



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Land use changes using satellite images processing and geographic information systems in Gilan province, Iran

Sh. Felegari¹, k. Moravej^{*1}, A. Sharifi², A. Golchin¹, P. Karami³¹ Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan. Iran² Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran³ Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

ABSTRACT

Received: 20 January 2025
 Reviewed: 01 March 2025
 Revised: 16 June 2025
 Accepted: 11 August 2025

KEYWORDS:

Boosted Regression Trees
 Landsat-9
 Random Forest
 Sentinel-1
 Support Vector Machine
 Total Soil Nitrogen

* Corresponding author

✉ kmoravej@znu.ac.ir

☎ (+9824) 33052606

Background and Objectives: Human activities and natural processes drive land use changes, resulting in pressing issues such as deforestation, biodiversity loss, and heightened vulnerability to natural disasters like floods. Population growth and increasing socio-economic demands exert substantial pressure on land use and cover, often leading to unregulated alterations primarily attributed to mismanagement in agriculture, urban development, pasturelands, and forests. Integrating remote sensing and geographic information systems (GIS) offers a potent approach to accurately assess and monitor land use changes across vast areas. Satellite data, particularly from sources like Landsat's Multispectral Scanner (MSS), Thematic Mapper (TM), and Advanced Thematic Mapper (ETM+), have been extensively utilized to analyze land use changes, especially in forested and agricultural regions. This study aims to analyze land use changes in paddy rice soil texture in Gilan, North Iran, from 1391 to 1401. Leveraging Landsat MSS and ETM+ data and GIS software, the study endeavors to identify and characterize significant land use and cover changes, providing valuable insights into regional landscape dynamics.

Methods: In this research conducted in Gilan province, Landsat-8 satellite images from 2012 and 2022, featuring minimal cloud cover, were utilized. Geometric and radiometric corrections were made on Landsat-8 satellite images to reduce errors. Employing the maximum likelihood method, supervised classification of land use classes was determined. This method calculates the probability of a pixel belonging to each predefined class and assigns the pixel to the class with the highest probability. This comprehensive approach enabled the analysis of land use dynamics in the study area, offering valuable insights into environmental changes over time.

Findings: The evaluation of land use classification maps revealed an overall accuracy of 80% and a kappa coefficient exceeding 0.8, indicating substantial agreement with ground truth classes. Forest area exploitation decreased from 46% in 2011 to 33% in 2011, signaling ecosystem degradation. Similarly, pasture land decreased from 51% in 1391 to 42% in 1401. Conversely, agricultural land witnessed significant growth, increasing by 7% from 2013 to 1401 (34% to 41%). Residential land area experienced a notable increase, rising by 34%. These findings underscore significant land use changes, including forest decline and increased residential expansion, highlighting the pressing need for sustainable land management practices in the study area.

Conclusion: Forest cover in the study area declined by 13%, whereas residential land witnessed a significant expansion of 34%. Data analysis indicated that the primary alterations in land area were linked to changes in residential use. Remote sensing technology proved instrumental in precisely, effectively, and economically estimating these changes, highlighting its crucial role in environmental studies.



NUMBER OF REFERENCES

30



NUMBER OF FIGURES

4



NUMBER OF TABLES

1

مقاله پژوهشی

تغییرات کاربری اراضی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در استان گیلان، ایران

شیلان فعله‌گری^۱، کامران مروج^{۱*}، علیرضا شریفی^۲، احمد گلچین^۱، پرویز کرمی^۳^۱ گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران^۲ گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران^۳ گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای طبیعی باعث ایجاد تغییرات کاربری می‌شوند که منجر به مسائل مهمی مانند جنگل‌زدایی، از بین رفتن تنوع زیستی و افزایش آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی مانند سیل می‌شود. رشد جمعیت و افزایش تقاضاهای اجتماعی-اقتصادی فشار قابل توجهی بر کاربری و پوشش زمین وارد می‌کند که اغلب منجر به تغییرات غیرقانونی می‌شود که عمدتاً به سوء مدیریت در کشاورزی، توسعه شهری، مراتع و جنگل‌ها نسبت داده می‌شود. ادغام سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) یک رویکرد قوی برای ارزیابی دقیق و نظارت بر تغییرات کاربری زمین در مناطق وسیع ارائه می‌دهد. داده‌های ماهواره‌ای، به ویژه از منابعی مانند اسکنر چندطیفی (Landsat (MSS)، نقشه برداری موضوعی (TM) و نقشه برداری موضوعی پیشرفته (ETM+)، به طور گسترده برای تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری زمین، به ویژه در مناطق جنگلی و کشاورزی استفاده شده است. این مطالعه با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی در بافت خاک برنج شالیزاری در گیلان، شمال ایران از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ انجام شده است. با استفاده از داده‌های Landsat MSS و ETM+ و نرم‌افزار GIS، این مطالعه تلاش می‌کند تا تغییرات کاربری و پوشش قابل‌توجهی را شناسایی و مشخص کند و بینش‌های ارزشمندی را در مورد پویایی چشم‌انداز منطقه‌ای ارائه دهد.

تاریخ دریافت: ۰۱ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۱۱ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۲۶ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۲۰ مرداد ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:

درختان رگرسبون تقویت شده
لندست-۹
جنگل تصادفی
سنتینل-۱
ماشین بردار پشتیبانی
نیترژن کل خاک

روش‌ها: در این مطالعه که در استان گیلان انجام شد، تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 از سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۴۰۱، با حداقل پوشش ابری، استفاده شد. بروی تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ برای کاهش خطاها اصلاحات هندسی و رادیومتری انجام شد. با استفاده از روش حداکثر احتمال، طبقه‌بندی نظارت شده طبقات کاربری زمین را مشخص کرد. این روش احتمال یک پیکسل متعلق به هر کلاس از پیش تعریف شده را محاسبه می‌کند و پیکسل را به کلاسی با بیش‌ترین احتمال اختصاص می‌دهد. این رویکرد جامع، تحلیل پویایی کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه را تسهیل کرد و بینش‌های ارزشمندی را در مورد تغییرات محیطی در طول زمان ارائه داد.

یافته‌ها: ارزیابی نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی دقت کلی ۸۰٪ و ضریب کاپا بیش از ۰.۸ را نشان داد که نشان‌دهنده توافق قابل‌توجه با کلاس‌های حقیقت زمینی است. بهره‌برداری از مساحت جنگل از ۴۶ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۳۳ درصد در سال ۲۰۱۱ کاهش یافته است که نشان‌دهنده تخریب اکوسیستم است. به همین ترتیب، اراضی مرتع از ۵۱ درصد در سال ۱۳۹۱ به ۴۲ درصد در سال ۱۴۰۱ کاهش یافت. در مقابل، زمین‌های کشاورزی شاهد رشد قابل توجهی بودند که از سال ۲۰۱۳ تا ۱۴۰۱ به میزان ۷ درصد (۳۴ درصد به ۴۱ درصد) افزایش یافت. مساحت زمین مسکونی افزایش قابل توجهی را تجربه کرد و ۳۴ درصد افزایش یافت. این یافته‌ها بر تغییرات قابل‌توجه کاربری زمین، از جمله کاهش جنگل‌ها و افزایش گسترش مسکونی تأکید می‌کند، که نیاز مبرم به شیوه‌های مدیریت پایدار زمین در منطقه مورد مطالعه را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری: به طور خاص، پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه ۱۳ درصد کاهش یافت، در حالی که گسترش خیره‌کننده ۳۴ درصدی در زمین‌های مسکونی مشاهده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها هم‌چنین نشان داد که عمده‌ترین تغییرات مساحت زمین در منطقه به تغییرات در کاربری مسکونی نسبت داده شده است. استفاده از فناوری سنجش از دور در برآورد دقیق، کارآمد و اقتصادی این تغییرات، با تأکید بر نقش حیاتی سنجش از دور در مطالعات زیست‌محیطی، مفید بود.

* نویسنده مسئول

kmoravej@znu.ac.ir

© ۲۴-۳۳۰۵۲۶۰۶

مقدمه

در مطالعه حاضر، یک تکنیک مقایسه تشخیص تغییر پیکسل به پیکسل برای نقشه‌های تغییر کاربری اراضی مشتق شده از ماهواره [۱۶] اعمال شد که امکان تجزیه و تحلیل جامع دینامیک کاربری اراضی را فراهم می‌کند. به طور خلاصه، این مطالعه با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی در بافت خاک برنج شالیزاری گیلان، شمال ایران از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ انجام شد. با استفاده از داده‌های Landsat MSS و ETM+ به دست آمده در مقاطع زمانی مختلف، و همچنین استفاده از نرم افزار GIS برای تهیه نقشه تغییرات، این مطالعه تلاش می‌کند تا تغییرات قابل توجه در کاربری و پوشش زمین را شناسایی و مشخص کند. این مطالعه به دنبال ارائه بینش‌های ارزشمندی در مورد پویایی چشم‌انداز در حال تحول منطقه است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه این تحقیق در استان گیلان در شمال ایران با مختصات بین طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه و ۴۹ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه و ۲۰ ثانیه و ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۵ ثانیه شمالی واقع شده است. بر اساس آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی محلی، میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۱۲۴۶ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۱۶/۸ درجه سانتی گراد است. بهرامی و همکاران گزارش داده‌اند که زمین منطقه مورد مطالعه با مناطق پست با شیب کمتر از ۵/۵ درصد مشخص می‌شود و کاربری اصلی زمین برای شالی کاری است. منطقه مورد مطالعه و محل های نمونه برداری به ترتیب در شکل ۱ نشان داده شده است.

جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ که توسط حسگرهای TM و ETM در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۴۰۱ گرفته شده است، استفاده شد. این تصاویر در آخرین روز شهریورماه برای هر دو سال به دست آمد. دستیابی به تصاویر ماهواره‌ای مناسب با توجه به این نیاز که هر تصویر انتخابی پوشش ابری بیش از ۵ درصد نداشته باشد، چالش مهمی را ایجاد کرد. شرایط اقلیمی خاص و ابری زیاد منطقه، امکان دسترسی به تصاویر مناسب را در بیشتر فصول سال محدود کرد. بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ برای کاهش خطاها اصلاحات هندسی و رادیومتری انجام شد. تصحیح هندسی از نقاط کنترل زمینی جمع‌آوری شده از منطقه استفاده کرد، با هدف خطای ریشه میانگین مربع (RMS) کمتر از ۱، با RMS تصاویر OLI پس از حذف نقاط نامناسب به ۰/۴۳ می‌رسد. برای تصحیح جوی تصاویر ETM، یک فرآیند تصحیح تصاویر OLI با استفاده از روش تصویر به تصویر انجام شد. در این مطالعه از ترکیب باندهای ۵، ۴ و ۳ از ماهواره ETM و باندهای ۷، ۵ و ۴ از ماهواره OLI در RGB برای پردازش تصویر و اهداف نظارت بر تغییرات استفاده شد.

تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین اهمیت قابل توجهی در درک تغییرات محیطی دارد. این تغییرات که توسط فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای طبیعی هدایت می‌شود [۱]، منجر به مسائل نگران کننده‌ای مانند جنگل زدایی، از بین رفتن تنوع زیستی، افزایش دمای جهانی و افزایش آسیب پذیری در برابر بلایای طبیعی مانند سیل شده است [۲]. این چالش‌ها به طور پیچیده با تغییرات در الگوهای تغییر کاربری اراضی مرتبط هستند و بر نقش حیاتی داده‌ها در اطلاع رسانی تصمیمات مدیریت زیست محیطی و شکل دادن به استراتژی های برنامه ریزی آینده تأکید دارند [۳].

در همین راستا، رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضاهای اجتماعی-اقتصادی فشار زیادی بر استفاده و پوشش زمین وارد می‌کند. این فشار اغلب باعث ایجاد تغییرات تصادفی و غیرقابل تنظیم در کاربری اراضی می‌شود که در درجه اول به سوء مدیریت در مناطق کشاورزی، شهری، مرتع و جنگل نسبت داده می‌شود [۴،۵]. این تغییرات نه تنها تخریب محیط زیست را تشدید می‌کند، بلکه به پدیده‌های خطرناکی مانند رانش زمین و سیل نیز کمک می‌کند [۶].

در این ارتباط، ادغام سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک رویکرد قدرتمند برای تعیین دقیق و نظارت بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق وسیع ظاهر می‌شود [۷،۸]. تلاش‌های تحقیقاتی قبلی و در حال انجام در سراسر جهان به طور گسترده از این فناوری‌ها برای مطالعه دینامیک تغییرات کاربری اراضی استفاده کرده‌اند [۹]. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و نرم‌افزارهایی همچون GIS به ویژه، جمع آوری کارآمد، ذخیره سازی، تجسم و تجزیه و تحلیل داده‌های دیجیتالی را که برای تشخیص تغییرات در طول زمان حیاتی است، تسهیل می‌کند [۱۰]. تصاویر سنجش از دور، به ویژه داده‌های ماهواره‌ای، به عنوان منبع اطلاعات اولیه برای کاربردهای GIS برجسته هستند. تصاویر ماهواره‌ای نمای جامعی از سطح زمین ارائه می‌دهد و آن را برای تشخیص الگوهای تغییر کاربری اراضی بسیار ارزشمند می‌کند [۱۱]. انواع مختلفی از داده‌های ماهواره‌ای، از جمله اسکنر چندطیفی لندست (MSS)، نقشه برداری موضوعی (TM) و نقشه بردار موضوعی پیشرفته (ETM+)، از زمان شروع برنامه لندست در سال ۱۹۷۲ به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۲]. این آرشوها، همراه با طیف‌های بالا وضوح، تصاویر ماهواره‌ای را برای مطالعه تغییرات کاربری اراضی، به ویژه در مناطق جنگلی و کشاورزی ضروری می‌کند [۱۳،۱۴]. هدف اصلی روش‌های تشخیص ذکر شده، شناسایی و توصیف تغییرات در کاربری اراضی در طول زمان است. چندین تکنیک، مانند مقایسه پس از طبقه بندی، تفاوت تصویر، و تجزیه و تحلیل اجزای اصلی، برای این منظور توسعه داده شده است. در این میان، مقایسه پس از طبقه بندی به عنوان یک رویکرد قابل اعتماد برجسته می‌شود و مزیت توضیح دقیق ماهیت تغییرات را ارائه می‌دهد [۱۴،۱۵].

روش شناسی نظارت شده

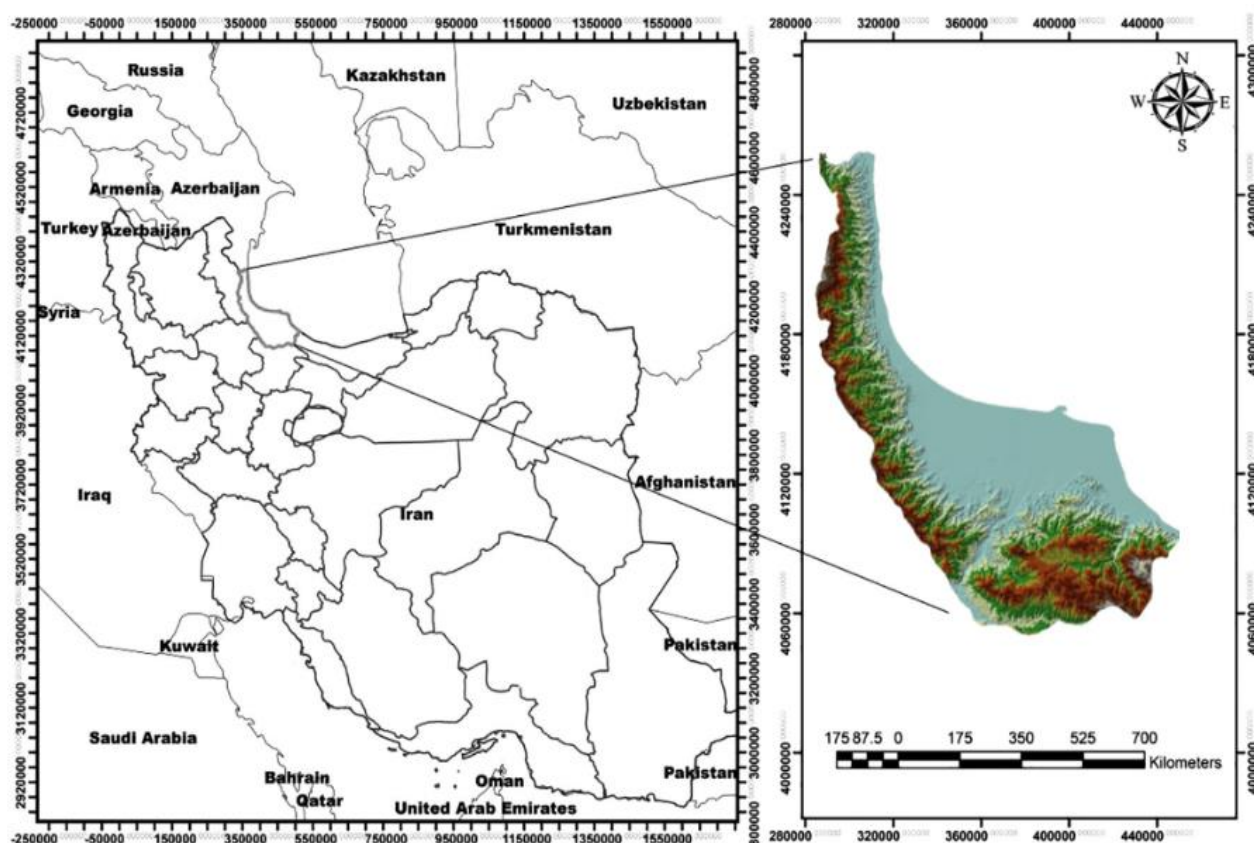
کشاورزی، مراتع، مناطق دریایی، زمین های بایر و مناطق مسکونی است. با استفاده از نمونه های اقلیمی، طبقه بندی نظارت شده با استفاده از روش حداکثر احتمال برای تولید نقشه های کاربری اولیه برای هر تصویر انجام شد. برای کاهش نویز در تصاویر طبقه بندی شده، یک فیلتر اکثریت ۳×۳ اعمال شد [۲۳،۲۴] و به دنبال آن دقت نقشه ارزیابی شد. پارامترهای رایج ارزیابی دقت شامل دقت کلی، دقت سازنده، دقت کاربر و ضریب کاپا است که به ویژه برای مقایسه نتایج در طبقه بندی های مختلف مفید است. ضریب کاپا با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود [۲۵]:

$$\text{Kappa} = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

پس از تهیه نقشه های کاربری اراضی برای هر دو دوره، نقشه ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) چیده شدند و با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی، نقشه تغییر ایجاد شد. برای ترسیم، تشریح ساختار و گردش کار روش مورد استفاده در پژوهش مورد نظر، می توان به دو قسمت اصلی توجه کرد: جمع اوری داده ها و اجرای طبقه بندی نظارت شده تصاویر ماهواره ای (شکل ۲).

روش نظارت شده برای طبقه بندی پیکسل، کاربر را ملزم می کند که مناطق آموزشی نماینده را برای هر کلاس از پیش تعریف شده تعیین کند. تخصص کاربر نقش مهمی در شناسایی و مکان یابی این مناطق آموزشی دارد [۱۷]. محققان معمولاً روش نظارت شده را به دلیل توانایی آن در ارائه تعاریف کلاسی دقیق تر در مقایسه با روش بدون نظارت ترجیح می دهند [۱۸-۲۰]. الگوریتم های دیجیتالی مختلفی برای تشخیص تغییرات کاربری زمین با استفاده از داده های سنجنش از دور توسعه یافته اند. روش های کلیدی برای تشخیص تغییرات کاربری اراضی شامل تفاوت تصویر، نسبت تصویر، تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی، منطق فازی، مقایسه پس از طبقه بندی و طبقه بندی طیفی زمانی است [۲۱،۲۲]. در این تحقیق از روش حداکثر احتمال، یک رویکرد متداول با نظارت آماری برای شناسایی الگوی تغییرات استفاده شد. این روش احتمال یک پیکسل متعلق به هر کلاس از پیش تعریف شده را محاسبه می کند و پیکسل را به کلاسی با بیشترین احتمال اختصاص می دهد.

دانش قبلی از منطقه مورد مطالعه و مشاهدات میدانی نشان دهنده چندین کاربری غالب از اراضی از جمله پوشش جنگلی، زمین های



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Fig.1: Location of the study area and sampling points

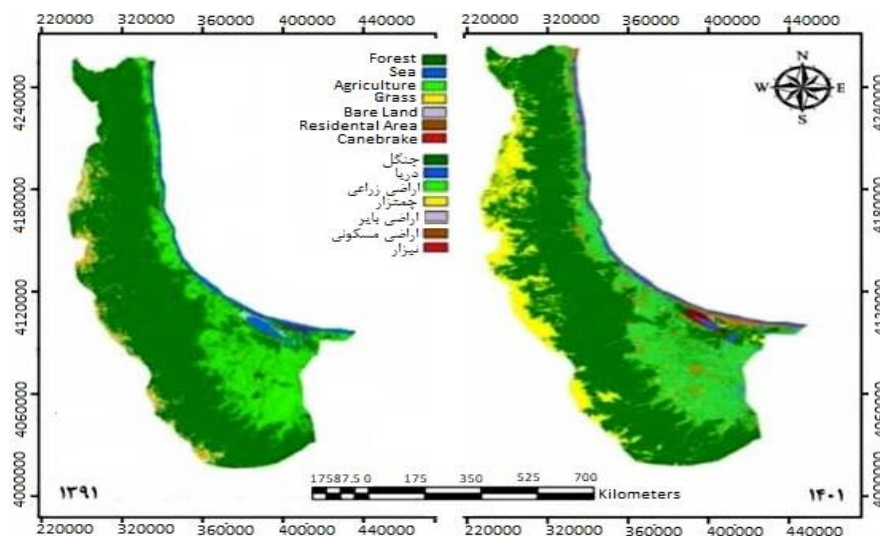
محاسبات ماتریس خطا، دقت کلی ۸۰٪ و ضریب کاپا بیش از ۰/۸ را نشان داد.

این مقادیر کاپا قوی و دقت کلی بیش از ۸۰ درصد، توافق قابل توجهی را بین طبقه‌بندی و کلاس‌های حقیقت زمینی واقعی نشان می‌دهد. این سطح بالای دقت را می‌توان به انتخاب دقیق نکات آموزشی، استفاده گسترده از تصاویر نرم افزار Google Earth برای آماده سازی نقاط آموزشی و توجه دقیق به انتخاب این نقاط نسبت داد. جدول ۱ خلاصه‌ای از دقت به دست آمده در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای را ارائه می‌دهد.

جدول ۱: نتایج دقت کلی و ضریب کاپا برای تصویر ETM+ و OLI
Table1: The results of the overall accuracy and Kappa coefficient for ETM+ and OLI image

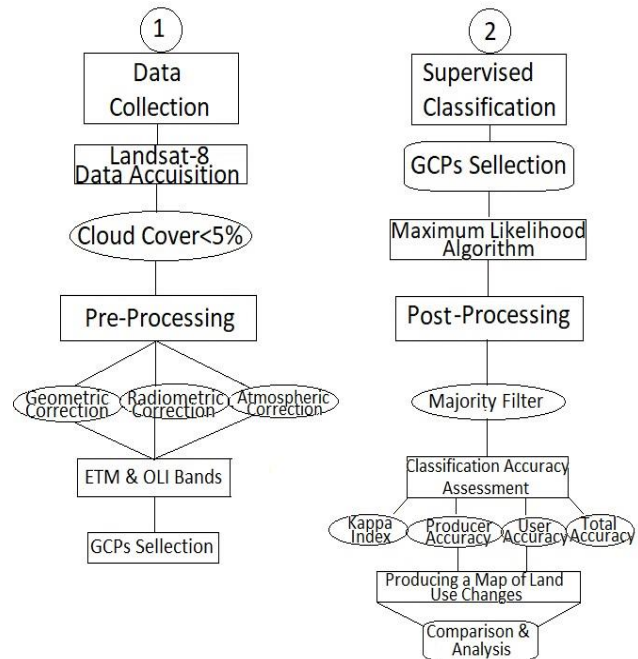
سال Year	تصویر Image	ضریب کاپا Kappa coefficient	ضریب دقت Accuracy coefficient
2012	TM	0.86	92.45
2022	ETM	0.88	92.3

در مرحله بعدی، نقشه‌های این مطالعه تحت یک تحلیل مقایسه‌ای به مدت ۱۰ سال قرار گرفتند. مساحت طبقات کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۴۰۱ به صورت درصد تعیین شد. با توجه به یافته‌های نشان داده شده در شکل ۴، بهره‌برداری از مناطق جنگلی از ۴۶ درصد در سال ۱۳۹۱ به ۳۳ درصد در سال ۱۴۰۱ کاهش یافته است. تغییر مساحت اراضی مرتع نیز روند کاهشی مشابهی طی کردند، به‌طوری‌که از ۵۱ درصد در سال ۱۳۹۱ به ۴۲ درصد در سال ۱۴۰۱ رسید. مساحت زمین کشاورزی در منطقه مورد مطالعه رشد قابل توجهی را در طول دوره ۱۰ ساله نشان داد، و با افزایش ۷ درصدی در سال ۱۴۰۱ (۴۱ درصد) نسبت به سال ۱۳۹۱ (۳۴ درصد) مواجه بودیم. مساحت زمین مسکونی افزایش کلی در منطقه مورد مطالعه را تجربه کرد. به طوری‌که شاهد افزایش ۳۴ درصدی در منطقه مورد مطالعه بودیم.



شکل ۳: موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Fig.3: Location of the study area and sampling points



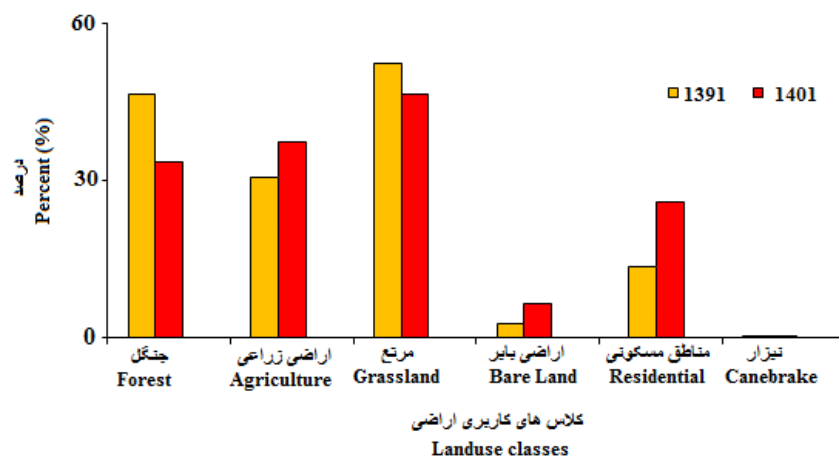
شکل ۲: فلوجارت تشریح ساختار و گردشکار روش مورد استفاده.

Fig.2: Flowchart describing the structure and workflow

نتایج و بحث

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، منطقه مورد مطالعه در استان گیلان در شمال ایران به هفت واحد کاربری پوشش جنگلی، زمین کشاورزی، مرتع، مناطق دریایی، زمین بدون پوشش گیاهی، منطقه مسکونی و نیزار تقسیم شد. نقشه‌های کاربری جداگانه برای هر تاریخ تهیه شد. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، نقشه‌های کاربری زمین برای سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۴۰۱ تهیه شد.

یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های مورد استفاده برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، محاسبه ماتریس خطا است، روشی که به طور گسترده در مطالعات متعدد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق، نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار گرفتند که از طریق



شکل ۴: نمودار تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱

Fig. 4: Graph of land use changes from 2012 to 2022

ناهماهنگی ساختار فضایی و قطبی شدن مراکز شهری می‌شود [۳۰]. عوامل اقتصادی مانند قیمت پایین زمین کشاورزی و تقاضای کارگران مهاجر کم درآمد که به دلیل ناکارآمدی کشاورزی به دنبال سود از فروش زمین هستند، در این روند نقش دارند. استفاده از اراضی جنگلی در این منطقه در سال‌های اخیر به دلیل تعرض جمعیت‌های حاشیه‌نشین، اقدامات غیرقانونی کشاورزی و رها شدن زمین‌های تخریب‌شده کاهش یافته است. رشد جمعیت و هجوم گردشگران به مناطق جنگلی، گسترش زمین‌های مسکونی و جنگل زدایی را تشدید می‌کند. این یافته‌ها بر تأثیر متقابل پیچیده عوامل اجتماعی-اقتصادی و محیطی که باعث تغییر کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه و فراتر از آن می‌شوند، تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ برای تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری زمین در سراسر منطقه، با استفاده از حداکثر الگوریتم شباهت و روش نظارت شده استفاده کرد. این تحقیق با هدف تعیین کمیت میزان تغییرات بین دسته‌های مختلف کاربری زمین در بازه زمانی مشخص شده انجام شد. یافته‌ها افزایش قابل توجهی در کاربری اراضی و مناطق مسکونی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ نشان داد. به طور خاص، پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه ۱۳ درصد کاهش یافت، در حالی که گسترش خیره‌کننده ۳۴ درصدی در زمین‌های مسکونی مشاهده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها همچنین نشان داد که عمده‌ترین تغییرات مساحت زمین در منطقه به تغییرات در کاربری مسکونی نسبت داده شده است. استفاده از فناوری سنجش از دور در برآورد دقیق، کارآمد و اقتصادی این تغییرات، با تأکید بر نقش حیاتی سنجش از دور در مطالعات زیست‌محیطی، مفید بود. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج نقشه تغییرات کاربری زمین استفاده شد که کارایی آن را در نقشه‌برداری و ارزیابی تغییرات کاربری زمین

این نتایج حاکی از کاهش قابل توجه کاربری اراضی جنگلی به میزان ۳ درصد در منطقه مورد مطالعه است که نشان دهنده تخریب اکوسیستم است. در مقابل، شاهد تبدیل غالب اراضی منطقه به مناطق مسکونی با افزایش ۳۴ درصدی در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۴۰۱ بود. نتایج به دست آمده از دقت کلی و ضریب کاپا (از ارزیابی‌های تصویر برای ارزیابی تغییرات منطقه) نشان‌دهنده اثربخشی تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص تغییرات است. دقت بالای به دست آمده در این مطالعه را می‌توان به عوامل متعددی از جمله استفاده از تصاویر نرم افزار Google Earth برای آماده‌سازی نقاط آموزشی، فراوانی نقاط آموزشی و انتخاب دقیق این نقاط نسبت داد. این یافته‌ها با ادعای علی و همکاران [۲۶] مطابقت دارد که گزارش کرد طبقه‌بندی کاربری زمین مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به سطوح دقت قابل قبولی، معمولاً حدود ۸۵ درصد دست یابد. با گذشت زمان، تغییرات در پوشش زمین و الگوهای کاربری زمین در درجه اول توسط عوامل انسانی هدایت می‌شود [۲۷]. عوامل مختلف مؤثر بر تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه را می‌توان به عوامل اقتصادی، حاکمیتی، جمعیتی و طبیعی دسته‌بندی کرد. عوامل اقتصادی دخیل در تغییر کاربری زمین شامل افزایش قیمت زمین پس از تبدیل و ناکارآمدی اقتصادی فعالیت‌های کشاورزی به دلیل واردات کشاورزی است [۲۸]. عوامل حاکمیتی مانند حمایت ناکافی دولت از کشاورزان و اجرا و نظارت ناکارآمد قوانین حفاظت از کاربری اراضی، در کنار گسترش بی‌رویه مناطق شهری نیز نقش مهمی ایفا کرده است. عوامل جمعیتی، از جمله تمایل ساکنان شهری به ویلاهای روستایی و مهاجرت از روستا به شهر، به گسترش شهرها دامن زده است، در حالی که تغییرات آب و هوایی و خشکسالی تخریب زمین و آلودگی محیط زیست را تشدید کرده و بر کیفیت زمین تأثیر می‌گذارد [۲۹]. بخش قابل توجهی از تبدیل زمین‌های کشاورزی و جنگلی در منطقه مورد مطالعه به گسترش کاربری مسکونی نسبت داده می‌شود، این امر تأکید بیشتری بر شهرنشینی در منطقه شرقی دارد که منجر به

[5] Navin MS, Agilandeewari L. *Comprehensive review on land use/land cover change classification in remote sensing*. Journal of Spectral Imaging 2020;9. <https://doi.org/10.1255/jsi.2020.a8>.

[6] Mallupattu PK, Sreenivasula Reddy JR. *Analysis of land use/land cover changes using remote sensing data and GIS at an Urban Area, Tirupati, India*. The Scientific World Journal 2013;2013. <https://doi.org/10.1155/2013/268623>.

[7] Liping C, Yujun S, Saeed S. *Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques—A case study of a hilly area, Jiangle, China*. PLoS One 2018;13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200493>.

[8] Tewabe D, Fentahun T. *Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia*. Cogent Environ Sci 2020;6. <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1778998>.

[9] Habte DG, Belliethathan S, Ayenew T. *Evaluation of the status of land use/land cover change using remote sensing and GIS in Jewha Watershed, Northeastern Ethiopia*. SN Appl Sci 2021;3. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04498-4>.

[10] Novitasari D, Sarjiya, Hadi SP, Budiarto R, Deendarlianto. *The climate and land-use changes impact on water availability for hydropower plants in Indonesia*. Energy Strategy Reviews 2023;46. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101043>.

[11] Xu Q, Zhu AX, Liu J. *Land-use change modeling with cellular automata using land natural evolution unit*. Catena (Amst) 2023;224. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106998>.

[12] Arifin T, Nur Amri S, Rahmania R, Yulius, Ramdhan M, Chandra H, et al. *Forecasting land-use changes due to coastal city development on the peri-urban area in Makassar City, Indonesia*. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 2023;26. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.02.002>.

[13] Agarwal P, Sahoo D, Parida Y, Ranjan Paltasingh K, Roy Chowdhury J. *Land use changes and natural disaster fatalities: Empirical analysis for India*. Ecol Indic 2023;154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110525>.

[14] Adjei-Poku B, Afrane SK, Amoako C, Inkoom DKB. *Customary land ownership and land use change in Kumasi: An issue of chieftaincy sustenance*. Land Use Policy 2023;125. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106483>.

[15] Ghalambordezfooly R, Hosseini F. *Factors Affecting Illegal Land-use Changes in Residential Areas: (Case Study: District 6 of Tehran)*. Journal of Regional and City Planning 2023;34. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2023.34.2.5>.

[16] Li L, Xu E. *Scenario analysis and relative importance indicators for combined impact of climate and land-use change on annual ecosystem services in the Karst mountainous region*. Ecol Indic 2023;147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109991>.

[17] Taan A, Farou Z. *Supervised Learning Methods for Skin Segmentation Based on Pixel Color Classification, Central-*

نشان می‌دهد. این مطالعه بر نیاز مبرم برای رسیدگی به شیوه‌های نامناسب کاربری اراضی و کاهش تغییرات شدید کاربری زمین، به‌ویژه کاهش جنگل‌ها، که چالش‌هایی را برای توسعه هماهنگ و پایدار ایجاد می‌کند و بر کیفیت زندگی در استان گیلان تأثیر منفی می‌گذارد، تأکید می‌کند. در نتیجه، اقدامات پیشگیرانه برای محدود کردن تغییر کاربری زمین و تخریب محیط زیست، به‌ویژه در سال‌های اخیر ضروری است. اقدامات پیشنهادی شامل:

- اجرای دقیق قوانین حفاظت از کاربری اراضی برای حفاظت از منابع طبیعی.

- استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح فضایی بالاتر برای افزایش دقت استخراج کاربری اراضی و تسهیل نظارت بر تغییرات منطقه.

- مقایسه و هم‌سویی کاربری‌های موجود با کاربری‌های مطلوب، اصلاح شیوه‌های کاربری نامطلوب.

- انجام مطالعات و ارزیابی‌های جامع آمایش سرزمین برای طبقه‌بندی منابع زمین و تعیین راهبردهای کاربری بهینه.

- تدوین برنامه‌های بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت برای احیای منابع تخریب شده و حفاظت از اکوسیستم‌های حیاتی.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکارانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند، صمیمانه تشکر می‌کنیم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Lin J, Li X, Wen Y, He P. *Modeling urban land-use changes using a landscape-driven patch-based cellular automaton (LP-CA)*. Cities 2023;132. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103906>.

[2] Elagouz MH, Abou-Shleel SM, Belal AA, El-Mohandes MAO. *Detection of land use/cover change in Egyptian Nile Delta using remote sensing*. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 2020;23. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.10.004>.

[3] Abebe G, Getachew D, Ewunetu A. *Analysing land use/land cover changes and its dynamics using remote sensing and GIS in Gubalafito district, Northeastern Ethiopia*. SN Appl Sci 2022;4. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04915-8>.

[4] Reis S. *Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, North-East Turkey*. Sensors 2008;8. <https://doi.org/10.3390/s8106188>.

Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, vol. 2022- June, 2022.
<https://doi.org/10.1109/CVPRW56347.2022.00139>.

[30] Blix K, Ruescas AB, Johnson JE, Camps-Valls G. *Learning Relevant Features of Optical Water Types*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 2022;19.
<https://doi.org/10.1109/LGRS.2021.3072049>.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



شیلان فعله‌گری دانشجوی مقطع دکتری مهندسی علوم خاک بوده و مشغول فعالیت در حوزه آموزش و پژوهش است. ایشان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه بوعلی همدان و در زمینه کیفیت خاک سپری کرده اند زمینه‌های تخصصی و علاقمندی ایشان عبارتند از: توسعه کاربردهای سنجش از دور، پایش تغییرات اقلیمی و نقشه برداری خاک

Felehgari, S. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

✉ Shilan.Felegari@znu.ac.ir



کامران مروج دانشیار گروه مهندسی علوم خاک در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان می‌باشند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه تهیه نقشه رقومی خاک، تجزیه و تحلیل‌های ژئومرفومتری و ارزیابی تناسب اراضی است. همچنین کاربردهای سنجش از دور در پایش تغییرات اقلیمی، مدیریت کاربری و پوشش اراضی و مدل‌سازی محیطی با استفاده از کلان داده‌های سنجش از دور از زمینه‌های تخصصی ایشان است.

Moravej, K. Associate Professor at the Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

✉ Kmoravej@znu.ac.ir



علیرضا شریفی دانشیار گروه مهندسی نقشه‌برداری در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی نقشه‌برداری- سنجش از دور بترتیب در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۴ از دانشگاه تهران

دریافت نمودند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه کاربرد یادگیری عمیق در پردازش تصویر فراطیفی و همچنین کاربردهای سنجش از دور در پایش تغییرات اقلیمی، کشاورزی، مدیریت جنگل‌ها، مدیریت کاربری و پوشش اراضی و مدل‌سازی محیطی با استفاده از کلان داده‌های سنجش از دور می‌باشد. در حال حاضر ایشان بیش از

European. Journal of New Technologies in Research, Education and Practice 2021;3.
<https://doi.org/10.36427/cejntrep.3.1.779>.

[18] Chaitanya K, Erdil E, Karani N, Konukoglu E. *Local contrastive loss with pseudo-label based self-training for semi-supervised medical image segmentation*. Med Image Anal 2023;87. <https://doi.org/10.1016/j.media.2023.102792>.

[19] Shi Z, Ma Y, Fu M. *Fuzzy Support Tensor Product Adaptive Image Classification for the Internet of Things*. Comput Intell Neurosci 2022;2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3532605>.

[20] Phan S, Torrejon D, Furseth J, Mee E, Luscombe C. *Exploiting weak supervision to facilitate segmentation, classification, and analysis of microplastics (<100 μm) using Raman microspectroscopy images*. Science of the Total Environment 2023;886.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163786>.

[21] Mittal S, Tatarchenko M, Brox T. *Semi-Supervised Semantic Segmentation with High- And Low-Level Consistency*. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 2021;43.
<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2960224>.

[22] Liu H, Qi Y, Xiao W, Tian H, Zhao D, Zhang K, et al. *Identification of Male and Female Parents for Hybrid Rice Seed Production Using UAV-Based Multispectral Imagery*. Agriculture. (Switzerland) 2022;12.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12071005>.

[23] Tang W, Hu J, Zhang H, Wu P, He H. *Kappa coefficient: a popular measure of rater agreement*. Shanghai Arch Psychiatry 2015;27. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215010>.

[24] De Raadt A, Warrens MJ, Bosker RJ, Kiers HAL. *Kappa Coefficients for Missing Data*. Educ Psychol Meas 2019;79.
<https://doi.org/10.1177/0013164418823249>.

[25] Foody GM. *Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification*. Remote Sens Environ 2020;239. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630>.

[26] Ali K, Johnson BA. *Land-Use and Land-Cover Classification in Semi-Arid Areas from Medium-Resolution Remote-Sensing Imagery: A Deep Learning Approach*. Sensors 2022;22.
<https://doi.org/10.3390/s22228750>.

[27] Rowland MM, Nielson RM, Wisdom MJ, Clark DA, DiDonato GT, Hafer JM, et al. *Success is dependent on effort: Unraveling characteristics of successful deer and elk hunters*. Wildl Soc Bull 2023;47. <https://doi.org/10.1002/wsb.1414>.

[28] Kanga S, Meraj G, Johnson BA, Singh SK, PV MN, Farooq M, et al. *Understanding the Linkage between Urban Growth and Land Surface Temperature—A Case Study of Bangalore City, India*. Remote Sens (Basel) 2022;14.
<https://doi.org/10.3390/rs14174241>.

[29] Johnson N, Treible W, Crispell D. *Open Sentinel Map: A Large-Scale Land Use Dataset using Open Street Map and Sentinel-2 Imagery*. IEEE Computer Society Conference on

فضایی شیمی و دینامیک ماده آلی در خاک‌ها، آلودگی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد و اخیراً در زمینه بیوچار نیز به تحقیقات گسترده‌ای پرداخته‌اند.

Golchin, A. Professor at the Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

✉ agolchin2011@yahoo.com



پرویز کرمی استادیار گروه مرتعداری در دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان می‌باشند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه کارایی اشکال و سطوح مختلف پلات برای برآورد تولید علفزارهای نیمه استپی و شبیه سازی عملکرد اکوسیستم‌های مرتعی با مدل CENTURY می‌باشد.

Karami, P. Assistant Professor at the Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran.

✉ P.karami@uok.ac.ir

۱۰۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های علمی ارائه نموده‌اند و همچنین در کمیته علمی و داوری بیش از ۴۰ مجله و کنفرانس علمی ملی و بین‌المللی فعالیت داشته‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: پردازش تصاویر فراطیفی و راداری، هوش مصنوعی در اطلاعات مکانی، توسعه کاربردهای سنجش از دور.

Sharifi, A. Associate Professor at the Department of Surveying and Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

✉ a_sharifi@sru.ac.ir



احمد گلچین استادیار گروه مهندسی علوم خاک در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان می‌باشند. ایشان دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را به ترتیب در دانشگاه‌های شیراز، تهران و ادلاید استارلیا سپری کردند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه حاصلخیزی خاک، توزیع

Citation (Vancouver): Felegari Sh, Moravej k, Sharifi A, Golchin A, Karami P. [Land use changes using satellite images processing and geographic information systems in Gilan province, Iran]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2024; 3(2): 287-295

 <https://doi.org/10.22061/jrsgr.2025.11659.1091>



COPYRIGHTS

© 2025 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)