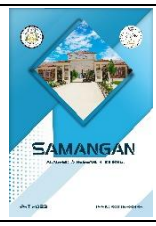
Samangan Scientific and Research Journal

https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ

DOI: 10.64226/sarj.v3i02.176

e-ISSN:3105-1715

ISSN: 3006-8835



Analysis of Land Use/ Land Cover Changes in Jalalabad City Using Landsat 8 Imagery and Comparison of Maximum Likelihood and Support Vector Machine Classification Methods in 2015 and 2023

Mohammad Karim Sirat[1*], Mohammad Nasir Haidari[2], Sayed Jawad Tamim[1], Mohammad Jawad Madadi[2]

[1] Department of Engineering Geodesy, Faculty of Geosciences, Bamyan University

[2] Graduate of Department of Engineering Geodesy, Faculty of Geosciences, Bamyan University

[*]*Corresponding Author:* karim.sirat68@gmail.com

Cite this study: Sirat, M. K., Haidari, M. N., Tamim, S. J., & Madadi, M. J. (2026). Analysis of Land Use/Land Cover Changes in Jalalabad City Using Landsat 8 Imagery and Comparison of Maximum Likelihood and Support Vector Machine Classification Methods in 2015 and 2023. *Samangan Academic & Research Journal*, *3*(2), 47–66.

Keywords

Land Use/ Land Cover, Image Classification, Remote Sensing, Maximum Likelihood Classification, Support Vector Machine, Accuracy Assessment, Change Detection,

Research

Received:2026-05-06
Revised: 2026-08-10
Accepted:2026-09-15
Published:2026-10-19

Abstract

Urban growth and changes in human activities can influence the land use and land cover (LULC) pattern of Jalalabad City; therefore, monitoring and quantifying these changes are important for sustainable urban planning and management. This study aimed to analyze LULC changes from 2015 to 2023 using Landsat 8 imagery and two supervised classification methods: Maximum Likelihood Classification (MLC) and Support Vector Machine (SVM). The study area comprised the urban area of Jalalabad City, and Landsat 8 images from 2015 and 2023 were used to extract and compare LULC classes. Following image preprocessing, four land-use/land-cover classes, including vegetation, bare soil, urban areas, and water bodies, were defined and classified. Training and validation samples were independently prepared and used to evaluate the performance of the two classification algorithms. The accuracy assessment showed that MLC achieved an overall accuracy of 96.5% and a Kappa coefficient of 0.95 in 2015, and an overall accuracy of 98.0% and a Kappa coefficient of 0.96 in 2023, whereas SVM achieved an overall accuracy of 95.6% and a Kappa coefficient of 0.94 in 2015, and an overall accuracy of 97.0% and a Kappa coefficient of 0.95 in 2023. Based on the MLC results, urban areas increased from 20.27 to 21.19 km², and vegetation cover increased from 1.45 to 3.86 km², whereas bare-soil areas decreased from 7.14 to 3.83 km², and water bodies decreased from 0.07 to 0.043 km². Overall, MLC showed slightly higher performance than SVM in both years, although the differences in classification accuracy were relatively small. The observed LULC changes indicate a decrease in bare-soil areas and an increase in urban areas and vegetation cover within the study area. These findings can support the monitoring of spatial changes and contribute to sustainable urban planning and management in Jalalabad City.



مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان
https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ
DOI: 10.64226/sarj.v3i02.176
e-ISSN: 3105-1715
ISSN: 3006-8835

تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر جلال‌آباد با استفاده از تصاویر لندست ۸ و مقایسه روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳

محمد کریم سیرت[۱،*] محمد ناصر حیدری[۲] سید جواد تمیم[۳] محمد جواد مددی[۴]
[۳،۱] رشته جیودیزی انجنیری، پوهنحی زمین شناسی، پوهنتون بامیان
[۴،۲] فارغ التحصیل رشته جیودیزی انجنیری، پوهنحی زمین شناسی، پوهنتون بامیان
*نویسندهٔ مسؤول: karim.sirat68@gmail.com

مرجع‌دهی: سیرت، م. ک.، حیدری، م. ن.، تمیم، س. ج.، و مددی، م. ج. (۱۴۰۴). تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر جلال‌آباد با استفاده از تصاویر لندست ۸ و مقایسه روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال (MLC) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳. مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان، ۳(۲)، ۶۶-۴۷

کلمات کلیدی
کاربری و پوشش اراضی، طبقه‌بندی تصاویر، سنجش از دور، حداکثر احتمال، ماشین بردار پشتیبان، ارزیابی صحت، آشکارسازی تغییرات،

چکیده

رشد شهرنشینی و تغییرات فعالیت‌های انسانی می‌تواند الگوی کاربری و پوشش اراضی شهر جلال‌آباد را تحت تأثیر قرار دهد؛ ازاین‌رو، پایش و کمی‌سازی این تغییرات برای برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار شهری اهمیت دارد. این تحقیق با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ با استفاده از تصاویر Landsat 8 و دو روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال (MLC) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) انجام شد. محدوده مورد مطالعه شامل محدوده شهری جلال‌آباد بوده و تصاویر Landsat 8 مربوط به سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ برای استخراج و مقایسه کاربری و پوشش اراضی استفاده شدند. پس از پیش‌پردازش داده‌ها، چهار کلاس کاربری شامل پوشش گیاهی، خاک، مناطق شهری و منابع آبی تعریف و طبقه‌بندی گردید. نمونه‌های آموزشی و اعتبارسنجی به‌صورت مستقل تهیه و برای ارزیابی عملکرد دو الگوریتم استفاده شدند. ارزیابی دقت نشان داد که روش MLC در سال ۲۰۱۵ دارای صحت کلی ۹۶.۵ درصد و ضریب کاپا ۰.۹۵ و در سال ۲۰۲۳ دارای صحت کلی ۹۸ درصد و ضریب کاپا ۰.۹۶ بوده است؛ درحالی‌که روش SVM در سال ۲۰۱۵ صحت کلی ۹۵.۶ درصد و ضریب کاپای ۰.۹۴ و در سال ۲۰۲۳ صحت کلی ۹۷ درصد و ضریب کاپای ۰.۹۵ را نشان داد. بر اساس نتایج روش MLC ، مناطق شهری از ۲۰.۲۷ به ۲۱.۱۹ کیلومترمربع و پوشش گیاهی از ۱.۴۵ به ۳.۸۶ کیلومترمربع افزایش یافته‌اند، در حالی‌که اراضی خاکی از ۷.۱۴ به ۳.۸۳ کیلومترمربع و منابع آبی از ۰.۰۷ به ۰.۰۴۳ کیلومترمربع کاهش یافته‌اند. در مجموع، روش MLCدر هر دو سال عملکرد اندکی بالاتری نسبت به SVM نشان داد، هرچند اختلاف دقت دو روش محدود بود. نتایج تغییرات کاربری و پوشش اراضی نیز بیانگر کاهش اراضی خاکی و افزایش مناطق شهری و پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه است که می‌تواند برای پایش تغییرات فضایی و پشتیبانی از برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار شهری در جلال‌آباد مورد استفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

تغییر پوشش زمین به یک جزء اصلی در استراتژی‌های فعلی برای مدیریت منابع طبیعی و نظارت بر تغییرات محیطی تبدیل شده است. گسترش شهری خسارات جدی به زمین‌های کشاورزی، زمین‌های پوشش گیاهی و بدنه‌های آبی وارد کرده است (Abd et al., 2013). تغییر کاربری سریع زمین یک چالش فعلی برای مدیریت زیست محیطی در سراسر جهان است. نظر به نیاز فوری به گنجاندن اهداف اقتصادی و زیست محیطی در برنامه ریزی‌های شهری، استراتژی‌های حفاظتی مقرون به صرفه مورد نیاز است (Shuangao et al., 2021). رشد شتابان شهری، افزایش جمعیت، گسترش بی‌رویه ساخت‌وساز و مدیریت نامناسب زمین از عوامل مهم تغییرات LULC به شمار می‌روند. داده‌های سنجش از دور نیز به‌طور گسترده برای طبقه‌بندی و پایش تغییرات کاربری و پوشش زمین استفاده شده‌اند (Kim, 2016). در شهر جلال‌آباد، رشد شهری و گسترش ساخت‌وساز، ضرورت پایش تغییرات کاربری و پوشش زمین و بررسی پیامدهای آن بر زمین‌های زراعتی را افزایش داده است.

به دلیل برنامه‌ریزی و مدیریت نامناسب، رشد شتابان شهری، افزایش جمعیت و گسترش بی‌رویه ساخت‌وساز، به چالش بزرگی برای توسعه پایدار شهری تبدیل شده است. تشخیص چنین تغییرات ممکن است به تصمیم گیرندگان و برنامه ریزان کمک کند تا عوامل موثر در تغییر کاربری و پوشش زمین را درک کنند. تا اقدامات موثر و مفیدی انجام دهند (Reveshty, 2011). توسعه یک منطقه مستلزم برنامه ریزی دقیق و مولد کاربری زمین به دلیل محدودیت‌های زمین است. تقریبا در همه دنیا، به ویژه کشورهای در حال رشد سریع، از جمله اندونزی، به یک مشکل تبدیل شده است. هدف فناوری سنجش از دور ارائه داده‌های مکانی دقیق برای حمایت از تصمیم گیرندگان است (Saing et al., 2021). نیاز به نظارت و تعیین کمیت تغییرات در پوشش گیاهی در مناطق وسیع با استفاده از داده‌های سنجش از دور به خوبی شناخته شده است. سنجش از دور (RS) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای مهمی برای ارزیابی و پایش تغییرات محیط‌زیستی هستند. پوشش گسترده و تکرارشونده تصاویر ماهواره‌ای، امکان شناسایی و پایش تغییرات سطح زمین را در مقیاس‌ها و تفکیک‌پذیری‌های مختلف فراهم می‌کند (Basommi et al., 2015). با وجود اهمیت این موضوع، مطالعات مقایسه‌ای درباره عملکرد الگوریتم‌های MLC و SVM برای تحلیل تغییرات LULC در شهر جلال‌آباد محدود است. در مطالعه اخیر در افغانستان نیز، استفاده از تصاویر Landsat-8 و روش SVM برای بررسی تغییرات پوشش زمین و پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفته است (Sirat et al., 2025).

گسترش شهری، همراه با فرآیندهای جمعیتی مترقی و همچنین اقتصادی، اجتماعی یا سیاسی، یک فرآیند پویا و پیچیده است که اغلب اثرات نامطلوبی بر تغییرات LULC دارد (Wiatkowska et al., 2021). افزایش شهرنشینی و صنعتی‌شدن در قرن بیستم و بیست‌ویکم، تغییرات چشمگیری در کاربری و پوشش زمین ایجاد

کرده و بر کیفیت زندگی شهروندان تأثیر گذاشته است. اطلاعات دقیق LULC برای بررسی پدیده‌هایی مانند سیلاب، خشکسالی، مهاجرت و تغییرات اقلیمی و نیز برنامه‌ریزی پایدار مناطق اهمیت اساسی دارد. تغییرات LULC یکی از محرک‌های برجسته تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان است (Basheer et al., 2022).

با توجه به افزایش مداخله انسان در محیط زیست، اکثر مناظر در سطح زمین به نوعی تغییر کرده اند. در نتیجه فشار زیادی بر محیط‌زیست زمین و اجزای آن وجود دارد. کاربری زمین توصیف می کند که چگونه یک قطعه زمین مانند کشاورزی، اقامتگاه‌ها یا صنعت استفاده می‌شود. در حالی که پوشش زمین، ویژگی‌های فیزیکی موجود در سطح زمین، مانند پوشش گیاهی، سنگ‌ها و ساختمان‌ها را توصیف می کند (Jain et al., 2016). تغییر شرایط محیطی می‌تواند منجر به تغییر عمده رژیم حتی در دوره‌های زمانی بسیار محدود شود (Kolli et al., 2020). کاربری/ پوشش زمین یک منطقه نتیجه‌ای از عوامل طبیعی و اجتماعی-اقتصادی و مصرف آنها توسط انسان در زمان و مکان است. اصطلاح کاربری و پوشش زمین اغلب به طور همزمان برای ترسیم نقشه‌ها استفاده می‌شوند. که اطلاعات در مورد انواع ویژگی‌های موجود در سطح زمین ارائه می‌دهد (Ratnaparkhi et al., 2016). یکی از تأثیرات مهم فعالیت‌های انسانی بر اقلیم شهری، تغییر کاربری و پوشش زمین در اثر شهرنشینی است که می‌تواند تأثیر مستقیمی بر دمای سطح زمین (LST) داشته باشد. با این حال تغییرات LULC بر LST تأثیر می گذارد (Sadiq Khan et al., 2020). گسترش شهری یکی از اصلی ترین پدیده‌های مهمی است که ساختار فضایی شهری را تهدید می کند (Soltani et al., 2017).

تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی اجتماعی در مناطق شهری منجر به گسترش سریع شهری در سراسر جهان در دهه‌های اخیر شده است. در صورت‌که این روند افزایش یابد تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری افزایش یافته تا پایان سال ۲۰۳۰ تقریبا سه برابر خواهند شد (Yang et al., 2019). امروزه بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در شهرستانها زندگی می کنند. شهرنشینی سریع منجر به تغییرات کاربری اراضی شده و زمین‌های طبیعی به زمین‌های توسعه یافته، که منجر به یک سری از مسائل زیست محیطی می گردد (Wang et al., 2019). گسترش شهری به عنوان یکی از مهم ترین مشکلات در چندین کشور درحال توسعه در نظر گرفته شده است (Losiri et al., 2016). انفجارهای اخیر در جمعیت شناسی و شهرنشینی نگرانی‌هایی را برای بررسی ابعاد مختلف محیط‌زیست انسانی برانگیخته است (Nkwunonwo et al., 2013). اطلاعات تشخیص تغییر LULC برای نظارت، برنامه‌ریزی، تصمیم گیری و توسعه اجتماعی و اقتصادی ضروری است (Kumar et al., 2020). مطالعات تغییرات پوشش زمین نیز اطلاعات ارزشمندی را برای تجزیه و تحلیل اثرات محیطی فعالیت‌های انسانی، تغییرات آب و هوا و سایر نیروها ارائه می‌دهد (Tegene et all., 2002). مطالعه تغییرات کاربری و پوشش اراضی مبنایی برای درک بهتر تعاملات میان انسان و پدیده‌های طبیعی و مدیریت و

استفاده مناسب از این منابع زمینی را فراهم می‌کند (Kakehmami et al., 2021). بنابراین، تغییرات الگوی LULC بر محتوای کیفیت آب‌های زیر زمینی و پارامترهای آب و هوا تأثیر می‌گذارد (Pande et al., 2021).

تغییرات در LULC یک عامل کلیدی در تغییرات محیطی جهانی است (Sinha et al., 2013). شهرنشینی امروزه منجر به تغییرات پویا و شدید در استفاده از کاربری و پوشش زمین می‌شود که تأثیر قابل توجهی بر محیطی زیست دارد. تجزیه و تحلیل دقیق و ارزیابی این فرآیند برای انجام اقدامات آگاهانه برای کاهش تأثیر آن بر محیط زیست و رفاه انسان ضروری است (Chapa et al., 2019). تغییر کاربری زمین ممکن است بر بسیاری از پدیده‌های طبیعی و فرآیندهای اکولوژیکی، از جمله رواناب، فرسایش خاک، رسوب‌گذاری و شرایط خاک تأثیر بگذارد (Kelarestaghi et al., 2006). در نتیجه کشاورزی، جنگل، زمین‌های زراعتی، زمین‌های بایر باعث تغییرات LULC و گسترش شهری می‌شود (Raziq et al., 2016). تغییر کاربری اراضی با تغییر تاج پوشش، ویژگی‌های خاک و عوامل بیوفیزیکی مؤثر بر تبخیر و تعرق و تغییر کاربری آب زیرزمینی، بر عملکرد آب حوزه تأثیر می‌گذارد. اطلاعات فضایی در مورد پوشش زمین نقش مهمی در تشخیص انواع کاربری زمین در سطح زمین یا سطح محلی دارد (Li et al., 2020). با وجود مطالعات انجام‌شده در سایر شهرهای افغانستان، از جمله کابل، که عملکرد روش‌های MLC و SVM را برای طبقه‌بندی LULC مقایسه (Sirat et al., 2026) ، مقایسه مستقیم این دو الگوریتم برای بررسی تغییرات LULC در شهر جلال‌آباد انجام نشده است. ازاین‌رو، ارزیابی عملکرد MLC و SVM در جلال‌آباد می‌تواند یک خلأ محلی و روش‌شناختی را پوشش داده و اطلاعات مفیدی برای تحلیل تغییرات و برنامه‌ریزی شهری فراهم کند.

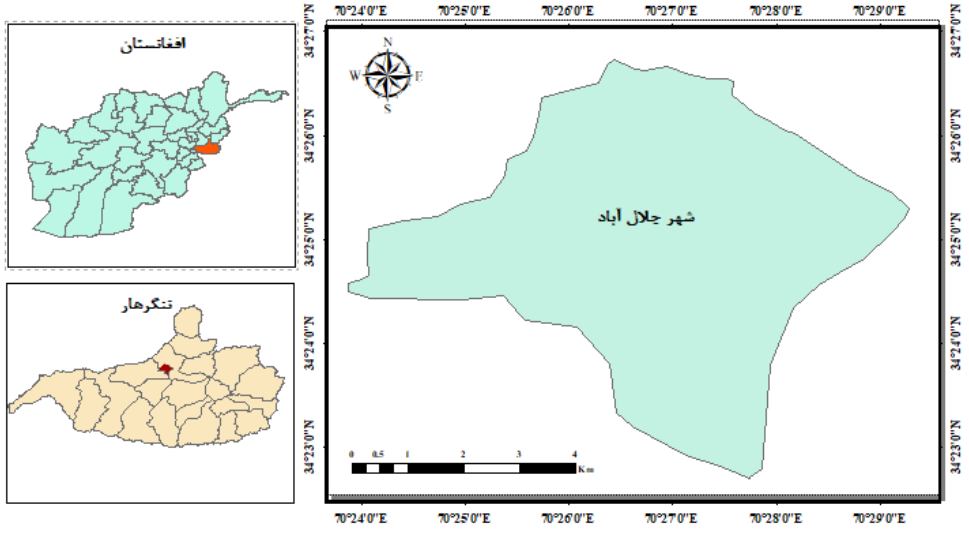
تغییر کاربری و پوشش اراضی تغییرات کمی در وسعت (افزایش یا کاهش) یک نوع کاربری یا پوشش زمین معین است. همچنین شامل تغییر یا اصلاح و تبدیل یک نوع استفاده یا پوشش به نوع دیگر است (Ejaro et al., 2013). بر این اساس، این مطالعه با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی در شهر جلال‌آباد، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸، و مقایسه دو الگوریتم طبقه‌بندی MLC و SVM در دو مقطع زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ انجام شده است تا روند تحولات فضایی منطقه شناسایی و ارزیابی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

ولایت ننگرهار در شرق کشور در ۷۰ درجه و ۲۸ دقیقه طول البلد شرقی و در ۳۳ درجه و ۵۶ دقیقه عرض البلد شمالی موقعیت داشته و از سطح بحر ۵۹۹ متر ارتفاع دارد. مساحت آن ۷۹۱۶ کیلومتر مربع می‌باشد. ولایت ننگرهار هم سرحد با ولایت‌های ذیل می‌باشد از طرف غرب با ولایت‌های کابل و لوگر، ازطرف جنوب در منطقه سپین غر با ولایت پکتیا و خیبرپشتون‌خواه هم سرحد است. و همچنان بخش شرقی و جنوب شرقی ننگرهار

با خط دیورند هم سرحد است. سطح متوسط حرارت ننگرهار در فصل تابستان ۴۵ درجه سانتی گرید و درفصل زمستان تا مثبت ۲ درجه سانتی گرید می‌رسد. دارای اقلیم مدیترانه‌یی است. و مرکز آن شهر جلال آباد می‌باشد و مهمترین شهر بین کابل تا پیشاور است. این شهر در ۱۵۰ کیلومتری شرق کابل در نزدیکی گردنه خیبر قرار دارد و ارتفاع آن از سطح بحر ۵۷۰ متر می‌باشد(UN-Habitat, 2015). جمعیت آن بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار نفر می‌رسد و در زمستان دارای آب و هوای معتدل و زمین‌های حاصلخیز دارند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲- داده‌های مورد مطالعه

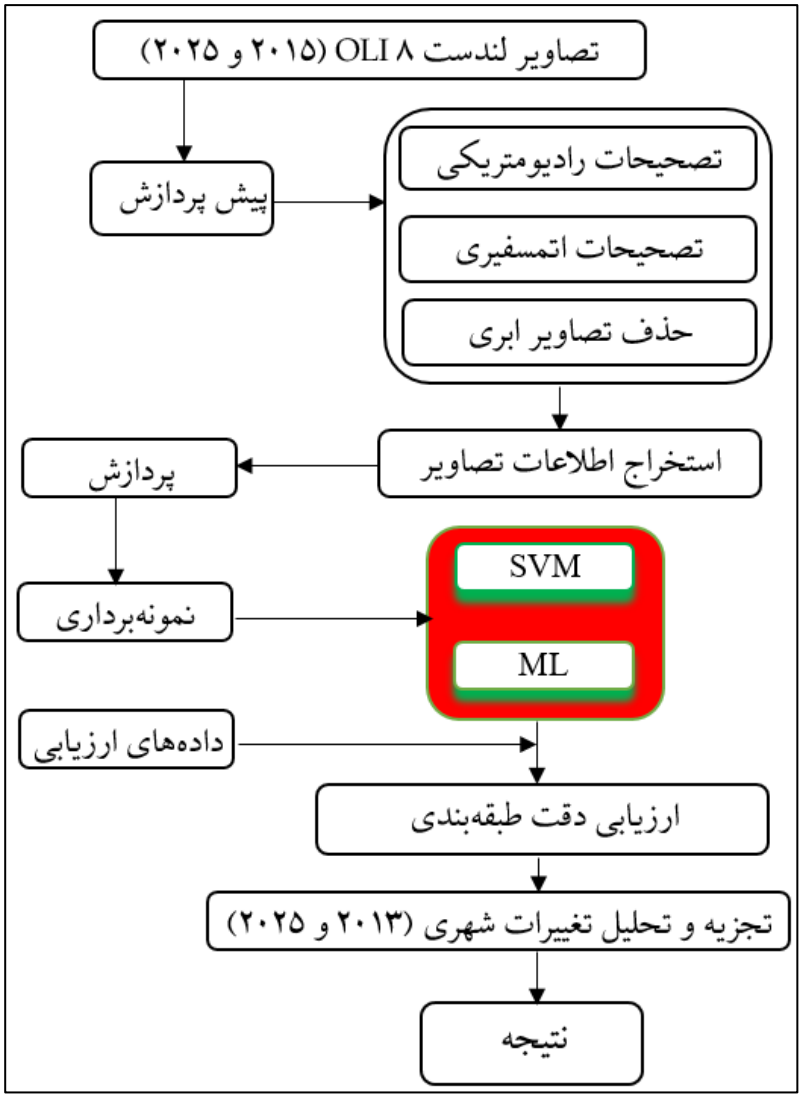
در این تحقیق از تصاویر Landsat 8 OLI/TIRS، در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ استفاده شد. تصاویر بر اساس شناسایی صحنه، تاریخ اخذ، پوشش ابری و کیفیت داده (QA) انتخاب و پس از اعمال ماسک ابر و سایه ابر مورد استفاده قرار گرفتند. بازتاب سطحی با ضریب مقیاس استاندارد محصول Collection 2 تبدیل شد و داده‌ها در سیستم مختصات WGS 84 / UTM Zone 42Nپردازش شدند. در هر سال، یک تصویر با کمترین پوشش ابر و کیفیت مناسب انتخاب شد تا شرایط فصلی و زمانی تا حد امکان مشابه بوده و مقایسه تغییرات LULC بین ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ یکدست باشد. مشخصات کامل تصاویر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. استخراج شده برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی درمنطقه مورد مطالعه.

نوع داده مورد استفاده	ماهواره	نام سنجنده	نام منطقه تصویر	مسیر	گذر	تاریخ اخذ تصویر	قدرت تفکیک/ مقیاس
تصویر ماهواره‌ای	لندست-۸	OLI	جلال آباد	۱۵۲	۳۶	۲۰۱۵/۱۰/۴	۳۰
تصویر ماهواره‌ای	لندست-۸	OLI	جلال آباد	۱۵۲	۳۶	۲۰۲۳/۱۰/۱۰	۳۰

۲-۳-روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا اطلاعات مورد نیاز از ساحه مورد مطالعه جمع‌آوری و سپس تصاویر Landsat 8 OLI در محیط ENVI 5.6 پردازش و تحلیل شدند. پس از پیش‌پردازش و اعمال تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری، باندهای طیفی مورد نیاز انتخاب و تصاویر با روش بازنمونه‌برداری Nearest Neighbor به محدوده مطالعه برش داده شدند. سپس طبقات کاربری زمین شامل مناطق شهری، خاک، پوشش گیاهی و آب تعریف و با استفاده از دو روش SVM و MLC طبقه‌بندی شدند. نمونه‌های آموزشی به‌صورت تصادفی از طبقات مختلف تهیه و پس از طبقه‌بندی، نتایج با استفاده از شاخص‌های صحت ارزیابی و عملکرد دو روش مقایسه گردید. در نهایت، تغییرات کاربری زمین در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ با مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده و محاسبه مساحت هر طبقه تعیین شد.



شکل ۲. فلوچارت جریان مراحل تحقیق

پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پیش پردازش داده‌های تصویری شاخه‌ای از پردازش تصویر دیجیتال است. که این تکنیکی است که دریافت داده‌های خام از حسگرهای دوربین قرار داده شده در ماهواره‌ها، کاوشگرهای فضایی و هواپیما یا تصاویر گرفته شده در زندگی عادی روزانه را برای کاربردهای مختلف افزایش می‌دهد (Kumar et al., 2020). دراین تحقیق، پیش پرادزش با استفاده از دو روش انجام می‌شود. تصحیح رادیومتریکی و تصحیح اتمسفیریک(جوی) در ENVI. در این مطالعه از بازتاب سطحی محصولات Landsat 8 Level-2 استفاده شد و تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری مطابق محصول اعمال گردید.

تصحیح رادیومتریکی و اتمسفیری

تصحیح رادیومتریک در سنجش از دور یکی از ضروریات است. که جهت حذف جوی زمانی که بیشتر احساس می‌گردد انجام می‌شود. تصحیح رادیومتری شامل از آن بخش از تصحیحات می‌گردد که فقط بر روی درجات خاکستری اعمال می‌شود که با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت جداگانه (به صورت پیکسل به پیکسل) سعی در جبران بعضی از خطاهای موجود تصاویر ماهواره‌ای دارند (Karimian et al., 2020). تصحیح رادیومتریکی زمانی انجام می گیرد که از تصاویر چند زمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف باشند، صورت می‌گیرند. که دو نوع تصحیح رادیومتریکی وجود دارند؛ تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی، که روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند وردد داده‌های مربوط به خوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده می‌باشد. که انجام این تصحیح در اغلب موارد و به خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی می‌باشد. و همچنان در مقابل تصحیحات رادیومتریک نسبی با هدف کاهش متغیرهای اتمسفریک و غیره منتظره در میان تصاویر چندزمانه صورت می‌گیرد یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی، کاهش تیرگی پدیده است (Arekhi et al., 2022). در مرحله پیش‌پرازش تصاویر، تصحیحات اتمسفری بر روی آنها انجام می‌گردد. دراین تحقیق از تصحیح اتمسفری تفریق تیره استفاده شد. این تصحیح بر روی هر دو تصویر انجام گرفت. تصحیح اتمسفری در مواردی که به مقادیر انرژی ساطع شده از اشیا نیاز است و هنگامی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیا از اثرهای اتمسفری کمتر باشد. ضروری است. تصحیح اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای از راه دور است. از جمله درین تصحیح به خصوص در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چندزمانه مدنظر است استفاده می‌شود (Karimian et al., 2020). در این تحقیق جهت از بین بردن خطای ناشی از اتمسفر و به اصطلاح تصحیح اتمسفری از نرم افزار ENVI و روش کاهش تیرگی پدیده استفاده شد. همچنین به منظور از بین بردن خطای نوار نوار شدن تصویر سنجنده از روش Destripe استفاده می‌شود (Pakkhesal et al., 2021). با توجه به اینکه سنجنده Landsat 8 OLI فاقد مشکل SLC-off است، این روش تنها در صورت مشاهده نوارشدگی در تصاویر مورد استفاده و برای کاهش آثار احتمالی نوارشدگی اعمال گردید. تصحیح اتمسفریک نیز با استفاده از تکنیک کاهش پیکسل‌های تاریک با فرض اینکه پیکسل‌های تاریک با حداکثر احتمال، کمترین میزان انعکاس طیفی را داشته اند، انجام می‌گردد (Jafareiyan et al., 2020).

طبقه‌بندی تصاویر

در فرایند طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال، ابتدا پس از اعمال اصلاحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای، شامل تصحیحات رادیومتریکی، تصحیحات اتمسفری، حذف

نویز و برش تصویر، مناطقی به‌عنوان داده‌های آموزشی انتخاب گردیدند (Sirat and Masoomeh, 2024). به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ در محدوده شهر جلال‌آباد، چهار کلاس کاربری و پوشش اراضی شامل پوشش گیاهی، خاک، مناطق شهری و منابع آبی تعریف شد. نمونه‌های آموزشی به‌صورت مجزا و با توزیع مکانی مناسب برای هر چهار کلاس در هر دو سال تهیه و از همان نمونه‌ها برای اجرای هر دو الگوریتم MLC و SVM استفاده شد؛ داده‌های آموزشی نیز از داده‌های ارزیابی صحت مستقل بودند. طبقه‌بندی این تصاویر با بهره‌گیری از دو روش رایج یعنی MLC و SVM به‌منظور بررسی تغییرات کاربری زمین انجام گرفت.

الف) ماشین بردار پشتیبان(SVM)

روش ماشین بردار پشتیبان یک از روش‌های نسبتا جدیدی است. که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به دیگر روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون نشان داده است. ماشین‌های برداری پشتیبان یکی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد که در اختصار آن‌ها را به نام SVM می‌شناسد که اولین بار توسط واپنیک و چروواننکیس در سال ۱۹۹۵ معرفی شده است (Delgarm et al., 2023). در این تحقیق، SVMبا کرنل شعاعی, (RBF) پارامتر C و γ بهینه‌شده و معیار توقف پیش‌فرض نرم‌افزار تنظیم و اجرا شد.

ب) روش حداکثر احتمال(MLC)

روش حداکثر احتمال (MLC) یکی از روش‌های رایج برای طبقه‌بندی پوشش زمین است که براساس احتمال اختصاص یک پیکسل به کلاس استوار می‌باشد. بنابراین، در این روش فرض می‌شود که داده‌های طیفی هر کلاس دارای توزیع نرمال چندمتغیره بوده و میانگین و ماتریس کوواریانس هر کلاس قابل برآورد است. در این تحقیق، نمونه‌های آموزشی کافی برای هر طبقه انتخاب و فرض توزیع نرمال و تفاوت آماری بین طبقات بر اساس آمار طیفی نمونه‌های آموزشی بررسی شد. جهت استفاده از این روش، معادله 1 مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mehdizad et al., 2019).

$$gi(x) = [lna] - [0.5\ln|covc|] - [0.5(covc-1)(x-Mc)(x-Mc)T] \quad (1)$$

درمعادله فوق c کلاس مورد نظر و ac احتمال اختصاص یک پیکسل به کلاس c است. x متغیر چندبعدی(n تعداد باند) است. covc و Mc ماتریس کوواریانس و بردار میانگین نمونه تعلیمی کلاس c را نشان می‌دهد. تابع ln لگاریتم طبیعی و T تابع انتقال است.

انتخاب روش آشکارسازی تغییرات

در این تحقیق با استفاده روش‌های پس از طبقه‌بندی جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی استفاده شد. زیرا جهت شناخت این تغییرات به صورت وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای استفاده از این روش با ایجاد

یک ماتریس دوسویه منجر می‌شود که تغییرات مختلف کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کند. تحلیل جدول‌بندی متقاطع براساس پیکسل بر پیکسل و تعیین کمیت تبدیلات از یک طبقه کاربری خاص به طبقه کاربری دیگر و مساحت‌های که مربوط به این تغییرات در دو بازه زمانی مورد نظر را تسهیل می‌کند، که یک لایه جدید حاوی طبقات تغییرات from-to نیز برای هر مقطع از زمانی تولید می‌گردد. با استفاده از این نقشه‌ها جهت مشخص نمودن میزان، موقعیت و ماهیت تغییرات نشان داده شده استفاده می‌شود. در این تحقیق، یک فرایند همپوشانی برای اکتساب تغییرات مکانی در کاربری اراضی در طول دو بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا نقشه طبقه‌بندی‌شده سال ۲۰۱۵ و سپس نقشه سال ۲۰۲۳ با سیستم مختصات، اندازه پیکسل و محدوده مکانی یکسان آماده و تغییرات پیکسل‌به‌پیکسل بین طبقات دو نقشه با استفاده از نرم‌افزار محاسبه شد .برای کاهش عدم‌قطعیت گذارها، هم‌ثبت‌سازی مکانی تصاویر، یکسان‌بودن اندازه پیکسل و ارزیابی مستقل صحت طبقات، به‌ویژه در تفکیک خاک و مناطق ساخته‌شده، کنترل گردید .در نهایت، ماتریس تغییرات و لایه From–To برای تعیین نوع و مساحت تبدیل هر طبقه به طبقات دیگر تهیه شد (Kakehmami et al., 2021).

۲-۴- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

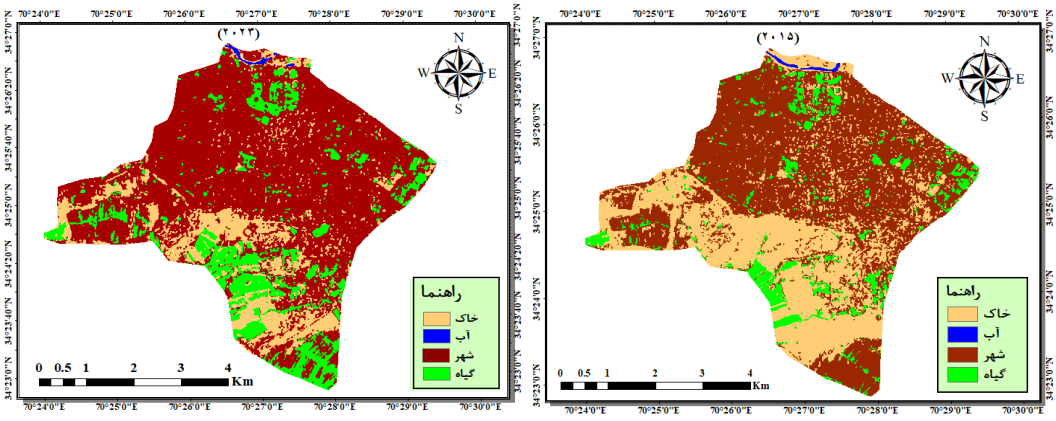
در این تحقیق برای بررسی صحت طبقه‌بندی تصاویر، با استفاده از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه صحت با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه پارامتری‌های آماری صحت کلی (Overall accuracy)، و ضریب کاپا (Kappa coefficient) اقدام شد. با توجه به دسترس نبودن اطلاعات میدانی در بازه‌های زمانی انتخاب شده، جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام گردید. نمونه‌های اعتبارسنجی به‌صورت مستقل از نمونه‌های آموزشی و با توزیع مکانی مناسب بین طبقات انتخاب و برای ارزیابی صحت هر دو نقشه استفاده شدند.

۳- نتایج طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳

نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از دو روش حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان، برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ در شکل ۳ ارائه شده‌اند. طبق نتایج که بدست آمده درهر دو روش کاربری شهری در هر دو بازه زمانی مورد نظر بیشترین سطح اراضی را به خود اختصاص داده است. همچنین کاربری پهنه‌آبی کمترین سطح را به خود اختیار نموده است. نتایج بررسی صحت نقشه‌ها با ضریب کاپا و صحت کلی نشان داده شد،که ضریب کاپا و صحت کلی در روش حداکثر احتمال در طی دو بازه زمانی مورد نظر بهتر بوده است.

جدول ۲. ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳.

سال	روش طبقه‌بندی	ضریب کاپا	صحت کلی
۲۰۱۵	حداکثر احتمال	۰.۹۵	۹۶.۵
	ماشین بردار پشتیبان	۰.۹۴	۹۵.۶
۲۰۲۳	حداکثر احتمال	۰.۹۶	۹۸.۰
	ماشین بردار پشتیبان	۰.۹۵	۹۷.۰



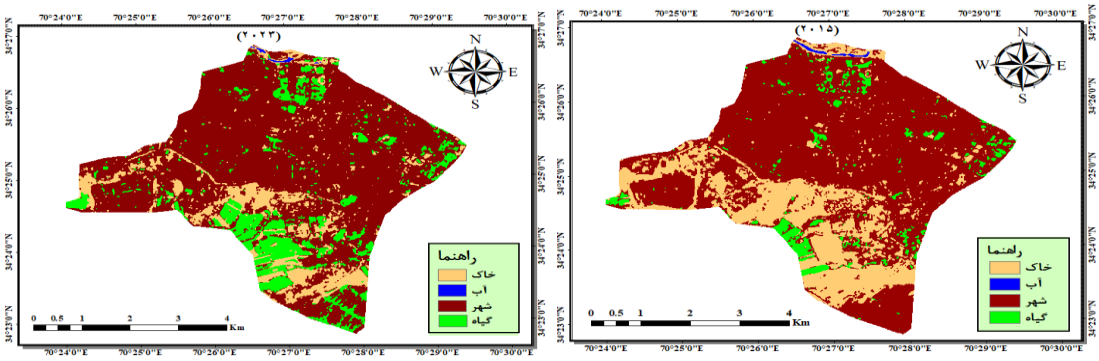
(الف) (ب)

شکل ۳. تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان، (الف) سال ۲۰۱۵ ، (ب) سال ۲۰۲۳

نقشه به دست آمده از منطقه مورد مطالعه با روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان(SVM) بین دو بازه زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ انجام گردید. نتایج نشان داد که عملکرد این روش در مقایسه با روش حداکثر احتمال در برخی طبقات کمتر مطلوب بوده است که احتمالاً ناشی از شباهت طیفی و اختلاط پیکسل‌ها، به‌ویژه در طبقات خاک و مناطق شهری، می‌باشد. طبق این طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۵ بیشترین مساحت را کاربری‌های خاک و شهر تشکیل داده، کمترین مساحت را کاربری‌های آب و گیاه در بر گرفته است. اما در سال ۲۰۲۳ بیشترین تغییرات در کاربری خاک و شهر ایجاد گردیده است و همچنان ساحات گیاهی نسبتا افزایش یافته است نتایج طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان(SVM) در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳. مساحت کاربری اراضی در دوره مطالعه با استفاده از روش SVM.

نوع کاربری	۲۰۱۵	۲۰۲۳
	مساحت به کیلومترمربع	**مساحت به کیلومترمربع**
خاک	۱۰.۳۸	۴.۷۹
آب	۰.۰۸	۰.۰۸
شهر	۱۶.۰۱	۱۹.۷۰
گیاه	۲.۴۵	۴.۳۵



(الف) (ب)

شکل ۴. تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از روش حداکثر احتمال، (الف) سال ۲۰۱۵ ، (ب) سال ۲۰۲۳

طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال یکی از روش‌های رایج برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی است. با توجه به اختلاف محدود صحت کلی دو الگوریتم، برتری MLC به‌صورت قطعی ادعا نمی‌شود و مقایسه عملکرد آن با SVM بر اساس نمونه‌های اعتبارسنجی مستقل و مشترک انجام گرفت. نتایج حاصل از این طبقه‌بندی نشان داد که بیشترین مساحت در سال ۲۰۱۵ مربوط به ساحات خاکی و شهری و کمترین مساحت مربوط به ساحات آبی و گیاهی بوده است. اما در سال ۲۰۲۳ بیشترین مساحت کاربری را گیاه و شهر و کمترین مساحت را ساحات خاک و آب دربر گرفته است.

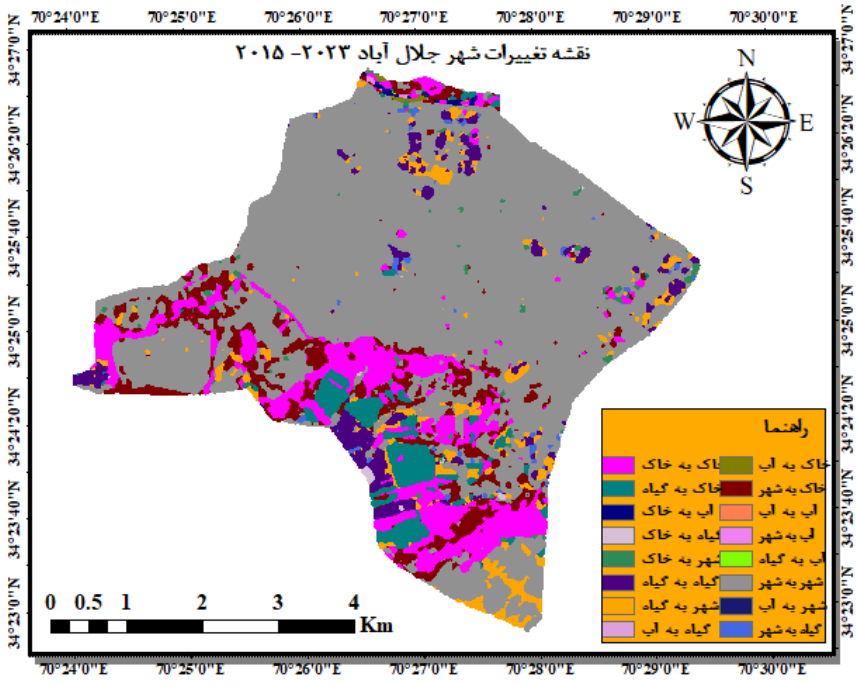
جدول ۴. مساحت کاربری اراضی در دوره مطالعه با استفاده از روش MLC.

نوع کاربری	۲۰۲۳	۲۰۱۵
	مساحت به کیلومترمربع	**مساحت به کیلومترمربع**
خاک	۳.۸۳	۷.۱۴
آب	۰.۰۴۳	۰.۰۷
شهر	۲۱.۱۹	۲۰.۲۷
گیاه	۳.۸۶	۱.۴۵

طبق نتایج این طبقه‌بندی مساحت‌های بین دوبازه زمانی به دست آمده است درسال ۲۰۱۵، ۷.۱۴ کیلومتر مربع مساحت ساحه خاکی، ۰.۰۷ کیلومترمربع مساحت ساحات آبی، ۲۰.۲۷ کیلومترمربع مساحت ساحات شهری و ۱.۴۵ کیلومترمربع مساحت گیاهی را احتوا نموده است. همچنان ۲۰۲۳، ۳.۸۳ کیلومترمربع ساحات خاکی، ۰.۰۴ کیلومترمربع ساحات آبی، ۲۱.۱۹ کیلومترمربع ساحات شهری و ۳.۸۶ کیلومترمربع را ساحات گیاهی احتوا نموده است.

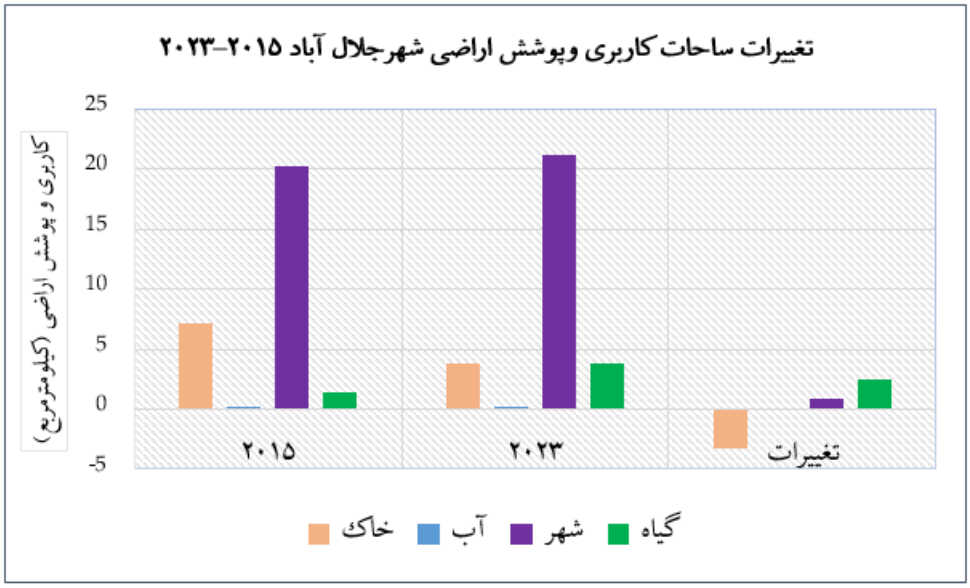
۳-۱- آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی به‌روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بین دو بازه زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. بعد از تهیه نقشه کاربری اراضی هر یک از بازه زمانی مورد نظر و همچنان مقدار تغییرات ساحات کاربری استخراج گردید. این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از داده‌های سنجش از دورکه دارای توانایی بهتر بوده که جهت استخراج ساحات کاربری اراضی و ارزیابی مقدار تغییرات نقش مهم دارد. بنابراین نشان میدهد که مقدار ضرایب و دقت بهتری را برای استخراج داده‌ها دارند از این جهت می‌توان گفت دقت طبقه‌بندی نقش اساسی را برای دریافت دقیق ساحات کاربری دارند. برای دریافت ساحات کاربری دارای دقت بالا باشند توصیه می‌شود از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالا بدون نویز استفاده گردد. در این تحقیق با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثراحتمال انجام شده است. چون این روش بهترین نتیجه را برای دریافت تغییرات کاربری اراضی داده است.



شکل ۵. نقشه تغییرات کاربری در دوره‌های مورد مطالعه ۲۰۱۵و۲۰۲۳.

نتایج که از این تحقیق بدست آمده است در دو بازه زمانی مقدار تغییرات که در کاربری خاک ۳.۳۱ کیلومترمربع، مقدار تغییرات ساحات آبی ۰.۰۳ کیلومترمربع کاهش نموده است. همچنین مقدار تغییرات درساحات شهری ۰.۹۲ کیلومتر مربع و مقدار تغییرات در ساحات گیاهی ۲.۴۱ کیلومترمربع افزایش یافته است. این تغییرات با توجه به خطای طبقه‌بندی بررسی شد و تغییرات آب و مناطق شهری در صورتی واقعی در نظر گرفته شدند که از میزان خطای دو نقشه بیشتر باشند.



شکل ۶. تغییرات پوشش کاربری اراضی شهر جلال‌آباد (۲۰۱۵-۲۰۲۳).

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد تغییرات کاربری کلاس‌های مختلف درسال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ در شکل۶، ارائه شده است. بیشترین تغییرات کاربری‌های موجود، تغییرکاربری اراضی خاک وگیاه بوده. کاربری خاک ۳.۳۱ کیلومترمربع کاهش یافته وگیاه ۲.۴۱ کیلومترمربع افزایش نموده، همچنین تغییرات کاربری اراضی شهر و آب کمترین تغییرات را داشته که کاربری شهر۰.۹۲کیلومترمربع افزایش کرده و آب ۰.۰۳ کیلومترمربع کاهش نموده است. ازجمله کاهش آب نگران کننده می‌باشد که باعث خشک شدن زمین شده اگر این روند ادامه ویا افزایش یابد عواقب خطرناک را در قبال خواهد داشت. آب یک عنصرحیاطی است که در اثر کمبود آن مشکلات زیادی را به وجود می‌آورند.

۴- نتیجه گیری

مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته طبقه‌بندی، به ویژه روش حداکثر احتمال (MLC) و ماشین بردار پشتیبان (SVM)، در تحلیل داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند دقت بالایی در شناسایی تغییرات کاربری اراضی شهر جلال‌آباد ایجاد کند. همان‌طور که در تحقیق‌های مشابه تأکید شده، تنظیم بهینه پارامترهای الگوریتم

و کیفیت داده‌های آموزشی نقش مهمی در افزایش صحت طبقه‌بندی دارد. در مورد جلال‌آباد، تغییرات قابل توجه در کاربری اراضی طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ نشان‌دهنده روند گسترش مناطق شهری و پوشش گیاهی و کاهش اراضی خاکی و منابع آبی است که این تغییرات می‌تواند با مجموعه‌ای از عوامل انسانی و محیطی مرتبط باشد؛ بااین‌حال، بررسی و تعیین سهم هر یک از این عوامل در چارچوب تحقیق حاضر انجام نشده است. بنابراین، همانند یافته‌های تحقیقات دیگر، استفاده از روش‌های دقیق‌تر و به‌روزرسانی داده‌ها و الگوریتم‌ها برای بهبود پایش کاربری اراضی و مدیریت پایدار منابع طبیعی در مناطق شهری مانند جلال‌آباد ضروری است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، الگوریتم‌های یادگیری عمیق و رویکردهای شیءگرا به کار گرفته شوند تا دقت و صحت طبقه‌بندی‌ها بهبود یابد و حساسیت ویژگی‌های مؤثر به‌طور دقیق‌تر بررسی گردد.

۵- منابع

Abd, H. A. A. R., & Alnajjar, H. A. (2013). Maximum likelihood for land-use/land-cover mapping and change detection using Landsat satellite images: A case study "South of Johor". *International Journal of Computational Engineering Research*, *3*(6), 26-33,

Arekhi, S., Ata, B., & Shakooei, E. (2022). Evaluation of vegetation/land use change techniques using satellite images and GIS (Case study: Gorganrood Basin). *Physical Social Planning*, *9*(2), 41-60, https://doi.org/10.30473/psp.2022.60210.2506

Basheer, S., Wang, X., Farooque, A. A., Nawaz, R. A., Liu, K., Adekanmbi, T., & Liu, S. (2022). Comparison of land use land cover classifiers using different satellite imagery and machine learning techniques. *Remote Sensing*, *14*(19), 4978, https://doi.org/10.3390/rs14194978

Basommi, P. L., Guan, Q., & Cheng, D. (2015). Exploring Land use and Land cover change in themining areas of Wa East District, Ghana usingSatellite Imagery. *Open Geosciences*, *7*(1), 20150058, https://doi.org/10.1515/geo-2015-0058

Chapa, F., Hariharan, S., & Hack, J. (2019). A new approach to high-resolution urban land use classification using open access software and true color satellite images. *Sustainability*, *11*(19), 5266, https://doi.org/10.3390/su11195266

Delgarm Saeed, Ganjalikhani Moein, & Bakhtiari Bahram. (2023). Investigating land use changes using satellite images in Zarand-Kerman County.

Ejaro, S. P., & Abdullahi, U. (2013). Spatiotemporal analyses of land use and land cover changes in Suleja local government area, Niger State, Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*, *3*(9), 72-83.

Jafareiyan, N., Mirzaei, J., & Karami, O. (2020). Land use changes trends in Manasht-Ghalarang protected area using satellite imagery. https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2020.341865.1416

Jain, M., Dawa, D., Mehta, R., Dimri, A. P., & Pandit, M. K. (2016). Monitoring land use change and its drivers in Delhi, India using multi-temporal satellite data. *Modeling earth systems and environment*, *2*(1), 19.

Kakehmami, A., Ghorbani, A., Moameri, M., & Ghafari, S. (2021). Evaluation of land use changes in Ardabil province using satellite image processing. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *28*(3), 537-550, https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125011

Karimian, T., Amini, A., BAGHERI, M., & GHAIUMI MOHAMMADI, H. A. M. I. D. (2020). Land Use Change Monitoring Using Landsat Satellite Image Data (Case study: Khan Mirza Plain). *Human Geography Research*, *52*(2), 419-436, https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.258473.1007708

Kelarestaghi, A. A., AHMADI, H., & Jafari, M. (2006). Land use changes detection and spatial distribution using digital and satellite data, case study: Farim drainage basin, Northern of Iran.

Kim, C. (2016). Land use classification and land use change analysis using satellite images in Lombok Island, Indonesia. *Forest science and technology*, *12*(4), 183-191, https://doi.org/10.1080/21580103.2016.1147498

Kolli, M. K., Opp, C., Karthe, D., & Groll, M. (2020). Mapping of major land-use changes in the Kolleru Lake freshwater ecosystem by using landsat satellite images in google earth engine. *Water*, *12*(9), 2493, https://doi.org/10.3390/w12092493

Kumar, S., & Jain, K. (2020). A multi-temporal Landsat data analysis for land-use/land-cover change in Haridwar Region using remote sensing techniques. *Procedia Computer Science*, *171*, 1184-1193.

Li, M., & Stein, A. (2020). Mapping land use from high resolution satellite images by exploiting the spatial arrangement of land cover objects. *Remote sensing*, *12*(24), 4158, https://doi.org/10.3390/rs12244158

Losiri, C., Nagai, M., Ninsawat, S., & Shrestha, R. P. (2016). Modeling urban expansion in Bangkok metropolitan region using demographic–economic data through cellular automata-Markov chain and multi-layer perceptron-Markov chain models. *Sustainability*, *8*(7), 686, https://doi.org/10.3390/su8070686

Mehdizad Karizaki Mehdi, Alizadeh Amin, Ansari Hossein, & Memarian Khalilabad Hadi. (2019). Investigating land use changes in the Kardeh Dam Basin using intensity analysis.

Nkwunonwo, U. C. (2013). Land use/Land cover mapping of the Lagos Metropolis of Nigeria using 2012 SLC-off Landsat ETM+ Satellite Images. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, *4*, 1217-1223.

Pakkhesal, E., Oladi Ghadikolaei, J., Jalilvand, H., & Akbari, H. (2021). Detection of land use changes using remote sensing data (Case study: Tehran). *Geography (Regional Planning)*, *11*(44), 287-298, https://doi.org/10.22034/jgeoq.2021.136722

Pande, C. B., Moharir, K. N., & Khadri, S. F. R. (2021). Assessment of land-use and land-cover changes in Pangari watershed area (MS), India, based on the remote sensing and GIS techniques. *Applied Water Science*, *11*(6), 96.

Ratnaparkhi, N. S., Nagne, A. D., & Gawali, B. (2016). Analysis of land use/land cover changes using remote sensing and GIS techniques in Parbhani City, Maharashtra, India. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, *5*(1), 1702-1708.

Raziq, A., Xu, A., Li, Y., & Zhao, Q. (2016). Monitoring of land use/land cover changes and urban sprawl in Peshawar City in Khyber Pakhtunkhwa: An application of geo-information techniques using of multi-temporal satellite data. *J. Remote Sens. GIS*, *5*(4), 1-11.

Reveshty, M. A. (2011). The assessment and predicting of land use changes to urban area using multi-temporal satellite imagery and GIS: A case study on Zanjan, IRAN (1984-2011). *Journal of Geographic Information System*, *3*(4), 298.

Sadiq Khan, M., Ullah, S., Sun, T., Rehman, A. U., & Chen, L. (2020). Land-use/land-cover changes and its contribution to urban heat Island: A case study of Islamabad, Pakistan. *Sustainability*, *12*(9), 3861, https://doi.org/10.3390/su12093861

Saing, Z., Djainal, H., & Deni, S. (2021). Land use balance determination using satellite imagery and geographic information system: case study in South Sulawesi Province, Indonesia. *Geodesy and Geodynamics*, *12*(2), 133-147, https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.11.006

Shuangao, W., Padmanaban, R., Mbanze, A. A., Silva, J. M., Shamsudeen, M., Cabral, P., & Campos, F. S. (2021). Using satellite image fusion to evaluate the impact of land use changes on ecosystem services and their economic values. *Remote Sensing*, *13*(5), 851, https://doi.org/10.3390/rs13050851

Sinha, P., & Kumar, L. (2013). Markov land cover change modeling using pairs of time-series satellite images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *79*(11), 1037-1051.

Sirat, M. K., & Masoomeh, G. (2024). Investigating land use changes in Herat city using satellite images during 2015 and 2022. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, https://doi.org/10.48308/gisj.2024.234087.1192

Sirat, M. K., Tamim, S. J., Sultani, M. Y., & Saraj, M. A. (2025). Comparative Analysis of Vegetation Change Detection Using the Normalized Difference Vegetation Index and Support Vector Machine Algorithm Based on Landsat-8 Data: A Case Study of Bamyan City. KPU International Journal of Engineering & Technology, Volume 5(Issue 2), 95–113.

Sirat, M. K., Sultani, M. Y., & Ebrahimi, S. A. (2026). Accurate Detection of Land Use and Land Cover Changes in Kabul City Using Advanced Machine Learning Algorithms Applied to Pan-Sharpened Satellite Imagery (2015–2023). KPU International Journal of Engineering & Technology, Volume 6,(Issue 1), 121–134.

Soltani, A., Hosseinpour, M., & Hajizadeh, A. (2017). Urban sprawl in Iranian medium-sized cities; investigating the Role of Masterplans. *Journal of Sustainable Development*, *10*(1), 122.

Tegene, B. (2002). Land-cover/land-use changes in the Derekolli catchment of the South Welo Zone of Amhara Region, Ethiopia. *Eastern Africa Social Science Research Review*, *18*(1), 1-20.

UN-Habitat. (2015). *State of Afghan Cities 2015: Volume One*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

Wang, J., Zhou, W., & Wang, J. (2019). Time-series analysis reveals intensified urban heat island effects but without significant urban warming. *Remote Sensing*, *11*(19), 2229, https://doi.org/10.3390/rs11192229

Wiatkowska, B., Słodczyk, J., & Stokowska, A. (2021). Spatial-temporal land use and land cover changes in urban areas using remote sensing images and GIS analysis: The case study of Opole, Poland. *Geosciences*, *11*(8), 312, https://doi.org/10.3390/geosciences11080312

Yang, J., Li, S., & Lu, H. (2019). Quantitative influence of land-use changes and urban expansion intensity on landscape pattern in Qingdao, China: Implications for urban sustainability. *Sustainability*, *11*(21), 6174, https://doi.org/10.3390/su11216174

© Author(s) 2025. This work is distributed under https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/