

Lands cover classification of Bushehr province using Landsat-8 and MODIS images

Fazel Amiri^{1*} , Saeedeh Nateghi² 

¹Associate Professor, Department of Natural Resources and Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

²Assistant Professor, Rangeland Research Division, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Land use/cover information is vital to the dynamic monitoring, planning and management, and the reasonable development of land. Recently, due to human activity, land cover information has changed dramatically. Furthermore, construction, land has become increasingly scarce, and the non-agriculturalization of arable land has been highlighted. Therefore, it has become increasingly significant to timely, and accurately monitor land use and land cover for the reasonable development and utilization of urban land resources in city regions. The remotely sensed dynamic monitoring of covered land in rapidly developing regions has increasingly depended on remote-sensing data on temporal and spatial resolutions. In many cases, it is difficult to acquire enough time-series images with high quality at both high temporal and spatial resolution from the same sensor. Landsat images and an object-oriented method were used to eliminate errors using the visual interpretation method to prepare a land cover map and achieve acceptable accuracy and classification results. Landsat 8 data was used to prepare the land cover map using a spatio-temporal integration model. In addition, through an object-oriented classification method, land cover was extracted, which was used to provide a more accurate and efficient technical method for effectively extracting land cover information in Bushehr province.

Materials and Methods

In this paper, we proposed a method for mapping land use and land cover in a Bushehr province area with high spatial-temporal resolution using fusion Landsat 8 time series. The method has three steps, 1) Enhance the spatial-temporal adaptive reflectance fusion model (ESTARFM), 2) Determine the optimal data combined for the extraction of cover type, 3) Image segmentation and Land cover extraction and the accuracy assessment based on the field sample method was used. In many cases, it is difficult to acquire enough time-series images with high quality at both high temporal and spatial resolution from the same sensor. This study used the temporal-spatial fusion model ESTARFM (Enhanced Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model) to blend Landsat 8 and MODIS data and obtain Landsat 8 images. Then, the cover lands information of Bushehr province is extracted using an object-based classification method.

Results and Discussion

An object-oriented LULC mapping method using time series Landsat 8 images was proposed. Based on the time-series Landsat 8 data (red band, NIR band, and NDVI), the land cover types. In this study, the proposed method was used in a case study of Bushehr province. The results of the object-based method show that the overall accuracy and Kappa coefficients were 93.34% and 0.86, respectively, and the user/producer accuracies of cover lands in the pixel-based method were all over 80%. The approach presented an accurate and efficient technical method for effectively extracting land use information in heterogeneous regions. In this paper, we have achieved an acceptable classification result using Landsat 8 image. There are still some potential factors affecting the accuracy. The first factor is the uncertainties of the fused images by the ESTARFM fusion model. The second is the mixed pixel problem, the Landsat image pixels are always informed with several land cover types, which will affect the classification accuracy. Remote sensing images with high spatial resolution may be a feasible way to achieve higher accuracy.

Conclusion

Based on the combined data of Landsat 8 and object-oriented classification, the land cover map of Bushehr province was extracted. Types of pasture and desert land cover were clearly presented. In this research, an object-oriented method was presented for the preparation of a pasture cover-type map using the images generated from the ESTARFM time-spatial integration model. Based on Landsat 8 data (red band, near-infrared band, and normalized vegetation difference index), the types of pasture cover in Bushehr province were extracted using visual and object-oriented methods. The use of Landsat 8 images and the object-oriented method improved the classification. However, there are some factors that affect the accuracy of preparing land use and land cover maps. The first uncertainty factor is the fusion images by the enhanced spatio-temporal adaptive reflectance model (ESTARFM). The second problem is the existence of heterogeneous pixels. In heterogeneous areas, the presence of small polygons in which the pixels of the Landsat image of vegetation cannot be separated in these polygons, which affects the classification accuracy. Remote sensing images with high spatial resolution may be a practical way to achieve higher accuracy. Therefore, the object-oriented method combined with spectral integration analysis can be improved to achieve land cover information extraction. The results of this research showed that the overall accuracy and Kappa coefficients in the object-oriented method were 93.34% and 0.86, respectively, and the accuracy of the land cover user/producer in the pixel-oriented method was more than 80%. The object-oriented algorithm analyzes images as objects by merging neighborhood information, which enhances the analysis and increases the classification accuracy. The object-oriented algorithm has shown its potential in identifying land cover and preparing land cover in heterogeneous areas.

Keywords: Adaptive reflectance fusion model, Land cover, Land use, Multisource fusion

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: Fazel.Amiri@iau.ac.ir

Citation: Amiri, F., & Nateghi, S. (2023). Lands Cover cover classification of Bushehr province using Landsat-8 and MODIS images. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(2), 143-156.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11372.1124

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.10.4

Received: 28 August 2022, Received in revised form: 20 September 2022, Accepted: 20 September 2022, Published online: 20 September 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 2, pp. 143-156

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





طبقه بندی پوشش اراضی استان بوشهر با استفاده از تصاویر ترکیب داده های لندست ۸ و مودیس

فاضل امیری^{۱*}، سعیده ناطقی^۲

^۱ دانشیار، گروه منابع طبیعی و محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران
^۲ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات کاربری و پوشش زمین برای پایش، برنامه ریزی و مدیریت پویا و توسعه معقول زمین حیاتی است. اخیراً به دلیل فعالیت های انسانی، اطلاعات پوشش زمین به شدت تغییر کرده است. بنابراین، پایش به موقع، دقیق و مؤثر بر اراضی برای حفاظت، توسعه منطقی و استفاده از منابع زمین اهمیت زیادی دارد. پایش مستمر سنجش از دور پوشش اراضی در مناطق به سرعت در حال توسعه به طور فزاینده ای به داده های سنجش از دور در وضوح زمانی و مکانی بالا بستگی دارد. در بسیاری از موارد دستیابی به تصاویر کافی با تفکیک زمانی و مکانی از یک سنجنده دشوار است. در این پژوهش از مدل ادغام زمانی-مکانی (مدل ادغام بازتاب تطبیقی مکانی-زمانی بهبود یافته) برای ترکیب داده های لندست ۸ و مودیس استفاده شد. این روش دارای سه مرحله است، (۱) بهبود مدل ادغام بازتاب تطبیقی مکانی-زمانی تعیین ترکیب داده بهینه برای استخراج نوع پوشش، (۲) تقسیم بندی تصویر و استخراج پوشش زمین و ارزیابی دقت از روش نمونه میدانی استفاده شد. (۳) سپس اطلاعات پوشش اراضی استان بوشهر با استفاده از روش طبقه بندی شیء گرا استخراج شد. در این مطالعه، روش پیشنهادی به صورت مطالعه موردی در استان بوشهر استفاده شد. نتایج نشان داد که دقت کلی و ضرایب کاپا در روش شیء گرا به ترتیب ۹۳/۳۴ درصد و ۰/۸۶ و دقت کاربر/تولیدکننده پوشش اراضی در روش پیکسل گرا بیش از ۸۰ درصد بوده است. رویکرد ارائه شده یک روش فنی دقیق و کارآمد برای استخراج مؤثر اطلاعات کاربری اراضی در مناطق ناهمگن ارائه می کند. در پژوهش حاضر، از یک روش تحلیل جامع برای ادغام داده های چندمنبعی استخراج اطلاعات کاربری و پوشش زمین استفاده شد. این روش برای بهینه سازی کاربری/پوشش زمین سودمند است و پشتیبانی فنی و داده ای را برای پایش بر کاربری و پوشش زمین در مناطق حفاظت شده و منطقه در دست توسعه در دوره های آینده فراهم می کند.

واژه های کلیدی: ادغام چندمنبعی، پوشش اراضی، کاربری زمین، مدل ادغام بازتاب تطبیقی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Fazel.Amiri@iau.ac.ir

استناد: امیری، فاضل، و ناطقی، سعیده (۱۴۰۲). طبقه بندی پوشش اراضی استان بوشهر با استفاده از تصاویر ترکیب داده های لندست ۸ و مودیس.

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۳(۲)، ۱۴۳-۱۵۶.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11372.1124

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.10.4

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۲، صفحه ۱۴۳ تا ۱۵۶

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

با توجه به رابطه پیچیده بین کاربری و پوشش اراضی که بر معیشت انسان تأثیر می گذارد، تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی برای بسیاری از مطالعات از جمله برنامه ریزی شهری، تغییرات آب و هوایی و پایش بر محیط زیست مهم است (Amiri and Tabatabaie, 2021). کسب اطلاعات کاربری و پوشش اراضی برای پایش، حفاظت، برنامه ریزی و مدیریت مستمر و توسعه مناسب استفاده از اراضی ضروری است (Thenkabail et al., 2005; Zhang et al., 2017; Naeem et al., 2018).

اخیراً به دلیل گسترش فعالیت های انسانی از جمله تبدیل کاربری اراضی، چرای بی رویه و دائم دام از مراتع (Jahandari et al., 2022) و پوشش گیاهی در مناطق بیابانی، توسعه کشاورزی و مناطق مسکونی و فعالیت های صنعتی، اطلاعات کاربری و پوشش اراضی به طور چشم گیری در مناطق خشک و نیمه خشک تغییر کرده است. علاوه بر این، در این مناطق مراتع قابل چرای دام به شدت کمیاب شده اند و غیر کشاورزی بودن زمین های زراعی برجسته شده است (Fu and Weng, 2016; Munshi-South et al., 2016). بنابراین، تهیه نقشه کاربری اراضی جهت پایش به موقع و دقیق این مناطق برای توسعه معقول و استفاده مناسب بسیار مهم شده است.

طبقه بندی کاربری و پوشش اراضی، فرآیندی جهت شناسایی تفاوت های کاربری و پوشش اراضی در مکان های مختلف است. تشخیص بسیاری از کاربری و پوشش اراضی مانند سواحل و شهری (Robert et al., 2019)، الگوی سیمای سرزمین محیطی (Yang et al., 2019; Fu et al., 2019)، و سیمای سرزمین و زیستگاه ها (Wang et al., 2019) با مطالعه کاربری و پوشش اراضی ممکن می شود. کسب اطلاعات مداوم و دقیق در مورد کاربری و پوشش اراضی برای هر نوع برنامه توسعه پایدار، که در آن کاربری و پوشش اراضی به عنوان یکی از معیارهای اصلی می باشد، بسیار مهم است. بنابراین، تجزیه و تحلیل و نقشه برداری از وضعیت کاربری و پوشش اراضی در طول زمان به عنوان ابزاری مهم برای شناخت بهتر و ارائه راه حل برای مشکلات اجتماعی، اقتصادی و محیطی شناخته شده است (Shiferaw et al., 2019).

سنجش از دور ابزار مهمی برای استخراج اطلاعات پوشش اراضی است. علاوه بر این، پایش مستمر سنجش از دور کاربری اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک به طور فزاینده ای به داده های سنجش از دور در وضوح زمانی و مکانی بستگی دارد. در میان تصاویر سنجش از دور با تفکیک متوسط موجود، به دلیل داشتن تفکیک زمانی و مکانی لازم، تصاویر لندست منبع داده اولیه برای استخراج اطلاعات پوشش و کاربری اراضی در منابع طبیعی است

(Coulter et al., 2016; Johnson and Iizuka, 2016; Zhu et al., 2016; Mack et al., 2017). در حال حاضر، پژوهش ها در مورد استخراج اطلاعات کاربری و پوشش اراضی عمدتاً بر تصاویر تک زمانی لندست اعمال شده است (Aslan and Koc-San, 2016; Godinho et al., 2016; Shahtahmassebi et al., 2017). با این حال، به دلیل وجود پدیده های مختلف (یک شیء با طیف های مختلف و اشیاء مختلف با طیف یکسان)، دقت استخراج اطلاعات زمانی که از داده های تصویری تک زمانی برای استخراج محدوده جغرافیایی اراضی بر حسب استخراج اطلاعات نوع کاربری و پوشش بر داده های تک زمانی استفاده می شود، تحت تأثیر قرار می گیرد (Novack et al., 2011; Guan et al., 2013). به همین دلیل، استفاده از تصاویر لندست به تنهایی برای تهیه نقشه های کاربری اراضی به تنهایی کافی نیست.

استفاده از فن آوری ترکیبی برای داده های سنجش از دور در تفکیک زمانی- مکانی مختلف، یک روش مؤثر برای به دست آوردن هم زمان داده های با وضوح مکانی و زمانی بالا ارائه می دهد. به عنوان مثال، می توان به مدل ادغام بازتاب تطبیقی مکانی- زمانی^۱ (STARFM) (Gao et al., 2006)، الگوریتم تطبیقی زمانی- مکانی برای تهیه نقشه تغییر بازتاب^۲ (STAARCH) (Hilker et al., 2009)، مدل ادغام مکانی- زمانی^۳ (STITFM) (Wu et al., 2012) و مدل ادغام مکانی و زمانی تطبیقی^۴ (RASTARFM) اشاره کرد. Gao et al. (2006) الگوریتم STARFM را برای شبیه سازی داده های بازتاب با ترکیب داده های لندست و مودیس پیشنهاد کردند و نتایج روش STARFM را بر اساس داده های شبیه سازی شده و واقعی نشان دادند، و مدل STARFM به طور گسترده ای برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی و پایش ارزیابی اراضی استفاده شد (Hilker et al., 2009; Zhang and Zeng, 2015). اگرچه STARFM در بسیاری از مطالعات استفاده شده است، اما این روش هنوز محدودیت هایی دارد. به عنوان مثال، کیفیت تصویر استفاده شده به موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه، بستگی دارد. با هدف حل این محدودیت ها، Zhu et al. (2010) یک الگوریتم STARFM پیشرفته (ESTARFM) را ارائه کردند که با استفاده از روند بازتاب مشاهده شده بین دو نقطه در زمان و نظریه عدم اختلاط طیفی، الگوریتم اصلی را بهبود می بخشد و ESTARFM به تدریج در طیف گسترده ای از کاربردها اعمال می شود (Emelyanova et al., 2013; Knauer et al., 2016; Hao et al., 2016). بنابراین، این یک روش کاربردی برای

¹ Spatial-temporal adaptive reflectance fusion model (STARFM)

² Spatio-temporal fusion model, (STAARCH)

³ Spatio-temporal fusion model (STITFM)

⁴ Robust adaptive spatial and temporal fusion model (RASTARFM)

در بیان پیشینه پژوهش مشاهده می‌شود، از تصاویر یک زمانه لندست و روش‌های طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی با دقت پایین استفاده شده است. در این پژوهش، از تصاویر لندست و یک روش شیء‌گرا برای برطرف کردن خطاها با استفاده از روش تفسیر چشمی برای تهیه نقشه پوشش اراضی و دستیابی به دقت قابل قبول و نتایج طبقه‌بندی استفاده شد. داده‌های لندست ۸ با استفاده از مدل ادغام مکانی-زمانی برای تهیه نقشه پوشش اراضی استفاده شد. علاوه بر این، از طریق یک روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، پوشش اراضی استخراج شد که از آن برای ارائه روش فنی دقیق‌تر و کارآمدتر برای استخراج مؤثر اطلاعات پوشش اراضی در استان بوشهر استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان بوشهر با طول خط ساحلی ۸۷۸ کیلومتر در حاشیه خلیج فارس بین عرض‌های جغرافیایی ۰۰' ۵۰° تا ۵۵' ۵۲° شمالی و طول‌های جغرافیایی ۱۵' ۲۷° تا ۱۷' ۳۰° شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه با ۱۰ شهرستان مساحتی در حدود ۲۲۹۹۷ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. ارتفاع متوسط استان ۹۷۳ متر، برای دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) با میانگین دمای سالانه تقریباً ۲۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالانه حدود ۲۱۷ میلی‌متر است (Amiri and Tabatabaie, 2021). در دهه اخیر تغییرات سریع و گسترده مکانی در استان بوشهر باعث برنامه‌ریزی برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی شده است. گسترش سریع شهری در استان به‌ویژه در مناطق ساحلی مشاهده می‌شود و این امر ضرورت پایش و تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی این استان را ضروری نموده است.

۲-۲- داده‌ها و پیش‌پردازش داده‌ها

در این پژوهش، از داده‌های سنجنده از دور لندست ۸ OLI و مودیس MODIS09Q1 دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده USGS استفاده شد (جدول ۱). با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.1، واسنجی رادیومتریک و اصلاحات جوی از طریق ماژول FLAASH انجام شد. از داده‌های مودیس MODIS09Q1 (شامل باندهای قرمز و NIR) با تفکیک زمانی هشت روزه استفاده شد که تأثیر اثرات غیرپوشش گیاهی (مانند ابرها، مه و ذرات معلق در هوا) را کاهش داد. هنگام استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI5.1، پردازش "مقدار نامعتبر" روی داده‌های MODIS09Q1 انجام شد. پس از تبدیل سیستم تصویر (UTM)،

استخراج اطلاعات کاربری اراضی و پوشش گیاهی از تصاویر لندست با استفاده از روش‌های ادغام زمانی-مکانی است. اخیراً، تجزیه و تحلیل تصویر شیء‌گرا (OBIA) پتانسیل خود را در طبقه‌بندی تصاویر در مناطق ناهمگن نشان داده است (Bisquet et al., 2015; Zhang and Zeng, 2015).

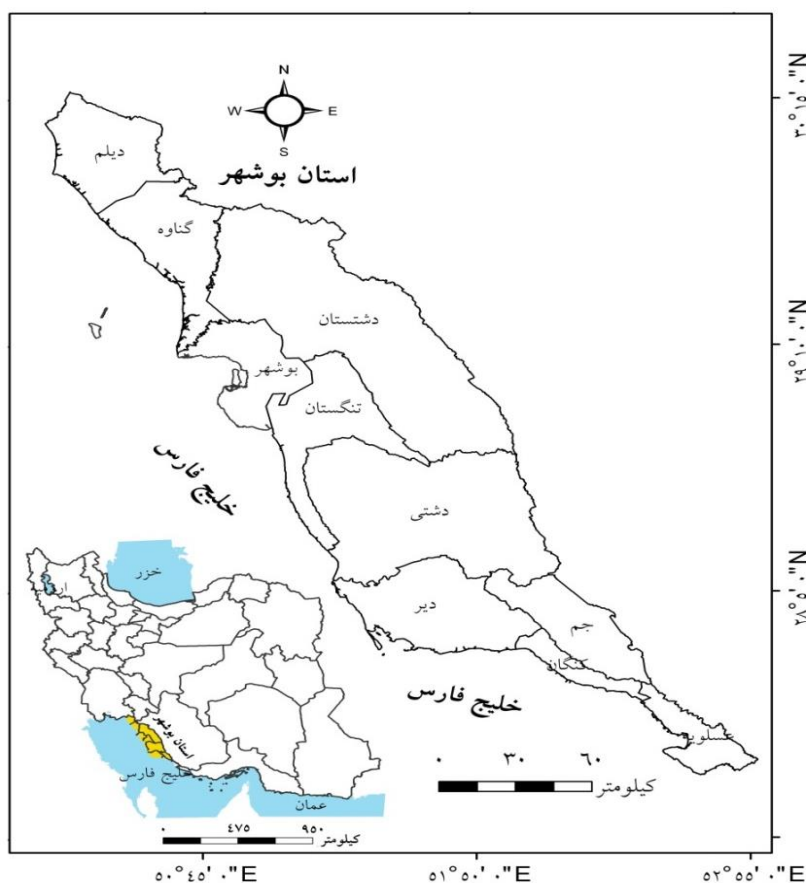
OBIA همیشه تصویر را به جای پیکسل به عنوان اشیاء تجزیه و تحلیل می‌کند که یک رویکرد مناسب برای کاهش پدیده ناشی از تأثیر پیکسل‌های اطراف و بهبود دقت طبقه‌بندی است. (Melville et al., 2018) از یک روش شیء‌گرا و مجموعه داده لندست ETM⁺ برای استخراج اطلاعات مراتع استفاده کردند و دریافتند که روش شیء‌گرا می‌تواند دقت بالاتری نسبت به روش پیکسل‌گرا داشته باشد. همچنین، (Singha et al., 2016) نشان دادند که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا همراه با تصاویر چندطیفی HJ، دقت قابل‌توجهی برای تهیه نقشه مناطق تحت پوشش برنج داشته باشد. انتظار می‌رود طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از روش ترکیبی راه‌حل بهتری برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی نسبت به روش پیکسل‌گرا ارائه دهد.

(Fakhar and Nazari, 2022) در مطالعه‌ای با استفاده از قابلیت داده‌های سنجنده MODIS و ETM⁺ به بررسی ۸ شاخص مختلف شوری و گیاهی طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۰ در تهیه نقشه کاربری و پوشش گیاهی دشت قزوین پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سنجنده لندست ETM⁺ به دلیل قدرت تفکیک مکانی بهتر نسبت به سنجنده MODIS توانسته است نتایج بهتری را ایجاد کند. (Hosseini et al., 2020) در پژوهش حاضر روند تغییرات کاربری اراضی مناطق ساحلی جنوب ایران شامل سه استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر طی دوره ۳۱ ساله مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI و از روش حداکثر احتمال نیز برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. نتایج روند تغییرات کاربری اراضی نشان داد که تغییرات طبقات کاربری مناطق انسان‌ساخت و اراضی شور به عنوان پویاترین طبقات کاربری به ترتیب روند افزایشی ۲/۷۲ و ۱/۱۴ درصد را دنبال می‌کند. (Salehi et al., 2019) به پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دوره ۲۸ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۴) با داده‌های چندزمانه لندست در حوزه آبخیز صفارود-رامسر استان مازندران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که در این فاصله زمانی، وسعت اراضی جنگلی به میزان ۱۰/۲۶ درصد کاهش و ۳/۲۷ درصد مساحت مناطق مسکونی افزایش یافته است. همان‌طور که

¹ Object-based image analysis (OBIA)

دقیق طبقه بندی انواع پوشش اراضی استفاده شد (Dehghani et al., 2022).

تمامی داده ها با توجه به محدوده منطقه مورد مطالعه برش داده شدند و سپس با داده های لندست ۸ OLI ثبت انجام شد. از تصاویر گوگل ارث نسخه 9.162.02 Google Earth برای صحت سنجی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران
Figure 1-Location of the study area in Iran

جدول ۱- زمان و نوع داده های مورد استفاده در طبقه بندی پوشش اراضی
Table 1- Date and type of data used in land cover classification

تاریخ	شماره سطر/ستون	نوع داده
2021/5/28	163/39	Landsat 8 OLI
2021/5/25	164/41	MODIS09Q1

اصلی را در دو دوره (یعنی داده های با وضوح بالا و داده های با وضوح پایین که در یک زمان به دست می آیند) ادغام می کند. برای تولید داده های با وضوح بالا برای دوره پیش بینی شده (Zhu et al., 2010). در ابتدا برای ترکیب دو تصویر، از جمله دو جفت قدرت تفکیک خوب و داده های با تفکیک مکانی کم برای پیش بینی تصویر مشابه لندست ارائه شد. دو تصویر با تفکیک مناسب برای جستجوی پیکسل های مشابه پیکسل مرکزی از دو تصویر با تفکیک بالا استفاده شد و سپس از یک جفت تصاویر با تفکیک مناسب و تفکیک بالا با نتایج جستجوی با کیفیت بهتر برای ترکیب لندست استفاده شد. این محاسبه برای تمام

۳-۲- روش پژوهش

در این پژوهش، نقشه پوشش اراضی با تفکیک مکانی-زمانی از ترکیب سری های زمانی داده های لندست ۸ و داده های مودیس طی سه مرحله تهیه شد. نمودار جریانی پژوهش در شکل ۲ ارائه شده است.

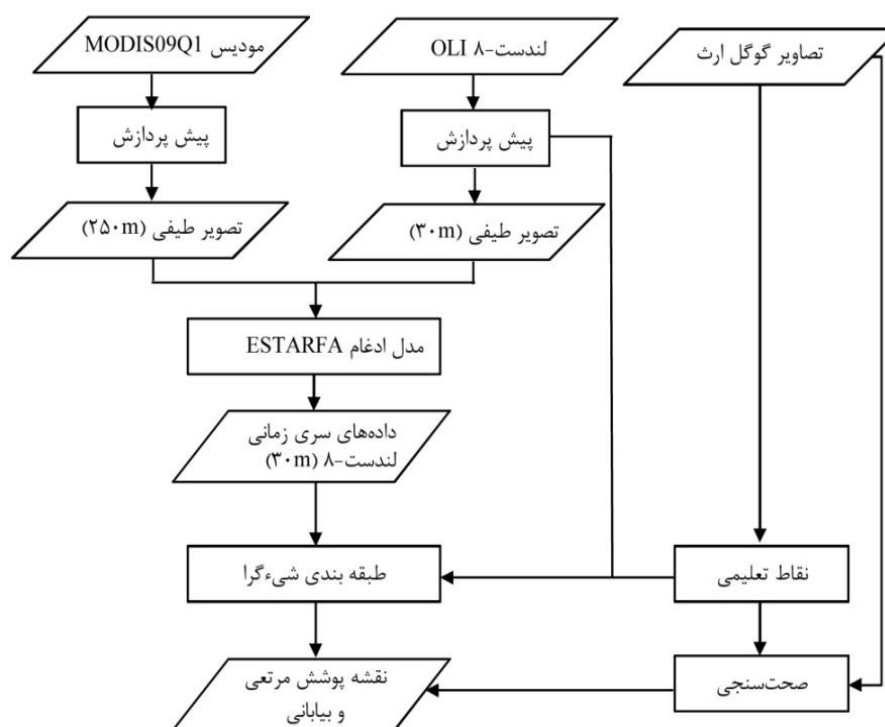
۴-۲- مدل ادغام بازتابی تطبیقی مکانی-زمانی بهبود یافته (ESTARFM)

الگوریتم ادغام فضا-زمان ESTARFM نه تنها شباهت مکان با طیف بین پیکسل ها را در نظر می گیرد، بلکه جفت های داده

در این رابطه؛ N تعداد پیکسل‌های مشابه، w اندازه پنجره کشویی، (x_i, y_i) موقعیت پیکسل مشابه و W_i وزن i ام پیکسل مشابه است که با فاصله مکانی که بازه زمانی و بازه طیفی تعیین می‌شود (Zhu et al., 2010). با استفاده از مدل ESTARFM، داده‌های Landsat 8 و MODIS ادغام شد و از تصاویر طیفی Landsat 8 (باند های قرمز و NIR) مقادیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) به دست آمد.

پیکسل‌های موجود در پنجره با استفاده از تابع وزنی W انجام شد. در نهایت، با استفاده از رابطه (۱) ارزش پیکسل مرکزی پیش‌بینی شد.

$$\begin{aligned} L(x_{w/2}, y_{w/2}, t_p, B) &= L(x_{w/2}, y_{w/2}, t_0, B) \\ &+ \sum_{i=1}^N W_i \times V_i \\ &\times (M(x_{w/2}, y_{w/2}, t_p, B) \\ &- M(x_{w/2}, y_{w/2}, t_0, B)) \end{aligned} \quad (1)$$



شکل ۲- مراحل روش پیشنهادی برای تهیه نقشه پوشش اراضی

Figure 2-The flowchart of the proposed method for lands cover mapping

۲-۶- طبقه‌بندی پوشش اراضی

از روش طبقه‌بندی چندوضوحی^۱ (Kennedy et al., 2010) برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. این الگوریتم با تشخیص یک عارضه در یک پیکسل و ادغام پیکسل‌های مجاور با همون ویژگی کلاس عارضه ادامه پیدا می‌کند تا عارضه با خصوصیات همگن در یک کلاس عارضه قرار گیرد (Bisquert et al., 2015). در این مطالعه از ترکیب تصاویر بهینه با استفاده از J_{Bh} برای طبقه‌بندی استفاده شد. به منظور به دست آوردن طبقه‌بندی تصویر بهینه، تجزیه و تحلیل کنتراست انجام شد (Lamine et al., 2017; Sukawattanavijit et al., 2017).

۲-۵- ترکیب داده‌های بهینه برای استخراج نوع پوشش

با هدف تفکیک و شناسایی انواع کاربری و پوشش اراضی، با توجه به وسعت و اندازه انواع این کاربری‌ها، تعداد نمونه مورد نیاز متفاوت است. بنابراین، برای تعیین ترکیب داده‌های ویژگی‌های مختلف زمین و اثر فاصله بهینه، فاصله J_{Bh} پیشنهاد Hao et al. (2014) مبتنی بر محدودیت Bhattacharyya استفاده شد (Hao et al., 2014; Zhang et al., 2017). بر اساس داده‌های نمونه برداشت شده در بررسی‌های میدانی، ترکیب داده‌های بهینه مورد استفاده برای استخراج اطلاعات کاربری و پوشش اراضی از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$= \sum_{i=1}^N \sum_{j>i}^N \sqrt{p(w_i) \times p(w_j)} \quad (2)$$

در این رابطه؛ N تعداد نوع کاربری اراضی و $p(w_i)$ و $p(w_j)$ به ترتیب احتمال کاربری اراضی i و j است (Deng et al., 2019).

¹ Multiresolution segmentation technique

۲-۷- صحت طبقه بندی نقشه پوشش اراضی

برای بررسی صحت طبقه بندی، بر اساس تعداد نقاط ۲۹۳ نقطه کنترلی تصادفی میدانی مرداد ۱۴۰۰ و تعداد ۶۴۶ پیکسل بر روی تصاویر گوگل ارث استان بوشهر، از طریق یک ماتریس خطا، صحت طبقه بندی کل، ضریب کاپا، دقت کاربر و دقت استفاده کننده طبقات کاربری و پوشش اراضی تعیین شد. داده های

مرجع و نتایج طبقه بندی با استفاده از Workbook ماتریس های خطای ارائه شده توسط Pontius (2018) مورد مقایسه و تحلیل آماری قرار گرفتند. تعداد نقاط کنترلی تصادفی میدانی از سطح منطقه بر تصاویر گوگل ارث در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- تعداد نقاط کنترلی زمینی و تعداد پیکسل انتخاب شده در تصاویر گوگل ارث جهت ارزیابی صحت نقشه های پوشش اراضی

Table 2- The number of ground control points and the number of pixels selected on Google Earth images to evaluate the accuracy of land cover maps

نقاط برداشت			اراضی بیابانی					مراعات	
بدون پوشش و بیرون زدگی			شور و نمکزار	گلی	تپه های ماسه ای	پهنه های ماسه ای	کم تراکم	نیمه تراکم	متراکم
نقاط کنترل میدانی			61	42	28	31	39	40	32
تعداد پیکسل در تصاویر گوگل ارث			118	78	65	73	82	76	57

۳- نتایج و بحث

۳-۱- داده های ترکیبی بهینه استخراج اطلاعات نوع کاربری و پوشش اراضی

به منظور ارزیابی دقت داده های لندست ۸ به دست آمده از مدل ادغام بازتاب تطبیقی مکانی-زمانی بهبود یافته، دو زوج داده شامل Landsat8 OLI بررسی و برای تهیه تصاویر لندست ۸

استفاده شد. تصاویر طیفی Landsat8 OLI و NDVI برای طبقه بندی اراضی استفاده شد و فواصل JBh هر ترکیب داده در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج محاسبه فاصله JBh، ترکیب بهینه قرمز + مادون قرمز نزدیک + شاخص NDVI، دارای حداکثر مقدار JBh (۹/۰۵) است.

جدول ۳- فاصله JBh از ترکیب داده های مختلف

Table 3- JBh distances of the different data combinations

فاصله JBh	تعداد داده های ترکیبی
8.105	قرمز
8.003	مادون قرمز نزدیک
7.670	شاخص تفاضل پوشش گیاهی
8.625	قرمز + مادون قرمز نزدیک
8.713	قرمز + شاخص تفاضل پوشش گیاهی
8.687	مادون قرمز نزدیک + شاخص تفاضل پوشش گیاهی
9.050	قرمز + مادون قرمز نزدیک + شاخص تفاضل پوشش گیاهی

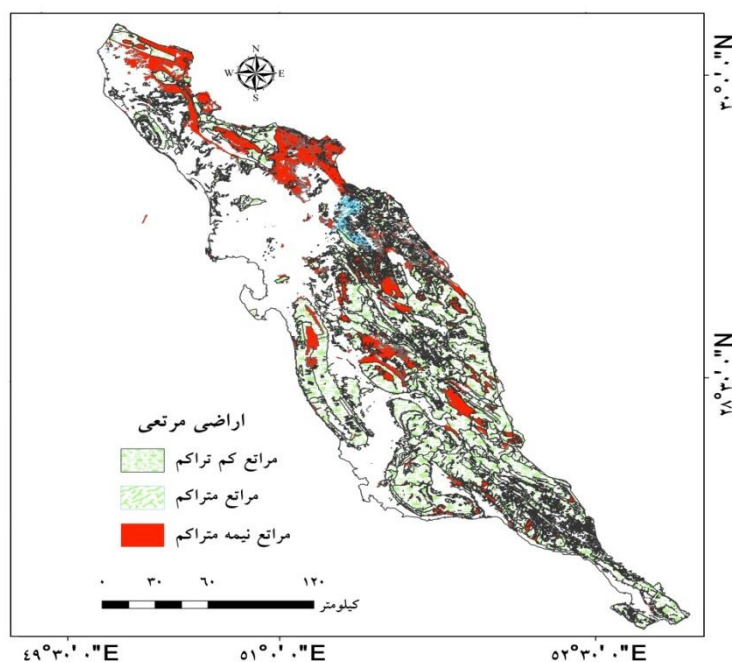
۳-۲- نتایج و تحلیل استخراج اطلاعات کاربری و پوشش اراضی

بر اساس داده های ترکیب شده لندست ۸ و طبقه بندی شیء گرا، نقشه پوشش اراضی استان بوشهر استخراج شد. انواع پوشش اراضی مرتعی و بیابانی به وضوح در شکل های ۳ و ۴ مشخص شده اند. نتایج طبقه بندی مشابه نتایج شیء گرا و روش بصری بود. با وجود این، هنوز تعداد زیادی لکه های بیابانی و مرتعی وجود دارد که در مقایسه با نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی در این پژوهش، به اشتباه طبقه بندی شده اند. در این پژوهش، یک روش شیء گرا برای تهیه نقشه تیپ پوشش مرتعی با استفاده از تصاویر تولید شده از مدل ادغام زمانی-مکانی ESTARFM پیشنهاد شده است (شکل ۵). بر اساس داده های لندست ۸ (باند قرمز، باند مادون قرمز نزدیک و شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی)، انواع پوشش

مرتعی در استان بوشهر با استفاده از روش بصری و شیء گرا استخراج شد.

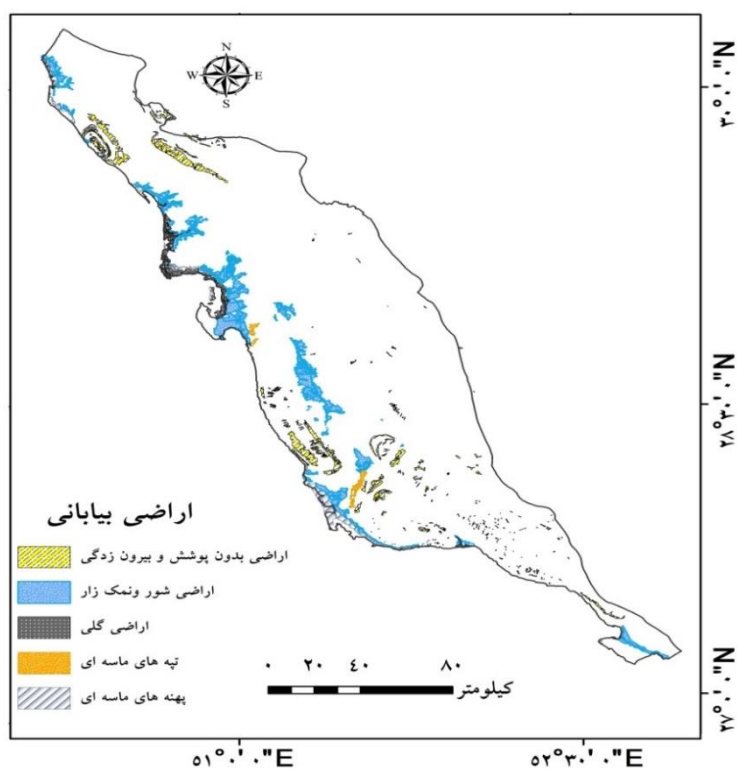
از طریق نقاط کنترل، ارزیابی صحت و دقت تجزیه و تحلیل کمی نتایج طبقه بندی تراکم پوشش مرتعی و اراضی بیابانی از طریق یک ماتریس خطا انجام شد. دقت طبقه بندی کل و ضریب کاپا داده های لندست ۸ به ترتیب ۹۳/۳۴٪ و ۰/۸۶ به دست آمد (جدول ۴). تفسیر چشمی نشان می دهد که توزیع کاربری و پوشش اراضی از داده های لندست و تصاویر گوگل ارث در سال ۱۴۰۰ منطبق است. در روش ارزیابی تعداد پیکسل بر دقت کاربری و تولید کننده که برای کلیه پوشش اراضی بالای ۸۰ درصد است (جدول ۵). نتایج ارزیابی صحت نقشه های تولیدی نشان می دهد که در هر دو روش کنترل زمینی و طبقه بندی بر

مبنای پیکسل‌های تصاویر گوگل‌ارث، تصاویر سنجش از دور
لندست که از ادغام تصاویر لندست ۸ و OIL و مودیس می‌توانند
پوشش گیاهی را در اراضی تمایز دهند.



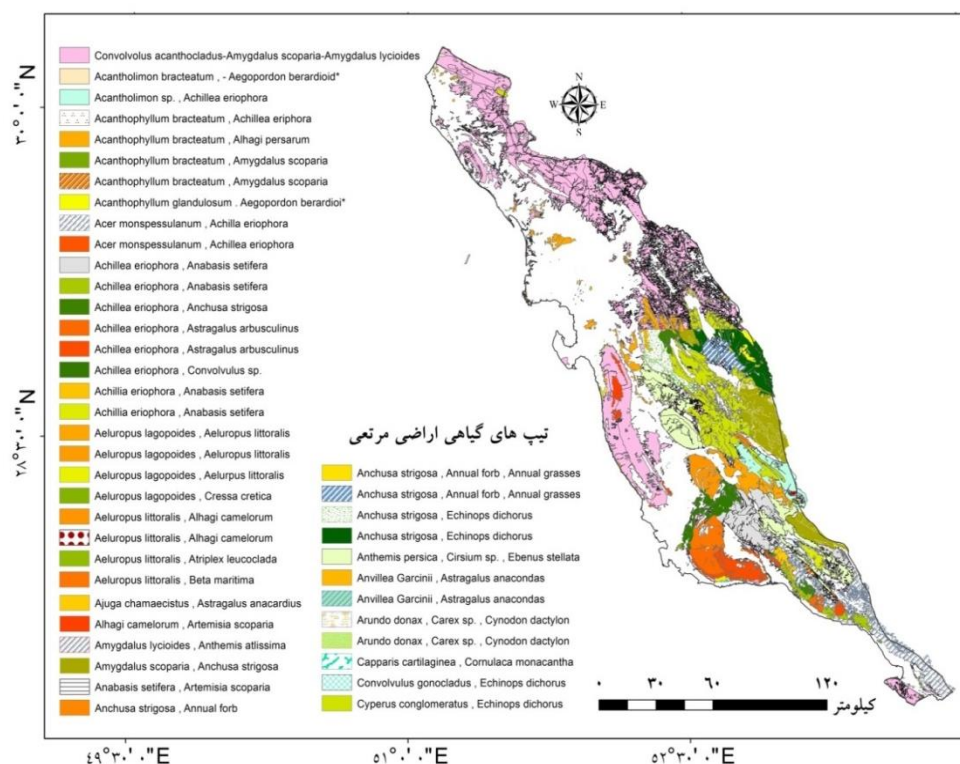
شکل ۳- مراتع استان بوشهر با استفاده از مجموعه داده‌های لندست ۸ و روش شی‌مگرا

Figure 3- Rangeland of Bushehr province using Landsat 8 datasets and object-based method



شکل ۴- اراضی بیابانی با استفاده از مجموعه داده‌های لندست ۸ و روش شی‌مگرا

Figure 4- Desert lands of Bushehr province using Landsat 8 datasets and object-based method



شکل ۵- نقشه تپ‌های پوشش مرتعی با استفاده از مجموعه داده‌های لندست ۸ و روش شیء‌گرا
Figure 5- Map of range cover types using the temporal-spatial fusion model ESTARFM

جدول ۴- دقت طبقه‌بندی با استفاده از مجموعه داده‌های لندست ۸ و روش شیء‌گرا
Table 4- Classification accuracy using Landsat 8 datasets and object-based method

داده	روش طبقه‌بندی	نوع کاربری	دقت تولیدکننده (%)	دقت کاربر (%)	دقت کلی طبقه‌بندی (%)	ضریب کاپا
Landsat 8 OLI	بدون تپ‌بندی	بدون پوشش و بیرون‌زدگی	88.19	87.11	93.34	0.86
		شور و نمک‌زار	95.34	94.37		
		اراضی گلی	91.65	90.78		
		تپه‌های ماسه‌ای	92.3	92.48		
		پهنه‌های ماسه‌ای	91.6	90.21		
	مرتعی	کم‌تراکم	85.8	84.65		
		نیمه‌متراکم	96.21	96.08		
		متراکم	78.68	86.22		

وضوح زمانی-مکانی بالا است. استفاده از زوج تصویر از مراحل مختلف فنولوژی پوشش گیاهی (مانند مراحل شروع رشد و پایان دوره رشد) می‌تواند دقت ادغام تصاویر را بهبود بخشد. پیکسل با بازتاب طیفی متفاوت نیز عاملی است که می‌تواند بر نتایج ادغام تأثیر بگذارد. در مناطق با تنوع کاربری‌های مختلف خطاهای نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی نسبت به مناطق همگن بیش‌تر است.

پوشش گیاهی اراضی دارای ویژگی‌های طیفی مشابهی با انواع پوشش گیاهی اطراف هستند. برای تمایز پوشش گیاهی در این اراضی با استفاده از یک تصویر طیفی مشکل است. با استفاده از تصاویر سری زمانی که مراحل مهم فنولوژی را ثبت می‌کنند شناسایی پوشش گیاهی این اراضی با دقت و صحت بالاتر انجام شد. تکنیک ادغام مکانی-زمانی تصاویر زمانی لندست و مودیس روشی مؤثر برای ادغام تصاویر مختلف و تولید تصاویر لندست با

جدول ۵- دقت طبقه‌بندی با استفاده از مجموعه داده‌های لندست ۸ و روش پیکسل‌گرا در تصاویر گوگل‌اِرت
Table 5-Classification accuracy using Landsat-8 dataset and pixel-based method on Google Earth images

داده	روش طبقه‌بندی	اراضی	نوع کاربری	دقت تولیدکننده (درصد)	دقت کاربر (درصد)	دقت کلی طبقه‌بندی (درصد)	ضریب کاپا
Landsat 8 OLI	روش پیکسل‌گرا	بیابانی	بدون پوشش و بیرون-زدگی	84	83.33	87.34	0.81
			شور و نمک‌زار	94.41	92.95		
			اراضی گلی	90.36	89.04		
			تپه‌های ماسه‌ای	88.58	89.22		
			پهنه‌های ماسه‌ای	88.06	87.36		
		مرتعی	کم تراکم Low density	81.03	80.12		
			نیمه متراکم Semi-dense	95.45	95.05		
			متراکم Dense	82.58	81.46		

۴- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، بر اساس داده‌های ترکیب شده لندست ۸ و طبقه‌بندی شیء‌گرا، نقشه پوشش اراضی استان بوشهر استخراج شد. انواع پوشش اراضی مرتعی و بیابانی به‌وضوح ارائه شد. در این پژوهش، یک روش شیء‌گرا برای تهیه نقشه تیپ پوشش مرتعی با استفاده از تصاویر تولید شده از مدل ادغام زمانی-مکانی ESTARFM، ارائه شد. بر اساس داده‌های لندست ۸ (باند قرمز، باند مادون قرمز نزدیک و شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی)، انواع پوشش مرتعی در استان بوشهر با استفاده از روش بصری و شیء‌گرا استخراج شد.

استفاده از تصاویر لندست ۸ و روش شیء‌گرا باعث بهبود طبقه‌بندی شد. اما برخی از عوامل وجود دارد که بر دقت تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی تأثیر می‌گذارد. اولین عامل عدم قطعیت تصاویر ادغام توسط مدل بازتاب تطبیقی مکانی-زمانی بهبود یافته (ESTARFM) است. دومین مشکل وجود پیکسل‌های ناهمگن است. در مناطق ناهمگن، وجود پلی‌گون‌های کوچک که پیکسل‌های تصویر لندست پوشش گیاهی در این پلی‌گون‌ها قابل تفکیک نیست که بر دقت طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارد. تصاویر سنجنش از دور با وضوح مکانی بالا ممکن است یک راه کاربردی برای دستیابی به دقت بالاتر باشد. بنابراین، روش شیء‌گرا همراه با تجزیه و تحلیل ادغام طیفی را می‌توان برای دستیابی به استخراج اطلاعات پوشش اراضی را بهبود داد. نتایج این پژوهش نشان داد که دقت کلی و ضرایب کاپا در روش شیء‌گرا به‌ترتیب ۹۳/۳۴٪ و

پوشش گیاهی اراضی دارای ویژگی‌های طیفی مشابهی با انواع پوشش گیاهی اطراف هستند. برای تمایز پوشش گیاهی در این اراضی با استفاده از یک تصویر طیفی مشکل است. با استفاده از تصاویر سری‌زمانی که مراحل مهم فنولوژی را ثبت می‌کنند شناسایی پوشش گیاهی این اراضی با دقت و صحت بالاتر انجام شد. تکنیک ادغام مکانی-زمانی تصاویر زمانی لندست و مودیس روشی مؤثر برای ادغام تصاویر مختلف و تولید تصاویر لندست با وضوح زمانی-مکانی بالا است. استفاده از زوج تصویر از مراحل مختلف فنولوژی پوشش گیاهی (مانند مراحل شروع رشد و پایان دوره رشد) می‌تواند دقت ادغام تصاویر را بهبود بخشد. پیکسل با بازتاب طیفی متفاوت نیز عاملی است که می‌تواند بر نتایج ادغام تأثیر بگذارد. در مناطق با تنوع کاربری‌های مختلف خطاهای نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی نسبت به مناطق همگن بیش‌تر است.

افزایش تعداد پلی‌گون‌ها انواع پوشش اراضی در مناطق در طبقه‌بندی پوشش اراضی در منطقه دیده می‌شود. استفاده از روش الگوریتم شیء‌گرا که تصاویر را به‌عنوان اشیا با یکپارچه‌سازی اطلاعات همسایگی تجزیه و تحلیل می‌کند، باعث افزایش تحلیل و افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان‌دهنده پتانسیل استفاده از الگوریتم شیء‌گرا در شناسایی پوشش گیاهی و تهیه نقشه پوشش اراضی در مناطق ناهمگن، است (Bisquet et al., 2015; Singha et al., 2016).

می دهد. الگوریتم شیء گرا پتانسیل خود را در شناسایی پوشش اراضی و تهیه پوشش زمین در مناطق ناهمگن را نشان داده است.

۰/۸۶ و دقت کاربر/تولیدکننده پوشش اراضی در روش پیکسل گرا بیش از ۸۰ درصد بوده است. الگوریتم شیء گرا تصاویر را به عنوان اشیاء با ادغام اطلاعات همسایگی تجزیه و تحلیل می کند، که تجزیه و تحلیل را افزایش می دهد و دقت طبقه بندی را افزایش

منابع

دهقانی، تهمینه، احمدپری، هدیه، و امینی، عطا (۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای چندطیفی و شبکه عصبی مصنوعی. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۲)، ۱۸-۳۵. doi:10.22098/mmws.2022.11279.1114

صالحی، ناهید، اختصاصی، محمدرضا، و طالبی، علی (۱۳۹۸). پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA Markov (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود رامسر). *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۰(۱)، ۱۰۶-۱۲۰. doi:10.1001.1.26767082.1398.10.1.7.4

فخار، محدثه السادات، و نظری، بیژن (۱۴۰۱). ارزیابی و صحت سنجی شاخص های پایش شوری در دشت قزوین. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۲)، ۴۰-۵۱. doi:10.22098/mmws.2022.10142.1077

امیری، فاضل، و طباطبائی، طیبه (۱۴۰۰). طبقه بندی و تحلیل روند تغییر کاربری اراضی محیط شهری با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست: مطالعه موردی در منطقه پوشش. *مدیریت اراضی*، ۹(۱)، ۱۶۷-۱۸۶. doi:10.22092/lmj.2021.123619

جهانداری، جاوید، حجازی، رخشاد، جوزی، سیدعلی، و مرادی، عباس (۱۴۰۱). اثرات توسعه شهری بر الگوهای مکانی، زمانی خدمت اکوسیستمی ذخیره کربن در حوزه آبخیز بندرعباس با نرم افزار InVEST. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۴)، ۹۱-۱۰۶. doi:10.22098/mmws.2022.11069.1097

حسینی، سید علیرضا، خسروی، حسن، غلامی، حمید، اسماعیل پور، یحیی، و سرده، آرتمی (۱۳۹۹). آنالیز تغییرات کاربری اراضی بر تخریب سرزمین و بیابان زایی در مناطق ساحلی جنوب ایران. *مرتفع و آبخیزداری*، ۳(۲)، ۳۰۵-۳۲۰. doi:10.22059/jrwm.2020.294312.1444

References

- Amiri, F., & Tabatabaie, T. (2021). Classification and analysis of land use changes in urban environments using multi-temporal landsat images: A case study of Bushehr. *Land Management Journal*, 9(1), 167-186. doi:10.22092/lmj.2021.123619 [In Persian]
- Aslan, N., & Koc-San, D. (2016). Analysis of relationship between urban heat island effect and land use/cover type using landsat 7 ETM⁺ and Landsat 8 OLI images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41, 821-828. doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B8-821-2016
- Bisquert, M., Bégué, A., & Deshayes, M. (2015). Object-based delineation of homogeneous landscape units at regional scale based on MODIS time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 37, 72-82. doi:10.1016/j.jag.2014.10.004
- Coulter, L.L., Stow, D.A., Tsai, Y.H., Ibanez, N., Shih, H.C., Kerr, A., Benza, M., Weeks, J.R., & Mensah, F. (2016). Classification and assessment of land cover and land use change in southern Ghana using dense stacks of Landsat 7 ETM⁺ imagery. *Remote Sensing of Environment*, 184, 396-409. doi:10.1016/j.rse.2016.07.016
- Dehghani, T., Ahmadpari, H., & Amini, A. (2022). Assessment of land use changes using multispectral satellite images and artificial neural network. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(2), 18-35. doi:10.22098/mmws.2022.11279.1114 [In Persian]
- Deng, Z., Zhu, X., He, Q., & Tang, L. (2019). Land use/land cover classification using time series Landsat 8 images in a heavily urbanized area. *Advances in Space Research*, 63(7), 2144-2154. doi:10.1016/j.asr.2018.12.005
- Emelyanova, I.V., McVicar, T.R., Van Niel, T.G., Li, L.T., & van Dijk, A.I.J.M. (2013). Assessing the accuracy of blending Landsat-MODIS surface reflectances in two landscapes with contrasting spatial and temporal dynamics: A framework for algorithm selection. *Remote Sensing of Environment*, 133, 193-209. doi:10.1016/j.rse.2013.02.007
- Fakhar, M.S., & Nazari, B. (2022). Evaluation and validation of salinity monitoring indices in the Qazvin plain. *Water and Soil Management and Modelling*, 2(3), 40-51. doi:10.22098/mmws.2022.10142.1077 [In Persian]
- Fu, P., & Weng, Q. (2016). A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 175, 205-214. doi:10.1016/j.rse.2015.12.040
- Fu, Y., Li, J., Weng, Q., Zheng, Q., Li, L., Dai, S., & Guo, B. (2019). Characterizing the spatial pattern of annual urban growth by using time series Landsat imagery. *Science of The Total Environment*, 688, 1324-1335. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.1324

- Environment*, 666, 274-284. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.178
- Gao, F., Masek, J., Schwaller, M., & Hall, F. (2006). On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 44(8), 2207-2218. doi:10.1109/TGRS.2006.872081
- Godinho, S., Guiomar, N., & Gil, A. (2016). Using a stochastic gradient boosting algorithm to analyse the effectiveness of Landsat 8 data for montado land cover mapping: Application in southern Portugal. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 151-162. doi:10.1016/j.jag.2016.02.008
- Guan, H., Li, J., Chapman, M., Deng, F., Ji, Z., & Yang, X. (2013). Integration of orthoimagery and lidar data for object-based urban thematic mapping using random forests. *International Journal of Remote Sensing*, 34(14), 5166-5186.
- Hao, G., Wu Bo Zhang, L., Fu, D., & Li, Y. (2016). Temporal and spatial variation analysis of the area of Siling Co Lake in Tibet based on ESTARFM (1976–2014). *Journal of Geographical Information Science*, 18(6), 833-846. doi:10.3724/SP.J.1047.2016.00833
- Hao, P., Wang, L., Niu, Z., Aablikim, A., Huang, N., Xu, S., & Chen, F. (2014). The potential of time series merged from Landsat-5 TM and HJ-1 CCD for crop classification: a case study for Bole and Manas Counties in Xinjiang, China. *Remote Sensing*, 6(8), 7610-7631. doi:10.3390/rs6087610
- Hilker, T., Wulder, M.A., Coops, N.C., Linke, J., McDermid, G., Masek, J.G., Gao, F., & White, J.C. (2009). A new data fusion model for high spatial- and temporal-resolution mapping of forest disturbance based on Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 113(8), 1613-1627. doi:10.1016/j.rse.2009.03.007
- Hosseini, S.A., Khosravi, H., Gholami, H., Esmaeilpour, Y., & Cerda, A. (2020). Analysis of landuse changes on land degradation and desertification in coastal regions of southern Iran. *Journal of Range and Watershed Managment*, 73(2), 305-320. doi:10.22059/jrwm.2020.294312.1444 [In Persian]
- Jahandari, J., Hejazi, R., Jozi, S.A., & Moradi, A. (2022). Impacts of urban expansion on spatio-temporal patterns of carbon storage ecosystem service in Bandar Abbas Watershed using InVEST software. *Water and Soil Management and Modelling*, 2(4), 91-106. doi:10.22098/mmws.2022.11069.1097 [In Persian]
- Johnson, B.A., & Iizuka, K. (2016). Integrating OpenStreetMap crowdsourced data and Landsat time-series imagery for rapid land use/land cover (LULC) mapping: Case study of the Laguna de Bay area of the Philippines. *Applied Geography*, 67, 140-149. doi:10.1016/j.apgeog.2015.12.006
- Kennedy, R.E., Yang, Z., & Cohen, W.B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. Land Trendr-Temporal segmentation algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 114(12), 2897-2910. doi:10.1016/j.rse.2010.07.008
- Knauer, K., Gessner, U., Fensholt, R., & Kuenzer, C. (2016). An ESTARFM fusion framework for the generation of large-scale time series in cloud-prone and heterogeneous landscapes. *Remote Sensing*, 8(5), 425.
- Lamine, S., Petropoulos, G.P., Singh, S.K., Szabó, S., Bachari, N.E.I., Srivastava, P.K., & Suman, S. (2018). Quantifying land use/land cover spatio-temporal landscape pattern dynamics from Hyperion using SVMs classifier and FRAGSTATS®. *Geocarto international*, 33(8), 862-878. doi:10.1080/10106049.2017.1307460
- Mack, B., Leinenkugel, P., Kuenzer, C., & Dech, S. (2017). A semi-automated approach for the generation of a new land use and land cover product for Germany based on Landsat time-series and Lucas in-situ data. *Remote Sensing Letters*, 8(3), 244-253. doi:10.1080/2150704X.2016.1249299
- Melville, B., Lucieer, A., & Aryal, J. (2018). Object-based random forest classification of Landsat ETM+ and WorldView-2 satellite imagery for mapping lowland native grassland communities in Tasmania, Australia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 66, 46-55. doi:10.1016/j.jag.2017.11.006
- Munshi-South, J., Zolnik, C.P., & Harris, S.E. (2016). Population genomics of the Anthropocene: Urbanization is negatively associated with genome-wide variation in white-footed mouse populations. *Evolutionary Applications*, 9(4), 546-564. doi:10.1111%2Feva.12357
- Naeem, S., Cao, C., Fatima, K., Najmuddin, O., & Acharya, B.K. (2018). Landscape greening policies-based land use/land cover simulation for Beijing and Islamabad-An implication of sustainable urban ecosystems. *Sustainability*, 10(4), 1049. doi:10.3390/su10041049
- Novack, T., Esch, T., Kux, H., & Stilla, U. (2011). Machine learning comparison between WorldView-2 and QuickBird-2-simulated imagery regarding object-based urban land cover classification. *Remote Sensing*, 3(10), 2263-2282. doi:10.3390/rs3102263
- Pontius, J.R. (2018). *PontiusMatrix21.xlsx* (Workbook). www.clarku.edu/~rpontius.

- Robert, S., Fox, D., Boulay, G., Grandclément, A., Garrido, M., Pasqualini, V., Prévost, A., Schleyer-Lindenmann, A., & Trémélo, M.L. (2019). A framework to analyse urban sprawl in the French Mediterranean coastal zone. *Regional Environmental Change*, 19(2), 559-572. doi:10.1007/s10113-018-1425-4
- Salehi, N., Ekhtesasi, M.R., & Talebi, A. (2019). Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1), 106-120. doi:10.1001.1.26767082.1398.10.1.7.4 [In Persian]
- Shahtahmassebi, A.R., Lin, Y., Lin, L., Atkinson, P.M., Moore, N., Wang, K., Shan, H., Lingyan, H., Jiexia, W., & Shen, Z. (2017). Reconstructing historical land cover type and complexity by synergistic use of landsat multispectral scanner and corona. *Remote Sensing*, 9(7), 682. doi:10.3390/rs9070682
- Shiferaw, H., Bewket, W., Alamirew, T., Zeleke, G., Teketay, D., Bekele, K., Schaffner, U., & Eckert, S. (2019). Implications of land use/land cover dynamics and Prosopis invasion on ecosystem service values in Afar Region, Ethiopia. *Science of The Total Environment*, 675, 354-366. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.220
- Singha, M., Wu, B., & Zhang, M. (2016). An object-based paddy rice classification using multi-spectral data and crop phenology in Assam, Northeast India. *Remote Sensing*, 8(6), 479. doi:10.3390/rs8060479
- Sukawattanavijit, C., Chen, J., & Zhang, H. (2017). GA-SVM algorithm for improving land-cover classification using SAR and optical remote sensing data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(3), 284-288. doi:10.1109/LGRS.2016.2628406
- Thenkabail, P.S., Schull, M., & Tural, H. (2005). Ganges and Indus river basin land use/land cover (LULC) and irrigated area mapping using continuous streams of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 95(3), 317-341. doi:10.1016/j.rse.2004.12.018
- Wang, Y., Ziv, G., Adami, M., Mitchard, E., Batterman, S.A., Buermann, W., Schwantes Marimon, B., Marimon Junior, B.H., Matias Reis, S., Rodrigues, D., & Galbraith, D. (2019). Mapping tropical disturbed forests using multi-decadal 30 m optical satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 221, 474-488. doi:10.1016/j.rse.2018.11.028
- Wu, M., Niu, Z., Wang, C., Wu, C., & Wang, L. (2012). Use of MODIS and Landsat time series data to generate high-resolution temporal synthetic Landsat data using a spatial and temporal reflectance fusion model. *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1), 063507. doi:10.1117/1.JRS.6.063507
- Yang, G., Chao, S., Tsou, J.Y., & Zhang, Y. (2019). Satellite image-based methods of spatiotemporal analysis on sustainable urban land use change and the driving factors: a case study in Caofeidian and the suburbs, China. *Sustainability*, 11(10), 2927. doi:10.3390/su11102927
- Zhang, M., & Zeng, Y. (2015). Mapping paddy fields of Dongting Lake area by fusing Landsat and MODIS data. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 31(13), 178-185. doi:10.11975/j.issn.1002-6819.2015.13.025
- Zhang, M., Zeng, Y., & Zhu, Y. (2017). Wetland mapping of Dongting Lake Basin based on time-series MODIS data and object-oriented method. *Journal of Remote Sensing*, 21(3), 479-492. doi:10.11834/jrs.20176129
- Zhu, X., Chen, J., Gao, F., Chen, X., & Masek, J.G. (2010). An enhanced spatial and temporal adaptive reflectance fusion model for complex heterogeneous regions. *Remote Sensing of Environment*, 114(11), 2610-2623. doi:10.1016/j.rse.2010.05.032
- Zhu, Z., Fu Y., Woodcock, C.E., Olofsson, P., Vogelmann, J.E., Holden, C., Wang, M., Dai, S., & Yu, Y. (2016). Including land cover change in analysis of greenness trends using all available Landsat 5, 7, and 8 images: A case study from Guangzhou, China (2000-2014). *Remote Sensing of Environment*, 185, 243-257. doi:10.1016/j.rse.2016.03.036