

Assessment of land use changes using multispectral satellite images and artificial neural network

Tahmine Dehghani ¹, Hedieh Ahmadpari ^{2*}, Ata Amini ³

¹ Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

² Graduated M.Sc. Student, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran

Abstract

Introduction

Land use change reporting over time is necessary to assess and monitor the state of natural and agricultural resources. Knowing about the change of use is necessary to identify the priorities of public investment in the management of natural resources and to evaluate its effectiveness. The purpose of land change investigation is land use management. Among the management cases, we can mention the evaluation of the effect of economic activities and development on the environment. In such cases, these organized reports are the best sources of decision-making. Land use management can ensure that resources are used efficiently and people's future resources are preserved. This process is the main component of a development plan. Timely and accurate detection of land use changes is the basis for a better understanding of the relationships and interactions between humans and natural phenomena, and as a result, provides better management and more appropriate use of natural resources. Satellite images as a type of remote sensing data are well used in the field of natural sciences for quantitative and qualitative measurement of land cover changes. The construction of the Houzian dam in 2015 and also the expansion of mines and construction in the natural resources of Aligudarz city in Lorestan province and also the lack of accurate statistics on the amount of land cover/use changes in the region make such research necessary. In the present study, land use changes in Aligudarz city were investigated during nine years for the years 2012 and 2014 with the help of multi-spectral satellite images and the artificial neural network. In the structure of the artificial neural network, numerous nodes work together in parallel with the purpose of processing. Each node is a data structure. This data structure is placed in a communication network with each other and the network is taught by humans.

Materials and Methods

In this study, several key steps were used to prepare and identify LULC changes in Aligudarz city, which include data pre-processing, image processing and classification implementation as well as validation. The required images were selected among the available images in such a way that they have minimum cloud cover and maximum greenness in the plants and trees in the area, and the date of the images are related to the same month. This study uses land use change detection in the east of Aligudarz county using Landsat 8 OLI and TIRS images. The spatial resolution of these images was improved to 15 m using the fusion technique and panchromatic band. At first, preliminary pre-processing including radiometric, atmospheric, and geometric corrections were done on the raw data. The geometric correction was done with the RMS square root error of 0.22 pixels. Radiometric and atmospheric corrections were done in ENVI 5.3 software using Radiometric Calibration and Quick Atmospheric Correction tools. The artificial neural network method was used to prepare land use maps for 2013 and 2021. The neural network structure used in this research is a three-layer perceptron neural network, which includes seven input neurons (number of satellite image bands), eleven intermediate neurons, and six output neurons (number of land cover map classes). The classification accuracy was evaluated quantitatively by comparing the LULC classes obtained from the training phase with the data obtained from the testing phase. The classification accuracy was evaluated quantitatively by comparing the LULC classes obtained from the training phase with the

data obtained from the testing phase. In this study, the points taken from the ground surface and Google Earth Pro 7.3.4.8642, using the error matrix and the Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs tool were used. Detection of changes between two classified maps was done with Change Detection Statistics and Workflow Change Image and Spear Change Detection tools.

Results and Discussion

The results of this study showed that the artificial neural network has an acceptable performance in investigating land use changes and, The Kappa coefficient for 2013 and 2021 was 0.83 and 0.71%, respectively. Due to the construction of Houzian Dam in 2016, water areas have witnessed an increase of 1.34%. Also, the construction of the dam has led to an increase in the area under irrigated cultivation, so the area under cultivation in 2021 experienced an increase of 5.53% compared to 2013. In addition, the construction of the dam has caused the highlands to decrease by 4.30 %. Because the water of the dam has been used to irrigate the highlands where there was not enough water to irrigate them before the construction of the dam. The area of mines has increased by 0.23% during the studied period. The area of uncovered regions has decreased by 1.74% compared to 2013. Also, the area of habitation regions has decreased by 1.06% to 18.18 square kilometers in 2021.

Conclusion

The survey of the land use map of Aligudarz showed that the heights and water areas have the largest and smallest areas, respectively. The results of this study showed that in the years after the construction of Houzian dam compared to before its construction. The total area of water and total vegetation has increased. Since the construction of a dam in an area has short-term and long-term effects, it should be noted that the increase in vegetation and the cultivated area is considered a short-term effect. Therefore, it is necessary to investigate the impact of creating this water structure in the region's ecosystem in the long term by forecasting models. In the investigation of mines, the appearance of water areas indicates an increase in the depth of excavation. Since this city is an important center for stone production, the absence of a specialized regulatory body on the number of harvests and the impact of mining on the environment is felt in this region. Another part of the increase in water areas is due to the existence of errors in the classification of land use in the artificial neural network. In using the results of this research, it is important to mention that these results were obtained for the area of the dam and the increase in vegetation caused by the construction of the dam cannot be generalized to the entire basin.

Keywords: Aligudarz County, Change Detection, Houzian Dam, Kappa Coefficient, Validation

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: h.ahmadpari@gmail.com

Citation: Dehghani, T., Ahmadpari, H., & Amini, A. (2023). Assessment of land use changes using multispectral satellite images and artificial neural network. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(2), 18-35.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11279.1114

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.2.6

Received: 07 August 2022, Received in revised form: 24 August 2022, Accepted: 24 August 2022, Published online: 24 August 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 2, pp. 18-35

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی و شبکه عصبی مصنوعی

تهمینه دهقانی^۱، هدیه احمدپری^{۲*}، عطا امینی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکدهگان ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۳ دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج، سنندج، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهرستان الیگودرز طی یک دوره زمانی نه ساله بین ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به کمک تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی و شبکه عصبی مصنوعی است. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI استفاده شد. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر با استفاده از تکنیک فیوژن و باند پانکروماتیک به ۱۵ متر بهبود یافت. ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در این پژوهش یک شبکه عصبی پرسپترون سه لایه است که شامل هفت نرون ورودی (تعداد نرون‌های ورودی برابر تعداد باندهای تصویر ماهواره‌ای)، ۱۱ نرون میانی و شش نرون خروجی (تعداد نرون خروجی برابر تعداد کلاس‌های نقشه پوشش زمین) می‌شود. تعداد شش کلاس، زمین‌های بدون پوشش گیاهی، معادن، زمین‌های مرتفع، مناطق مسکونی، پهنه‌های آبی و زمین‌های تحت پوشش گیاهی استخراج شد. تصاویر به دست آمده به وسیله نقاط برداشت زمینی و تصاویر Google Earth Pro 7.3.4.8642 اعتبارسنجی شد. نتایج نشان داد که با توجه به احداث سد حوضیان در سال ۱۳۹۵، پهنه‌های آبی افزایش ۱/۳۴ درصدی را شاهد بوده است. سطح زیر کشت در سال ۱۴۰۰ افزایش ۵/۵۳ درصدی را نسبت به سال ۱۳۹۲ تجربه کرده است. از آنجایی که یکی از اهداف احداث سد حوضیان تامین آب آبیاری زمین‌های کشاورزی پایین دست بوده است، ۴/۳۰ درصد از اراضی که در سال ۱۳۹۲ در کلاس زمین‌های بایر طبقه‌بندی شده است، در سال ۱۴۰۰ تحت آبیاری قرار گرفته و در طبقه مناطق با پوشش گیاهی جای گرفته است. هم‌چنین، احداث این سد، شرایط آبیاری زمین‌های مرتفع پایین دست (تپه‌ها و مناطق کوهستانی) را فراهم کرده است. مساحت معادن در دوره زمانی مورد مطالعه به میزان ۰/۲۳ افزایش و مساحت مناطق بدون پوشش گیاهی حدود ۱/۷۴ درصد نسبت به سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است. در استفاده از نتایج این پژوهش لازم است توجه داشت که این نتایج برای محدوده سد به دست آمده و افزایش پوشش گیاهی در اثر احداث سد، قابل تعمیم به کل حوضه نیست.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات، اعتبارسنجی، سد حوضیان، شهرستان الیگودرز

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.ahmadpari@gmail.com

استاد: دهقانی، تهمینه، احمدپری، هدیه، و امینی، عطا (۱۴۰۲). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی و شبکه عصبی

مصنوعی. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۳(۲)، ۱۸-۳۵.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11279.1114

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.2.6

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۲، شماره صفحه ۱۸ تا ۳۵

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

کاربری زمین/پوشش زمین^۱ یک مفهوم اساسی از سیستم زمین است که با بسیاری از فزاهای محیط انسانی و فیزیکی رابطه نزدیکی دارد (Pandey et al., 2021). درک پویایی تغییر کاربری و پوشش زمین در مقیاس حوضه و عوامل محرک آن، برای توسعه و برنامه‌ریزی سیاست‌ها و راهبردهای مدیریت محیط زیستی مناسب، حیاتی است (Tadese et al., 2020). سطح زمین به دلایل طبیعی خاص و سایر تأثیرات جامعه هر روز و به‌سرعت در حال تغییر است (MohanRajan et al., 2020). اطلاع از نسبت کاربری‌ها/پوشش اراضی در یک محیط طبیعی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌هاست. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی نموده و اقدامات مقتضی را انجام داد (Haji et al., 2022).

آشکارسازی تغییر کاربری زمین جزئی ضروری برای پژوهش هر منطقه بوده و توجه بسیاری از محققان برای پیشرفت در این زمینه جلب شده است (Aghaei et al., 2020). داده‌های سنجش از دور برای تحلیل آشکارسازی تغییر کاربری زمین مناسب هستند. سنجش از دور فناوری به‌دست آوردن اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی، مانند هواپیما، بالون یا تجهیزات فضایی مانند ماهواره است. سنجش از دور علم استخراج اطلاعات از اجسام زمینی به‌صورت غیرمستقیم است. قابلیت‌های بالای مانند مقرون به‌صرفه بودن و در دسترس بودن داده‌ها، آن‌ها را به منبع مهمی از اطلاعات تبدیل کرده است. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه می‌توان به تغییرات کاربری اراضی پی برد (Dehghani et al., 2021). کاربردهای اخیر داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI برای به‌دست آوردن اطلاعات در مورد کاربری و پوشش زمین دیدگاه جدیدی در تحلیل داده‌های سنجش از دور ارائه می‌دهد. این منابع به پژوهش‌گران اجازه می‌دهند تا طبقه‌بندی عملیاتی و تشخیص تغییرات را بهبود بخشند، و استدلال بهتری را در مورد چشم‌انداز و فرآیندهای ذاتی، مانند جنگل‌زدایی و گسترش کشاورزی داشته باشند (Chaves et al., 2020). استفاده از داده‌های سنجش از دور به‌دلیل هزینه‌های مقرون به‌صرفه و تصاویر چند زمانی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی ضروری است.

از زمانی که اولین نسل ماهواره لندست در سال ۱۹۷۲ همراه با توسعه سریع فناوری اطلاعات راه‌اندازی شد، توسعه نقشه‌های LULC به‌طور چشم‌گیری با رویکردهای فناوری سطح بالا تغییر کرده است. انواع مختلفی از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌ها با انتظار

ارائه یک سیستم اطلاعاتی مطمئن و به‌روز LULC با هزینه کم مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس، روش‌های زیادی برای بهبود دقت طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آزمایش شده‌اند (Nguyen et al., 2018). طبقه‌بندی تصاویر به‌روش نظارت نشده (Dehghani et al., 2021)، نظارت شده (Dehghani et al., 2022; Abdolalizadeh and Mostafazadeh, 2019) و تجزیه و تحلیل تصویر مبتنی بر روش‌های شی‌گرا (Taghi Mollaei et al., 2021)، سه روش اصلی طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور هستند. از پرکاربردترین تکنیک‌های طبقه‌بندی نظارت شده می‌توان به روش‌های حداکثر احتمال (Nazari et al., 2022; Talebi Khiavi and Mostafazadeh, 2021)، ماشین بردار پشتیبان (Roobahani et al., 2022)، حداقل فاصله از میانگین (Dehghani et al., 2022)، درخت تصمیم‌گیری (Hooshmandzadeh et al., 2022)، طبقه‌بندی متوازی‌السطوح (Davodpour and Toranjzar, 2020) و شبکه عصبی مصنوعی اشاره کرد. از بین روش‌های ذکر شده شبکه‌های عصبی مصنوعی یک روش ناپارامتریک نظارت شده و الهام گرفته از طبیعت است (Park and Lek, 2016). مانند ساختار مغز انسان، مدل‌های ANN از نورون‌هایی به شکل پیچیده و غیرخطی تشکیل شده‌اند. نورون‌ها توسط پیوندهای وزن‌دار به یکدیگر متصل می‌شوند. تمام فرآیندهای مدل‌های ANN، مانند جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، طراحی ساختار شبکه، تعداد لایه‌های پنهان، شبیه‌سازی شبکه و معاوضه وزن یا بایاس^۲ از طریق روش‌های یادگیری و آموزش محاسبه می‌شوند (Malekian and Chitsaz, 2021).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و روش شبکه عصبی مصنوعی جهت استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات ایجاد شده در پوشش زمین انجام گرفته است. (Qiang and Lam, 2015) تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در یک منطقه ساحلی واقع در قاره آمریکا مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند تغییرات LULC را با دقت بالایی (به‌طور متوسط بالای ۹۲ درصد) شبیه‌سازی کند. (Doghan and Bugday, 2018) به مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی پوشش زمین و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شبکه عصبی مصنوعی در ناحیه مرکزی کاستامونو واقع در کشور ترکیه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی یک ابزار

² Artificial Neural Network (ANN)

³ Bias

¹ Land Use /Land Cover (LULC)

بررسی تغییر کاربری اراضی و اثرات احداث سد کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی بیش‌ترین شباهت پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که در سال‌های پس از احداث سد، نسبت به قبل از احداث آن؛ مساحت کل آب و گل پوشش گیاهی به‌ترتیب حدود ۵/۲ و ۴/۱ درصد افزایش یافته است. (Dehdari et al. (2018) به بررسی تغییرات کاربری اراضی سدهای کارون ۳ و ۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در یک دوره ۲۸ ساله پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که با احداث سد کارون ۳ و ۴ به‌ترتیب حدود ۳۴۴۹/۸۸ و ۲۵۵۵/۹۱ هکتار میزان خاک بدون پوشش در منطقه افزایش یافت. (Maleki et al. (2018) به بررسی اثرات احداث سدهای سلیمان‌شاه و گاوشان بر پوشش گیاهی نواحی پیرامونی در ارتفاع و شیب‌های مختلف پرداختند. در این پژوهش از تصاویر سنجنده ETM+ سنجنده OLI لندست برای قبل و بعد از سدسازی استفاده شد و ۲۰ شاخص پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده بهبود پوشش گیاهی پس از احداث سدها بوده است. همچنین، بیش از ۹۷ درصد از مساحت مورد مطالعه دارای رشد نسبی پوشش گیاهی بوده است. مقایسه تغییرات پوشش گیاهی در ارتفاعات و شیب‌های مختلف نشان داد که در شیب‌های بین ۳-۵ درصد و ارتفاعات بین ۱۶۰۰ تا ۲۱۰۰ متر پوشش گیاهی رشد بیش‌تری داشتند و گواه این است که بعد از احداث سدها آب کافی برای آبیاری این پهنه‌ها وجود دارد. از بررسی این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که بعد از احداث سد، روند تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه تشدید می‌شود و میزان تشدید تحت تأثیر شرایط توپوگرافی منطقه، پارامترهای اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌تواند پیامدهای منفی و مثبت داشته باشد.

نتایج حاصل از بررسی پیشینه تحقیق در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای و روش شبکه عصبی مصنوعی با نمایش و ارائه طبقات پوشش زمین طی فرآیند طبقه‌بندی، امکان تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی را به‌درستی فراهم می‌آورند. طبقه‌بندی کاربری اراضی، تحت تأثیر ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و همچنین ویژگی‌های پیکسل‌های آموزش و کنترل زمینی است. همچنین از بررسی این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های اخیر پوشش زمین در سراسر جهان دستخوش تغییرات بسیاری بوده است که این تغییرات به شدت می‌توانند محیط‌زیست و منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار دهند. این موضوع اهمیت بررسی تغییرات پوشش زمین را دوچندان می‌کند. احداث سد حوضیان در سال ۱۳۹۵ و همچنین گسترش معادن و ساخت‌وساز در حریم طبیعی شهرستان الیگودرز در استان لرستان و همچنین نبود آمار دقیق از

کاربردی برای تعیین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین است و در آینده به یک سیستم پشتیبانی جهت گرفتن تصمیم‌های مهم برای برنامه‌ریزان تبدیل شود. (Yatoo et al. (2020) به پایش تغییرات کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شبکه عصبی مصنوعی برای شهر احمدآباد در کشور هند پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که طبقه‌بندی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی صحت بالایی دارد و روشی مناسب برای تهیه نقشه پوشش اراضی به شمار می‌آید. (Hashemi Aslani et al. (2022) تغییرات کاربری زمین را با تکنیک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در حوزه آبخیز شمال اهواز پایش و پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که مناطق مسکونی و اراضی مرتعی افزایش و زمین‌های کشاورزی و بایر طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۴۰ کاهش می‌یابند. (Sadayn and Afifi (2022) به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهر عسلویه با استفاده از طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی در یک دوره ۳۰ ساله و پیش‌بینی تغییرات پرداختند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که بیش‌ترین تغییرات مساحت در ناحیه پهنه آبی و بیش‌ترین کاهش مساحت در ناحیه پوشش گیاهی رخ داده است. (Girma et al. (2022) به بررسی تغییر کاربری اراضی در حوضه رودخانه گیدابوآدر اتیوپی با استفاده از تصاویر لندست و روش شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که این حوضه پویایی قابل توجهی را تجربه کرده است. (Zhang (2022) به استخراج نقشه کاربری اراضی شهر پکن طبق روش شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخت. طبق نتایج روش خوشه‌بندی مورد استفاده در این پژوهش می‌تواند به‌طور منطقی انواع مختلف زمین‌های شهری را طبقه‌بندی کند، همچنین ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده انواع کاربری اراضی به ۰/۹۷ می‌رسد.

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی تغییرات ناشی از احداث سد بر روی پوشش گیاهی و کاربری اراضی به‌کمک سنجش از دور انجام شده است. (Hadianet et al. (2013) به بررسی تأثیر سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست طی یک دوره ۳۵ ساله پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که سدسازی در کوتاه مدت باعث افزایش سطح اراضی کشت آبی شده است، ولی بعد از ۱۵ سال منجر به کاهش شدید سطح اراضی کشت آبی شده است. همچنین حدود ۷۰۴ هکتار از مراتع و زمین‌های کشاورزی به‌دلیل ساخت سد حنا تخریب شده‌اند. (Balouchi et al. (2016) به

¹ Multi-Layer Perceptron (MLP)

² Gidabo

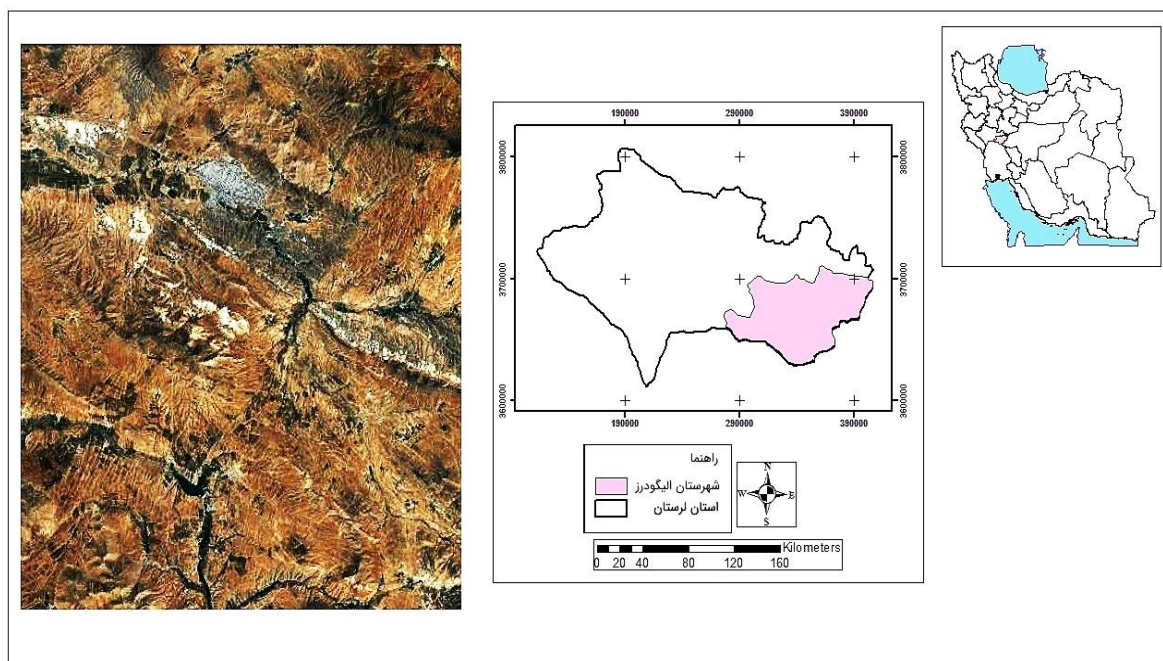
است (Sabzevari and Ghanbarpour, 2021). شهرستان الیگودرز در ناحیه کوهستانی زاگرس مرکزی و در امتداد شرق به غرب کشیده شده است. در ضلع شمالی و جنوبی این شهرستان اراضی ناهموار با ارتفاعات و قله‌های متعدد پراکنده‌اند، به همین دلیل نیز از آب و هوای بسیار سرد کوهپایه‌ای برخوردار است. این شهرستان از معدود شهرستان‌هایی است که طبیعت خود را بکر و دست نخورده حفظ کرده است. اما در سال‌های اخیر موارد تغییر کاربری غیرمجاز به خصوص اطراف سد حوضیان موجب شد تا در راستای جلوگیری از تخریب اراضی و منابع ملی و طبیعی توسط گسترش معادن و ساخت‌وساز در حریم منابع طبیعی شهرستان به بررسی این موضوع پرداخته شود. هم‌چنین دو تاریخ مورد مطالعه به قبل و پس از احداث سد حوضیان می‌پردازد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان الیگودرز در کشور ایران و استان لرستان نشان داده شده است.

میزان تغییرات پوشش / کاربری اراضی منطقه ایجاب می‌کند چنین پژوهشی انجام گیرد. بنابراین، در مطالعه حاضر به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان الیگودرز طی یک دوره زمانی نه ساله برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به کمک تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی و شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان الیگودرز با وسعت ۵۸۹۰/۸۴ کیلومترمربع در استان لرستان در غرب کشور ایران واقع شده است. این شهرستان از نظر موقعیت در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این منطقه دارای ارتفاع ۲۰۲۲ متری از سطح دریا و متوسط بارش ۳۸۷/۷ میلی‌متر و تبخیر سالانه ۲۰۴۸/۲ میلی‌متر است. طبق روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن و آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک و خشک سرد، با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان الیگودرز در کشور ایران و استان لرستان

Figure 1- Geographical location map of Aligudarz county in Iran and Lorestan province

دو ابزار علمی تصویرگر زمین عملیاتی^۲ و حسگر حرارتی مادون قرمز^۳ است (Acharya and Yang, 2015). این دو حسگر پوشش فصلی جهانی را با وضوح مکانی ۳۰ متر (مرئی، NIR،

۲-۲- روش پژوهش

مشخصات تصاویر استفاده شده از ماهواره لندست ۸^۱سنجندۀ OLI/TIR در جدول ۱ ارائه شده است. ماهواره لندست ۸ دارای

² Operational Land Imager (OLI)

³ Thermal Infrared Sensor (TIRS)

¹ Landsat 8

نقشه توپوگرافی انتخاب و نقاط متناظر آن‌ها بر روی تصویر تعیین شد. پس از به‌کارگیری روش ناپارامتری چند جمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با میزان خطای ریشه مربعات RMS ۰/۲۲ پیکسل صورت گرفت. تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک در نرم‌افزار ENVI 5.3 به‌وسیله ابزارهای Radiometric Calibration و Quick Atmospheric Correction انجام شد.

۲-۴- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

به‌طور کلی، دقت طبقه‌بندی بالای مجموعه داده‌های سنسج از دور به مجموعه‌های بزرگی از نمونه‌های آموزشی و اعتبارسنجی نیاز دارد. بنابراین، تولید تعداد زیادی نمونه آموزشی و اعتبارسنجی برای مدیریت صحیح ضروری است (Hidalgo et al., 2021). در این پژوهش طبقه‌بندی تصاویر با روش نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی صورت گرفت. برای آموزش شبکه از الگوریتم پس انتشار خطا استفاده شده است. ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در این پژوهش یک شبکه عصبی پرسپترون بود که یک شبکه سه لایه شامل هفت نرون ورودی که تعداد نرون‌های ورودی همان تعداد باند‌های تصویر ماهواره‌ای، یازده نرون میانی و شش نرون خروجی که تعداد نرون خروجی تعداد کلاس‌های نقشه پوشش زمین است، حاصل شد. در روش شبکه عصبی مصنوعی محاسبات آن قدر تکرار می‌شوند تا مقدار RMSE همگرا شود و کم‌ترین میزان مربعات خطا حاصل شود. تعداد تکرار را روی پیش‌فرض ۱۰۰۰ تعیین شد. علاوه بر نقشه کلاسه‌بندی شده، نمودار Neural Net RMSE نیز نمایش داده می‌شود (شکل ۲). محور افقی نمایش‌دهنده تعداد تکرارها و محور عمودی مقدار RMSE را به ازای هر تعداد تکرار نمایش می‌دهد. طبق نمودار سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ اولین تکرار بیش‌ترین خطا را داشته است که به مرور کاهش یافته به کم‌ترین میزان خود رسیده است (سال ۱۳۹۲ کم‌تر از ۰/۳۶ و سال ۱۴۰۰ بیش از ۰/۵۱).

نقاط آموزشی^۷ از سطح تصاویر ماهواره‌ای بر اساس رفتار طیفی پدیده‌ها و کتابخانه طیفی نرم‌افزار ENVI 5.3 تعیین شد. شکل ۳ نمودار مرجع رفتار طیفی گیاه و مقایسه آن با رفتار طیفی مشاهده شده در تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی نشان‌دهنده طول موج و محور عمودی نشان‌دهنده شدت بازتاب است. شکل ۳ نشان می‌دهد که گیاه از یک رفتار طیفی پرنوسان برخوردار است. نسبت بازتاب محدوده مرئی گیاه

(SWIR)، ۱۰۰ متر (حرارتی) و ۱۵ متر (پانکروماتیک) فراهم می‌کنند. سنجنده OLI دو باند طیفی جدید را برای تشخیص ابرهای سیروس و مشاهدات منطقه ساحلی ارائه می‌دهد. سنجنده TIRS داده‌ها را برای دو باند طیفی باریک در منطقه حرارتی که قبلاً توسط یک باند طیفی گسترده در Landsat 4-7 ثبت می‌شد، جمع‌آوری می‌کند (Acharya and Yang, 2015). در این مطالعه برای تهیه و شناسایی تغییرات LULC در شهرستان الیگودرز از چند مرحله کلیدی که شامل پیش‌پردازش داده‌ها، پردازش تصاویر و اجرای طبقه‌بندی و هم‌چنین اعتبارسنجی است، استفاده شد. تصاویر مورد نیاز به‌گونه‌ای از میان تصاویر در دسترس انتخاب شدند که دارای حداقل پوشش ابر و حداکثر میزان سبز بودن در گیاهان و درختان موجود در منطقه باشند، هم‌چنین تاریخ تصاویر مربوط به یک ماه هستند. همه تصاویر اخذ شده دارای سیستم مختصات UTM و زون ۳۹ هستند. به‌منظور استخراج نقشه کاربری اراضی به‌روش شبکه عصبی مصنوعی از نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد. هم‌چنین تغییرات مساحت هر یک از کلاس‌ها با نرم‌افزار ArcGIS 10.8.2 مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از نقاط زمینی برداشت شده به‌وسیله GPS و نقاط برداشتی از Google Earth Pro 7.3.4.8642 به‌منظور اعتبارسنجی و ارزیابی نتایج حاصل از نقشه طبقه‌بندی شده استفاده شد. وضوح مکانی تصاویر با ابزار pan sharpening و با استفاده از تکنیک فیوژن^۸ و تصاویر پانکروماتیک^۹ به ۱۵ متر بهبود یافت.

۲-۳- پیش‌پردازش-تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری

لندست ۸ دارای حس‌گر تصویربرداری زمین عملیاتی است که داده‌ها را با دقت رادیومتری بهبود یافته در محدوده دینامیکی ۱۲ بیتی ضبط می‌کند. بنابراین، عملکرد سیگنال کلی نسبت به نویز را بهبود می‌بخشد که توصیف بهبود وضعیت و شرایط پوشش زمین را امکان‌پذیر می‌کند (Mezned et al., 2022). در این مطالعه، از تصاویر سطح یک استفاده شد که با استفاده از نقاط کنترل زمینی^۴ و داده‌های مدل رقومی ارتفاع^۵ (نقشه DEM با دقت مکانی ۳۰ متر) تصحیح جابجایی، واسنجی و به‌صورت رادیومتری تنظیم شد. برای اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر با استفاده از روش نقشه به تصویر، برای هر منطقه ۳۰ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری استخراج شده از

^۱Operational Land Imager (OLI)

^۲Fusion

^۳Panchromatic

^۴Ground Control Points (GCP)

^۵Digital Elevation Model (DEM)

^۶Root Mean Square Error (RMSE)

^۷Training samples

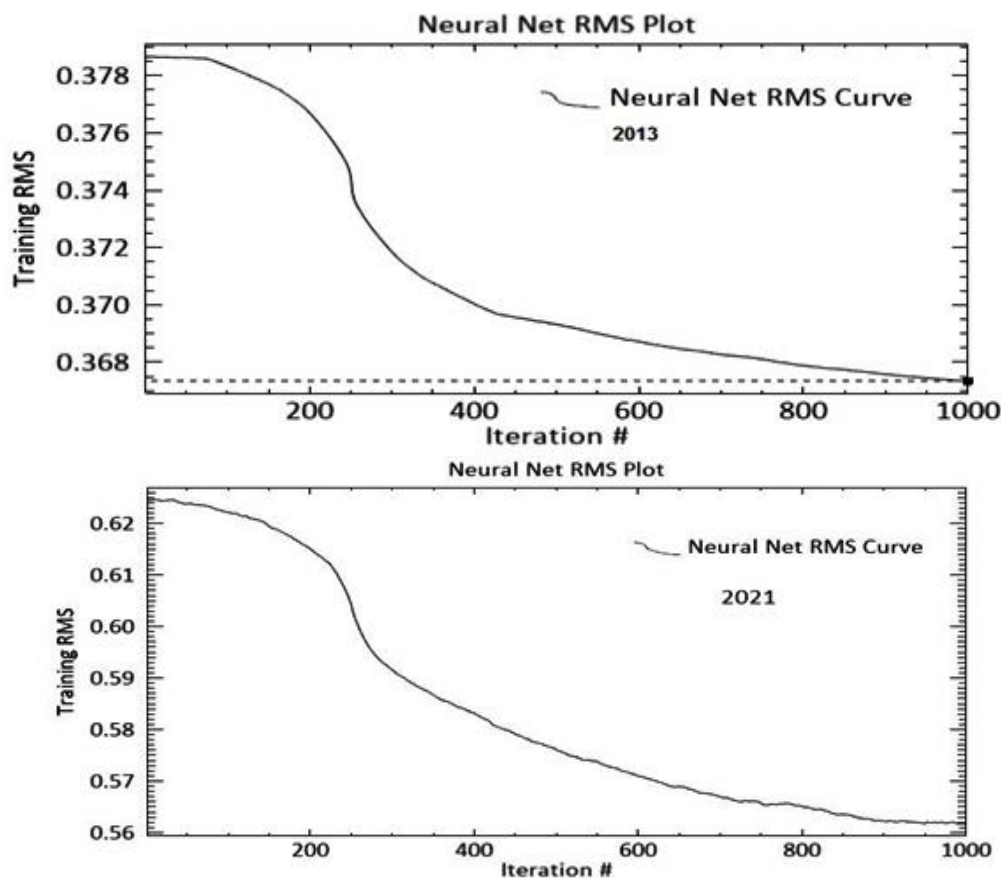
عنوان لبه قرمز یاد می‌شود. باند مادون قرمز که دقیقاً بعد از محدوده قرمز قرار گرفته، امواج رسیده را به شدت بازتاب می‌کند. دلیل کاهش بازتاب در مادون قرمز طول موج کوتاه، وجود رطوبت در گیاه است.

در مقایسه با محدوده مادون قرمز بسیار کمتر است. در بخش مرئی طیف، باند سبز از بیشترین بازتاب در مقایسه با محدوده‌های قرمز طیف الکترومغناطیس برخوردار است. باند قرمز بخش زیادی از انرژی رسیده را جذب می‌نماید. از این محدوده با

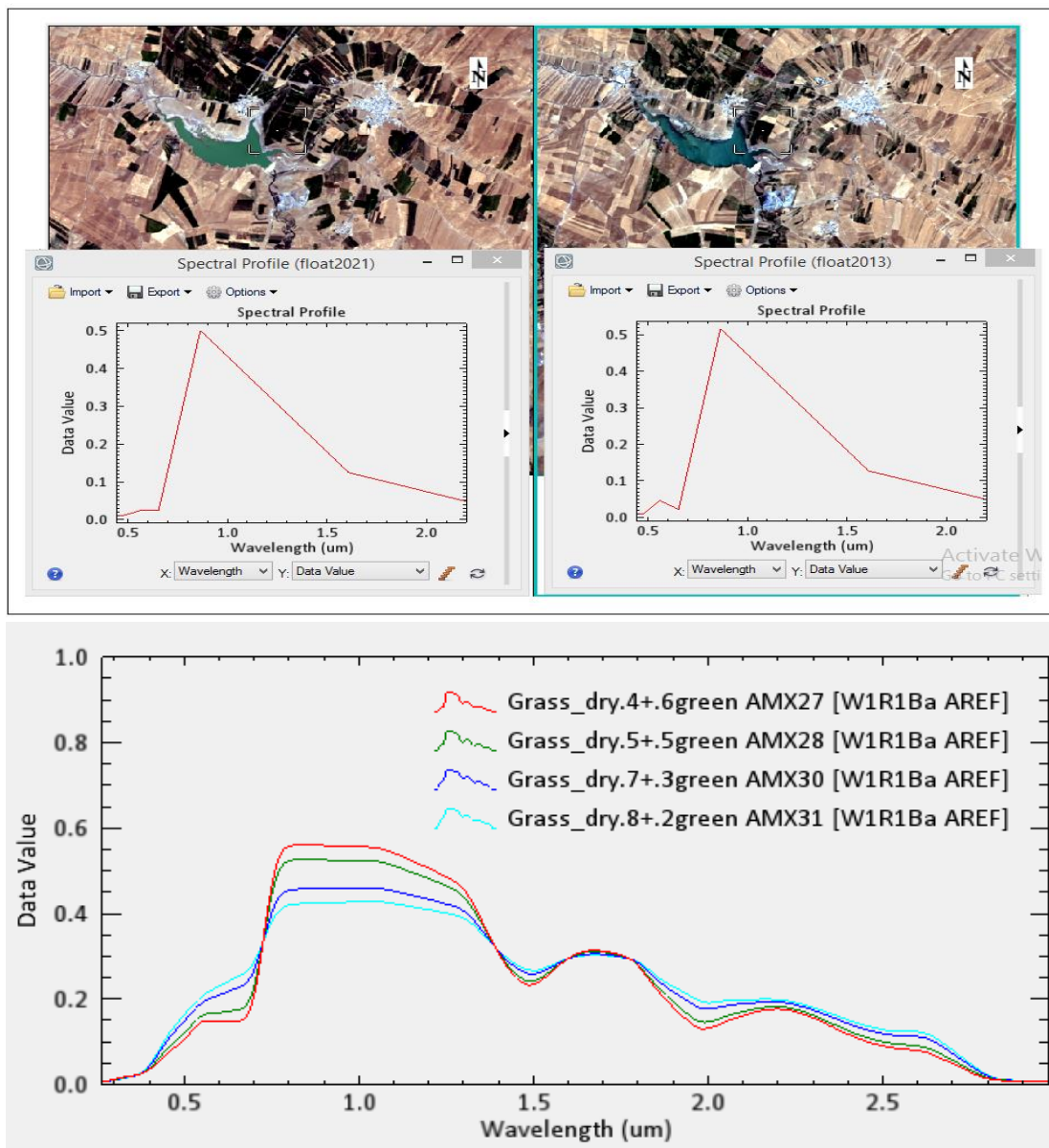
جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در پژوهش حاضر

Table 1- The characteristics of the satellite images used in the present study

| ID | Acquisition Date | Row | Path |
|--|------------------|---|------|
| LC08_L1TP_165037_20130822_20170503_01_T1 | 2013-08-22 | 37 | 165 |
| LC08_L1TP_165037_20210828_20210901_01_T1 | 2021-08-28 | 37 | 165 |
| Band | Wavelength | کاربرد مفید هر باند در نقشه‌برداری | |
| Band 1-coastal aerosol | 0.43-0.45 | مطالعات ساحلی و آئروسول | |
| Band 2- blue | 0.45-0.51 | نقشه‌برداری عمق‌سنجی، تمایز خاک از پوشش گیاهی و برگ‌ریز از پوشش گیاهی سوزنی برگ | |
| Band 3 - green | 0.53-0.59 | بر پوشش گیاهی اوج تأکید دارد که برای ارزیابی انرژی گیاه مفید است. | |
| Band 4-red | 0.64-0.67 | شبه‌های پوشش گیاهی را متمایز می‌کند. | |
| Band 5-Near Infrared (NIR) | 0.85-0.88 | بر محتوای زیست‌توده و خطوط ساحلی تأکید می‌کند. | |
| Band 6-Short-wave Infrared (SWIR)1 | 1.57-1.65 | میزان رطوبت خاک و پوشش گیاهی را متمایز و در ابرهای نازک نفوذ می‌کند. | |
| Band 7-Short-wave Infrared (SWIR)2 | 2.11-2.29 | بهبود رطوبت خاک و پوشش گیاهی و نفوذ ابرهای نازک | |
| Band 8-Panchromatic | 0.5-0.68 | وضوح ۱۵ متر، وضوح تصویر بالا | |
| Band 9-Cirrus | 1.36-1.38 | تشخیص بهبود یافته آلودگی ابر سیروس | |
| Band 10-TIRS 1 | 10.60-11.19 | وضوح ۱۰۰ متر، نقشه‌برداری حرارتی و برآورد رطوبت خاک | |
| Band 11-TIRS 2 | 11.5-12.51 | وضوح ۱۰۰ متر، نقشه‌برداری حرارتی بهبود یافته و رطوبت تخمینی خاک | |



شکل ۲- نمودار Neural Net RMSE جهت نمایش ریشه میانگین مربعات خطای نمونه‌های آموزشی بر اساس تعداد تکرار مشخص
Figure 2- Neural Net RMSE diagram to display the root mean square error of training samples based on the specified number of iterations

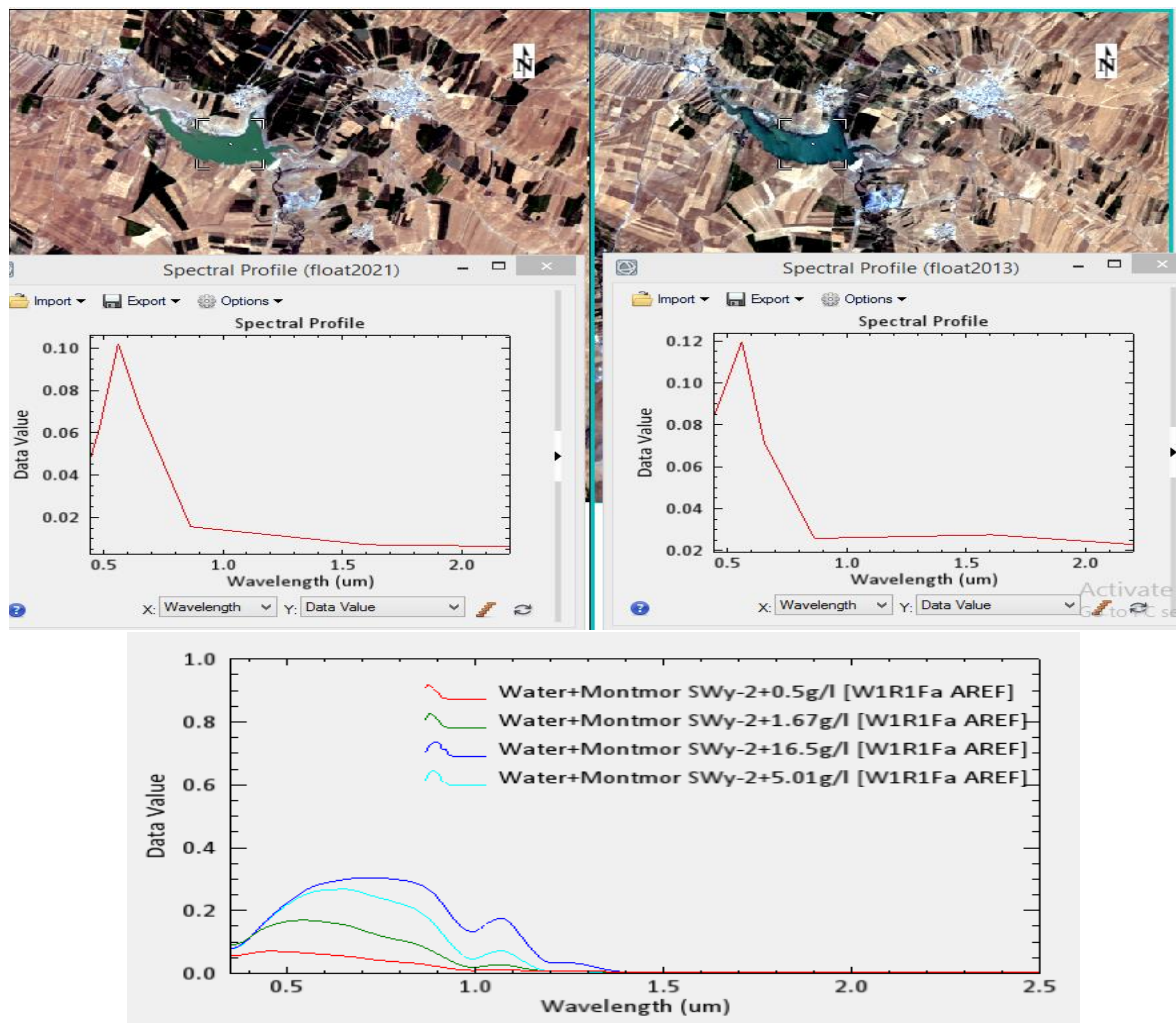


شکل ۳- نمودار مرجع رفتار طیفی گیاه و مقایسه آن با رفتار طیفی مشاهده شده در تصاویر ماهواره‌ای

Figure 3- The reference diagram of plant spectral behavior and its comparison with the spectral behavior observed in satellite images

طبقه‌بندی در شش کلاس معادن، پوشش‌های گیاهی، زمین‌های بایر یا بدون پوشش گیاهی، زمین‌های مرتفع (تپه‌ها و کوه‌ها)، پهنه‌های آبی و مناطق مسکونی انجام شد. پس از انجام طبقه‌بندی و مشاهده برخی پیکسل‌ها که به‌صورت پراکنده و به‌اشتباه در کلاس‌های مختلف ترکیب شده بودند، به‌منظور بهبود بصری فرآیند Clean Up با استفاده از ابزار Majority/Minority Analysis و Kernel Size ۵ در ۵ اجرا شد.

شکل ۴ نمودار مرجع رفتار طیفی آب و مقایسه آن با رفتار طیفی مشاهده شده در تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. شکل ۴ نشان می‌دهد که آب بصورت کلی جذب‌کننده امواج است و نسبت بازتاب در آن در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار اندک است. بیش‌ترین بازتاب آب در باند طیف آبی است و هرچه از باند آبی به سمت بخش مادون قرمز طول موج کوتاه حرکت می‌کنیم نسبت بازتاب به شدت کاهش پیدا می‌کند تا آنکه در بازه مادون قرمز میانی میزان بازتاب آب به صفر می‌رسد. آب بیش‌تر از آن‌که پدیده‌های مختلف را بازتاب کند جذب می‌نماید.



شکل ۴- نمودار مرجع رفتار طیفی آب و مقایسه آن با رفتار طیفی مشاهده شده در تصاویر ماهواره‌ای

Figure 4-The reference diagram of the spectral behavior of water and its comparison with the spectral behavior observed in satellite images

۲-۵- اعتبارسنجی نتایج

کیفیت اطلاعات استخراج شده از داده‌های سنجش از دور به وسیله ارزیابی آن‌ها مشخص می‌شود (Alavi et al., 2017). اعتبارسنجی نتایج به دو روش کیفی و کمی انجام می‌شود. در روش کیفی مقایسه تصاویر اصلی با نقشه طبقه‌بندی شده به صورت بصری انجام می‌شود. ارزیابی دقت طبقه‌بندی به صورت کمی با مقایسه کلاس‌های LULC حاصل از مرحله آموزش با داده‌های به دست آمده از مرحله آزمایش؛ یعنی نقاط برداشت شده از سطح زمین و Google Earth Pro 7.3.4.8642، با استفاده از ماتریس خطا و ابزار Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs انجام می‌شود. شکل ۵ مجموعه نقاط برداشت شده را نشان می‌دهد.

بر اساس ماتریس خطا، معیارهای کیفیت جهانی مانند دقت کلی^۱ و ضریب کاپا^۲ برای ارزیابی تأثیر روش‌های طبقه‌بندی LULC از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$OA = \frac{NCCS}{NTS} \quad (1)$$

$$Kappa = \frac{OA - ECA}{1 - ECA} \quad (2)$$

که در آن OA دقت کلی^۳، NCCS^۳ تعداد نمونه‌هایی است که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند، NTS^۴ تعداد کل نمونه‌ها و ECA^۵ توافق شانس تخمینی است (Nasiri et al., 2022).

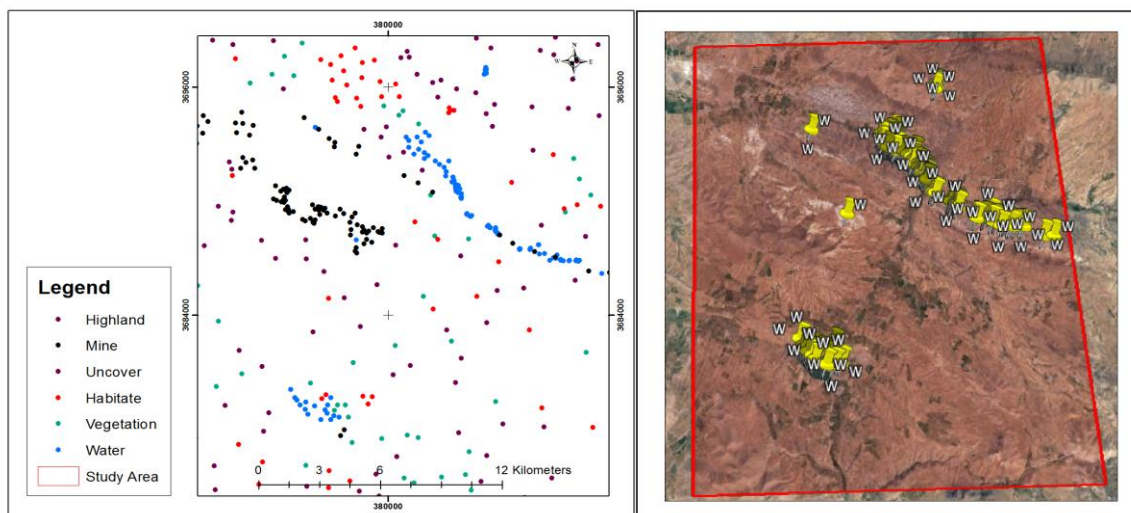
¹ Overall Accuracy (OA)

² Kappa

³ Number of Correctly Classified Samples (NCCS)

⁴ Number of Total Samples (NTS)

⁵ Estimated Chance Agreement (ECA)



شکل ۵- نقاط برداشت شده توسط GPS و Google Earth Pro 7.3.4.8642 به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی
Figure 5- The points taken by GPS and Google Earth Pro 7.3.4.8642 for the purpose of land use classification

Multiview می‌توان تغییرات را به صورت بارز و مشخص در یک تصویر مشاهده کرد.

۳- نتایج و بحث

با توجه به نتایج اعتبارسنجی برای سال ۱۳۹۲، از ۴۳۹ نقطه تعیین شده ۳۸۱ نقطه در جایگاه واقعی خود قرار گرفته است. مقدار صحت کل و ضریب کاپا به ترتیب ۸۶/۷۸ و ۰/۸۳ برآورد شد. نتایج سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد که از ۴۵۱ نقطه ۳۴۶ نقطه در جایگاه واقعی خود قرار گرفته است، همچنین صحت کل ۷۶/۷۱ و ضریب کاپا ۰/۷۱ به دست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر عملکرد قابل قبول شبکه عصبی مصنوعی در پایش تغییرات کاربری اراضی با بسیاری از پژوهش‌های مشابه در این زمینه (Yatoo et al., 2020; Qiang and Lam, 2015; Dogan and Bugday, 2018) مطابقت دارد.

جدول ۲ ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش شبکه عصبی مصنوعی را برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ بر حسب پیکسل و درصد نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲ ماتریس خطاهای سال ۱۳۹۲ تعداد دو پیکسل از کلاس پوشش گیاهی به اشتباه در کلاس پهنه آبی و مناطق مسکونی قرار داشته است. تعداد چهار پیکسل از مناطق بایر در مناطق مرتفع و معادن قرار گرفته است. ۳۵ پیکسل از مناطق مرتفع با سایر کلاس‌ها تداخل داشته است. شش پیکسل از مناطق مسکونی در کلاس پوشش گیاهی قرار گرفته است. در سال ۱۴۰۰ تعداد سه پیکسل از آب با پوشش گیاهی و معادن تداخل داشته است. تعداد شش پیکسل از پوشش گیاهی در کلاس آب و مناطق بایر قرار گرفته است. تعداد ۱۰ پیکسل از مناطق بایر به اشتباه در کلاس‌های پوشش گیاهی،

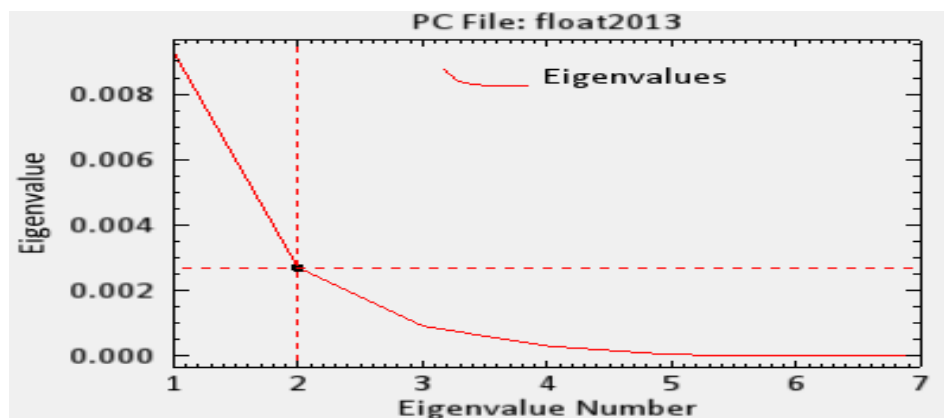
۲-۶- آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی

آشکارسازی تغییرات بین دو نقشه طبقه‌بندی شده با روش Change kflow Wor و Change Detection Statistics Image و ابزار Spear Change Detection انجام شد. از ابزار Image Change Workflow به منظور آشکارسازی تغییرات مکانی استفاده شد. در این ابزار با روش Image Transform و روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به بارزسازی تغییرات تصاویر پرداخته شد. در این روش دو مجموعه داده تصاویر ماهواره‌ای تصحیح شده به صورت اتوماتیک به یک مجموعه داده ۱۴ باندهای (Near- green, red, Blue, Coastal Aerosol Short wavelength infrared 1, infrared 2, wavelength infrared 2) روی آن اجرا می‌شود. همچنین با اجرای ابزار Forward PCA Rotation New Statistics And Rotate نمودار PC ظاهر می‌شود (شکل ۶). این نمودار نشان می‌دهد که هر یک از مؤلفه‌ها حاوی چه مقدار اطلاعات هستند. محور افقی نشان دهنده تعداد مؤلفه‌ها و محور عمودی معرف میزان اطلاعاتی است که هر یک از باندها در اختیار کاربر قرار می‌دهد. با توجه به نمودار حجم عمده‌ای از اطلاعات در مؤلفه اول ذخیره شده است و چهار مؤلفه آخر حاوی حجم کمی از اطلاعات هستند. لذا با انتخاب باند اول کاربر می‌تواند حداکثر تغییرات را مشاهده کند. با استفاده از ابزار Spear Change Detection و مشخص کردن باند قرمز و مادون قرمز در تصاویر ماهواره‌ای و فعال کردن روش Two-Color

¹Principal Component Analysis (PCA)

نظر گرفته شده ۴۸/۸۹ درصد آن در کلاس آب قرار گرفته و ۵۱/۱۱ درصد آن در مناطق با پوشش گیاهی، معادن و زمین‌های مرتفع قرار گرفته است و از ۱۰۰ درصد نمونه‌ای که برای پوشش گیاهی برداشت شده ۹۱/۶۷ درصد آن در همین کلاس قرار گرفته و حدود ۹ درصد به اشتباه در کلاس زمین‌های مرتفع و مناطق مسکونی قرار گرفته است.

معادن و زمین‌های مرتفع قرار گرفته است. تعداد ۳۰ پیکسل از کلاس معادن با آب، پوشش گیاهی و مناطق بایر تداخل داشته است. تعداد ۴۴ پیکسل از کلاس زمین‌های مرتفع با سایر کلاس‌ها تداخل داشته است. ۱۲ پیکسل از مناطق مسکونی با کلاس‌های آب، پوشش گیاهی و معادن تداخل دارد. همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد که از ۱۰۰ درصد نمونه‌ای که برای آب در



شکل ۶- ارائه نمودار PC جهت نمایش مقادیر ویژه به دست آمده از تحلیل مولفه‌های اصلی

Figure 6- Presentation of PC diagram to show the eigenvalues obtained from principal component analysis

۱/۴۹ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است. میزان تغییرات پهنه‌های آبی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱/۳۴ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی افزایشی داشته است. بخش عمده افزایش پهنه‌های آبی مربوط به احداث و بهره‌برداری کامل از سد حوضیان است. همچنین بخش دیگر افزایش پهنه‌های آبی به علت حفاری عمیق معادن سنگ در شهرستان الیگودرز است؛ زیرا حفاری عمیق معادن منجر به نمایان شدن آب در سطح زمین می‌شود. بخش دیگر افزایش پهنه‌های آبی به علت وجود خطا در طبقه‌بندی کاربری اراضی است. زیرا کلاس پهنه‌های آب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ کم‌ترین درصد دقت را داشته است. در سال ۱۳۹۲ تنها ۴۸ درصد و در سال ۱۴۰۰، ۶۰ درصد نقاط در مکان صحیح قرار گرفته است. از آنجا که بیش‌ترین تداخل این کلاس با زمین‌های مرتفع و معادن بوده است، می‌توان نتیجه گرفت نمونه‌های آموزشی انتخاب شده برای پهنه‌های آبی در معادن در قسمت شرق شکل ۵ به دقت انتخاب نشده‌اند و یا روش شبکه عصبی مصنوعی نتوانسته است پهنه‌های آبی این قسمت را به درستی تشخیص دهد.

با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت پوشش گیاهی از ۴۵/۸۷ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به ۸۳/۶۶ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. با توجه به این که مساحت کل کاربری‌ها حدود ۶۸۳/۰۵ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت پوشش

جدول ۳ درصد تغییرات کلاس‌ها را نسبت به زمان اول به‌روش Change Detection Statistics نشان می‌دهد. مقادیر منفی در ردیف Image Difference نمایانگر کاهش سطح طبقه مشخص شده است. در شکل ۷ تصویر حاصل از اجرای ابزار Image Change Workflow ارائه شده است. در شکل ۷ پیکسل‌های روشن‌تر نشان‌دهنده تغییرات بیش‌تر است. بر اساس شکل ۷ می‌توان گفت پوشش گیاهی بیش‌ترین تغییرات را داشته است. شکل ۸ نقشه کلاسه‌بندی شده کاربری اراضی شهرستان الیگودرز را در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. شکل ۸ نشان می‌دهد که پوشش غالب منطقه در هر دو سال مورد بررسی، زمین‌های بدون پوشش گیاهی و زمین‌های مرتفع است. در بین کلاس‌های کاربری اراضی مورد مطالعه در دو سال ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰، کم‌ترین مساحت مربوط به پهنه‌های آبی است.

در شکل ۹ مساحت کلاس‌های کاربری اراضی شهرستان الیگودرز بر حسب کیلومترمربع در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ نشان داده شده است. نتایج استخراجی از شکل ۹ را می‌توان متناسب با شش کلاس کاربری اراضی به صورت زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت پهنه‌های آبی از ۱/۰۱ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به ۱۰/۱۷ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. با توجه به این که مساحت کل کاربری‌ها حدود ۶۸۳/۰۵ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت پهنه‌های آبی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به ترتیب حدود ۰/۱۵ و

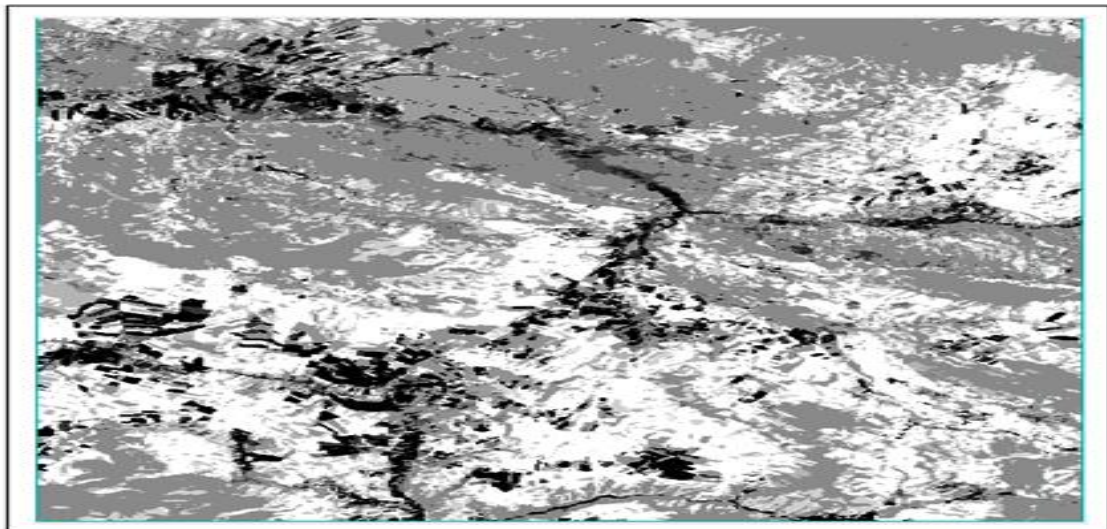
گیاهی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به ترتیب حدود ۶/۷۲ و ۵/۵۳ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی افزایشی داشته است. میزان تغییرات پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱۲/۲۵ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش شبکه عصبی مصنوعی برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰
Table 2- Land use classification error matrix by artificial neural network method for 2013 and 2021

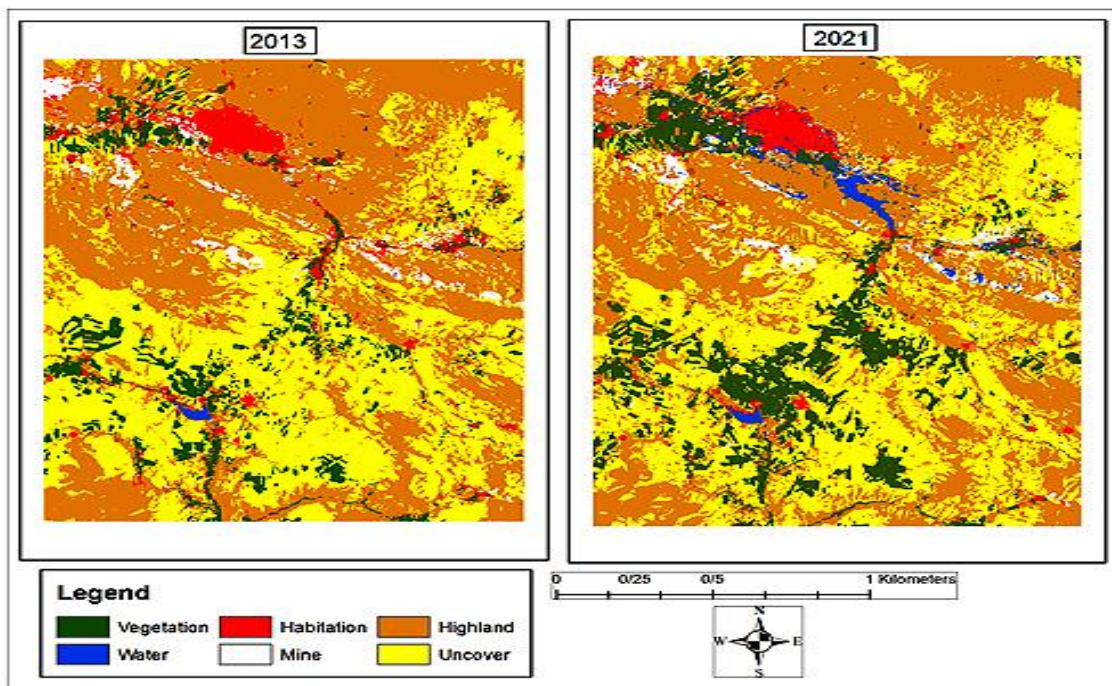
| مجموع | مناطق مسکونی | | زمین‌های مرتفع | | معادن | | زمین‌های بدون پوشش گیاهی | | پوشش گیاهی | | پهنه‌های آبی | | کلاس کاربری | |
|-------|--------------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|------------|------|--------------|-------|----------------------|----------------------------------|
| | 2021 | 2013 | 2021 | 2013 | 2021 | 2013 | 2021 | 2013 | 2021 | 2013 | 2021 | 2013 | | |
| 72 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | پهنه‌های آبی (پیکسل) | |
| 15.96 | 5.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.92 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 60 | 48.89 | پهنه‌های آبی (درصد) |
| 40 | 90 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 34 | 88 | 1 | 1 | پوشش گیاهی (پیکسل) |
| 8.87 | 20.50 | 0 | 1.28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.06 | 0 | 68 | 91.67 | 0.87 | 2.22 | پوشش گیاهی (درصد) |
| 48 | 76 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 1 | 38 | 72 | 4 | 0 | 0 | 0 | زمین‌های بدون پوشش گیاهی (پیکسل) |
| 10.64 | 17.31 | 0 | 0 | 3.39 | 5.08 | 3.67 | 1.39 | 61.29 | 80.90 | 8 | 0 | 0 | 0 | زمین‌های بدون پوشش گیاهی (درصد) |
| 123 | 80 | 0 | 3 | 0 | 0 | 93 | 69 | 3 | 0 | 2 | 0 | 25 | 8 | معادن (پیکسل) |
| 27.27 | 18.22 | 0 | 3.85 | 0 | 0 | 85.32 | 95.83 | 4.84 | 0 | 4 | 0 | 21.74 | 17.78 | معادن (درصد) |
| 101 | 91 | 1 | 0 | 57 | 56 | 8 | 2 | 16 | 17 | 7 | 2 | 12 | 14 | زمین‌های مرتفع (پیکسل) |
| 22.39 | 20.73 | 1.79 | 0 | 96.61 | 94.92 | 7.34 | 2.78 | 25.81 | 19.10 | 14 | 2.08 | 10.43 | 31.11 | زمین‌های مرتفع (درصد) |
| 67 | 80 | 55 | 74 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 8 | 0 | مناطق مسکونی (پیکسل) |
| 14.86 | 18.22 | 98.21 | 94.87 | 0 | 0 | 2.75 | 3.85 | 0 | 0 | 2 | 6.25 | 6.96 | 0 | مناطق مسکونی (درصد) |
| 451 | 439 | 56 | 78 | 59 | 59 | 109 | 72 | 62 | 89 | 50 | 96 | 115 | 45 | مجموع (پیکسل) |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | مجموع (درصد) |

جدول ۳- آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی کاربری اراضی
Table 3- Detection of changes after land use classification

| مجموع کلاس | مجموع ردیف | پهنه‌های آبی | پوشش گیاهی | زمین‌های مرتفع | معادن | زمین‌های بدون پوشش گیاهی | مناطق مسکونی | |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|-------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| 100 | 100 | 5.44 | 0.60 | 0.65 | 9.76 | 0.11 | 52.91 | مناطق مسکونی |
| 100 | 100 | 0/00 | 15.59 | 18.99 | 8.13 | 69.42 | 2.57 | زمین‌های بدون پوشش گیاهی |
| 100 | 100 | 1.35 | 1.23 | 1.87 | 54.71 | 1.18 | 4.68 | معادن |
| 100 | 100 | 3.33 | 8.32 | 72.58 | 13.16 | 17.51 | 18.88 | زمین‌های مرتفع |
| 100 | 100 | 0/00 | 73.03 | 4.27 | 6.94 | 11.69 | 13.93 | پوشش گیاهی |
| 100 | 100 | 89.87 | 1.20 | 1.62 | 7.28 | 0.07 | 7.01 | پهنه‌های آبی |
| | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | مجموع کلاس |
| | | 10.12 | 26.96 | 27.41 | 45.28 | 30.57 | 47.08 | تغییرات کلاس |
| | | 903.97 | 82.36 | -9.16 | 7.68 | -4.42 | -28.41 | اختلاف تصویر |



شکل ۷- تصویر حاصل از اجرای PCA
Figure 7- The resulting image of PCA



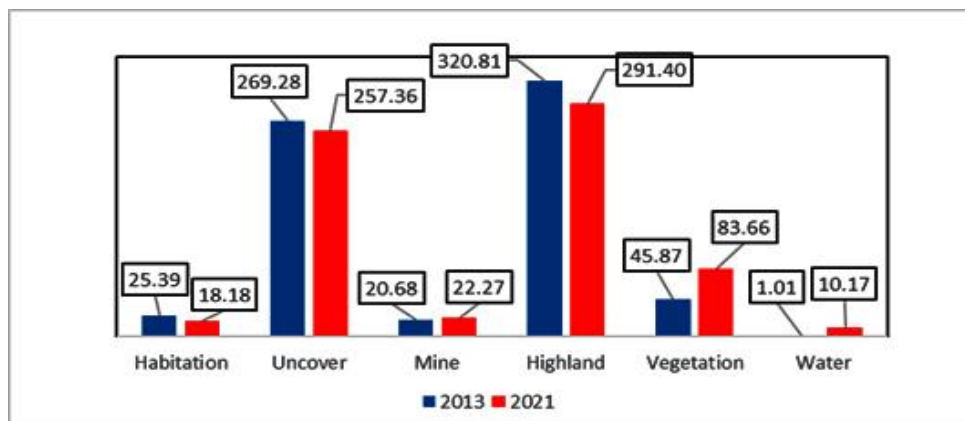
شکل ۸- نقشه کلاسه‌بندی شده کاربری اراضی شهرستان الیگودرز در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰
Figure 8- Land use classified map of Aligudarz City in 2013 and 2021

با توجه به این که مساحت کل کاربری‌ها حدود $۶۸۳/۰۵$ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت زمین‌های مرتفع در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به ترتیب حدود $۴۶/۹۷$ و $۴۲/۶۶$ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است. میزان تغییرات زمین‌های مرتفع از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود $۴/۳۰$ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی کاهشی داشته است. علت کاهش مساحت کاربری

این نتایج نشان می‌دهد که مساحت زمین‌های زیر کشت در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با ماه مشابه در سال ۱۳۹۲ افزایش تقریباً دو برابری را داشته است. علت این امر احداث سد حوضیان و آبرسانی به اراضی کشاورزی پایین دست بوده است. با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت زمین‌های مرتفع (تپه‌ها و مناطق کوهستانی) از $۳۲۰/۸۱$ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به $۲۹۱/۴۰$ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است.

آن‌ها باتوجه به کمبود آب مقرون به‌صرفه نبوده، استفاده شده است.

زمین‌های مرتفع، احداث و بهره‌برداری سد حوضیان است؛ زیرا از آب سد برای آبیاری زمین‌های مرتفع که قبل از احداث سد آب کافی برای آبیاری آن‌ها وجود نداشته، یا این‌که قبل از آبیاری



شکل ۹- مساحت کلاس‌های کاربری اراضی شهرستان الیگودرز بر حسب کیلومترمربع در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰
Figure 9- The area of land use classes (Km²) of Aligudarz City in 2013 and 2021

گیاهی مغایرت دارد. علت هم‌خوانی و مغایرت نتایج این پژوهش با سایر مطالعات متغیر بودن پارامترهای اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی در مناطق مختلف و نیز وجود شباهت و تفاوت در شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه با سایر مناطق است.

با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت مناطق مسکونی از ۲۵/۳۹ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به ۱۸/۱۸ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. با توجه به این‌که مساحت کل کاربری‌ها حدود ۶۸۳/۰۵ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت مناطق مسکونی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب حدود ۳/۷۲ و ۲/۶۶ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است. میزان تغییرات مناطق مسکونی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱/۰۶ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی کاهشی داشته است. علت کاهش مساحت کاربری مناطق مسکونی، خطای روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی است. زیرا مناطقی از کلاس شهر در سال ۱۴۰۰ به اشتباه بخشی از پهنه‌های آبی دسته‌بندی شده است.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که روش شبکه عصبی مصنوعی با دقت قابل قبولی قابلیت طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای را برای شهرستان الیگودرز دارد. نتایج استخراجی از نقشه کاربری اراضی شهرستان الیگودرز نشان می‌دهد که زمین‌های مرتفع و پهنه‌های آبی به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت را در بین شش کاربری مورد مطالعه در هر دو سال مورد

با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت معادن از ۲۰/۶۸ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به ۲۲/۲۷ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. با توجه به این‌که مساحت کل کاربری‌ها حدود ۶۸۳/۰۵ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت معادن در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب حدود ۳/۰۳ و ۳/۲۶ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است. میزان تغییرات معادن از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۰/۲۳ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی افزایشی داشته است. افزایش ۰/۲۳ درصدی معادن ناشی از گسترش معادن در سطح منطقه مورد مطالعه است.

با توجه به شکل ۹ می‌توان گفت که مساحت مناطق بدون پوشش گیاهی از ۲۶۹/۲۸ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۲ به ۲۵۷/۳۶ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. با توجه به این‌که مساحت کل کاربری‌ها حدود ۶۸۳/۰۵ کیلومترمربع است پس می‌توان گفت مناطق بدون پوشش گیاهی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب حدود ۳۹/۴۲ و ۳۷/۶۸ درصد از مساحت کل کاربری‌ها را به خود اختصاص داده است. میزان تغییرات مناطق بدون پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱/۷۴ درصد بوده است که این تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه روندی کاهشی داشته است. علت کاهش مساحت کاربری مناطق بدون پوشش گیاهی، احداث سد حوضیان است. زیرا از آب سد برای آبیاری این اراضی استفاده شده است. نتایج این پژوهش در زمینه تأثیر مثبت احداث سد بر پوشش گیاهی با نتایج (Maleki et al. (2018 و Balouchi et al. (2016) مطابقت دارد و با نتایج (Hadianet et al. (2013 و (Dehdari et al. (2018) مبنی بر تأثیر منفی احداث سد بر پوشش

در تصاویر محدوده مورد مطالعه باشد. در استفاده از نتایج این پژوهش لازم است توجه داشت که این نتایج برای محدوده سد و برای دوره زمانی کوتاه به دست آمده است و افزایش پوشش گیاهی در اثر احداث سد، قابل تعمیم به کل حوضه مورد مطالعه و یا دیگر حوضه‌ها در درازمدت نیست. جهت انجام پژوهش‌های بیش‌تر در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان الیگودرز پیشنهاد می‌شود که از تصاویر ماهواره‌ای چند سنجنده‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالاتر جهت تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان الیگودرز استفاده شود. هم‌چنین اجرای دیگر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به صورت مجزا و تلفیقی جهت بهبود دقت طبقه‌بندی و مقایسه با نتایج این پژوهش توصیه می‌شود.

بررسی داشته‌اند. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات به ترتیب در کاربری‌های پوشش گیاهی و معادن، طی دوره زمانی مورد مطالعه رخ داده است. سطوح آبی به دلیل احداث سد حوضیان در سال ۱۳۹۵، حفاری عمیق معادن و خطای طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی در این منطقه افزایش یافته است. احداث سد حوضیان موجب شده تا مساحت زمین‌های مرتفع (تپه‌ها و کوه‌ها) و بدون پوشش گیاهی کاهش یابد؛ زیرا از آب سد برای آبیاری این اراضی استفاده شده است. مساحت مناطق مسکونی کاهش یافته که ناشی از خطای طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی بوده است؛ زیرا مناطقی از کلاس شهر در سال ۱۴۰۰ به اشتباه بخشی از پهنه‌های آبی دسته‌بندی شده است. خطای طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند ناشی از نمونه‌های آموزشی به کار رفته

منابع

- پوشش سبز شهری در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران. پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۲(۲۵)، ۴۹-
doi:10.30473/grup.2022.870868
- سبزواری، یاسر، و قنبرپوری، مرادعلی (۱۴۰۰). ارزیابی روش‌های تجربی برآورد تبخیر و تعرق مرجع در اقلیم الیگودرز. دهمین کنفرانس بین‌المللی سامانه‌های سطوح آبیگر باران، دانشگاه کردستان.
- سعدین، بهروز، و عقیفی، محمد ابراهیم (۱۴۰۰). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهر عسلویه بین سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از سنجش از دور و مدل‌های CA-Markov و LCM. *جغرافیا و مطالعات محیطی*. (در حال انتشار)
- علوی، سیدعلی، روستایی، شهرام، یوسفی، مریم، و کیا، روح‌اله (۱۳۹۶). آشکارسازی تغییرات کاربری شهری با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای شبکه عصبی (مطالعه موردی: شهر تبریز). *فضای جغرافیایی*، ۱۷(۵۹)، ۲۷-۴۶.
- ملکی، محمد، توکلی صبور، مسیدمحمد، و جوان، فرهاد (۱۳۹۷). تحلیل اثرات احداث سد بر پوشش گیاهی نواحی پیرامونی در ارتفاع و شیب‌های مختلف؛ مطالعه‌ی موردی: سدهای سلیمان شاه و گاوشان. *پژوهش‌های مکانی-فضایی*، ۲(۲)، ۱۰۲-۱۱۷.
- نظری، نرجس، شمس اسفندآباد، بهمن، وروانی، جواد، احمدی، عباس، و ترنج زر، حمید (۱۴۰۱). تغییرات کاربری اراضی محدوده تالاب و تنوع پرندگان آبی و کنار آبی در تالاب‌های بین‌المللی انزلی، آماگل، آلاکل و آجی گل. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۳)، ۳۹-۲۷
doi:10.22098/mmws.2022.9871.1068
- هادیان، فاطمه، جعفری، رضا، بشری، حسین، و رضانی، نفیسه (۱۳۹۲). بررسی آثار سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۲(۴)، ۱۰۱-۱۱۴.
doi:20.1001.1.24763128.1392.2.4.7.2
- هوشمندزاده، فاطمه، یزدانی، محمدرضا، و عربی، فهیمه (۱۳۹۸). مقایسه کارایی انواع روش‌های درخت تصمیم و حداکثر احتمال

- آقائی، مریم، خاوریان، حسن، و مصطفی‌زاده، رئوف (۱۳۹۹). پیش‌بینی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA مارکوف و LCM در آبخیز کوزه-تپراقی استان اردبیل. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۳(۳)، ۹۱-۱۰۷.
doi:10.22092/wmej.2019.128009.1267
- بلوچی، بهنام، دهقانی، مریم، و نیکو، محمدرضا (۱۳۹۵). بررسی تغییر کاربری اراضی و اثرات احداث سد کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی بیش‌ترین شباهت. *مهندسی منابع آب*، ۲۸(۲)، ۱۹-۳۲.
- تقی‌ملایی، یوسف، کرشاهی، عبدالعلی، عرفانی‌فرد، سیدیوسف، و حیدری، مهدی (۱۴۰۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با طبقه‌بندی شیء پایه با تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالای WorldView 2. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۳(۴)، ۲۴۹-
doi:10.30495/jest.2021.35947.4277.258
- حاجی، خدیجه، اسمعیلی‌عوری، اباذر، مصطفی‌زاده، رئوف، و نظر‌نژاد، حبیب (۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۱۵-۱۹۸۵) در حوزه آبخیز روضه‌چای ارومیه. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۲(۶۶)، ۱۷۱-۱۸۹.
doi:10.52547/jgs.22.66.171.189-171
- داودیپور، رضوان، و ترنج‌زر، حمید (۱۳۹۹). تعیین نقشه کاربری اراضی با استفاده از سنجنده ETM+ (مطالعه موردی حوزه آبخیز هندودر). *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۶)، ۳۷۹-
doi:10.22034/JEST.2020.5723.1481.389
- دهداری، سمیه، ارمند، نظام، فرجی، محمد، آرمان، نسیم، و هادیان، فاطمه (۱۳۹۷). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی سدهای کارون ۳ و ۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *مرتج و آبخیزداری*، ۷۱(۱)، ۹۶-
doi:10.22059/jrwm.2017.240266.1161.85
- روزبهبانی، مه‌ری، جانبازقبادی، غلامرضا، متولی، صدرالدین، و عظیمی آملی، جلال (۱۴۰۰). آشکارسازی و تحلیل منطقه‌ای تغییرات

References

- Abdolalizadeh, Z., Ebrahimi, A., & Mostafazadeh, R. (2019). Landscape pattern change in Marakan protected area, Iran. *Regional Environmental Change*, 19(6), 1683-1699. doi:10.1007/s10113-019-01504-9
- Acharya, T. D., & Yang, I. (2015). Exploring Landsat 8. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 4(4), 4-10.
- Aghaei, M., Khavarian, H., & Mostafazadeh, R. (2020). Prediction of land use changes using the CA-Markov and LCM models in the Kozehtopraghi Watershed in the Province of Ardabil. *Watershed Management Research Journal*, 33(3), 91-107. doi:10.22092/wmej.2019.128009.1267 [In Persian]
- Alavi, S., Rustai, Sh., Yousefi, M., & Kia, R. (2017). Detecting changes in urban use using satellite image processing based on neural network (case study: Tabriz city). *Geographical Space*, 17(59), 27-46. [In Persian]
- Balouchi, B., Dehghani, M., & Nikoo, M. (2016). Assessing land-use change induced by the karkhe dam using satellite images and maximum likelihood classification method. *Water Resources Engineering*, 9(28), 19-32. [In Persian]
- Chaves, M., Picoli, M., & Sanches, I. (2020). Recent applications of Landsat 8/OLI and Sentinel-2/MSI for land use and land cover mapping: A systematic review. *Remote Sensing*, 12(18), 1-39. doi:10.3390/rs12183062
- Davodpour, R., & Toranjzar, H. (2020). Preparation of land use map using ETM+ Landsat (A Case study in Hendodar watershed). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(6), 379-389. doi:10.22034/JEST.2020.5723.1481 [In Persian]
- Dehdari, S., Armand, N., Faraji, M., Arman, N., & Hadian, F. (2018). Land use change detection of 3 and 4 Karun Dams using satellite images. *Journal of Range and Watershed Management*, 71(1), 85-96. doi:10.22059/jrwm.2017.240266.1161 [In Persian]
- Dehghani, T., Aghelmirzaei, F., Jahangiri, E., Ahmadpari, H., & Binesh, S. (2021). Study of changes in land use and land cover in and around the Chah Nimeh water reservoir in Sistan and Baluchistan Province, Iran. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(3), 4520-4525.
- Dehghani, T., Koolivand, I., Mehdizadeh, S., Ahmadpari, H., Zolfagharan, A., & Mohamadi, E. (2022). Monitoring land-use changes using remote sensing, ENVI and ArcGIS software in Hamoun Wetlands, 3rd International and 6th National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil province, Iran.
- Dogan, S., & Bugday, E. (2018). Modeling of temporal and spatial changes of land cover and land use by artificial neural networks: Kastamonu sample. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 653-663.
- Girma, R., Fürst, C., & Moges, A. (2022). Land use land cover change modeling by integrating artificial neural network with cellular Automata-Markov chain model in Gidabo river basin, main Ethiopian rift. *Environmental Challenges*, 6(1), 1-15. doi:10.1016/j.envc.2021.100419
- Hadian, F., Jafari, R., Bashari, H., & Ramezani, N. (2013). Investigating the effects of Hanna Dam construction on long-term land use/cover changes. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2(4), 101-114. doi:10.1001.1.24763128.1392.2.4.7.2 [In Persian]
- Haji, K., Esmali-Ouri, A., Mostafazadeh, R., & Nazarnejad, H. (2022). Assessment of land cover/land use changes using object-oriented processing of satellite imageries (1985-2015) in the Rozechai Watershed of Urmia. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 22 (66), 171-189. doi:10.52547/jgs.22.66.171 [In Persian]
- Hashemi Aslani, Z., Omidvar, B., & Karbassi, A. (2022). Integrated model for land-use transformation analysis based on multi-layer perception neural network and agent-based model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 1-14. doi:10.1007/s11356-022-19392-8
- Hidalgo, D.R., Cortés, B.B., & Bravo, E.C. (2021). Dimensionality reduction of hyperspectral images of vegetation and crops based on self-organized maps. *Information Processing in Agriculture*, 8(2), 310-327. doi:10.1016/j.inpa.2020.07.002
- Hooshmandzadeh, F., Yazdani, M., & Arabi, F. (2019). Comparison of the efficiency of different types of decision Tree and Maximum probability for produce Land Use maps in Arid Areas. *Journal of Environmental Science Studies*, 4(2), 1459-1468. [In Persian]
- Maleki, M., Tawakli Saboor, M., & Javan, F. (2018). Analysis of the effects of dam construction on vegetation in the surrounding areas at different heights and slopes; Case study: Soleimanshah

- and Gavoshan dams. *Journal of Space and Place Studies*, 2(2), 102-117. [In Persian]
- Malekian, A., & Chitsaz, N. (2021). Concepts, procedures, and applications of artificial neural network models in streamflow forecasting. Chapter 4, *Advances in Streamflow Forecasting*, Elsevier, 115-147.
- Mezned, N., Alayet, F., Dkhala, B., & Abdeljaouad, S. (2022). Field Hyperspectral data and OLI8 multispectral imagery for heavy metal content prediction and mapping around an abandoned Pb-Zn mining site in northern Tunisia. *Heliyon*, 8(6), 1-13. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e09712
- MohanRajan, S.N., Loganathan, A., & Manoharan, P. (2020). Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 29900-29926. doi:10.1007/s11356-020-09091-7
- Nasiri, V., Deljouei, A., Moradi, F., Sadeghi, S.M. M., & Borz, S.A. (2022). Land use and land cover mapping using Sentinel-2, Landsat-8 satellite images, and google earth engine: A comparison of two composition methods. *Remote Sensing*, 14(9), 1-18. doi:10.3390/rs14091977
- Nazari, N., Shams Esfandabad, B., Varvani, J., Ahmadi, A., & Toranjzar, H. (2022). Land use changes around the wetland and diversity of waterfowl and shorebirds in Anzali, Almagol, Alagol, and Ajigol international wetlands (Iran). *Water and Soil Management and Modelling*, 2(3), 27-39. doi:10.22098/mmws.2022.9871.1068 [In Persian]
- Nguyen, H.T.T., Doan, T.M., & Radeloff, V. (2018). Applying random forest classification to map land use/land cover using Landsat 8 OLI. The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(3), 363-367. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-363-2018
- Pandey, P.C., Koutsias, N., Petropoulos, G.P., Srivastava, P.K., & Ben Dor, E. (2021). Land use/land cover in view of earth observation: data sources, input dimensions, and classifiers-a review of the state of the art. *Geocarto International*, 36(9), 957-988. doi:10.1080/10106049.2019.1629647
- Park, Y.S., & Lek, S. (2016). Artificial neural networks: Multilayer perceptron for ecological modeling. *Developments in Environmental Modelling*, 28(7), 123-140. doi:10.1016/B978-0-444-63623-2.00007-4
- Qiang, Y., & Lam, N.S. (2015). Modeling land use and land cover changes in a vulnerable coastal region using artificial neural networks and cellular automata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3), 1-16. doi:10.1007/s10661-015-4298-8
- Redowan, M., Phinn, S., Roelfsema, C., & Aziz, A. (2022). Modeling forest cover dynamics in Bangladesh using multilayer perceptron neural network with Markov chain. *Journal of Applied Remote Sensing*, 16(3), 1-30. doi:10.1117/1.JRS.16.034502
- Roozbahani, M., Janbaz ghobadi, G., Motevalli, S., Azimi Amoli, J. (2022). Urban green space, Change detection, Tehran. *Journal of Urban Ecology Researches*, 12(25), 49-68. doi:10.30473/grup.2022.8708 [In Persian]
- Sabzevari, Y., & Ghanbarpouri, M. (2021). Evaluation of experimental methods for estimating reference evapotranspiration in Aligudarz climate. 10th International Conference on Rainwater catchment systems, University of Kurdistan, Kurdistan Province, Iran [In Persian]
- Sadayn, B., & Afifi, M. (2022). On the current changes of votes 1993-2013 and changes from 3 rounds and CA-Markov and LCM. *Journal of Geography and Environmental Studies*, (In press). [In Persian]
- Tadese, M., Kumar, L., Koech, R., & Kogo, B.K. (2020). Mapping of land-use/land-cover changes and its dynamics in Awash River Basin using remote sensing and GIS. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19(1), 1-25. doi:10.1016/j.rsase.2020.100352
- Taghi Mollaei, Y., Karamshahi, A., Erfanifard, S., & Heydari, M. (2021). Mapping of land use with an object base classification using WorldView-2 high resolution satellite imagery. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(4), 249-258. doi:10.30495/jest.2021.35947.4277 [In Persian]
- Talebi Khiavi, H., & Mostafazadeh, R. (2021). Land use change dynamics assessment in the Khiavchai region, the hillside of Sabalan mountainous area. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(22), 1-15. doi:10.1007/s12517-021-08690-z
- Yatoo, S.A., Sahu, P., Kalubarme, M.H., & Kansara, B. (2020). Monitoring land use changes and its future prospects using cellular automata simulation and artificial neural network for Ahmedabad city, India. *GeoJournal*, 87(1), 765-786. doi:10.1007/s10708-020-10274-5
- Zhang, H. (2022). Remote sensing data processing of urban land using based on artificial neural network. *Scientific Programming*, 22(1), 1-8. doi:10.1155/2022/6994179