



Research Paper

Evaluation and Analysis of land Use Changes Using Remote Sensing and GIS Technologies with an Emphasis on Water Requirements of Plants

Reza Delearhasannia¹, Parisa Rezazadeh², Fatemeh Mikaeili³ and Saeed Samadianfard^{1*}

¹Assoc. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²M.Sc. Alumnus, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³Ph.D. Scholar, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Article information

Received: January 20, 2024

Revised: March 11, 2024

Accepted: April 08, 2024

Keywords:

Consuming Water

Crops

Rainfed

Remote Sensing

*Corresponding author:

s.samadian@tabrizu.ac.ir



Abstract

The increase in population has intensified the process of land use in different parts of the world. The purpose of the present research was to investigate the changes in the use of irrigated and rainfed cultivation with an emphasis on the water needs of plants in the Sarab Plain located in East Azarbaijan Province, Iran. Based on this, in order to discover the changes created in the study area, the images of TM, ETM and OLI sensors of Landsat satellite in 1996, 2005 and 2021 were processed and classified after geometric and atmospheric corrections. Using the overall accuracy test and Kappa statistic, the accuracy of production maps was determined. The classification results showed that the Support vector machine method has a higher accuracy than the neural network method with an average total accuracy of 93.37% and an average kappa of 91.33%. During the years of 1996-2021, the area of irrigated cultivation increased by 24.2% and the area of rainfed cultivation decreased by 2.7%. Moreover, the volume of water required for the five major products of the region was calculated using Cropwat software and it was found that the volume of water consumption has increased in the period of 1996-2021.

How to cite this paper: Delirhasannia, R., Rezazade, P., Mikaeili, F., & Samadianfard, S. (2024). Evaluation and analysis of irrigated and rainfed land use changes using remote sensing and GIS technologies with an emphasis on the water requirements of plants. *Environ. Water Eng.*, 10(4), 496-509. <https://doi.org/10.22034/ewe.2024.436832.1909> (In Persian)



© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** Journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

One of the important parameters in order to manage water resources in the agricultural sector is to determine the required water in the levels of agricultural plains. Accurate estimation of the required water in the plains requires updated maps of the cultivated area, cropping pattern and water demand, which is difficult and costly to prepare with the help of traditional methods. While its preparation with the help of remote sensing can overcome these problems as an effective method. Remote sensing is the science and art of obtaining information about an object, region or phenomenon through the analysis of data obtained from an instrument that does not have physical contact with the object, region or phenomenon under investigation. The spatial pattern in remote sensing images is interpreted as geographical variables such as water, rocks, soil, plants, etc. The aim of the present research is to determine the area of irrigated and rainfed cultivation using satellite images, to obtain the water requirement of plants in the study area and to analyze the relationship between the water requirement of plants, changes in the cultivated area and water potential in the study area. On the other hand, the study area of the current research (Sarab) includes Sarab and Bilordi Dozdozan Plains, and excessive water harvesting has brought the Dozdozan Plain to a critical stage, and the Sarab Plain will also reach a critical point if not paid attention to. Therefore, it becomes more important to estimate and investigate the water requirement of plants planted in this area in order to improve the management of existing water resources and deal with the problems of water shortage.

Material and Methods

In this research, the area under irrigated and rainfed plains under study was estimated using Landsat satellite images. Data processing and analysis were done using Google Earth software for geometric and elevation corrections, ENVI 4.8 for atmospheric corrections and image processing, and ArcGIS 10.2 software was used for the final extraction of the analysis. In this research, field studies were conducted and the coordinates of the points and phenomena in the study area were taken using a GPS device at 50 points. By taking ground control points with GPS device from the study area and implementing it on classification (support vector machine and artificial neural

network). After completing the operation in this environment, the results were compared with the statistics available in the Agriculture-Jihad Organization and the difference between the cultivated area obtained from remote sensing and the statistics obtained from the Agriculture-Jihad was compared. Then, using the daily meteorological statistics received from the synoptic station of the studied area, in CROPWAT 8.0 software, the net water requirement and finally the volume of water required by the major plants of the area were calculated.

Results

The results of classification using two methods of support vector machine and artificial neural network show that the support vector method with average total accuracy of 93.37% and average kappa of 91.33% is more accurate than the neural network in this study. Therefore, the results obtained from the support vector machine method were accepted as accurate and final results and were compared. The results of the investigations show that the class related to hydroponics has been classified with a high accuracy of 95% in both methods. This shows the high-resolution capability for this part of the classification. Also, according to the results, the lowest accuracy of the manufacturer is related to the man-made (residential) class with both classification methods. The final results of the SVM algorithm indicate a slight decrease in the cultivated area. The results of the support vector machine method are close to those of the Agriculture-Jihad Organization, and the largest difference is related to the fallow rain of 2014 with a difference of 12.8%, which is lower than the statistics announced for Jihad. An important point to mention in the classification of the support vector machine was the better separation of the boundaries of the classes with common spectral characteristics. For example, in some parts, agriculture and pastures had a spectral similarity that this method identified the boundaries well, while in the classification of the neural network in the conversion of land use from pastures to agriculture, the boundaries are not well separated from each other and around There were many mixed pixels that were related to agriculture but were classified in pastures and vice versa. But by applying the support vector method, more accurate identification was made. On the other hand, according to the results obtained from the

CROPWAT software, the volume of water required for the wheat crop did not differ much, but its amount in 2021 was about 26.6% of its

volume. This amount for the barley product has also had a small decrease of 4%. Also, the amount of water required for alfalfa has been increasing.

Table 1 Error matrix results for classification by support vector machine and artificial neural network

Model	Performance functions	1996	2005	2021
SVM	OA	93.64%	90.26%	96.21%
	Kappa	0.9154	0.8774	0.9621
ANN	OA	92.57%	80.03%	95.60%
	Kappa	0.9013	0.8362	0.9390

Conclusions

According to the investigations, the following can be inferred from the present study: 1) By comparing the results obtained from the processing of satellite images and their correspondence with the ground data, it was found that there is no significant difference between the statistics obtained from the Agriculture-Jihad Organization of the province. Therefore, by processing satellite images and applying supervised classification more accurately, faster, more easily and with less cost, it is possible to check the surface of irrigated and rainfed crops. 2) The total amount of cultivated land based on the results of SVM algorithm shows that the cultivated area (sum of irrigated and rainfed) has gone down from 1996 to 2005 and decreased to 14%, but from 2005 to 2021 again It started to increase and finally increased by 22.1 percent

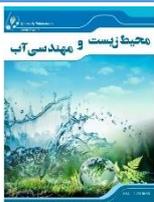
during the last 15 years, which was mostly related to hydroponics. 3) In general, the amount of water required for major products in the region has increased in general. Therefore, Sarab needs solutions for the optimal allocation of available resources and the improvement of water resources management, because dealing with the issues and problems of water shortage at present in this region is also of particular importance according to the results obtained.

Data Availability

The data can be sent by email by the responsible author upon request.

Conflicts of interest

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری با استفاده از فن آوری‌های سنجش از دور و GIS با تأکید بر نیاز آبی گیاهان

رضا دلیرحسن‌نیا^۱، پریرسا رضازاده^۲، فاطمه میکائیلی^۳ و سعید صمدیان فرد^{۱*}

^۱دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
^۲آ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
^۳دانشجوی دکترا، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: [۱۴۰۲/۱۰/۳۰]	افزایش جمعیت باعث تشدید روند کاربری اراضی در نقاط مختلف جهان شده است. هدف پژوهش حاضر، بررسی تغییرات کاربری کشت آبی و دیم با تأکید بر نیاز آبی گیاهان در دشت سراب واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. بر این اساس، جهت کشف تغییرات ایجاد شده در منطقه مورد مطالعه، تصاویر سنجنده‌های TM، ETM و OLI ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۴ و ۱۴۰۰ پس از تصحیحات هندسی و اتمسفری مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفت. با استفاده از آزمون صحت کلی و آماره کاپا صحت نقشه‌های تولیدی تعیین شد. نتایج طبقه‌بندی نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان، با دقت کل متوسط ۹۳٪/۳۷ و کاپا متوسط ۹۱٪/۳۳ نسبت به روش شبکه عصبی از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. سطح زیرکشت آبی در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۷۵، با ۲۴٪/۲ افزایش و سطح زیرکشت دیم ۷٪/۲ کاهش یافته است. همچنین حجم آب مورد نیاز برای پنج محصول عمده منطقه با استفاده از نرم افزار cropwat محاسبه و مشخص شد که حجم آب مصرفی در دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۴۰۰ افزایش یافته است.
تاریخ بازنگری: [۱۴۰۲/۱۲/۲۱]	
تاریخ پذیرش: [۱۴۰۳/۰۱/۲۰]	
واژه‌های کلیدی: آب مصرفی دیم سنجش از دور محصولات کشاورزی	
*نویسنده مسئول: s.samadian@tabrizu.ac.ir	



نحوه استناد به این مقاله:

دلیرحسن‌نیا، رضا، رضازاده، پریرسا، میکائیلی، فاطمه، & صمدیان‌فرد، سعید. (۱۴۰۳). ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری با استفاده از فن‌آوری‌های سنجش از دور و GIS با تأکید بر نیاز آبی گیاهان. محیط‌زیست و مهندسی آب. 496-509
 10(4) <https://doi.org/10.22034/ewe.2024.436832.1909>



۱- مقدمه

تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دشت ری پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که $26/07 \text{ km}^2$ از اراضی بایر این محدوده به اراضی کشاورزی، صنعتی و مسکونی تغییر کاربری داده است. Ahmadi and Hasani (2023) به تلفیق اطلاعات طیفی و مکانی به منظور تفکیک محصولات کشاورزی با استفاده از تصاویر چند زمانه سنتینل ۲- پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که دقت طبقه‌بندی‌کننده‌های نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان^۴، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۵ و جنگل تصادفی^۶ روی فضای ویژگی طیفی اولیه به ترتیب ۷۷/۷۸، ۷۹/۱۶، ۷۶/۴۱ و ۷۶/۸۹٪ است. Yousefi et al. (2011) به تشخیص تغییرات پوشش و کاربری اراضی در دلتای غربی نیل مصر با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداختند که نتایج نشان‌دهنده تغییرات عمده شامل تبدیل زمین‌های بایر به زمین‌های کشاورزی بود. Deilami et al. (2015) با استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به تشخیص و نظارت بر کاربری اراضی و تغییرات پوشش گیاهی در اسکندر مالزی برای یک دوره هفت ساله پرداختند. نتایج به دست آمده برای دوره مطالعاتی نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی در پوشش گیاهی منطقه بود. Meshesha et al. (2016) به تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در ارتفاعات شمال حوزه آبخیز برساتیوپی پرداختند. نتیجه تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که زمین‌های کشاورزی و محل سکونت به ترتیب $71/6$ و $16/8 \text{ ha/yr}$ افزایش یافته است. سهم چراگاه‌ها و زمین‌های بایر کاهش یافته است. Haque and Basak (2017) به تشخیص تغییرات پوشش اراضی با استفاده از فن‌های سنجش از دور و GIS در تنگور هارو^۷ بنگلادش پرداختند. برای ارزیابی سناریو تغییر در روش پیش طبقه‌بندی، به تجزیه و تحلیل شاخص‌های NDVI، CVA^۸، NDWI^۹ پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد تغییرات پوشش اراضی تقریباً ۴۰٪ از کل چشم‌انداز منطقه مورد مطالعه

آب منشأ حیات و عامل اصلی تداوم و پویایی بقا در سطح کره زمین است. استفاده بهینه از منابع آبی و یافتن راه‌حل‌های ممکن برای کاهش و پیش‌بینی مشکلات مربوط به مدیریت این مایع حیاتی، همواره از اهداف توسعه صحیح و اصولی کشاورزی بوده است. یکی از پارامترهای مهم به منظور مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، تعیین آب مورد نیاز در سطوح دشت‌های کشاورزی است. برآورد دقیق آب مورد نیاز در سطح دشت‌ها نیازمند نقشه‌های به‌هنگام شده سطح زیرکشت، الگوی کشت و نیاز آبی (تقاضای آب) است که تهیه آن به کمک روش‌های سنتی مشکل و هزینه‌بر است. تهیه نقشه‌ها به کمک سنجش از دور می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر بر مشکلات مذکور فائق آید (Akbari 2013). سنجش از دور علم و هنر به دست آوردن اطلاعات درباره یک شی، منطقه یا یک پدیده از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ابزاری است که تماس فیزیکی با شی، منطقه و یا پدیده تحت بررسی را ندارد. در سال‌های اخیر استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعات کشاورزی و تهیه نقشه‌های موضوعی گسترش فراوانی پیدا کرده است. Jafari Sayadi (2016) به بررسی کاربرد سنجش از دور در برآورد سطح زیرکشت و مقدار آب مصرفی برنج پرداخته است. نتایج مطالعات وی نشان داد که شاخص‌های SAVI^۲ و NDVI^۳ برای محاسبه شاخص سطح برگ و ضریب گیاهی برنج مناسب بوده و می‌توان با استفاده از این شاخص‌های دورسنجی علاوه بر تعیین کاربری اراضی و محاسبه مساحت کاربری‌های مختلف، ویژگی‌های گیاهی را نیز محاسبه کرد. Farzadmehr and Bajestani (2018) به تعیین قابلیت تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در تخمین سطح زیرکشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه پرداختند. نتایج نهایی حاکی از آن بود که تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زعفران در منطقه و تعیین سطح زیرکشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است. Mohammadpour et al. (2022) به طبقه‌بندی و ارزیابی

⁶Random Forest⁷Tanguar Haro⁸Change Vector Analysis⁹Normalized Difference Water Index¹Rice Growth Vegetation Index²Normalized Difference Vegetation Index³Soil-Adjusted Vegetation Index⁴Support Vector Machine⁵Multilayer Perceptron Neural Network

دشت بیلوردی دوزدوزان می‌باشد، برداشت بیش از حد آب، دشت دوزدوزان را وارد مرحله بحرانی کرده است. در صورت عدم توجه دشت سراب نیز به نقطه بحرانی خواهد رسید، لذا هدف مطالعه حاضر بررسی کارایی روش‌های سنجش از دور در تحلیل تغییرات کاربری اراضی است. بر این اساس استفاده از نتایج مطالعه حاضر می‌تواند در بهبود مدیریت منابع آب موجود و مقابله با مسایل و مشکلات کمبود آب مفید واقع شود.

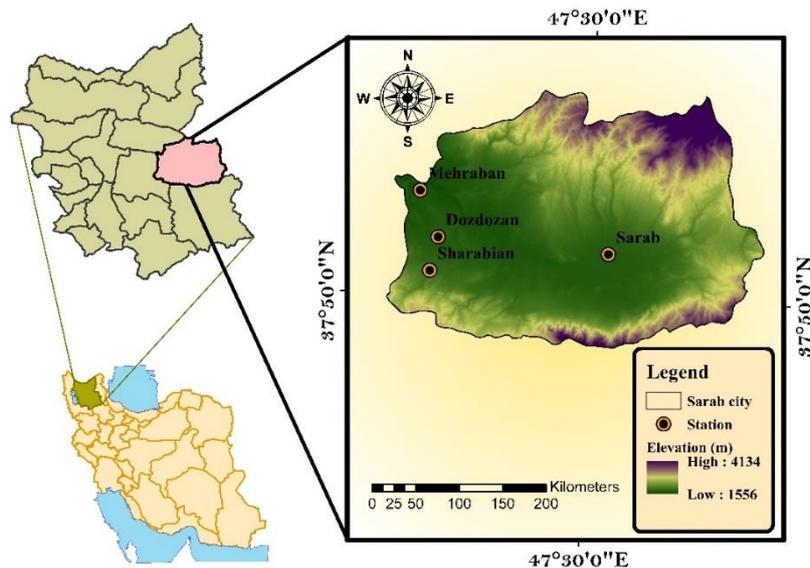
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان سراب در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی در $37^{\circ}50'$ شمالی و $47^{\circ}54'$ شرقی واقع شده است. مساحت این شهرستان $3452/18 \text{ km}^2$ می‌باشد که حدود $7/6\%$ مساحت استان را تشکیل می‌دهد. میانگین ارتفاع شهرستان از سطح دریا 1650 m می‌باشد. شهرهای تابعه آن سراب، مهربان، شریبان و دوزدوزان می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

را تحت تاثیر قرار داده است. (Al-taani et al. (2021) با استفاده از GIS و فن‌های سنجش از دور به ارزیابی تناسب زمین برای استفاده کشاورزی پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که تنها حدود $0/2\%$ از کل مساحت منطقه مطالعاتی برای کشاورزی وابسته به بارندگی بسیار مناسب است. این در حالی است که حدود $1/4\%$ برای محصولات آبیاری مناسب است. Parsinejad et al. (2022) به تحلیل عملی تخمین سنجش از دور مصرف آب برای محصولات عمده در سراسر حوضه دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف واقعی آب برآورد شده از تصاویر سنجش از دور به طور کلی بیشتر از نیاز آبیاری است.

بر اساس بررسی‌های انجام یافته تاکنون پژوهش قابل توجهی در خصوص استفاده از فن‌های سنجش از دور در تعیین مساحت کشت آبی و دیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دشت سراب انجام نشده است. لذا دستیابی به نیاز آبی گیاهان با تلفیق فن‌های سنجش از دور در این منطقه، تجزیه و تحلیل ارتباط میان نیاز آبی گیاهان، بررسی سطح زیرکشت و پتانسیل آبی از نوآوری‌های مدنظر پژوهش حاضر می‌باشد. از طرفی چون منطقه مطالعاتی پژوهش حاضر شامل دو دشت سراب و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان سراب در استان آذربایجان شرقی

Fig. 1 Geographical location of Sarab city in East Azarbaijan province

برای انجام تصحیحات هندسی و ارتفاعی، ENVI 4.8 برای تصحیحات اتمسفری و پردازش تصاویر و از نرم افزار ArcGIS 10.2 جهت استخراج نهایی تحلیل استفاده شد. جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

۲-۲- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش سطح زیرکشت آبی و دیم دشت مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برآورد شد. پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Google Earth

جدول ۱- مشخصات تصاویر مورد استفاده
Table 1 Specifications of the images used

NO.	Date	Instrument data	Satellite	Number of Bands	Spatial Resolution	Radiometric Resolution
1	1996	TM	Landsat 5	7	30 m	8 bits
2	2005	ETM	Landsat 7	8	30 m	8 bits
3	2021	OLI	Landsat 8	9	30 m	12 bits

۲-۳- روش کنترل زمینی و تعداد داده‌ها

در این پژوهش مطالعات میدانی انجام و مختصات نقاط و پدیده‌های موجود در منطقه مطالعاتی با استفاده از دستگاه GPS و در ۵۰ نقطه برداشت شد. با برداشت نقاط کنترل زمینی با دستگاه GPS از منطقه مورد مطالعه و پیاده نمودن آن روی طبقه‌بندی اعمال شده، دقت طبقه‌بندی سنجیده شده و برای محاسبه سطح زیرکشت و تهیه نقشه نهایی از نتایج به دست آمده، اطلاعات حاصل به محیط ArcGIS انتقال یافت. بعد از اتمام عملیات در این محیط، نتایج با آمارهای موجود در سازمان جهاد کشاورزی مورد مقایسه قرار گرفت (Anonymous 2022). تفاوت بین سطح زیرکشت به دست آمده از سنجش از دور و آمار به دست آمده از جهاد کشاورزی مقایسه شد. سپس با استفاده از آمار روزانه هواشناسی دریافتی از ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه، در نرم‌افزار CROPWAT 8.0 اقدام به محاسبه نیاز خالص آبی و در نهایت حجم آب مورد نیاز گیاهان عمده منطقه شد. این مدل، آب مورد نیاز گیاهان را در سه مرحله تعیین می‌نماید: در مرحله اول با استفاده از پارامترهای مؤثر در نیاز آبی گیاهان از قبیل دما، ساعات آفتابی، سرعت باد و رطوبت نسبی و با بهره‌گیری از فرمول فائو پنمن مانیتث، تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع تعیین شد. سپس در مرحله دوم با تعیین مقادیر ضریب گیاهی در محیط نرم افزار فوق‌الذکر به محاسبه نیاز آبی الگوی کشت منطقه مورد مطالعه اقدام شد. در مرحله سوم با استفاده از مدل‌های محاسبه کننده باران مؤثر از باران اندازه‌گیری شده، باران مؤثر محاسبه و از آب مورد نیاز محاسبه شده در مرحله دوم کم و نیاز آب آبیاری تعیین شد.

۲-۴- روش‌های طبقه‌بندی

یکی از اهداف اصلی سنجش از دور قرار دادن پیکسل‌های موجود در تصویر در گروه‌ها و یا طبقات مشخص می‌باشد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد. در واقع طبقه‌بندی ساده کردن اطلاعات پیچیده و تشخیص الگوها و روند‌های موجود می‌باشد. نتیجه نهایی طبقه‌بندی، یک تصویر یک بانندی است که در آن کلاس‌های طبقه‌بندی مشخص شده است.

۲-۴-۱- شبکه عصبی مصنوعی

روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی یک روش طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد. در این ساختار برای آموزش شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه شده و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها، وارد لایه میانی می‌شوند. در هر نرون از لایه میانی، یک تابع فعالیت، بر روی ورودی‌ها اعمال شده و مقادیر محاسبه شده با لایه خروجی فرستاده می‌شوند. در این مرحله، خروج شبکه، با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار خطا موجود، از روش‌های مختلف، با تغییر در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌شود (Jahanbakhshi and Kheiralipour 2020).

۲-۴-۲- ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان یک روش طبقه‌بندی باینری^۱ می‌باشد که براساس نظریه یادگیری آماری بنا نهاده شده است. این روش با استفاده از همه باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای همه کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آید و با استفاده از آن‌ها یک مرز تصمیم‌گیری خطی

¹Binary

۲-۵-۲- ضریب کاپا

ضریب کاپا^۲ تکنیک چند متغیره گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معنی‌داری با دیگری داشته باشد در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد که رابطه (۲) بیانگر ضریب کاپا می‌باشد (Malmiran 2001):

$$K = \frac{P_{agree} - P_{chance}}{1 - P_{chance}} \quad (2)$$

که، P_{agree} توافق شانس و P_{chance} دقت مشاهده شده است. کاپا به‌عنوان شاخص میزانی که نسبت به آن درصد مقادیر صحیح ماتریس خطا به دلیل توافق حقیقی در مقابل توافق شانسی می‌باشد.

۳- یافته‌ها و بحث

پس از مشخص شدن شماره گذر و ردیف تصاویر مورد نیاز، تصاویر مربوطه در سه سال ۱۳۷۵، ۱۳۸۴ و ۱۴۰۰ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) اخذ شد (<https://www.usgs.gov>). چون هدف بررسی تغییرات سطح زیرکشت بود بنابراین بهترین زمان برای تصاویر مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد می‌باشد، شکل (۲) تصاویر ماهواره‌ای سه سال مذکور را در شیت مورد نیاز از سنجنده‌های TM^۱، ETM و OLI ماهواره لندست نشان می‌دهد.

بهینه برای جدا کردن کلاس‌ها محاسبه می‌شود (Jahanbakhshi and Kheiralipour 2020).

از نقشه نمایه (Index) تصاویر ماهواره لندست برای اخذ تصاویر مربوط به محدوده مورد مطالعه و تعیین اطلاعات دقیق از شماره عبور و ردیف آن در ایران استفاده شده است. بعد از آماده‌سازی مورد نیاز برای تصاویر، هم‌چنین با داشتن لایه وکتور حاصل از برداشت مطالعات میدانی (نقاط GPS) طبقه‌بندی نظارت شده با کمک دستورات موجود در نرم‌افزار به‌صورت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی روی تصاویر انجام شد.

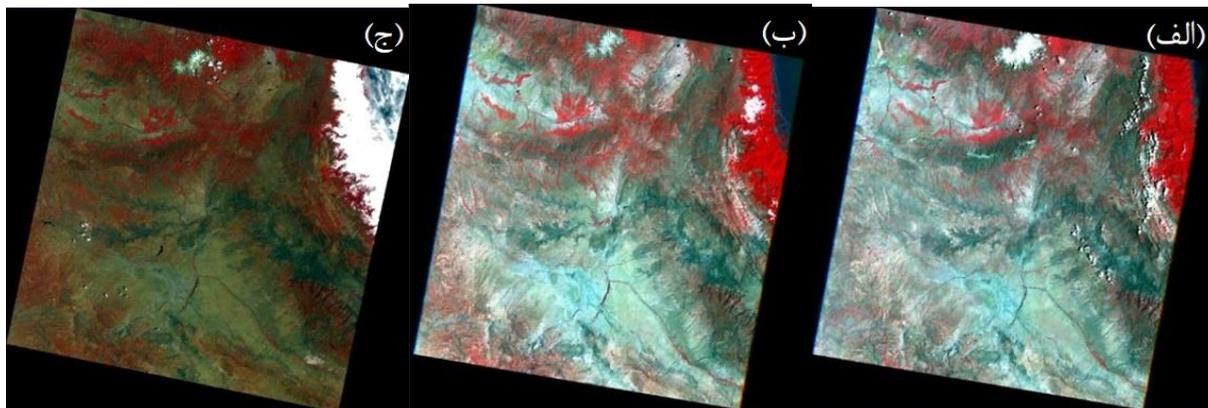
۲-۵-۲- صحت نقشه‌ها

۲-۵-۱- صحت کلی

صحت کلی^۱ نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده است. صحت کلی مطابق رابطه (۱) از ماتریس خطا می‌تواند محاسبه شود:

$$OA = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad (1)$$

که، OA بیانگر صحت کلی، N نشان‌دهنده کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و a_{kk} مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است (Lillesand and Kiefer 2000).



شکل ۲- تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های: الف- TM، ب- ETM، و ج- OLI

Fig. 2 Landsat satellite images: a) TM, b) ETM, and c) OLI sensors

است. بنابراین بر اساس هدف پروژه و تفاوت‌های موجود در تفکیک مکانی تصاویر، کاربری اراضی زیر در نظر گرفته شده است. کاربری اراضی به شش دسته کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، آب، آیش، انسان ساخت و بایر- مرتع تقسیم شد.

۳-۱- کلاس‌های طبقه‌بندی

کلاس‌های کاربری بر اساس اهداف پژوهش، با لحاظ کردن قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای موجود تعیین شده

²Kappa

Environment and Water Engineering

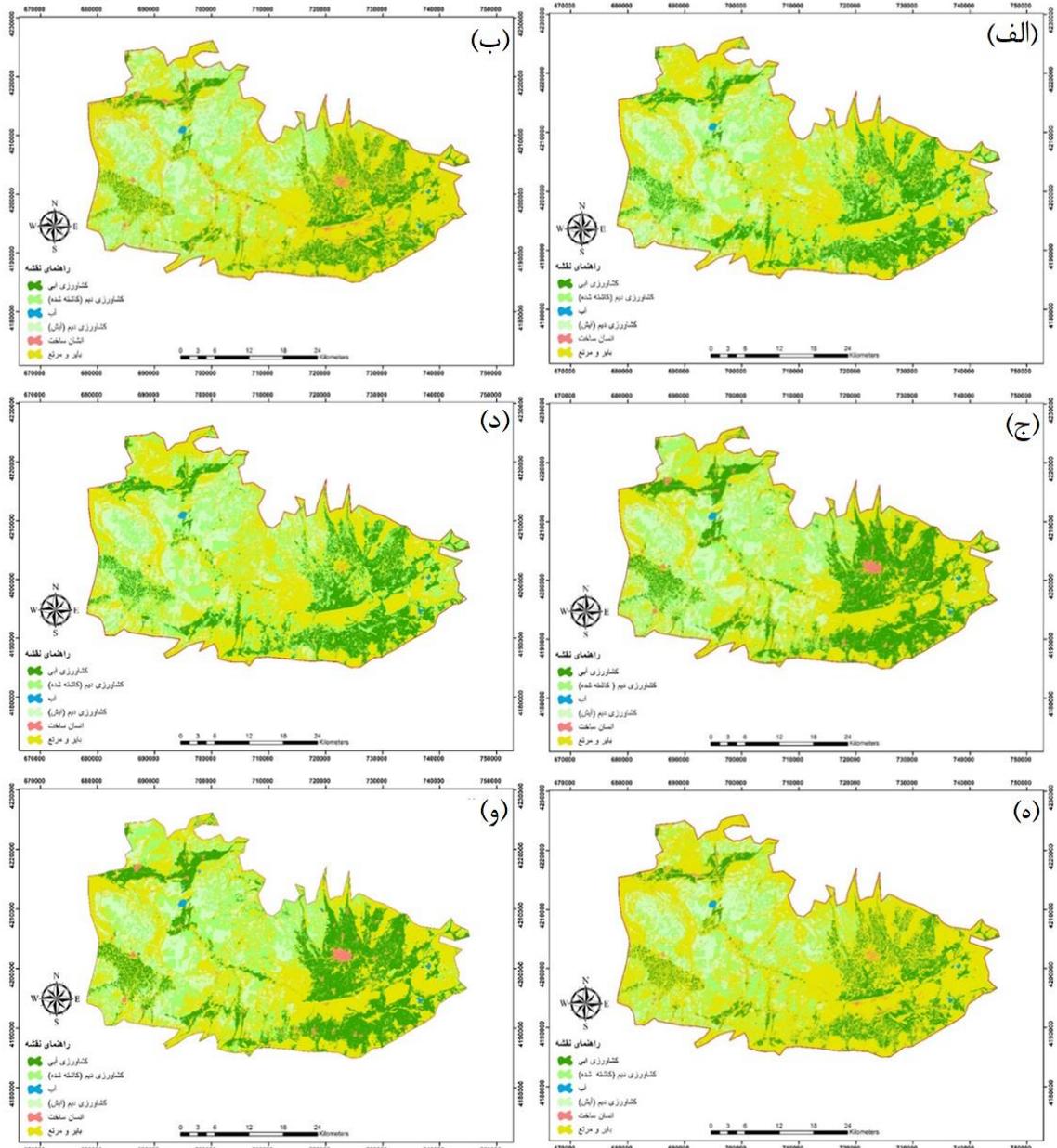
Vol. 10, No 4, 2024

¹Overall Accuracies

محیط‌زیست و مهندسی آب

دوره ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در شکل (۳) نشان داده شد.



شکل ۳- تصاویر طبقه‌بندی شده به روش SVM: الف- ۱۳۷۵، ب- ۱۳۸۴، ج- ۱۴۰۰ و ANN: د- ۱۳۷۵، ه- ۱۳۸۴، و- ۱۴۰۰ در منطقه مورد مطالعه

Fig. 3 Images classified by SVM method: a) 1996, b) 2005 c) 2021 and ANN: d) 1996, e) 2005 f) 2021 in the study area

دست آمده (شکل ۴) و هم‌چنین تصاویر گوگل ارث و برداشت‌های میدانی برای سال ۱۴۰۰ کنترل و ثبت شده و جهت محاسبه دقت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۳- ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده بعد از اعمال طبقه‌بندی به روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی اقدام به ارزیابی طبقه‌بندی شد. بنابراین، نقاط کنترل زمینی (GPS) که به کمک خود تصاویر ماهواره‌ای به

مطالعه از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. از این رو نتایج حاصل از روش ماشین بردار پشتیبان به عنوان نتایج دقیق و نهایی مورد قبول واقع شده و با آمار سازمان جهاد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که طبقه مربوط به کشت آبی با دقت بالا ۹۵٪ در هر دو روش طبقه‌بندی شده است. این نشان‌دهنده قابلیت تفکیک بالا برای این بخش از طبقه‌بندی می‌باشد.

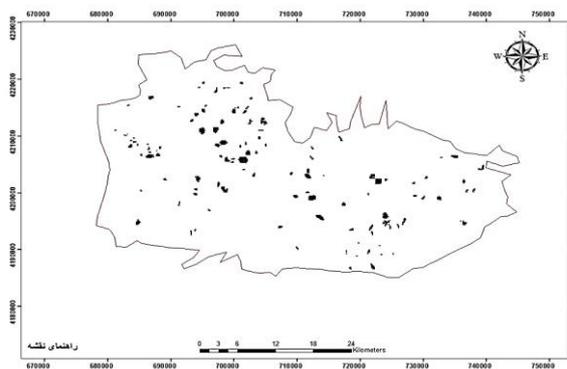
جدول ۳- سطح زیرکشت آبی و دیم شهرستان سراب

Table 3 The statistics of the irrigated and rainfed area of Sarab

Year	Water farming (ha)	Rainfed - fallow (ha)	Rainfed cultivation (ha)	Total land (ha)
1996	31521	30000	36958	98479
2005	25488	37136	25273	87897
2021	38415.7	31896	30327	100638.7

هم‌چنین طبق نتایج پایین‌ترین دقت تولید کننده مربوط به طبقه انسان ساخت (مسکونی) با هر دو روش طبقه‌بندی می‌باشد. نتایج نهایی الگوریتم SVM، حاکی از کاهش اندک سطح زیرکشت در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ و افزایش آن از سال ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۰ می‌باشد. در واقع سطح زیرکشت دیم در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ به مقدار اندکی کاهش داشته و به صورت دیم آیش در آمده، سپس از سال ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۰ برخی از مناطق مربوط به دیم آیش نیز کشت شده و به مجموع مناطق زیرکشت دیم افزوده شده‌اند. سطح زیرکشت آبی نیز با نوسان اندکی در حالت کلی از سال ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۰ افزایش یافته است. در پژوهش حاضر، سطح زیرکشت آبی و دیم دشت سراب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برآورد گردید (جدول ۴).

در حالت کلی نتایج حاکی از آن است که سطح زیرکشت آبی در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۰، با ۲/۲۴٪ افزایش و سطح زیرکشت دیم که مجموع دیم آیش و کاشته شده می‌باشد، ۷/۲٪ کاهش یافته است. نتایج حاصل از روش ماشین بردار پشتیبان با سازمان جهاد کشاورزی نزدیک به هم بوده و بیش‌ترین اختلاف مربوط به دیم آیش سال ۱۳۸۴ با اختلاف ۱۲/۸٪ است. نکته مهم قابل ذکر در طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان تفکیک بهتر مرز طبقات دارای خصوصیات طیفی



شکل ۴- نقاط کنترل زمینی (GPS) برداشت شده با استفاده از

تصاویر نرم‌افزار Google Earth

Fig. 4 Ground control points (GPS) taken using Google Earth software images

هم‌چنین در جدول (۲) نتایج ماتریس خطا (صحت کلی و ضریب کاپا) برای طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی استخراج شد.

جدول ۲- نتایج ماتریس خطا (%) برای طبقه‌بندی به روش ماشین

بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی

Table 2 Error matrix results (%) for classification by support vector machine and artificial neural network

Model	Performance Functions	1996	2005	2021
SVM	OA	93.64	90.26	96.21
	Kappa	0.9154	0.8774	0.9621
ANN	OA	92.57	80.03	95.60
	Kappa	0.9013	0.8362	0.9390

۳-۳- محاسبه سطح زیرکشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

پس از طبقه‌بندی تصاویر به شش طبقه، شامل: کشاورزی آبی، کشاورزی دیم (کاشته شده)، دریاچه، آیش، انسان ساخت و مرتع و بایر، تصاویر طبقه‌بندی شده به محیط ArcGIS انتقال یافتند. در این محیط مساحت هریک از طبقات بر حسب هکتار محاسبه و نتایج به تفکیک همراه با آمار سازمان جهاد کشاورزی (Anonymous 2022) در بخش بعدی آورده شده است (جدول ۳).

نتایج طبقه‌بندی با استفاده از دو روش ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی نشان می‌دهد که روش بردار پشتیبان با دقت کل متوسط ۹۳/۳۷٪ و کاپا متوسط ۹۱/۳۳٪ نسبت به شبکه عصبی در این

مشترک بود. هم‌چنین در قسمت‌های مرزی دو نوع کاربری مختلف، ماشین بردار پشتیبان بهتر از شبکه عصبی طبقه‌ها را از هم جدا نمود و مرز میان آن‌ها ملموس‌تر بود. بیش‌ترین اختلاف بین دو نوع طبقه‌بندی در تصاویر سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۷۵ مربوط به کاربری انسان ساخت (مسکونی) و در تصویر سال ۱۴۰۰ در کاربری دیم آیش رخ داده است. اما در کاربری کشاورزی آبی و سطوح آبی در هر سه تصویر اختلاف میان دو نوع طبقه‌بندی کم‌ترین مقدار ممکن را داشتند.

جدول ۴- نتایج طبقه‌بندی تصاویر

Table 4 Results of image classification

Kappa (%)	Area (m ²)	Kappa (%)	Area (m ²)	Kappa (%)	Area (m ²)	Type of land use	Classification algorithm
94.72	39450.32	87.74	24925.77	91.54	29887.63	Water farming	SVM
	33651.99		27436.51		39114.57	Rainfed agriculture (planted)	
	30362.95		32368.81		29569.55	Water Rainfed agriculture (fallow)	
	485.32		373.90		485.56		
	1573.61		2305.05		903.90	Human made	
	66541.6		84655.75		72104.59	Barren and pasture	
93.90	40384.22	83.62	22760.51	90.13	31189.33	Water farming	ANN
	34104.04		21910.94		44503.28	Rainfed agriculture (planted)	
	24583.62		24333.95		28023.25	Water Rainfed agriculture (fallow)	
	498.97		369.93		463.11		
	1676.15		1142.18		131.07	Human made	
70818.7	101548.30	67755.76	Barren and pasture				

امر طبقه‌بندی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت طبقه‌بندی بردار پشتیبان، روشی مناسب برای تهیه نقشه کاربری به شمار می‌آید که قابلیت طبقه‌بندی با صحت بالا را دارد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج حاصل از مطالعه Mosayebi and Maleki (2014) مطابقت دارد. ایشان در بررسی روند کاربری اراضی در ۲۵ سال اخیر در شهرستان اردبیل نتیجه گرفتند که سطح کاربری‌های زراعت آبی، باغات مناطق مسکونی، صنعتی و نیز اراضی بایر در فاصله سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ افزایش داشته است.

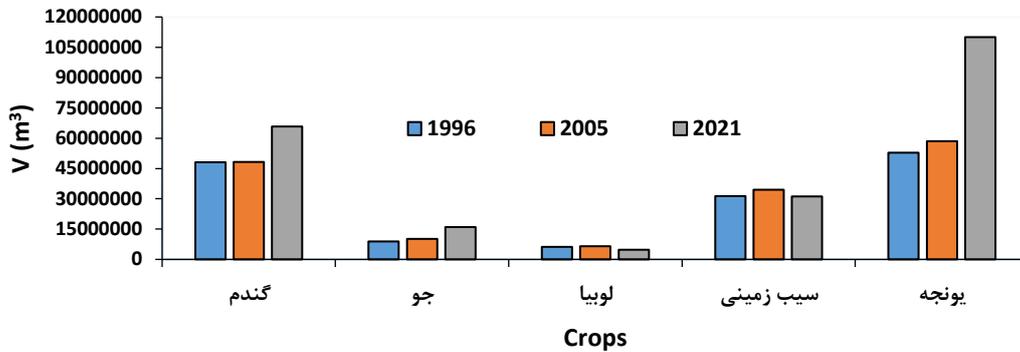
۳-۴- حجم آب مورد نیاز

شکل (۵) نمودار مربوط به مقایسه حجم آب مورد نیاز به دست آمده از نرم افزار Cropwat برای پنج محصول عمده دشت

نتایج پژوهش حاضر دارای همخوانی با نتایجی است که برخی محققان در مناطق مختلف به آن دست یافته‌اند. Yousefi et al. (2011) در مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان نور به این نتیجه رسیده‌اند، روش ماشین بردار پشتیبان با میانگین ضرایب کلی و کاپا به ترتیب ۹۰/۹۴ و ۹۵/۰۳٪ نسبت به روش‌های دیگر هم‌چون شبکه عصبی و حداکثر احتمال دارای صحت بالاتری است. هم‌چنین Dixon and Candade (2008) از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کردند. آنها نتایج طبقه‌بندی را با الگوریتم شبکه عصبی مقایسه و نتیجه گرفتند که الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان دارای صحت بالاتری نسبت به شبکه عصبی در

نیاز این محصول نسبت به سال ۱۳۸۴ افزایشی ۳۰٪ یافته است. هم‌چنین برای محصول یونجه نیز حجم آب مورد نیاز روندی افزایشی داشته، به طوری که در طی سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ افزایشی معادل ۹/۷٪ و در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۴ افزایشی چشم‌گیر و برابر ۴۶/۸٪ یافته است.

سرآب را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود حجم آب مورد نیاز برای محصول گندم در طی سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ تفاوت چندانی نداشته است، اما مقدار آن در سال ۱۴۰۰ حدود ۲۶/۶٪ افزایش یافته است. این مقدار برای محصول جو نیز در سال ۱۳۷۵-۱۳۸۴ کاهش اندک و معادل چهار درصد داشته است، اما در سال ۱۴۰۰ حجم آب مورد



شکل ۵- نمودار مقایسه حجم آب مورد نیاز برای پنج محصول عمده دشت سرآب، در سه دوره زمانی ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۱
Fig. 5 Comparison chart of water volume required for five major products of Sarab, in three time periods 1996, 2005 and 2021

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته نتایج ذیر از پژوهش حاضر قابل استنباط می‌باشد:

۱- تفاوت معنی‌داری بین آمار اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی استان با نتایج این مطالعه مشاهده نمی‌شود. لذا با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و اعمال طبقه‌بندی نظارت شده دقیق‌تر، سریع‌تر، راحت‌تر و با هزینه کم‌تر می‌توان به بررسی سطح زیرکشت آبی و دیم دست یافت.

۲- مجموع کل اراضی زیر کشت براساس نتایج حاصل از الگوریتم SVM نشان می‌دهد که سطح زیرکشت (مجموع آبی و دیم) از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ یک روند نزولی داشته و به مقدار ۱۴٪ کاهش یافته است.

۳- سطح زیرکشت آبی در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۷۴، با ۲۴/۲٪ افزایش و سطح زیرکشت دیم ۷/۲٪ کاهش یافته است.

با توجه به نتایج مذکور، پیشنهاد می‌شود برای کارهای آتی، نمونه‌های آموزشی از نقشه‌های موجود یا تصاویر هوایی موجود استخراج شود و بازدید میدانی نیز بیش‌تر باشد. در اجرای پژوهش حاضر تهیه تصاویر در یک بازه زمانی خاص (دوره

اما برای محصول لوبیا در طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۵ و ۱۴۰۰-۱۳۸۴ حجم آب درخواستی به ترتیب ۵/۷٪ و ۳۵/۹٪ کاهش داشته است، که یک دلیل عمده آن کاهش سطح زیرکشت این محصول در طی سال‌های اخیر می‌باشد. از طرفی برای سیب زمینی به‌عنوان محصول عمده دشت، در طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۵ حجم آب درخواستی روند افزایشی و در طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۴۰۰ یک روند رو به کاهش معادل ۹/۷٪ داشته است. در حالت کلی و در مجموع برای هر پنج محصول عمده در دشت مورد مطالعه، حجم آب مورد نیاز در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۰ افزایش یافته است که این مقدار در مجموع در سال ۱۳۸۴ نسبت به ۱۳۷۵ افزایش ۵/۳۸٪ و سال ۱۴۰۰ نسبت به ۱۳۸۴ افزایشی معادل ۳۰٪ داشته است. سه دلیل عمده این افزایش می‌تواند ناشی از افزایش سطح زیرکشت برای محصولات، تغییرات اقلیمی در طی سه دوره مورد مطالعه که سبب افزایش تبخیر-تعرق گیاه مرجع و کاهش میزان باران مؤثر در طی سه دهه مورد مطالعه باشد. نتایج مطالعات Mousavi et al. (2023) نشان داد که با استفاده از مدل Aqua crop مقدار بهینه آب آبیاری برای تولید گندم، جو، سیب زمینی و چغندر قند به ترتیب $(3,420 m^3)$ ، $(1,530 m^3)$ ، $(430 m^3)$ و $(5,020 m^3)$ بود که نسبت به شرایط فعلی ۳۹، ۷۰، ۵۷ و ۹۰٪ کاهش داشت.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل (s.samadian@tabrizu.ac.ir) قابل ارسال می‌باشد.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Ahmadi, S., & Hasani, H. (2023). Fusion of spectral and spatial information for agricultural crop classification in multi-temporal Sentinel images (Case Study: Qorveh County), *Remote Sens. GIS*, 15(1), 39- 61. DOI: [10.52547/gisj.15.1.39](https://doi.org/10.52547/gisj.15.1.39) [In Persian].
- Akbari, M. (2013). Estimation of Cropped Area and Cropping Intensity using Remote Sensing Data, *Water Res. Agri.*, 27(1), 77-88. DOI: [10.22092/jwra.2013.128813](https://doi.org/10.22092/jwra.2013.128813) [In Persian].
- Al-taani, A., Al-husban, Y., & Farhan, I. (2021). Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remote sensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. *The Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, 24(1), 109- 117. DOI: [10.1016/j.ejrs.2020.01.001](https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.01.001)
- Anonymous (2022). Annual agricultural statistics. *Information Technology and Relations of the Ministry of Agriculture-Jihad*. Available on: <https://www.eaj.ir>
- Deilami, B. R., Ahmad, B. B., Saffar, M. R., & Umar, H. Z. (2015). Review of change detection techniques from remotely sensed images. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 10(2), 221-229. DOI: [10.19026/rjaset.10](https://doi.org/10.19026/rjaset.10)
- Dixon, B., & Candade, N. (2008). Multispectral land use classification using neural networks and support vector machines: one or the other. *Int. J. Remote Sens.*, 29(4), 1185-1206. DOI: [10.1080/01431160701294661](https://doi.org/10.1080/01431160701294661)
- Farzadmehr, J., & Tabaki Bajestani, K. (2018). Capability of Landsat 8 satellite images to estimate the area under cultivation of saffron (case study: city of Torbat Heydarieh), *Saffron Agronom. Technol.*, 6(1), 49- 60. DOI: [10.22048/jsat.2017.48518.1194](https://doi.org/10.22048/jsat.2017.48518.1194) [In Persian].
- Haque, M. I., & Basak, R. (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, 20(2), 251-263. DOI: [10.1016/j.ejrs.2016.12.003](https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.003)
- Jafari Sayadi, F. (2016). The use of remote sensing in estimating the area under cultivation and the amount of water consumed by rice. *Dissertation of Master's course in Irrigation and Drainage, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan*.
- Jahanbakhshi, A., & Kheiralipour, K. (2020). Evaluation of image processing technique and discriminant analysis methods in postharvest processing of carrot fruit. *Food Sci. Nutr.*, 8(7), 3346- 3352. DOI: [10.1002/fsn3.1614](https://doi.org/10.1002/fsn3.1614)
- Lillesand T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and image interpretation*. Fourth Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 724.
- Malmiran, H. (2001). Digital processing of satellite images. Translation and compilation, *publications of the Geographical Organization of the Ministry of Defense and Armed Forces Support*.

رشد گیاه)، به دلیل انطباق دوره رشد با ماه‌های اردیبهشت و خرداد که با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه در ماه‌های مذکور بیش‌تر روزها آسمان ابرآلود می‌باشد و با توجه به این که سنجش تصاویر ابری امکان‌پذیر نمی‌باشد و یا در صورتی که تصاویر نیمه ابری باشد دقت طبقه‌بندی بسیار پایین خواهد بود، دسترسی به تصاویر بدون ابر، یکی از مشکلات پژوهش حاضر بود.

- Meshesha, T. W., Tripathi, S. K., & Khare, D. (2016). Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa watershed northern central highland of Ethiopia. *Model. Earth Syst. Environ.*, 2(4), 168. DOI: [10.1007/s40808-016-0233-4](https://doi.org/10.1007/s40808-016-0233-4)
- Mohammadpour, P., Arjmandi, R., Hasani, A. H. & Ghoddousi, J. (2022). Classification and Assessment of the land use changes using Landsat satellite imagery (Case Study: Rey Plain). *Human Environ.*, 20(3), 279-297. DOI: [10.1001.1.15625532.1401.20.3.19.2](https://doi.org/10.1001.1.15625532.1401.20.3.19.2) [In Persian].
- Mousavi, S.M., Egdernezhad, A. & Sepehri, S. (2023). Determining the appropriate amount of irrigation water for wheat, barley, potatoes and sugar beet in chaharmahal and bakhtiari province using aquacrop and the concept of virtual water. *Iran. J. Irrig. Drain.*, 1(17), 25- 41. DOI: [20.1001.1.20087942.1402.17.1.3.7](https://doi.org/20.1001.1.20087942.1402.17.1.3.7) [In Persian].
- Mosayebi, M., & Maleki, M. (2014). Change detection in land use using remote sensing data and GIS (Case study: Ardabil county). *J. RS GIS*, 5(1), 75- 86. [In Persian].
- Parsinejad, M., Raja, O., & Chehrenegar, B. (2022). Practical analysis of remote sensing estimations of water use for major crops throughout the Urmia Lake basin. *Agri. Water Manage*, 260, 107232. DOI: [10.1016/j.agwat.2021.107232](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107232)
- Yousefi, S., Tazeh, M., Mirezee, S., Moradi, H. R., & Tavanger, S. H. (2011). Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city). *J. RS. GIS*, 2(2), 15-25.