University of Tehran Press

Journal of Environmental Studies
Vol. 50, No. 3, Autumn 2024

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Investigating Recent Land Use Changes of Qazvin's Traditional Orchards by Using MSI Sensor

Masoud Soltani [1], **Zohreh Faraji** [2]

1. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, Email: msoltani@eng.ikiu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, Email: Z.faraji@edu.ikiu.ac.ir

Article Info

Research Article:
Research Paper

Article history:
Received: 9 January 2024
Received: 14 October 2024
Accepted: 17 October 2024
Publish online: 21 November 2024

Keywords:
EVI, Kappa coefficient, LAI, NDVI, Supervised classification

ABSTRACT

The traditional orchards surrounding the city of Qazvin, as a cultural and social heritage, play a vital role in the city's environmental and economical sustainability. Land use changing could affect energy and water balance of urban and non-urban areas. Destroying traditional orchards could lead to environmental problems such as increased flood intensity and heat trapping in urban areas. The orchards also act as artificial reservoirs for the Qazvin plain aquifer, contributing to the sustainability of the groundwater level. Given the significance of the orchard's ecosystem for Qazvin, it is essential to examine the trend of changes in land use and its area. This study estimated the orchards area using supervised classification of random forest and MSI sensor images, comparing the trend of changes from 2016 to 2022. Also, temporal series of accessible images have been processed for two scenarios. At first scenario, total orchard area was estimated without attention to trees density, but second scenario investigated the active area of orchard with respect to trees density. The average of total area and active area of orchard was found 2613 and 2203 hectares, respectively. The results demonstrated that that about 15.7% of the orchards, equivalent to 410 hectares, either lack trees or have very low tree density, indicating a need for more attention to maintain the environmental balance of the region.

Cite this article: Soltani, M., Faraji, Z., (2024). Investigating Recent Land Use Changes of Qazvin's Traditional Orchards by Using MSI Sensor. Journal of Environmental Studies, 50 (3), 281- 292. http//doi.org/10.22059/jes.2024.370775.1008469

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: 10.22059/jes.2024.370775.1008469

Extended Abstract

Introduction

The traditional orchards of Qazvin, with a history of over 1000 years, has directly influenced the sustainable development of the region in various economic, environmental, cultural, and social aspects. In recent years, environmental tensions such as changes in rainfall patterns, urban development, and land use changes within the orchards area have led to serious damage. The reduction of orchards area and tree density can result in consequences such as increased air pollution, reduced groundwater recharge, increased risk of flooding in downstream villages, increased likelihood of urban heat islands, and social implications due to reduced income for gardeners. Therefore, it is necessary to assess the quantity and quality of the orchards in terms of cultivated area, tree health, and density. Due to the high cost of field data collection and the vastness of the area, field monitoring is practically impossible. On the other hand, various research findings indicate that the use of remote sensing techniques, due to their wide and consistent view and use of different parts of the electromagnetic spectrum to record phenomena, etc. can be used in detecting phenomena and large-scale planning in the field of water and environmental management. Remote sensing data can provide a suitable understanding of land use changes and compare and evaluate appropriate solutions for its management.

Materials and Methods

In this study, Sentinel (MSI sensor) satellite images was used to estimate the area of gardens in Qazvin city. Initially, approximately 1790 of images from Sentinel satellite were obtained using the Google Earth Engine system for the period of 2016 to 2022. After removing images with more than 40% cloud cover and clipping the study area, image classification was performed using the random forest algorithm. Subsequently, the area of the orchards was estimated under two scenarios using Sentinel satellite images. Kappa coefficient and overall accuracy were calculated to evaluate the results.

Discussion

The results from both satellites indicate that in the study area, the largest area is belong to the classes of orchards. Agricultural land (annual plants) and rural area (roads and structures) classified as second and third rank in terms of area. Statistical analysis comparing classified pixels and actual ground truth values, indicates that the kappa coefficient and overall accuracy in the Sentinel satellite were 73% and 90% respectively. The higher evaluation indices in the classification of Sentinel images indicate that the estimated orchards area of 2203 hectares, has a higher accuracy. The high spatial resolution of Sentinel images (10 meters) will allow for more visible image details and classification. For this reason, road paths are well visible in the Sentinel classification. The changes in area of Qazvin traditional orchard should be studied due to climate change and water resources reduction. In the other hand a part of orchard area located at urban development region with the threat of land use changing. The main objective of the study was detection of reducing trees density of orchard via defining two scenarios.

Conclusions

Based on the results of this research, Sentinel satellite was used to classify images for determining the area of Qazvin orchards. Due to the non-uniform coverage of Qazvin orchards and the fact that some parts of the orchards are devoid of trees for various reasons such as tree cutting, road construction, lack of sufficient water supply, lack of maintenance due to fragmented ownership, etc.; therefore, image classification of Sentinel satellite for the years 2016 to 2022 was carried out under two scenarios. As observed, the kappa coefficients and overall accuracy indicate appropriate image classification. According to the classification results, it is shown that approximately 350 to 460 hectares of the total area for the orchards are no trees. Considering the purpose of this research and the obtained results, it seems that Sentinel satellite images can be useful in land use classification and estimating the active area of the orchards. Therefore, due to the lack of precise information on the area of the orchards in the years under study, it is suggested that the orchards area be estimated in the coming years and this research be repeated based on observational data.

نشـــریه محیـــط شناســـی
دوره ۵۰، شمـــاره ۳، پاییز ۱۴۰۳
Journal Homepage: http://Jes.ut.ac.ir
شاپای چاپی: ۸۶۲۰- ۱۰۲۵ شاپای الکترونیکی: ۶۹۲۲- ۲۳۴۵
University of Tehran Press

بررسی تغییرات اخیر کاربری اراضی باغستان سنتی قزوین با استفاده از سنجنده MSI

مسعود سلطانی [۱]، زهره فرجی [۲] ✉

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)، قزوین، ایران، رایانامه: msoltani@eng.ikiu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)، قزوین، ایران، رایانامه: z.faraji@edu.ikiu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۶
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۹/۰۱

کلیدواژه‌ها:
ضریب کاپا، طبقه‌بندی نظارت شده، EVI، LAI، NDVI

چکیده

باغستان سنتی اطراف شهر قزوین به عنوان یک میراث فرهنگی و اجتماعی، نقش به‌سزایی در پایداری محیط‌زیستی و اقتصادی شهر دارد. تغییر کاربری و کاهش سطح باغستان در اطراف شهر می‌تواند توازن انرژی و آبی را که بین محدوده‌های شهری و غیرشهری وجود دارد، بهم‌زند. از طرفی باغستان به عنوان مخازن تغذیه مصنوعی آبخوان دشت قزوین محسوب شده و به حفظ پایداری سطح آب‌زیرزمینی کمک می‌کند. با توجه به اهمیت زیاد اکوسیستم باغستان برای شهر قزوین، لازم است روند تغییرات کاربری و مساحت آن مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش مساحت باغستان به کمک روش طبقه‌بندی نظارت شده جنگل تصادفی و با استفاده از تصاویر سنجنده MSI برآورد شد. سپس روند تغییرات سطح باغستان طی سال‌های اخیر (۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ میلادی) مقایسه شد. همچنین نتایج سری زمانی تصاویر در دسترس برای دو سناریوی مختلف بررسی شد. در سناریوی اول مساحت کل باغستان بدون در نظر گرفتن تراکم درختان برآورد شد و در سناریوی دوم مساحت فعال باغستان با حذف بخش‌هایی که تراکم درختان کمی داشتند، بررسی گردید. میانگین سطح کل و سطح فعال باغستان به‌ترتیب ۲۶۱۳ و ۲۲۰۳ هکتار به‌دست آمد. نتایج نشان داد حدود ۱۵/۷ درصد از باغستان که معادل ۴۱۰ هکتار می‌باشد، یا فاقد درخت است و یا تراکم درخت بسیار کمی دارد. این گستره از باغستان یا تغییر کاربری داشته است و یا بیشترین تهدید در مقابل تغییر کاربری را دارد و لازم است برای حفظ تعادل محیط‌زیستی منطقه، مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

استناد: سلطانی، مسعود.؛ فرجی، زهره. (۱۴۰۳). بررسی تغییرات اخیر کاربری اراضی باغستان سنتی قزوین با استفاده از سنجنده MSI. نشریه محیط‌شناسی، ۵۰ (۳)، ۲۸۱- ۲۹۲. http//doi.org/10.22059/jes.2024.370775.1008469

DOR: 20.1001.1.10258620.1403.50.3.2.3

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: 10.22059/jes.2024.370775.1008469

۱. مقدمه

باغستان سنتی قزوین با قدمت بیش از ۱۰۰۰ سال تاثیر مستقیمی بر توسعه پایدار منطقه از جنبه‌های مختلف اقتصادی، محیطزیستی، فرهنگی و اجتماعی داشته است. در سال‌های اخیر با توجه به وجود تنش‌های محیطی از جمله، تغییرات رژیم بارندگی‌ها، میزان و شدت بارش، توسعه شهری و تغییرات کاربری اراضی که در محدوده باغستان رخ داده است، منجر به صدمات جدی به باغستان شده است. کاهش مساحت باغستان و تراکم درختان باغ و به‌طورکلی تغییر کاربری باغستان می‌تواند منجر به پیامدهای محیطزیستی از جمله افزایش جزیره حرارتی در شهر، فرسایش خاک ناشی از سیلاب، افزایش ریزگردها و غیره شود. به عنوان مثال باغ‌ها تاثیر قابل‌توجهی بر اثر جزیره گرمای شهری دارند. آن‌ها می‌توانند با فراهم کردن سایه، جذب گرما و تراکم رطوبت از طریق تعرق، دما را در مناطق شهری کاهش دهند. باغ‌ها همچنین به بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند و شرایط محیطزیستی مناسبی برای جانوران فراهم می‌کنند. به‌طورکلی، حضور باغ‌ها در مناطق شهری می‌تواند اثر جزیره گرمای شهری را کاهش دهد و محیطی راحت‌تر و پایدارتر برای ساکنان شهری ایجاد کند (Rosenzweig et al., 2006).

به همین منظور لازم است کمیت و کیفیت باغستان هم از لحاظ سطح زیر کشت و هم لحاظ سلامت و تراکم درختان مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور با توجه به هزینه‌های بالای داده‌برداری میدانی و همچنین گستردگی منطقه عملا امکان پایش آن به صورت صحرایی وجود ندارد. از طرف دیگر نتایج بررسی تحقیق‌های مختلف نشان می‌دهد استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل قابلیت‌هایی همچون دید وسیع و یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، تنوع اشکال داده‌ها، رقومی بوده داده‌ها، فرآهم آوردن داده‌های بهنگام، گستردگی بالا و در دسترس بودن داده‌ها و دقت بالای آن‌ها، می‌تواند در آشکارسازی پدیده‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان در حوزه آب و محیطزیست مورد استفاده قرار گیرد. (Aynew, 2003; Timmermans et al., 2007; Sun et al., 2011; Papadavid et al., 2017; Uossef Gomrokchi et al., 2019; Shahbazi et al., 2020). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی را ارایه نماید و برای مدیریت آن راه‌کارهایی مناسب را مقایسه و ارزیابی نماید. (Bakr et al., 2010; Mendoza et al., 2011).

در تعیین و پایش نوع کاربری‌ها دو روش مختلف طبقه‌بندی نظارت شده و طبقه‌بندی نظارت نشده به عنوان روش‌های مرسوم محسوب می‌شود. میزان دقت در هر یک از روش‌ها متفاوت است ولی به‌طورکلی در روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده به دلیل استفاده از داده‌های تعلیمی، می‌توان به دقت‌های بالایی دست یافت. در پژوهش‌های مختلفی دقت هر یک از روش‌های طبقه‌بندی و همچنین کارایی تصاویر ماهواره‌ای در تعیین کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. پیشینه پژوهش

Hashemi و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی سطح پوشش جنگل‌های سیاه‌مرگی استان گیلان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد مساحت جنگل‌ها طی ۱۵ سال در حدود ۲۳۳ هکتار کاهش پیدا کرده است. تحلیل نتایج نشان داد در سری زمانی مورد بررسی، سطح مراتع کاهشی ولی سطح اراضی دیم و مراتع نیمه متراکم افزایشی بوده است. دقت کلی نتایج در این مطالعه حدود ۹۵ درصد گزارش شد. در پژوهش دیگری به منظور پایش تغییرات کاربری اراضی و پوشش جنگلی در شهرستان آستارا، از تصاویر ماهواره لندست و سنجنده‌های OLI و TM استفاده شد. نتایج دقت کلی و ضریب کاپا در این مطالعه برای سال ۲۰۲۲ به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۷۵ به‌دست آمد. همچنین در منطقه مورد مطالعه طی ۲۷ سال (از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲)، منطقه مسکونی ۷ درصد (۲۹۵۴ هکتار) افزایش یافته و کاربری مرتعی و کشاورزی به ترتیب ۱ درصد (۲۵۸ هکتار) و ۲ درصد (۹۹۷ هکتار) کاهش پیدا کرده است. نتایج نشان داد پوشش جنگلی در منطقه، طی دوره زمانی مشابه، ۱۷۶۱ هکتار کاهش پیدا کرده بود (Asghari Saraskanrood & Sharifi, Tolaroud, 2023).

Soltani (۱۴۰۲) در پژوهشی دقت دو روش جداسازی و طبقه‌بندی را در برآورد درصد پوشش گیاهی ذرت مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق با بررسی آزمون تفکیک‌پذیری و ضریب همبستگی بین داده‌های محاسباتی، نشان داده شد اگرچه دقت هر دو روش بالا بود

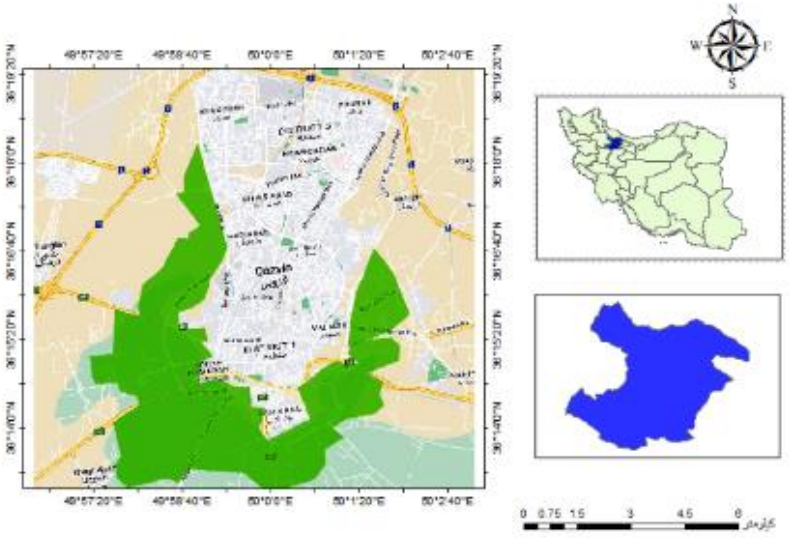
ولی به‌طور میانگین روش جداسازی مقدار درصد پوشش گیاهی را ۱۰ درصد کمتر از الگوریتم طبقه‌بندی به‌دست آورد. همچنین ضریب همبستگی بالای ۹۷ درصد بین داده‌ها نشان داد دقت روش‌های جداسازی پایین‌تر از روش‌های طبقه‌بندی بود. در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و به‌کارگیری روش طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان، سه کاربری مسکونی، پوشش گیاهی و باغی- بایر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد سطح اراضی باغی و زراعی به دلیل افزایش مناطق مسکونی و گسترش شهری، روند کاهش داشتند. همچنین نتایج این بررسی نشان داد بین پوشش سطح و دمای سطح زمین رابطه معناداری وجود داشت که این موضوع مبین شکل‌گیری جزایر حرارتی بر روی پوشش‌های ساخته شده در حریم شهر می‌باشد (Khedmatzadeh et al., 1400).

با توجه به تغییرات آب و هوایی و کاهش منابع آبی در سال‌های اخیر، لازم است تغییرات سطح باغستان مورد بررسی قرار گیرد. از طرف دیگر قرار گرفتن قسمتی از باغستان در مسیر توسعه شهری، خطر تغییر کاربری آن‌ها افزایش می‌دهد. در این پژوهش هدف اصلی آشکارسازی کاهش تراکم درختان در سطح باغستان با تعریف دو سناریو در پردازش تصاویر و با استفاده از شاخص‌های گیاهی مختلف می‌باشد. در سناریو اول بدون توجه به تراکم درختان تمام سطح باغستان برآورد شده است ولی در سناریوی دوم تراکم درختان نیز مورد توجه قرار گرفته و فقط قسمتی از سطح باغستان که پوشش گیاهی متراکم دارد به عنوان سطح فعال، تعیین شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. منطقه مورد مطالعه

باغستان‌های سنتی قزوین با مساحتی بالغ بر ۳۰۰۰ هکتار و قدمتی حدود ۱۰۰۰ سال از جمله مناطق سرسبز و طبیعی شهر و محل تولید و اشتغال و ارتزاق جمع کثیری از مردم شهر می‌باشد. این باغات بر سیما و منظر شهر تاثیر مثبت داشته و موجب توسعه پایدار و حفظ محیط‌زیست شهری می‌شوند. اقلیم منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه سرد و خشک و متوسط بارندگی ۲۹۸ میلی‌متر در سال است. محدوده باغستان سنتی قزوین (رنگ سبز) و محل قرارگیری استان قزوین در کشور ایران در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه، محدوده باغستان (بخش سبز رنگ) و شهر قزوین

۳-۲. ماهواره سنتینل

ماهواره‌های سری Sentinel توسط اتحادیه اروپا ایجاد و طراحی شده‌اند و تاکنون ۶ سری از این ماهواره‌ها به فضا پرتاب شده است. ماهواره سنتینل ۲ به منظور پایش جنگل‌ها، بررسی تغییرات پوشش زمین، مدیریت بلایای طبیعی و محاسبه شاخص‌ها و متغیرهای

فیزیکی توسعه یافته است. سنجده MSI [1] در این ماهواره اطلاعات را در ۱۲ باند طیفی در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز طول موج کوتاه برداشت می‌کند. در این پژوهش از تصاویر سطح ۲ ماهواره Sentinel-2A استفاده شد. ماهواره سنتینل ۲ باند حرارتی ندارد اما تصاویر مرئی و مادون قرمز آن از قدرت تفکیک مکانی مناسب (۱۰ و ۲۰ متر) و قدرت تفکیک زمانی ۵ روز برخوردار است (Phiri et al., 2020). در این پژوهش از باندهای ۲، ۴ و ۸ ماهواره سنتینل ۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر به‌منظور محاسبه شاخص‌های گیاهی موردنظر، استفاده گردید. مشخصات ماهواره سنتینل ۲ که تصاویر آن در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات باندهای سنجنده MSI ماهواره سنتیل

MSI			
باند	**قدرت تفکیک مکانی (m)**	**قدرت تفکیک زمانی (day)**	**طول موج (nm)**
۲ (Blue)	۱۰	۵	۴۵۸–۵۲۳
۳ (Green)	۱۰	۵	۵۴۳–۵۷۸
۴ (Red)	۱۰	۵	۶۵۰–۶۸۰
۸ (NIR)[2]	۱۰	۵	۷۸۵–۹۰۰
۸**A** (NIR)	۲۰	۵	۸۵۵–۸۷۵
۱۱ (SWIR1)[3]	۲۰	۵	۱۵۶۵–۱۶۵۵
۱۲ (SWIR2)	۲۰	۵	۲۱۰۰–۲۲۸۰

با توجه به این که کلیه فرآیندهای دریافت، پردازش و طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین انجام شد؛ لذا امکان استفاده تعداد زیادی از تصاویر ماهواره‌ای به صورت هم زمان فرآهم آمد. در این پژوهش برای بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ تعداد ۱۱۳۱ تصویر مورد استفاده قرار گرفت که در همه آن‌ها درصد ابرناکی کمتر از ۴۰ درصد بود. بر اساس نتایج تحقیقات Nath & Shukla، استفاده از میانگین فصلی شاخص‌های گیاهی به منظور تفکیک جنگل‌ها از مزارع، عملکرد بهتری را نسبت به استفاده از میانگین ماهانه شاخص‌ها در طبقه‌بندی کاربری اراضی نشان می‌دهد (Nath and Shukla., 2013). لذا در این پژوهش از میانگین فصلی شاخص‌های گیاهی حاصل از تصاویر دریافت شده توسط ماهواره‌ی سنتینل به منظور تفکیک بخش باغستان از سایر کاربری‌ها استفاده شد.

۳–۳. روش طبقه‌بندی

به‌منظور تعیین مساحت باغستان در ابتدا نیاز به جداسازی بخش باغستان از سایر کاربری‌ها نظیر مناطق مسکونی، ساختمان‌ها، جاده‌ها و زمین‌های زراعی است. به این منظور در این پژوهش روش جنگل تصادفی[4] استفاده شده است. جنگل تصادفی یکی از زیرمجموعه‌های روش طبقه‌بندی نظارت شده و یک الگوریتم یادگیری ماشین[5] است که برای کارهای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. این روش شامل آموزش یک مدل جنگل تصادفی با داده‌های برچسب‌گذاری شده[6] از انواع مختلف کاربری‌ها و پوشش گیاهی و سپس استفاده از مدل آموزش‌دیده[7] برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی انواع گیاهان در یک منطقه معین است (Biau & Scornet, 2016). با توجه به این که در روش جنگل تصادفی طبقه‌بندی بر اساس بازتاب طیفی پوشش‌های مختلف در سطح زمین انجام می‌شود (Dubath er al., 2011)؛ لذا

1. Multi Spectral Instrument
2. Near Infrared
3. Short Wave Infrared
4. Random Forest
5. Machine Learning
6. labeled data
7. Trained Model

به‌منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی تصاویر و استخراج محدوده باغستان در این پژوهش از مجموعه شاخص‌های NDVI، EVI، SAVI و LAI استفاده شد. برای انجام محاسبات و پردازش تصاویر به منظور طبقه‌بندی و تفکیک باغستان از سایر مناطق و در نهایت تعیین مساحت باغستان از سامانه گوگل ارث انجین (GEE)[8] استفاده شد. معادلات و ویژگی‌های شاخص‌های گیاهی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. معادلات و ویژگی‌های شاخص‌های گیاهی استفاده شده در پژوهش

شاخص‌ها	فرمول		توضیحات	منبع
شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)	$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$	رابطه ۱)	بازه ۱ تا ۱− پهنه های آبی **NDVI<0** محدوده صفر، زمین بایر یا منطقه شهری پوشش گیاهی پراکنده **0.2<NDVI<0.4** پوشش گیاهی متوسط **0.4<NDVI<0.6** پوشش گیاهی سبز متراکم **0.6<NDVI**	Tucker et al, 1979
شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته (EVI)	$* \frac{2.5}{(NIR - RED)}{(NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)}$	رابطه ۲)	بازه ۱ تا ۱− گیاه سالم محدوده بین ۰/۲ تا ۰/۸	Huete et al, 1997
شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده خاک (SAVI)	$1.5 * \frac{(NIR - RED)}{(NIR - RED + 0.5)}$	رابطه ۳)	بازه ۱ تا ۱− آب، برف، ابر **SAVI<0** پوشش گیاهی سبز **SAVI>0.2**	Huete, 1988
شاخص سطح برگ (LAI)	$LAI = 0.31(\frac{NIR}{RED} - 0.098)$	رابطه ۴)	----------	Cohrs, 2020

۳-۴. مشخصات نمونه‌های تعلیمی

در روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده لازم است برای هر کلاس، تعدادی نمونه تعلیمی، که می‌تواند به‌صورت نقطه با پلی‌گون تعریف شده باشد، توسط کاربرد تهیه و به الگوریتم طبقه‌بندی معرفی گردد. تعداد نمونه‌ها به الگوریتم مورد استفاده برای طبقه‌بندی و یکنواختی تصویر بستگی دارد ولی یک قانون کلی پیشنهادی برای تعداد نمونه‌های تعلیمی، ۳۰ برابر تعداد باندهای تصویر برای هر کلاس می‌باشد (Tempfli et al., 2009). در این پژوهش با توجه به این که از سه باند مختلف تصویر ماهواره‌ای استفاده شده است، برای هر کلاس حدود ۶۰ تا ۱۱۵ نمونه تعلیمی در نظر گرفته شد، که به طور یکنواخت در تمام تصویر پراکنده بودند.

۳-۵. ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی کلاس باغستان

در این تحقیق به منظور ارزیابی دقت استخراج کلاس مربوط به باغستان، از دو شاخص دقت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. ضریب کاپا به‌عنوان معیاری برای بیان صحت نتایج به‌دست آمده به‌کار می‌رود (رابطه ۱). این ضریب برای هر ماتریس به کمک عناصر قطری و حاشیه‌ای محاسبه می‌شود و نشان‌دهنده آن است که طبقه‌بندی چقدر با داده‌های واقعی توافق داشته است. میزان کلی توافق برای هر ماتریس، بر پایهٔ تفاوت بین توافق عملی طبقه‌بندی (توافق بین طبقه‌بندی رایانه‌ای و داده‌های واقعیت زمینی که توسط عناصر قطری جدول نمایش داده می‌شوند) و توافق شانسی (که از مقادیر فرعی پیکسل به‌دست می‌آید) محاسبه می‌گردد (Maghsoudi, et al., 2018). دقت کلی نیز بیانگر میزان انطباق نتایج به‌دست آمده از طبقه‌بندی با نمونه‌های واقعیت زمینی است (رابطه ۲). در این پژوهش سه کلاس

8. Google Earth Engine

گیاهان زراعی، باغستان و مناطق شهری تعریف شد که در مجموع برای همه کلاس‌ها با استفاده از تصاویر گوگل ارث تعداد ۱۲۶ نقطه واقعیت زمینی تعیین و برای محاسبه ضرایب بالا مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه ۱) $$Kappa\ coefficient = \frac{(OA - 1/q)}{(1 - 1/q)}$$

رابطه ۲) $$Overall\ Accuracy = \frac{\sum(Pix_i)}{n}$$

در روابط بالا $Kappa\ coefficient$ ضریب کاپا، OA دقت کلی، q پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی نشده‌اند، $\sum(Pix_i)$ مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند و n تعداد کل پیکسل‌های تعلیمی است.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. بررسی روند تغییرات مساحت باغستان

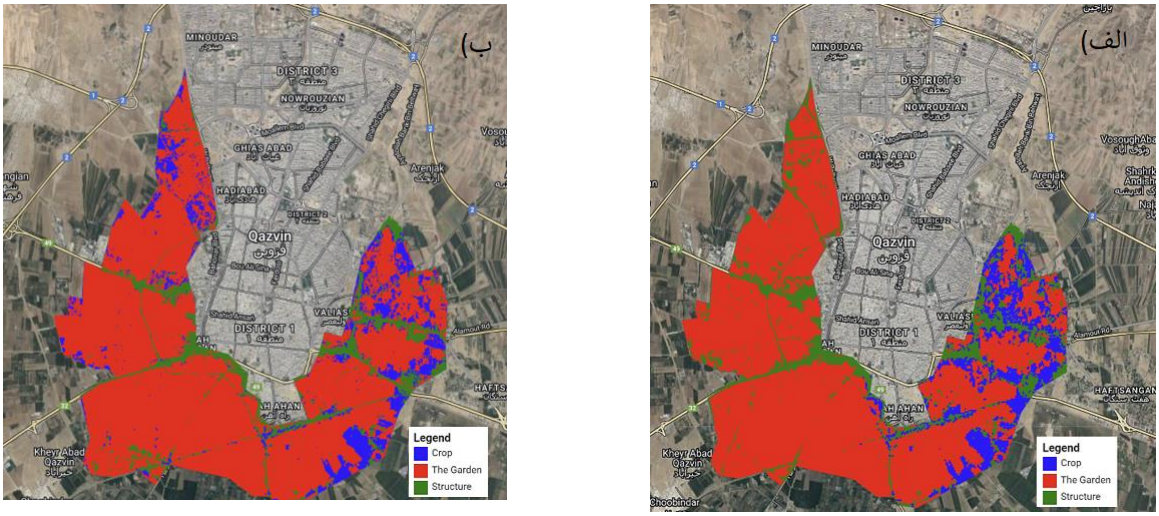
با توجه به تغییرات کاربری زمین و همچنین عدم تامین منبع آب کافی، مشاهده می‌گردد که تراکم درختان در باغستان یکنواخت نیست (شکل ۲). در بعضی از بخش‌های باغستان، باغ‌هایی مشاهده می‌شوند که به کلی فاقد درخت می‌باشند. همچنین باغ‌هایی نیز وجود دارند که تنها دارای چند درخت معدود با فاصله بسیار زیاد هستند (سطح غیرفعال باغستان- ناحیه ۲ در شکل۲). لذا برای بررسی روند تغییرات سطح باغستان در سال‌های اخیر، از تصاویر سنجنده MSI ماهواره سنتینل ۲ استفاده شد. طبقه‌بندی تصاویر برای ۷ سال (۲۰۱۶- ۲۰۲۲) تحت دو سناریو مختلف بررسی شد. در سناریو اول مساحت باغستان بدون در نظر گرفتن تراکم درختان برآورد شد (سطح فعال و سطح غیرفعال باغستان) و در سناریو دوم، تراکم درختان نیز مورد توجه قرار گرفت تا مساحت فعال باغستان برآورد گردد.

شکل ۲ . عکس هوایی بخشی از باغستان قزوین و کلاس‌بندی تصاویر بر اساس دو سناریوی تعریف شده مطابق نواحی مشخص‌شده (منبع: یافته‌های تحقیق)

۴-۲. مقایسه نتایج طبقه‌بندی

نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره سنتینل برای سه کلاس گیاهان زراعی (رنگ آبی)، باغستان (رنگ قرمز) و بخش شهری شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها و سازه‌ها (رنگ سبز) برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که مساحت بخش باغستان در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۲۰۱۶ حدود ۱۹۱/۱۹ هکتار (۷/۹۸ درصد) کاهش داشته است. این مقدار کاهش یافته تغییر کاربری داده و در بخش زراعی و شهری نمود پیدا کرده است. تحلیل آماری مقایسه پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و مقادیر واقعیت زمینی نشان می‌دهد، مقدار ضرایب کاپا و دقت کلی در سال ۲۰۱۶ به ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۸۹ و در سال ۲۰۲۲ به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۹ به‌دست آمد. قدرت تفکیک مکانی مناسب تصاویر سنتینل (۱۰ متر) و همچنین دسترسی رایگان به تصاویر این ماهواره شرایط مناسبی را برای بررسی تغییرات کاربری باغستان در استان قزوین فراهم می‌آورد. با توجه به اهمیت محیط‌زیستی و آبخوان‌داری

باغستان برای استان قزوین، استفاده از این تصاویر و کدهای ارایه شده در این پژوهش می‌تواند نقش به‌سزایی در مدیریت این منابع‌طبیعی و محیط‌زیستی موجود در استان ایفا کند.



شکل ۳. تصویر طبقه بندی شده ماهواره سنتینل- الف) سال ۲۰۱۶ میلادی، ب) سال ۲۰۲۲ میلادی (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۳ . نتایج مساحت‌های برآورد شده و شاخص‌های ارزیابی طبقه‌بندی هر یک از سنجنده‌های مورد بررسی (سال ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲) (منبع: یافته‌های تحقیق)

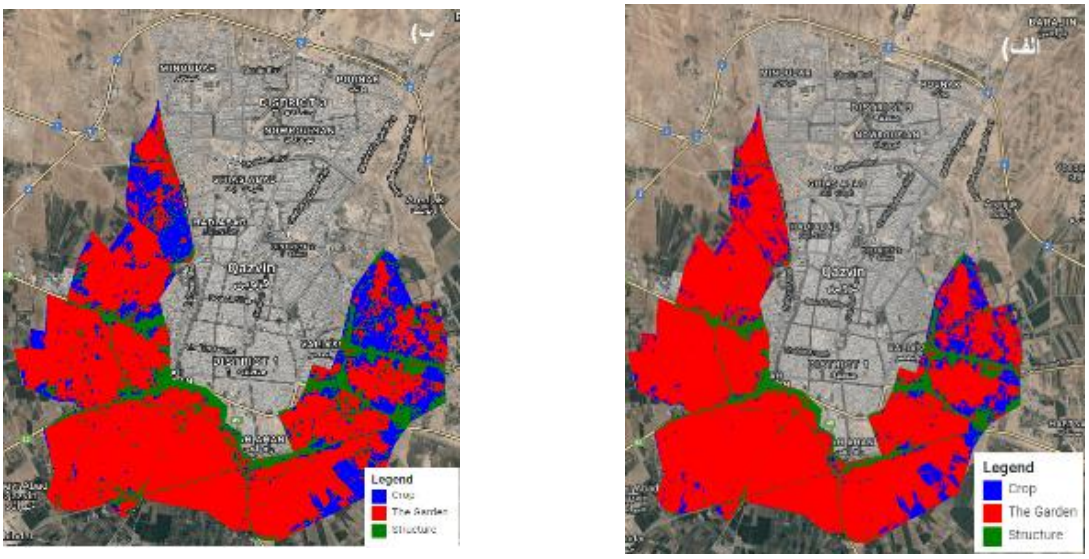
ضریب کاپا	دقت کلی	مساحت (هکتار)	کلاس‌های طبقه‌بندی	سال
		۲۳۹۴/۱۹	باغستان	
۰/۶۴	۰/۸۹	۱۶۱/۴۴	گیاهان زارعی	۲۰۱۶
		۲۱۱/۸۷	مناطق شهری	
		۲۲۰۳	باغستان	
۰/۷۳	۰/۹	۵۶۴/۵	گیاهان زارعی	۲۰۲۲
		۴۲۳/۲	مناطق شهری	

۵. بحث

۵-۱. بررسی تغییرات مساحت باغستان

بر اساس نتایج به‌دست آمده برای شاخص‌های ارزیابی طبقه‌بندی تصویر، سنجنده MSI برای بررسی تغییرات سطح باغستان انتخاب شد. سپس طبقه‌بندی و تعیین مساحت باغستان تحت دو سناریو با عنوان سطح فعال و سطح غیرفعال باغستان انجام شد و مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۴ نتایج طبقه‌بندی تصویر سنجده MSI را برای سال ۲۰۲۲ نشان می‌دهد.

با توجه به تصاویر ارایه شده در شکل ۴ مشاهده می‌شود که تحت سناریو اول (شکل ۴- الف) محدوده بیشتری نسبت به سناریو دوم (شکل ۴- ب) به‌عنوان باغستان (محدوده قرمزرنگ) طبقه‌بندی شده است. زیرا در سناریو اول تمام محدوده باغستان صرف‌نظر از این که دارای درخت باشد یا فاقد درخت باشد، به‌عنوان باغستان در نظر گرفته شده است. در صورتی که در سناریو دوم فقط بخش‌های فعال باغستان که دارای تراکم درخت مناسب بودند به‌عنوان محدوده باغستان در نظر گرفته شده است. به‌منظور بررسی آماری طبقه‌بندی انجام شده، مقدار مساحت تخمینی باغستان به همراه ضریب کاپا و دقت کلی برای سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ تحت دو سناریو ذکر شده به تفکیک در جدول ۴ ارایه شده است.

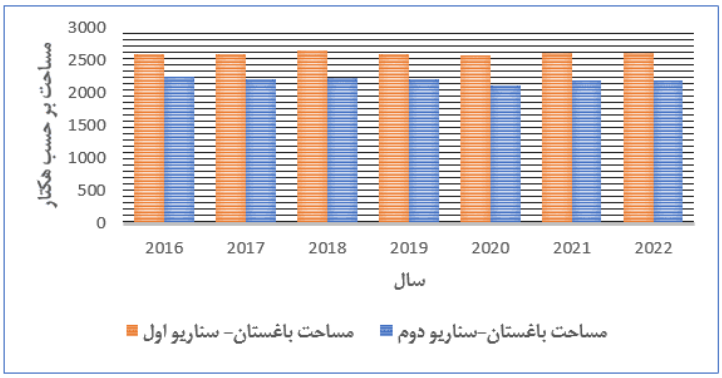


شکل ۴. طبقه بندی تصویر ماهواره سنتینل تحت دو سناریو الف) سناریو اول ب) سناریو دوم- سال ۲۰۲۲ (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۴. مساحت برآورد شده باغستان برای هر یک از سناریوهای مورد بررسی به تفکیک سال‌های مختلف (منبع: یافته‌های تحقیق)

ضریب کاپا	دقت کلی	مساحت برآورد شده باغستان (هکتار)	سناریوهای مورد بررسی در سال‌های مختلف	
۰/۶۳	۰/۸۷	۲۶۰۵/۵	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۱۶
۰/۷۹	۰/۹۲	۲۲۴۹/۷	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۷۱	۰/۹	۲۶۰۴/۷	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۱۷
۰/۷	۰/۸۹	۲۲۱۵/۷	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۶۸	۰/۸۹	۲۶۶۰/۵	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۱۸
۰/۸۲	۰/۹۲	۲۲۲۹/۶	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۷۲	۰/۹	۲۶۰۵/۸	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۱۹
۰/۸	۰/۹۲	۲۲۰۹/۵	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۷۳	۰/۹	۲۵۸۰/۳	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۲۰
۰/۷۶	۰/۹۱	۲۱۱۱/۸	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۷۷	۰/۹۲	۲۶۲۲	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۲۱
۰/۷۴	۰/۹	۲۲۰۶/۱	سناریو ۲- سطح فعال	
۰/۷۹	۰/۹۲	۲۶۱۸/۹	سناریو ۱ – سطح کل	۲۰۲۲
۰/۷۳	۰/۹	۲۲۰۶/۱	سناریو ۲- سطح فعال	

همان‌طور که مشاهده می‌شود دقت کلی برای طبقه‌بندی‌های انجام شده در همه سال‌ها، بالای ۸۵ درصد و در محدوده مناسب قرار دارد؛ لذا بر اساس نتایج ضرایب ارزیابی، طبقه‌بندی‌های انجام شده دارای قدرت قابل قبول و خوب هستند. به‌طورکلی نتایج نشان داد میانگین سطح کل و سطح فعال باغستان به‌ترتیب ۲۶۱۳ و ۲۲۰۳ هکتار به‌دست آمد. در واقع حدود ۱۵/۷ درصد از باغستان که معادل ۴۱۰ هکتار می‌باشد، یا فاقد درخت است و یا تراکم درخت بسیار کمی دارد. این گستره از باغستان که از اختلاف نتایج طبقه‌بندی تحت دو سناریوی مورد بررسی به‌دست آمده، یا تغییر کاربری داشته‌اند و یا بیشترین تهدید در مقابل تغییر کاربری را دارند. به منظور بررسی بصری روند تغییرات مساحت تخمینی هر یک از سناریوها طی دوره ۷ ساله مورد مطالعه، تغییرات سالانه مساحت در شکل ۵ نشان داده شد. ملاحظه می‌شود که با توجه به اطلاعات ارایه شده در جـدول ۴ اختلاف حدود ۳۵۰ تا ۴۶۰ هکتاری بین مساحت تخمینی در سناریو اول و دوم در تمام ۷ سال مشاهده می‌شود.



شکل ۵. مقایسه مساحت تخمینی تحت دو سناریو برای دوره ۷ ساله مورد مطالعه (منبع: یافته‌های تحقیق)

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش با توجه به این که پیکسل سایز ماهواره سنتینل ۱۰ متری و پیکسل سایز ماهواره لندست ۳۰ متری است. ماهواره سنتینل از دقت بالاتری در طبقه‌بندی تصاویر در محدوده باغستان قزوین برخوردار می‌باشد؛ لذا از ماهواره سنتینل به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر برای تعیین مساحت باغستان قزوین استفاده شد. با توجه به این که باغستان قزوین از پوشش یکنواختی برخوردار نیست و بخشی از باغستان به دلایل مختلف نظیر قطع درختان، احداث جاده، عدم تامین آب کافی، عدم رسیدگی به باغستان به دلیل خرد مالکیتی و غیره فاقد درخت هستند؛ لذا طبقه‌بندی تصاویر ماهواره سنتینل برای سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ تحت دو سناریو انجام شد. همان‌طور که مشاهده شد ضرایب کاپا و دقت کلی حاکی از طبقه‌بندی مناسب تصاویر است. بر اساس طبقه‌بندی انجام شده نتایج نشان می‌دهد که حدود ۳۵۰ الی ۴۶۰ هکتار از کل مساحت تعیین شده برای باغستان فاقد درخت می‌باشد. تخمین مساحت واقعی باغستان توسط سنجش از دور می‌تواند زنگ خطری باشد تا تمهیداتی به منظور حفظ آن اندیشیده شود و از عوارض غیرقابل جبران محیط‌زیستی آن نظیر افزایش جزیره گرمای شهری و کاهش نقش باغستان در حفظ آبخوان‌ها جلوگیری به عمل آید. اختلاف دو سناریوی مورد بررسی نشان داد در حدود ۴۱۰ هکتار از کل باغ‌ها یا در حال نابودی هستند و یا بدون بهره‌برداری رها شدند تا زمینه تغییر کاربری آن‌ها فراهم شود. تخصیص منابع آبی مطمئن و کسب درآمد اقتصادی از باغ می‌تواند مشوق خوبی برای باغدار باشد تا سطح فعال باغستان را حفظ کند و یا با کاشت نهال جدید در قسمت غیرفعال، آن را احیا کند. مطابق هدف پژوهش، نتایج نشان داد ۱۵/۷ درصد از کل باغستان در چنین شرایطی قرار دارد و مدیریت باغستان لازم است برای این نواحی علاج‌بخشی فوری در نظر گیرد. لذا به منظور حفظ جنبه‌های محیط‌زیستی باغستان برای شهر قزوین پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ای مدون به منظور حفظ و احیای باغستان در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌آید که تصاویر ماهواره سنتینل می‌تواند در طبقه‌بندی کاربری اراضی و تخمین مساحت فعال باغستان، مفید واقع شوند. لذا با توجه به عدم وجود اطلاعات دقیق از مساحت و تراکم درختان باغستان، پیشنهاد می‌شود که مساحت و تراکم درختان باغستان در سال‌های آتی توسط تصاویر ماهواره سنتینل رصد شود تا با انجام اقدامات به موقع علاوه بر حفظ باغستان از عواقب محیط‌زیستی غیرقابل جبران آن جلوگیری به عمل آید.

۷. تعارض منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

۸. منابع

Asghari Saraskanrood, S., & Sharifi Tolaroud, H. (2023). Remote Sensing Used to Detect Changes in Land Use and Forest Cover (A Case Study of Astara City). *Land Management Journal*, *11*(2), 195- 208. doi: 10.22092/lmj. 2023.362257.332. (inPersian).

Ayenew, T. (2003). Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highlands. Journal of hydrology, 279(1-4), 83-93.

Bakr, N.; Weindorf, D.C.; Bahnassy, M.H.; Marei, S.M. & El-Badawi, M.M., (2010). Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. Applied Geography, 30: 592-605.

Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. Test, 25, 197-227.

Cohrs, C. W., Cook, R. L., Gray, J. M., & Albaugh, T. J. (2020). Sentinel-2 leaf area index estimation for pine plantations in the southeastern United States. *Remote Sensing*, *12*(9), 1406.

Dubath, P., Rimoldini, L., Süveges, M., Blomme, J., López, M., Sarro, L. M. & Eyer, L. (2011). Random forest automated supervised classification of Hipparcos periodic variable stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 414(3), 2602-2617.

Papadavid, G., Neocleous, D., Kountios, G., Markou, M., Michailidis, A., Ragkos, A., & Hadjimitsis, D. (2017). Using SEBAL to investigate how variations in climate impact on crop evapotranspiration. Journal of Imaging, 3(3), 30.

Hashemi, S. A., FATEMI, T. S., KAVOUSI, K. H., & MADANIPOUR, K. M. (2016). Change detection in the forest cover of Siyahmezgi watershed of Guilan using LandSat images.Journal of RS and GIS for Natural Resources, 7(3): 78-88. (in Persian)

Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., & Van Leeuwen, W. J. D. A. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, *59*(3), 440-451.

Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, *25*(3), 295-309.

Khedmatzadeh, A., mousavi, M., Mohamadi Torkamani, H., & Mohammadi, M. S. (2021). An Analysis of Land Use Changes and Thermal Island Formation in Urmia City exclusion Using Remote Sensing. *Regional Planning*, *11*(41), 119-134. doi: 10.30495/jzpm.2021.3965. (inPersian)

Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., & Hoseini, S. (2018). Evaluating the Effectiveness of Supervised and Unsupervised Classification Methods in Monitoring Regs (Case Study: Jazmourian Reg). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, *9*(32), 81-92. (inPersian)

Mendoza, M. E., Granados, E. L., Geneletti, D., Pérez-Salicrup, D. R., & Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003). Applied Geography, 31(1), 237-250.

Nath, B., & Acharjee, S. (2013). Forest cover change detection using normalized difference vegetation index (NDVI): a study of Reingkhyongkine lake's adjoining areas, Rangamati, Bangladesh. Indian Cartogr, 33(2), 348-403.

Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. Remote Sensing, 12(14), 2291. https://doi.org/10.3390/rs12142291

Rosenzweig, C., Solecki, W., & Slosberg, R. (2006). Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. A report to the New York State Energy Research and Development Authority, 1-5.

Shahbazi, M., Kermanshahani, S., Ahmadi, H., Jamshidi, M., Kakvand, P., & Rezaei, H. (2020). Indigenous knowledge of flood management and floodwater spreading in Qazvin traditional garden; deserves a new look at conservation and restoration. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 8(1), 1-12. (inPersian)

Soltani, M. (2024). Estimating maize canopy cover percent by means of image processing algorithms. Water and Irrigation Management, 14(1), 111-122. doi: 10.22059/jwim.2023.364331.1098. (inPersian)

Sun, Z., Wei, B., Su, W., Shen, W., Wang, C., You, D., & Liu, Z. (2011). Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake Wetland of China. Mathematical and Computer Modelling, 54(3-4), 1086-1092.

Tempfli, K., Huurneman, G. C., Bakker, W. H., Janssen, L. L. F., Feringa, W. F., Gieske, A. S. M., Grabmaier, K. A., Hecker, C. A., Horn, J. A., Kerle, N., van der Meer, F. D., Parodi, G. N., Pohl, C., Reeves, C. V., van Ruitenbeek, F. J. A., Schetselaar, E. M., Weir, M. J. C., Westinga, E., & Woldai, T. (2009). Principles of remote sensing: an introductory textbook. (ITC Educational Textbook Series; Vol. 2). International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.

Timmermans, W. J., Kustas, W. P., Anderson, M. C., & French, A. N. (2007). An intercomparison of the surface energy balance algorithm for land (SEBAL) and the two-source energy balance (TSEB) modeling schemes. Remote Sensing of Environment, 108(4), 369-384.

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2), 127-150.

Uossef Gomrokchi, A., Akbari, M., & Yunesi, M. (2019). Estimation of biological water rights of traditional orchards in Qazvin using remote sensing capabilities. Journal of Environmental Studies, 45(2), 237-252. doi: 10.22059/jes.2019.275208.1007816. (inPersian)