

مدیری، م.، ۱۳۹۶. بررسی و ارزیابی تغییر کاربری اراضی شهر قائمشهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌های، فصلنامه نگرشهای نو در جغرافیای انسانی، سال نهم، ش ۲.

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

AAAlkaradaghi, K, Salahalddin S, Ali, Nadhir AI-Ansari , Jan Laue, 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: Daeehshahr in Ilam province, Journal of Geographic Information system, vol 10, No.3, june2018.

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