

Identifying and Determining the Length of The Greenhouses Cultivation Period Using Aerial Photos and Sentinel-2 Images

N. Tahmasebi Zadeh¹, H.R. Ghafarian Malamiri^{2*}

1. M.Sc. of Remote Sensing and Geographical Information System, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: hrghafarian@yazd.ac.ir

Received date: 11/08/2022

Accepted date: 18/10/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.560045.1391](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560045.1391)

Extended Abstract

Introduction

Over the past 60 years, the use of plastic covers as a tool to increase the harvest and increase the yield of horticultural crops has steadily increased worldwide. Plastic greenhouses have turned desert areas into areas with modern agricultural development, the province of Almera in the south of Spain is a good example. It now has many greenhouses, making it a global model of agricultural development; but greenhouses contain large quantities of phthalates and cause harm to people, like hormonal disturbances, heart problems, cancer, etc. However, plastic greenhouses are widely built to produce vegetables and fruits near cities. As a result, several remote sensing methods have been developed to identify and monitor the distribution of plastic covered greenhouses in order to manage water resources, identify sites and quantities of plastic greenhouses. Remote detection is the only practical method to monitor plastic greenhouses in a vast geographic area. In the past few years, there have been few studies using high spatial resolution images. In one study, three main absorption ranges were identified that are unaffected by dust, washing and surface factors. In Spain, an artificial intelligence neural network has been proposed to identify greenhouse using Quick Bird images with a resolution of 1.5m. Studies based on medium spatial resolution imagery were also conducted, resulting in different results. In search on land cover classification using Landsat TM images, no favorable results were found. Research has proposed a new method for mapping greenhouses using Sentinel-2 dual-time images and 1D-CNN deep learning. The aim of the current research is to identify the length of the cultivation period of greenhouse crops using Sentinel-2 satellite images. Researchers used a variety of satellite imagery to identify and classify greenhouses. The innovative objective of the current research is to evaluate the Sentinel-2 satellite images in determining the length of the cultivation period of greenhouse crops; which was done for the first time within the country.

Material and Methods

In the first step, the cultivated area of greenhouses was identified using an aerial photograph. Then, useful bands were extracted in greenhouse studies using Sentinel-2 time series images. Next, vegetation and plastic cover indices were calculated for the greenhouse growing period.



1) Identify and determine the area under cultivation in greenhouses: By comparing the pixel-based classification algorithms and the object-oriented classification algorithms, the cultivated area of greenhouses was identified. ENVI and eCognition software were used for pixel-based classification and object-oriented classification, respectively. It should be noted that only one aerial photograph with three bands, blue, green and red, has been used in object-oriented classification. In order to classify the base pixel, learning samples were selected using expert knowledge from the study area. In some instances, Google Earth was used as well. Learning samples were selected scattered across the image to improve accuracy. For validation of the maps obtained from these algorithms, ground control points were used. To reduce human error, these points were also entered into Google Earth. 2) Identifying functional bands in the greenhouse study: The spectral behavior curve of different earth surface covers in Blue, Green, Red, SWIR, NIR bands was drawn in an image of the Sentinel-2 satellite. These spectral signatures were compared on May 20, 2020 i.e., when outdoor vegetation and greenhouse cultivation were at their peak. 3) Determining the duration of the greenhouse growing season: Vegetation indices of the NDVI, SAVI, OSAVI, MSAVI, GNDVI, RVI, DVI, RGVI, IPVI and plastic cover indices PGI, RPGI, PI, PMLI were compared using Sentinel-2 satellite time series images.

Results and Discussion

Greenhouse cultivation is used to improve quality and increase food production. However, their development has many negative effects on the environment. Therefore, obtaining accurate and timely information on the distribution of greenhouses and the time of planting and harvesting crops under plastic covers can make a significant contribution to agricultural management, water management and soil protection. The present study is the first study to identify the length of the greenhouse cultivation period using Sentinel-2 satellite time series images. The results showed that among the object-oriented classification algorithms, two classification algorithms, Bayes and KNN, were more precise for the identification and determination of the cultivated area of greenhouses. The reflection of the plant below the plastic cover of the greenhouse in the NIR, Narrow NIR, Red Edge and SWIR bands increases by an equal amount in comparison with the reflection from the vegetation in the open space. Comparing vegetation cover and greenhouse cover indices showed that the indices designed based on SWIR and Red bands showed greater reflection during the hot season of the year. Indices based on NIR, Narrow NIR, and Red Edge bands were more reflective from October to late February. Based on the results obtained from the ground truth data, greenhouses are plastered during the warm season. This caused an increase in the reflectance in indices designed based on SWIR and Red bands and a decrease in reflectance in indices designed based on NIR, Narrow NIR, Red Edge bands, during the hot season. Therefore, combining all indices, two crop periods were observed: the first started in early March, peak cover was reached in April, and harvest continued. Until the middle of August. The second harvest started at the end of August and peaked in December, until the end of harvest in mid-February.

Keywords: Infrared radiation; Pixel-based classification; Object-oriented classification; Aerial photo; Agricultural management





شناسایی و تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از عکس هوایی و تصاویر سنتینل ۲

ندا طهماسبی‌زاده^۱، حمیدرضا غفاریان مالگیری^{۲*}

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: hrg hafarian@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶



[10.22034/JDMAL.2022.560045.1391](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.560045.1391)

چکیده

کشاورزی در محیط گلخانه برای تولید غذا در مناطق گرم و خشک همراه با کمبود آب و نیز در مناطقی که آب‌وهوا مانع از کشت در تمام طول سال است؛ یک راه‌حل پایدار بشمار می‌رود؛ بنابراین شناسایی گلخانه‌ها و اطلاع از زمان کشت آنها برای مدیران کشاورزی راهگشا است. از طرفی تخمین مقدار سطح زیر کشت و مقدار آب موردنیاز در یک منطقه برای مدیریت منابع آبی کشاورزی امری حیاتی است. هدف پژوهش حاضر تعیین طول دوره کشت محصولات گلخانه‌ای با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 است. در مرحله اول، برای شناسایی گلخانه‌ها با بهره‌گیری از عکس هوایی با قدرت تفکیک مکانی ۱m خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل مبنا اعمال شدند. در مرحله بعدی، برای تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر سری زمانی سنتینل ۲، ابتدا باندهای باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge و SWIR بررسی شدند. سپس شاخص‌های پوشش گیاهی شامل NDVI، SAVI، OSaVI، MSAVI، GNDVI، RVI، DVI، RGVI، IPVI و شاخص‌های پوشش پلاستیکی شامل PGI، RPI، PI، PMLI مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد که از میان خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا، خوارزمیک Bayes با دقت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۳ و خوارزمیک KNN با دقت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۲ برای شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها دقت بالاتری دارند. بازتاب در گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی مانند بازتاب از پوشش گیاهی است، تنها بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در تمام باندها و به مقدر مساوی افزایش می‌یابد. باند قرمز در محدوده ۶۶۵nm و باند مادون‌قرمز نزدیک در محدوده ۷۰۵nm به‌عنوان دو باند کلیدی برای مطالعات گلخانه‌ای کاربرد دارند. با ترکیب اطلاعات تمام شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی دو دوره کشت مشاهده شد: کشت اول از اوایل اسفند شروع شده، در فروردین به اوج پوشش می‌رسد و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه دارد. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر به اوج پوشش رسیده تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان دهنده عملکرد خوب تصاویر Sentinel-2 در تعیین طول دوره کشت گلخانه‌ها است.

واژگان کلیدی: تابش مادون‌قرمز؛ طبقه‌بندی پیکسل مبنا؛ طبقه‌بندی شیء‌گرا؛ مدیریت کشاورزی



■ مقدمه

طی ۶۰ سال گذشته، استفاده از پوشش‌های پلاستیکی به‌عنوان ابزاری برای افزایش برداشت و افزایش عملکرد محصولات باغی، در سراسر جهان به‌طور پیوسته در حال افزایش بوده است (۸). در سال ۲۰۱۶، مساحت گلخانه‌های پوشیده از پلاستیک 3019000 Km^2 در سراسر جهان برآورد شد (۳)؛ که بیشتر در اروپا، شمال آفریقا، خاورمیانه و چین هستند (۵). گلخانه‌های پلاستیکی امکان تبدیل مناطق بیابانی را به مناطق با توسعه کشاورزی مدرن فراهم کرده‌اند و موجب رشد اقتصادی در مناطق بیابانی شده‌اند؛ نمونه بارز آن استان آلمرا در جنوب اسپانیا است. زمانی که تنها به خاطر بیابان‌هایش شناخته می‌شد اکنون دارای تعداد زیادی گلخانه است که آن را به مدل جهانی توسعه کشاورزی تبدیل کرده است (۸)؛ اما گلخانه‌ها حاوی مقدار زیادی فتالات هستند، فتالات یا دی‌استرهای اسید فتالیک گروهی از مواد شیمیایی آلی به هم مرتبط هستند که معمولاً در صنعت پلاستیک‌سازی به‌عنوان مواد نرم‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این افزودنی و نرم‌کننده‌ها معمولاً به مواد دیگر، به‌ویژه پلی‌وینیل کلرید و پلیمرهای دیگر نظیر لاستیک و استیرن، اضافه می‌شوند تا آن‌ها را انعطاف‌پذیر و کشسان کنند. غلظت بالای PAE تهدیدی بالقوه برای سلامت انسان است که مضراتی مانند اختلال هورمون‌ها، مشکلات قلبی، سرطان و... را برای انسان به همراه دارد (۱۹، ۳۱). با این حال گلخانه‌های پلاستیکی به‌طور گسترده برای تولید سبزیجات و میوه‌ها در نزدیکی شهرها ساخته می‌شوند؛ بنابراین به‌منظور مدیریت بهتر منابع آب، آگاهی از مکان‌ها و مقادیر گلخانه‌های پلاستیکی، روش‌های متعدد سنجش‌ازدوری برای شناسایی و نظارت بر توزیع گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی توسعه داده شده است (۲۷). سنجش‌ازدور تنها روش عملی برای نظارت بر گلخانه‌های پلاستیکی در یک منطقه جغرافیایی بزرگ است. در سال‌های اخیر بررسی‌های محدودی با استفاده از تصاویر با رزولوشن مکانی بالا انجام شده است. در پژوهشی با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط یک طیف‌سنج زمینی، سه محدوده اصلی جذب در محدوده

۱۲۱۸nm، ۱۷۳۲nm و ۲۳۱۳nm شناسایی شد که تحت تأثیر گردوغبار، شستشو و عوامل سطحی قرار نمی‌گیرند؛ اما بهترین محدوده طیفی برای نقشه‌برداری پلاستیکی حدود ۱۷۳۲nm ذکر شد، زیرا با ویژگی‌های طیفی سایر مواد معدنی، خاک، پوشش گیاهی یا تضعیف جو هم‌خوانی ندارد (۱۸). پژوهشی با عنوان نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی با استفاده از معیارهای طیفی به‌دست‌آمده از ماهواره GaoFen-2 در دو مقیاس مختلف انجام شد. دقت ۹۵٪ برای گلخانه اول به دست آمد. تمام مراحل روی یک منطقه بزرگ‌تر با مساحت 2025 km^2 نیز اعمال شد. نتایج نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی منطقه وسیع‌تر، بیانگر تأیید این رویکرد جهت نقشه‌برداری از گلخانه‌های پلاستیکی بود (۲۵). در اسپانیا شبکه عصبی هوش مصنوعی برای شناسایی گلخانه با استفاده از تصاویر QuickBird با رزولوشن $1/5 \text{ m}$ ارائه شد (۴). در جنوب ایتالیا روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از عکس‌های هوایی رنگی رزولوشن مکانی بالا برای نظارت بر تاکستان با پوشش پلاستیکی استفاده شد (۲۹). مطالعاتی بر اساس تصاویر با رزولوشن مکانی متوسط نیز انجام گرفته است که نتایج متفاوتی به همراه داشت. در پژوهشی طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از تصاویر Landsat TM در ارتفاعات گرمسیری از روش موازی در ترکیب با حداکثر احتمال و حداقل فاصله برای استخراج میدان‌های مالچ شده استفاده کردند اما نتایج مطلوبی حاصل نشد (۶). در پژوهشی روش جدیدی برای نقشه‌برداری از گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر دو زمانه Sentinel-2 و یادگیری عمیق 1D-CNN پیشنهاد شد (۲۷). در اسپانیا شناسایی محصولات باغی گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه Landsat 8 و WorldView-2 بررسی شد. برای محاسبه اطلاعات طیفی، ویژگی‌های بافت و چندین شاخص پوشش گیاهی^۱ استفاده شد. بهترین دقت کلی طبقه‌بندی $81/3\%$ برای سری‌های زمانی Landsat 8 حاصل شد؛ که برای محصولات گوجه‌فرنگی و فلفل خوب و برای خیارسبز و بادمجان به‌مراتب بدتر بود. با افزودن اطلاعات تصویر WorldView-2 نتایج بهبود یافت (۱). در

¹ Vis (Vegetation index)

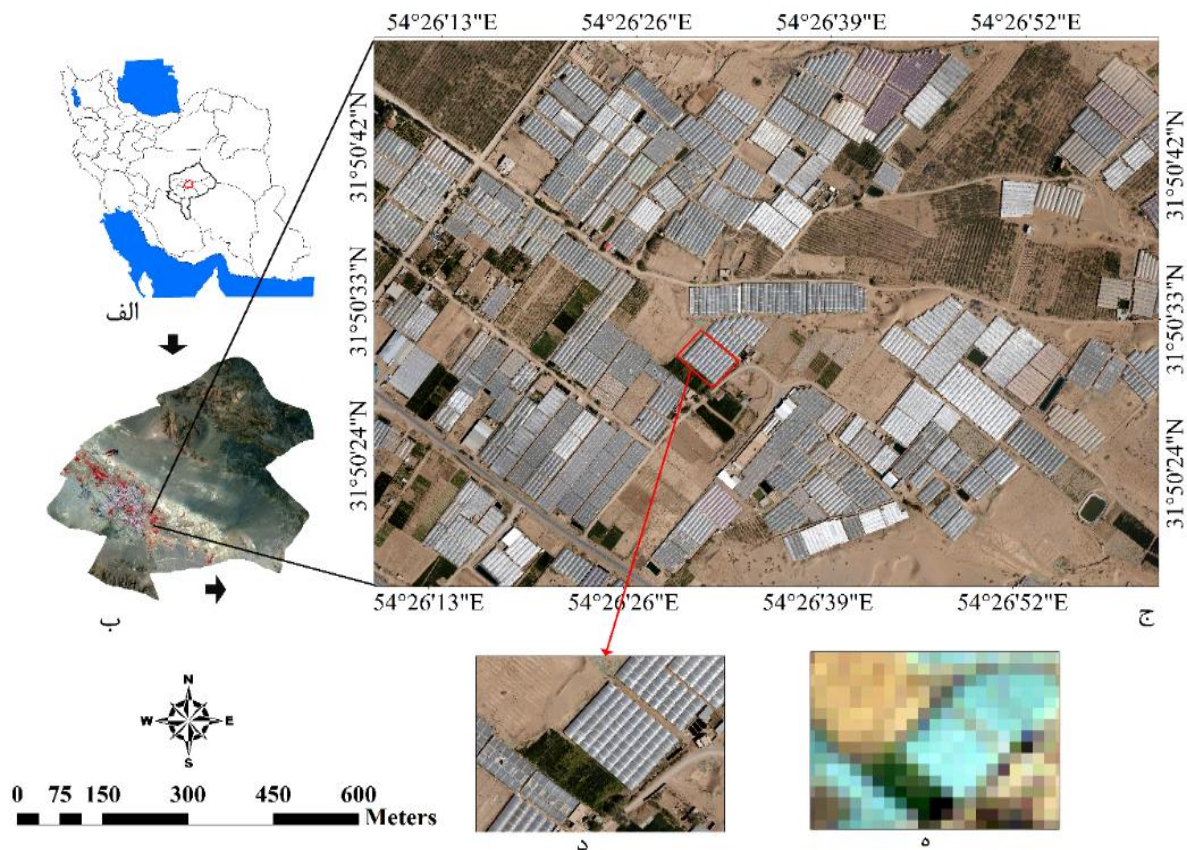
محلۀ اکرمیه در استان یزد و در شرق شهر یزد، در محدوده جغرافیایی $54^{\circ}26'13''$ تا $54^{\circ}26'13''$ طول شرقی و $31^{\circ}50'24''$ تا $31^{\circ}50'42''$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). وسعت منطقه مورد مطالعه حدود 1307964 m^2 است. میانگین سالانه بارندگی استان یزد 7.7 mm و تبخیر و تعرق سالانه نیز 2000 mm است؛ بنابراین طبق روش طبقه‌بندی اقلیمی کوپن آب و هوای گرم و خشک است (۲۶). عامل اصلی این خشکی، دور بودن از سفره آب‌های زیرزمینی، تبخیر و تعرق زیاد و بارندگی کم است. از سوی دیگر مهم‌ترین منبع آب مصرفی استان یزد، قبل از انتقال آب از زاینده‌رود به استان، از طریق حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و قنات‌ها بوده است که در بخش کشاورزی و مصارف شهری و خانگی استفاده می‌شوند. پوشش غالب منطقه مورد مطالعه گلخانه، زمین‌های کشاورزی و مناطق بایر است.

تحقیقی با عنوان نقشه‌برداری از گلخانه پلاستیکی با داده‌های ماهواره‌ای رزولوشن متوسط در چین، یک شاخص جدید برای جبران چالش تصاویر با رزولوشن متوسط مانند Landsat8 پیشنهاد شد. ضریب کاپا 0.83 دقت کلی $91\%/2$ به دست آمد، بنابراین این شاخص برای شناسایی گلخانه‌های شفاف در تصویر Landsat تصحیح اتمسفری شده پیشنهاد شد (۳۲).

پژوهش‌های انجام شده برای شناسایی و طبقه‌بندی گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف بوده است. هدف ابتکاری پژوهش حاضر ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 در تعیین طول دوره کشت محصولات گلخانه‌ای است؛ که برای اولین بار در داخل کشور انجام شده است.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی



شکل ۱. الف) نقشه ایران (ب) تصویر Sentinel-2 از شهر یزد (ج) عکس هوایی محلۀ اکرمیه (د) عکس هوایی گلخانه مورد مطالعه (ه) تصویر Sentinel-2 گلخانه مورد مطالعه. مقیاس نشان داده شده مربوط به تصویر (ج) است. ترکیب رنگی تصویر (ب) حاصل ترکیب باندهای ۳-۴-۸ یا VNIR-Red-Green است.

روش پژوهش

داده‌ها

ماهواره Sentinel-2 ماهواره‌ای خورشید آهنگ است؛ توسط آژانس فضایی اروپا^۱ باهدف نظارت بر تغییرات سطح زمین طراحی شده است. پروژه Sentinel-2 دارای دو ماهواره یکسان Sentinel-2A و Sentinel-2B است. این دو ماهواره با زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند و به ترتیب در تاریخ ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ و ۷ مارس ۲۰۱۷ با استفاده از موشک مگا به فضا پرتاب شدند. سنجنده Sentinel-2، MSI^۲ است که میدان دید آن ۲۹۰ Km و ساعت ۱۰:۳۰ صبح به وقت محلی از خط استوا عبور می‌کند. دوره تصویربرداری با یک ماهواره Sentinel-2 ۱۰ روز در استوا و با دو ماهواره ۵ روز است (۲۸). مشخصات باندی و طیفی تصاویر Sentinel-2 در جدول ۱ ارائه شده است. در پژوهش حاضر از یک عکس هوایی شامل باندهای آبی، سبز و قرمز با قدرت تفکیک مکانی ۱m استفاده شد. این عکس هوایی توسط هواپیما با دوربین phase one ixu1000-100Mp ارتفاع پرواز ۹۰۰m در خرداد ۱۴۰۰ اخذ شد. عکس هوایی از شهرداری یزد دریافت شد.

همچنین از ۳۹ تصویر سری زمانی Sentinel-2 از تاریخ ۲۰۲۰/۰۱/۰۷ تا ۲۰۲۰/۱۲/۲۷ نیز استفاده شد. باندهای Blue, Green, Red, SWIR, NIR، مورد استفاده قرار گرفتند. جزئیات تصاویر Sentinel-2 در پیوست ۱ ارائه شده است. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر با خوارزمیک Sen2Res^۳ در نرم‌افزار SNAP به ۱۰m ارتقا داده شد. این خوارزمیک بصورت افزونه در نرم افزار SNAP نصب می‌شود؛ سپس با انتخاب باندها پردازش‌های مربوطه به صورت خودکار انجام و تصاویر ۱۰ متری حاصل می‌شوند.

روش تحقیق

در این بررسی در ابتدا با عکس هوایی سطح زیر کشت گلخانه‌ها شناسایی شد. سپس باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای استخراج و با استفاده از تصاویر سری زمانی Sentinel-2 و محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی طول دوره کشت گلخانه شناسایی گردید.

جدول ۱. مشخصات باندی و طیفی تصاویر Sentinel-2 (۲۸)

S2B		S2A		قدرت تفکیک مکانی (m)	باند	محدوده طیفی
عرض باند (nm)	طول موج (nm)	عرض باند (nm)	طول موج (nm)			
۲۰	۴۴۲/۲	۲۱	۴۴۲/۷	۶۰	۱	VNIR
۶۶	۴۹۲/۱	۶۶	۴۹۲/۴	۱۰	۲	
۳۶	۵۵۹/۰	۳۶	۵۵۹/۸	۱۰	۳	
۳۱	۶۶۴/۹	۳۱	۶۶۴/۶	۱۰	۴	
۱۶	۷۰۳/۸	۱۵	۷۰۴/۱	۲۰	۵	
۱۵	۷۳۹/۱	۱۵	۷۴۰/۵	۲۰	۶	
۲۰	۷۷۹/۷	۲۰	۷۸۲/۸	۲۰	۷	
۱۰۶	۸۳۲/۹	۱۰۶	۸۳۲/۸	۱۰	۸	SWIR
۲۲	۸۶۴/۰	۲۱	۸۶۴/۷	۲۰	۸A	
۲۱	۹۴۳/۲	۲۰	۹۴۵/۱	۶۰	۹	
۳۰	۱۳۷۶/۹	۳۱	۱۳۷۳/۵	۶۰	۱۰	
۹۴	۱۶۱۰/۴	۹۱	۱۶۱۰/۴	۲۰	۱۱	
۱۸۵	۲۱۸۵/۷	۱۷۵	۲۲۰۲/۴	۲۰	۱۲	

³ Super-Resolution¹ European Space Agency (ESA)² Multispectral Instrument

مراحل انجام کار

شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها

به منظور شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه و زمین‌های کشاورزی، خوارزمیک‌های طبقه بندی پیکسل مبنا شامل، خوشه بندی کی- میانگین^۱، خوارزمیک کمترین فاصله^۲، خوارزمیک شبکه عصبی^۳، خوارزمیک حداکثر احتمال^۴، ماشین بردار پشتیبان^۵ و خوارزمیک‌های طبقه بندی شی گرا شامل، خوارزمیک بیز^۶، خوارزمیک کی- نزدیک ترین همسایه^۷، خوارزمیک درخت تصمیم^۸، خوارزمیک درخت تصادفی^۹ و خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان، با هم مقایسه و در نهایت با استفاده از این خوارزمیک‌ها طول دوره کشت گلخانه‌ها شناسایی می‌گردد.

در پژوهش حاضر به منظور انجام طبقه بندی پیکسل مبنا از نرم افزار ENVI و برای طبقه بندی شیء گرا از نرم افزار eCognition استفاده شد. پردازش تصویر به روش شی گرا طبق مراحل زیر انجام شد: (۱) قطعه بندی تصویر^{۱۰} (۲) تعریف اطلاعات برای هر طبقه (۳) تعریف شرایط طبقه بندی برای هر طبقه (۴) تفکیک شیء‌های نمونه آموزشی (۵) طبقه بندی تصویر (۶) ارزیابی صحت طبقه بندی و انتخاب بهترین نتیجه طبقه بندی. لازم به ذکر است که در طبقه بندی شیء گرا تنها از یک عکس هوایی با سه باند، آبی، سبز و قرمز و مقادیر ۰/۷ و ۰/۹ به ترتیب برای shape و Compactness استفاده شد. همچنین از خوارزمیک Multiresolution برای قطعه بندی تصویر بهره گیری شد و برای طبقه بندی پیکسل مبنا، نمونه های تعلیمی با استفاده از دانش کارشناسی از منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند و در مواردی نیز از Google Earth کمک گرفته شد. نمونه های تعلیمی در سطح تصویر جهت افزایش دقت کار بصورت پراکنده انتخاب شدند.

در راستای اعتبار سنجی نقشه های حاصل از روش های طبقه بندی شیء گرا و پیکسل مبنا، موقعیت جغرافیایی ۴۰۰ نقطه کنترل در بازدیدهای زمینی صورت گرفته از

منطقه مورد مطالعه برداشت شد. برای کاهش خطای انسانی این نقاط در GoogleEarth نیز ثبت شدند. سپس ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و همچنین دقت کلی برآورد گردید.

شناسایی باندهای کاربردی در مطالعه گلخانه‌ای

برای شناسایی باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای منحنی رفتار طیفی پوشش های مختلف سطح زمین در باندهای Blue, Green, Red, SWIR, NIR یک تصویر از ماهواره Sentinel-2 در نرم افزار ENVI ترسیم شد. این امضاهای طیفی در تاریخ ۳۱ اردیبهشت با یکدیگر مقایسه شدند یعنی در زمانی که پوشش گیاهی در فضای باز و کشت گلخانه‌ای در اوج رشد خود بودند.

شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها

در آغاز تاریخ ۳۹ تصویر از ماهواره Sentinel-2 در سال ۲۰۲۰ به روز از سال^{۱۱} تبدیل شد و سپس شاخص های پوشش گیاهی با شاخص های پوشش پلاستیکی برای تعیین شاخص بهینه به منظور تشخیص تغییرات گلخانه‌ای، مقایسه شدند. شاخص های پوشش گیاهی NDVI, SAVI, OSAVI, MSAVI, GNDVI, RVI, DVI, RGVI, IPVI و شاخص های پوشش پلاستیکی PGI, RPGI, PI, PMLI محاسبه شدند. لیست این شاخص ها در جدول ۲ آمده است.

در جدول فوق، Blue انعکاس باند آبی؛ Green انعکاس باند سبز؛ L فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است که برای مناطق با پوشش گیاهی تنک ۱، برای پوشش متوسط ۰/۵ و برای پوشش های گیاهی انبوه صفر یا ۰/۲۵ لحاظ می شود (۱۳)؛ NIR انعکاس باند مادون قرمز نزدیک؛ Red انعکاس در باند قرمز؛ SWIR انعکاس مادون قرمز موج کوتاه است (جدول ۲). در پژوهش حاضر فاکتور تعدیل کننده اثر خاک ۰/۵ در نظر گرفته شد.

⁷ KNN (K-nearest neighbors)

⁸ DT (Decision Tree)

⁹ RT (Random Tree)

¹⁰ Segmentation

¹¹ Julian day

¹ K-means clustering

² MD (Minimum Distance)

³ NN (Neural Network)

⁴ ML (Maximum Likelihood)

⁵ SVM (Support Vector Machine)

⁶ Bayes

جدول ۲. شاخص‌های محاسبه‌شده جهت شناسایی دوره کشت گلخانه

شاخص‌ها	ویژگی‌های آزموده شده	توضیحات	رفرنس
شاخص‌های پوشش گیاهی	NDVI (Normalized Difference VI)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(۱۷)
	SAVI (Soil-adjusted vegetation index)	$\frac{1.5 \times (NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}$	(۱۳)
	OSAVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.16)}$	(۲۳)
	MSAVI (Modified Soil-adjusted Vegetation Index)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.5} + L$	(۲۱)
	GNDVI (green NDVI)	$\frac{NIR - Green}{NIR + Green}$	(۱۱)
	RVI (Ratio vegetation index)	$\frac{NIR}{Red}$	(۱۴)
	DVI (Difference Vegetation Index)	$NIR - Red$	(۲۲)
	RGVI (Rice Growth Vegetation Index)	$\frac{Blue + Red}{NIR + SWIR1 + SWIR2} - 1$	(۱۲)
	IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)	$\frac{NIR}{NIR + Red} (NDVI + 1)$	(۷)
	شاخص‌های پلاستیکی	PGI (Plastic Greenhouse Index)	$100 \times \left(\frac{Blue \times (NIR - Red)}{Blue + Green + NIR} \right)$
RPGI (Retrogressive Plastic Greenhouse Index)		$\frac{(100 \times Blue)}{1 - (Blue + Green + NIR)}$	(۳۲)
PMLI (Plastic-Mulched Landcover Index)		$\frac{SWIR1 - Red}{SWIR1 + Red}$	(۲۰)
PI (Plastic Index)		$\frac{NIR}{NIR + Red}$	(۳۰)

نتایج و بحث

شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها

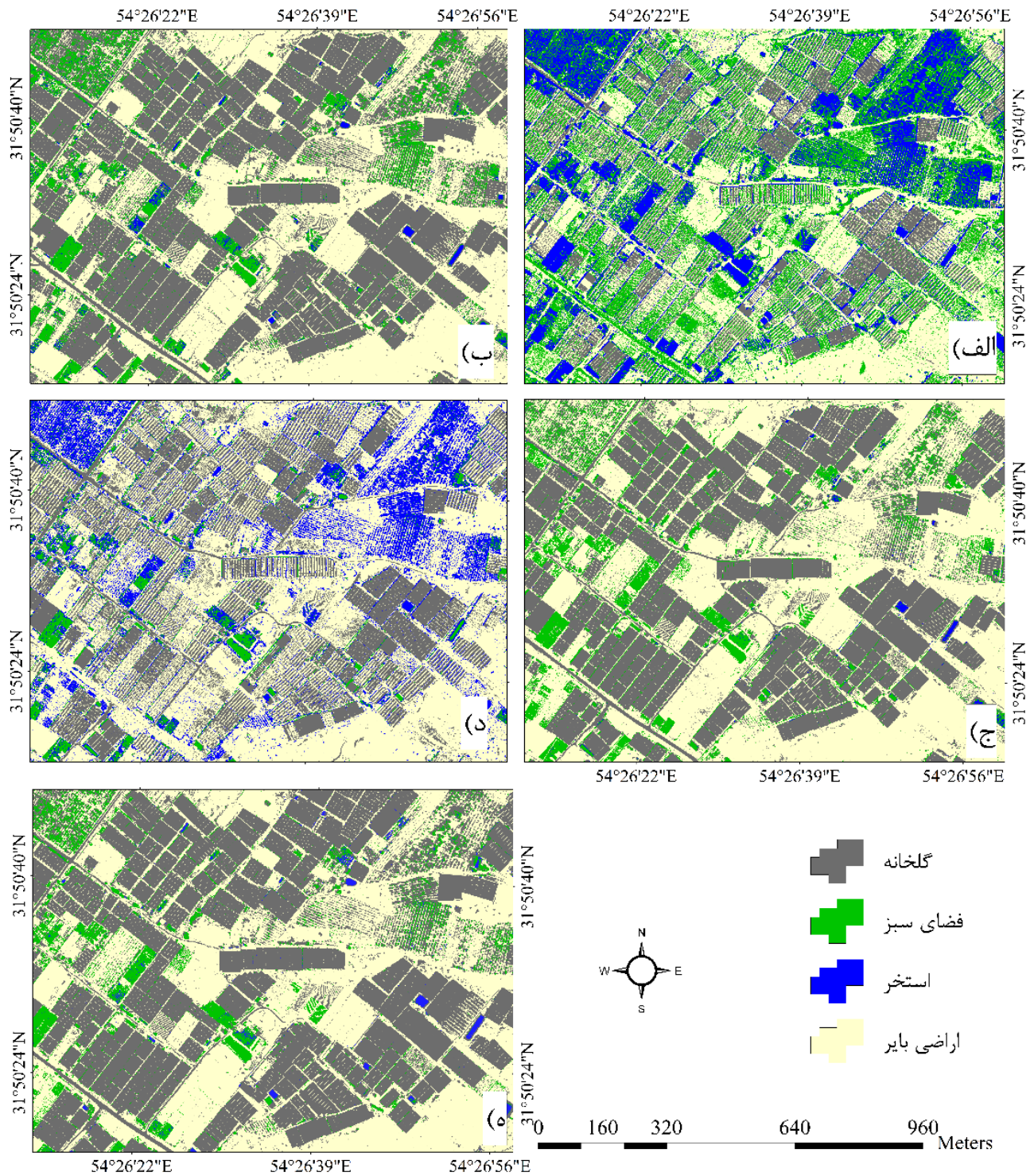
نقشه‌های حاصل از خوارزمیک‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا در (شکل ۲) و خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا در (شکل ۳) ارائه شده است. تفسیر بصری نقشه‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا در شکل ۲ نشان می‌دهد، خوارزمیک‌های کی میانگین (قسمت الف) و کمترین فاصله (قسمت د) دقت کمی دارند، در سایر خوارزمیک‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا گلخانه‌ها و زمین‌های بایر به خوبی طبقه‌بندی شده‌اند. ولی استخرها و پوشش‌های گیاهی از یکدیگر تفکیک نشده‌اند (قسمت ب، ه و ج). در مقابل، تفسیر بصری خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا در شکل ۳ نشان می‌دهد، در تمامی خوارزمیک‌ها طبقات از یکدیگر

تفکیک شده‌اند و تنها در پیکسل‌های محدودی تفکیک به خوبی انجام نگرفته است.

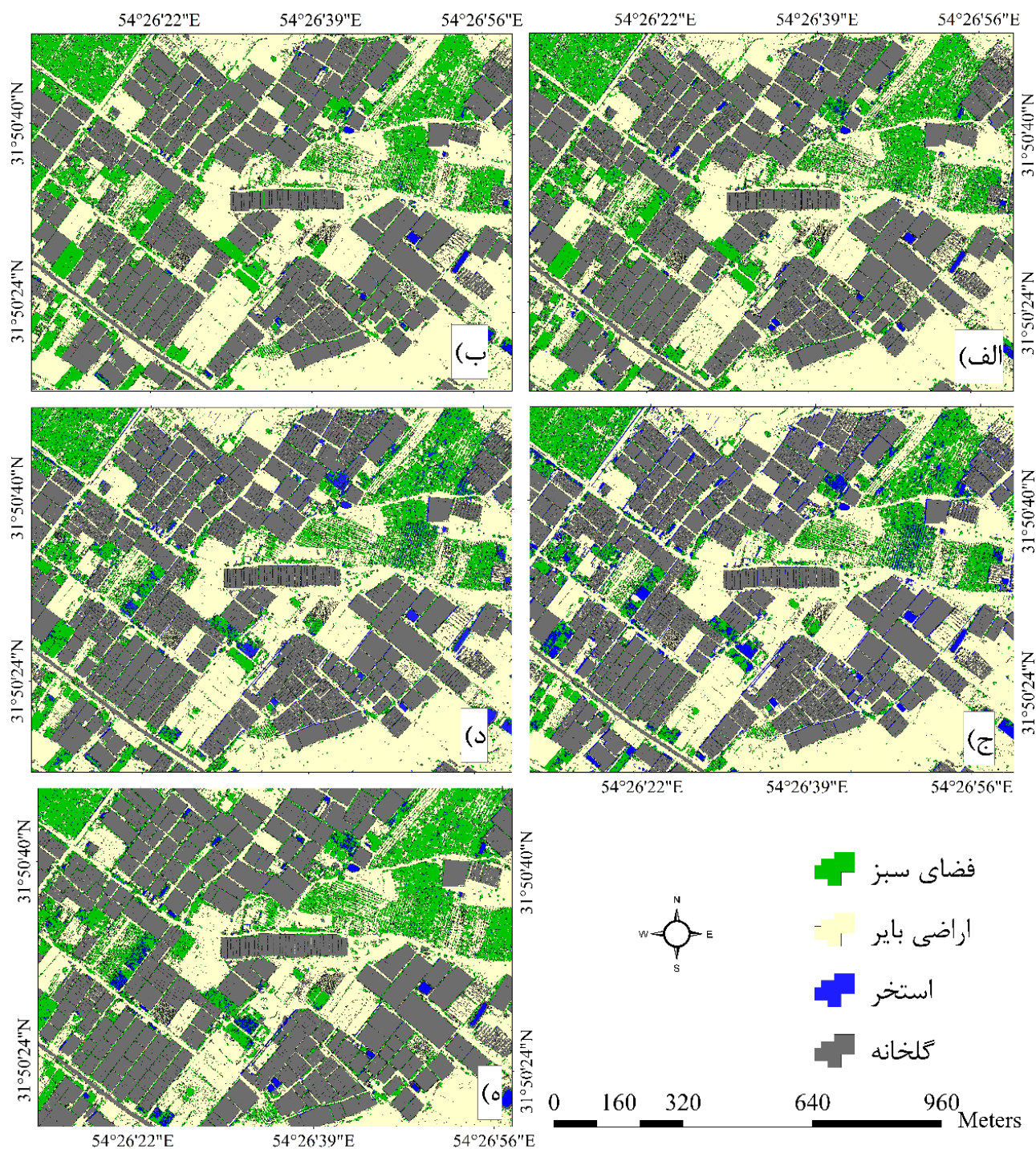
نتایج حاصل از اعتبارسنجی طبقه‌بندی پیکسل مبنا در جدول ۳ و طبقه‌بندی شیء‌گرا در جدول ۴ آمده است. به‌طور کلی در روش پیکسل مبنا، بیشترین دقت برای SVM با صحت کلی ۸۳٪ و ضریب کاپا ۰/۷۸ و ML با صحت کلی ۸۳٪ و ضریب کاپا ۰/۷۷ به دست آمد. در طبقه‌بندی شیء‌گرا دو خوارزمیک Bayes با صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۷ و خوارزمیک KNN با صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۲ بیشترین دقت را در فرایند ارزیابی به دست آوردند (جدول ۳ و ۴). پژوهش‌های مشابه صورت گرفته پیش‌ازاین نیز حاکی از دقت بالای طبقه‌بندی شیء‌گرا در مقایسه با طبقه‌بندی شیء‌گرا است. در پژوهشی برای نقشه‌برداری گلخانه‌ها از تصاویر Landsat-8 استفاده

برای تشخیص گلخانه‌های شیشه‌ای و پلاستیکی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای WorldView-2 نشان داد که طبقه‌بندی کننده‌های SVM، ۹۳٪ و RF، ۹۱٪ دقت کلی بیشتری نسبت به ML ۸۰٪ داشتند (۱۶).

شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شی گرا در مقایسه با طبقه‌بندی پیکسل مبنا دقت قابل قبول تری دارد. چند گلخانه‌ها از پوشش گیاهی پراکنده به صورت کامل تفکیک نشدند (۵). نتایج مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی



شکل ۲. نتایج طبقه‌بندی پیکسل مبنا: الف) خوشه‌بندی کی-میانی (ب) خوارزمیک حداکثر احتمال (پ) خوارزمیک حداکثر احتمال (ج) خوارزمیک شبکه عصبی (د) خوارزمیک کمترین فاصله (ه) خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان



شکل ۳. نتایج طبقه‌بندی شی‌اگرا: الف) کی-نزدیک‌ترین همسایه ب) خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان ج) خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری د) خوارزمیک درخت تصادفی ه) خوارزمیک بیز

دیگر در آذربایجان غربی خوارزمیک طبقه‌بندی پیکسل مبنا حداکثر احتمال و خوارزمیک شی‌اگرا نزدیک‌ترین همسایه با یکدیگر مقایسه شدند که روش شی‌اگرا دقت بالاتری را نشان داد (۹). در پژوهش دیگری از جمله (۱۰، ۲۴) نیز دقت طبقه‌بندی شی‌اگرا تایید شد.

در مطالعه‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی با مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا و شی‌اگرا به این نتیجه دست یافتند که روش شی‌اگرا با ضریب کاپا ۰/۹۴ و صحت کلی ۰/۹۱ دقت بیشتری نسبت به روش پیکسل مبنا با ضریب کاپا ۰/۸۷ و صحت کلی ۰/۸۶ دارد (۲). در پژوهشی

جدول ۳. ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت کلی برای کاربری‌های مختلف حاصل از طبقه‌بندی پیکسل مبنا

خوارزمیک طبقه‌بندی	روش طبقه‌بندی	پارامتر آماری	استخر	فضای سبز	زمین‌های بایر	گلخانه	دقت کلی (%)	ضریب کاپا	
طبقه‌بندی پیکسل مبنا	K-Meansh	دقت کاربر	۵۰	۰	۶۳/۱۲	۹۵/۸۳	۵۲/۴۴	۰/۳۶	
		دقت تولیدکننده	۱۰۰	۰	۸۸	۲۱/۹۰			
	Maximum Likelihood	دقت کاربر	۷۴/۲۴	۶۴/۰۶	۸۲	۱۰۰	۹۴/۵۹	۸۳	۰/۷۷
		دقت تولیدکننده	۴۹	۴۹	۴۱	۸۳/۰۸	۱۰۰		
	Minimum Distance	دقت کاربر	۴۱	۴۱	۴۱	۶۳/۸۳	۸۳/۰۸	۵۵/۶۶	۰/۴۰
		دقت تولیدکننده	۴۱	۴۱	۴۱	۸۹/۱۱	۵۱/۴۳		
Neural Network	دقت کاربر	۸۸/۸۹	۵۱/۳۲	۷۸	۱۰۰	۸۲/۰۳	۷۵/۳۶	۰/۶۷	
	دقت تولیدکننده	۲۴	۲۴	۷۸	۹۸/۰۲	۱۰۰			
SVM	دقت کاربر	۸۵/۰۷	۶۵	۶۵	۸۸/۸۹	۹۹/۰۲	۸۳/۷۴	۰/۷۸	
	دقت تولیدکننده	۵۷	۵۷	۷۸	۱۰۰	۹۹/۰۵			

جدول ۴. ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت کلی برای کاربری‌های مختلف حاصل از طبقه‌بندی شیء‌گرا

خوارزمیک طبقه‌بندی	روش طبقه‌بندی	پارامتر آماری	استخر	فضای سبز	زمین‌های بایر	گلخانه	صحت کلی (%)	ضریب کاپا	
طبقه‌بندی شیء‌گرا	Bayes	دقت کاربر	۷۷/۰۶	۸۲/۰۲	۹۳/۴۵	۹۸/۹۸	۸۷	۰/۸۳	
		دقت تولیدکننده	۸۴	۷۳	۹۹	۹۵/۱۴			
	K-nearest neighbors	دقت کاربر	۸۷/۵	۷۷/۵۴	۷۳	۹۳/۵۱	۹۹	۸۷	۰/۸۲
		دقت تولیدکننده	۶۳	۶۳	۸۸	۱	۹۷/۰۸		
	Random Trees	دقت کاربر	۶۸/۹۶	۶۵/۷۴	۷۱	۹۰/۱۷	۹۸/۹۶	۸۱	۰/۷۴
		دقت تولیدکننده	۶۰	۶۰	۷۱	۱	۹۳/۲۰		
Decision Tree	دقت کاربر	۷۱/۰۵	۸۰/۲۴	۶۵	۹۰/۹۹	۹۸/۹۷	۸۵	۰/۸۰	
	دقت تولیدکننده	۸۱	۸۱	۶۵	۱	۹۴/۱۷			
Support Vector Machines	دقت کاربر	۹۰/۳۸	۶۴/۵۸	۹۳	۹۳/۵۱	۹۹	۸۴	۰/۷۸	
	دقت تولیدکننده	۴۷	۴۷	۹۳	۱	۹۶/۱۱			

شناسایی باندهای کاربردی در مطالعه گلخانه‌ها

رفتار طیفی پوشش‌های مختلف سطح زمین در شکل ۴ باهم مقایسه شدند. در این شکل، قسمت الف) خاک در مقایسه با سایر پدیده‌ها از یک رفتار طیفی بدون نوسان و یا کم نوسان برخوردار است. رفتار طیفی خاک رابطه مستقیم با طول موج دارد. به عبارت دیگر با حرکت از محدوده مرئی به سمت مادون قرمز طول موج کوتاه، بازتاب افزایش پیدا می‌کند. تا اینکه در محدوده مادون قرمز نزدیک یک کانون جذب بر اثر رطوبت ایجاد می‌شود و پس از آن روند افزایشی با افزایش طول موج هم چنان ادامه پیدا

می‌کند. عوامل اثرگذار بر رفتار طیفی خاک عبارت‌اند از: ۱- کانی‌های تشکیل دهنده خاک ۲- رطوبت خاک ۳- بافت خاک ۴- مواد آلی موجود در خاک ۵- رنگ خاک ۶- زهکشی خاک. قسمت ب) نسبت بازتاب آب در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار اندک است. آب در باند آبی بیشترین بازتاب را دارد و با حرکت از باند آبی به سمت بخش مادون قرمز طول موج کوتاه نسبت بازتاب به شدت کاهش پیدا می‌کند تا آنکه میزان بازتاب در محدوده مادون قرمز میانی به صفر برسد. به طور کلی آب بیشتر از آنکه پدیده‌های مختلف را بازتاب کند، جذب می‌نماید.

پلاستیکی مانند بازتاب از پوشش گیاهی است. تنها بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در تمام باندها و به مقدار مساوی افزایش می‌یابد؛ بنابراین باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به عنوان دو باند کلیدی برای بررسی‌های گلخانه‌ای نیز کاربرد دارد.

شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها

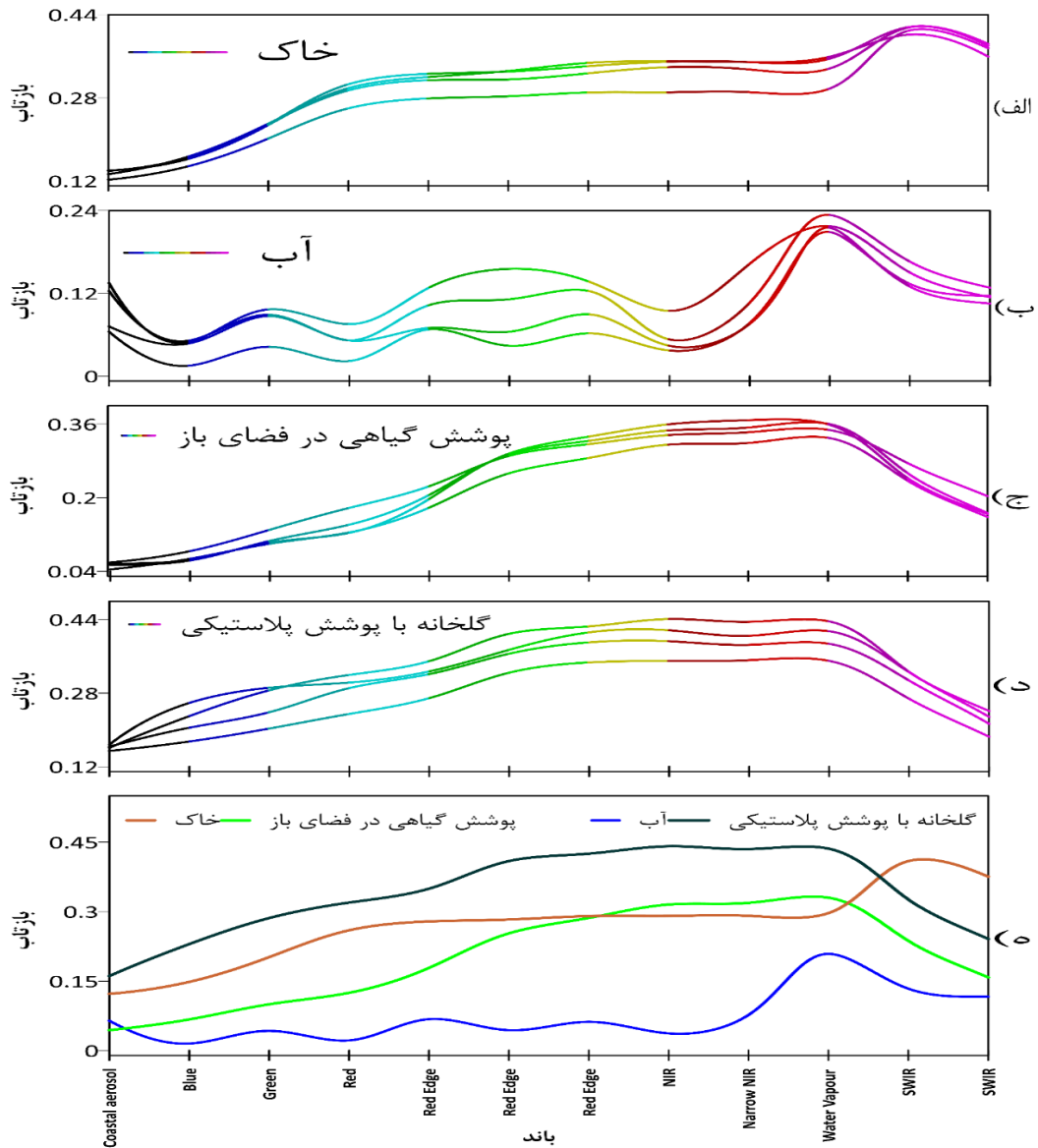
تغییرات بازتاب باندهای مختلف در سری‌های زمانی تصاویر Sentinel-2 در (شکل ۵) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بازتاب گلخانه‌ای در باند NIR، Red Edge و SWIR در زمان رشد محصول افزایش یافته است. بیشترین افزایش بازتاب مربوط به باندهای Narrow NIR و NIR به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۰ در فصل رشد گیاه است (شکل ۵). پژوهشی که در چین انجام شد نیز نشان داد، بازتاب گلخانه‌ها در طول رشد و نمو گیاه تغییر می‌کند و تفاوت ویژگی باندهای narrow یعنی باندهای باریک قرمز و مادون قرمز نزدیک در تصاویر Sentinel-2، نقش مهمی در نقشه‌برداری گلخانه‌ای با دقت بالا ایفا می‌کند (۲۷). در پژوهش دیگری کیفیت، رشد و تولید محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در محدوده مادون قرمز نزدیک بررسی شد. نتایج نشان داد شاخص سطح برگ برای محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در دوره تابستان افزایش می‌یابد (۱۵).

تغییرات سری زمانی شاخص‌های پوشش گیاهی گلخانه در شکل ۶ ارائه شده است. شاخص RVI بیشترین بازتاب را دارد و شاخص MSAVI دارای کمترین بازتاب است. به طور کلی تمامی شاخص‌های پوشش گیاهی روند رشد گیاهی یکسانی را در طول یک سال نشان می‌دهند. برای تفسیر بهتر دیگر نمودارها در شکل ۷ به صورت مجزا نشان داده شده‌اند.

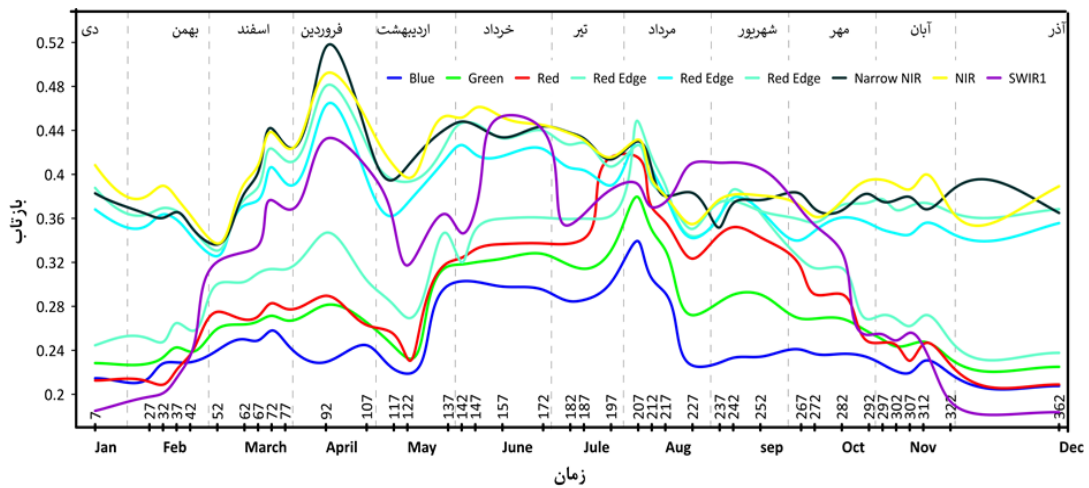
مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی DVI-MSAVI- SAVI-NDVI-OSAVI-GNDVI در شکل ۷ نشان‌دهنده این است که تمامی شاخص‌های ذکر شده تقریباً روند یکسانی برای گلخانه مورد مطالعه در یک سال نشان می‌دهد. شاخص NDVI دارای بیشترین بازتاب و شاخص DVI بازتاب کمتری دارد. روند تغییرات شاخص‌های پوشش پلاستیکی PGI، RPI و PMLI در شکل ۸ ارائه شده است.

قسمت ج) به طور کلی رفتار طیفی گیاه نسبت به دیگر پدیده‌ها از نوسان بیشتری برخوردار است. نسبت بازتاب محدوده مرئی گیاه در مقایسه با محدوده مادون قرمز، بسیار کمتر است. بیشترین بازتاب در بخش مرئی را باند سبز با توجه به مقدار کلروفیل و کاروتنوئید موجود در گیاه دارد، یعنی هرچقدر گیاه سالم‌تر، میزان کلروفیل در آن بیشتر و در نتیجه میزان بازتاب باند سبز بیشتر می‌شود. کلروفیل در گیاه موجب جذب امواج قرمز و آبی توسط گیاه بازتاب سبز می‌شود. با کم شدن کلروفیل در گیاه مقدار کاروتنوئید در گیاه زیاد می‌شود و موجب افزایش بازتاب در بخش قرمز طیف و کاهش بازتاب در بخش سبز طیف الکترومغناطیسی می‌گردد. بر همین اساس در فصل پاییز و زمستان پوشش گیاهی به رنگ نارنجی و قرمز دیده می‌شود. باند مادون قرمز بشدت امواج رسیده را بازتاب می‌کند. بازتاب در بخش مادون قرمز نزدیک یا فلات قرمز رابطه مستقیم با کلروفیل گیاه دارد. در شرایطی که میزان کلروفیل کافی وجود داشته باشد، باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب برخوردار است. وجود رطوبت در گیاه باعث شده تا در محدوده مادون قرمز طول موج کوتاه کانون‌های جذبی قابل توجهی ایجاد شود. چراکه امواج مادون قرمز خصوصاً مادون قرمز طول موج کوتاه از حساسیت بسیار بالایی نسبت به رطوبت و آب برخوردار هستند و موجب کاهش بازتاب می‌شوند. قسمت د) منحنی‌های بازتاب طیفی گلخانه‌های با پوشش پلاستیک، موازی با بازتاب پوشش گیاهی است اگرچه بازتاب در گلخانه‌های پلاستیکی بیشتر است چراکه پوشش پلاستیکی روی سقف گلخانه‌ها بازتاب سطح را بر روی چهار باند چند طیفی به طور مساوی افزایش داده است. قسمت ه) گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی یعنی منحنی سیاه بازتاب بالاتری نسبت به پوشش گیاهی در زمین‌های زراعی باز منحنی سبز، نشان می‌دهد. به این صورت که، بازتاب گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی بر روی تمام باندها به طور مساوی افزایش پیدا کرده است.

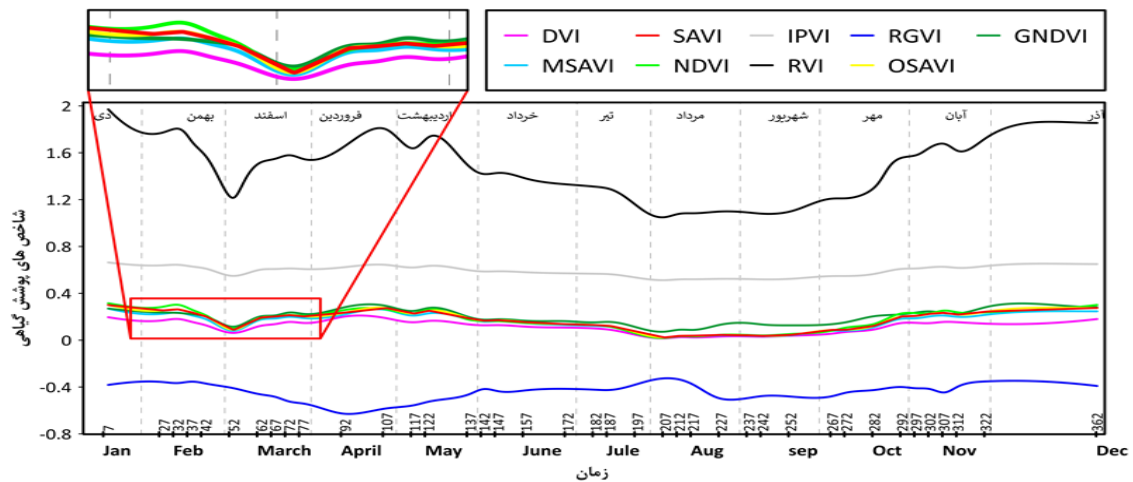
بر این اساس، باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک دو باند کلیدی در مطالعه پوشش گیاهی می‌باشند. باند قرمز از بیشترین جذب و باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب در رفتار طیفی گیاه برخوردار است. از آنجاکه بخش (د) در شکل ۴ نشان داد، بازتاب در گلخانه‌های با پوشش



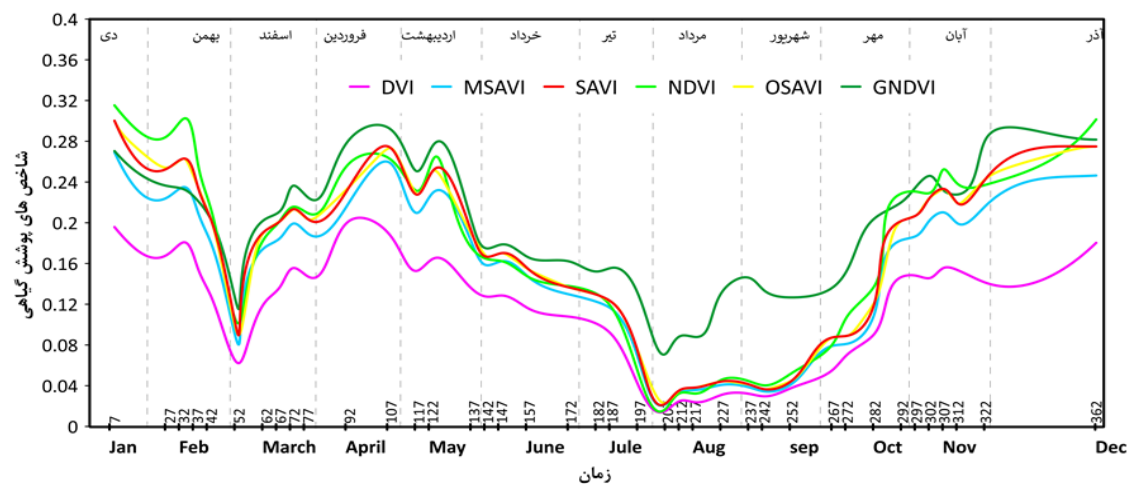
شکل ۴. الف: بازتاب خاک؛ ب: بازتاب آب؛ ج: بازتاب پوشش گیاهی در فضای باز؛ د: بازتاب گلخانه با پوشش پلاستیکی؛ ه: مقایسه رفتار طیفی پوشش‌های مختلف سطح زمین



شکل ۵. تغییرات بازتاب باندهای مختلف در سری زمانی



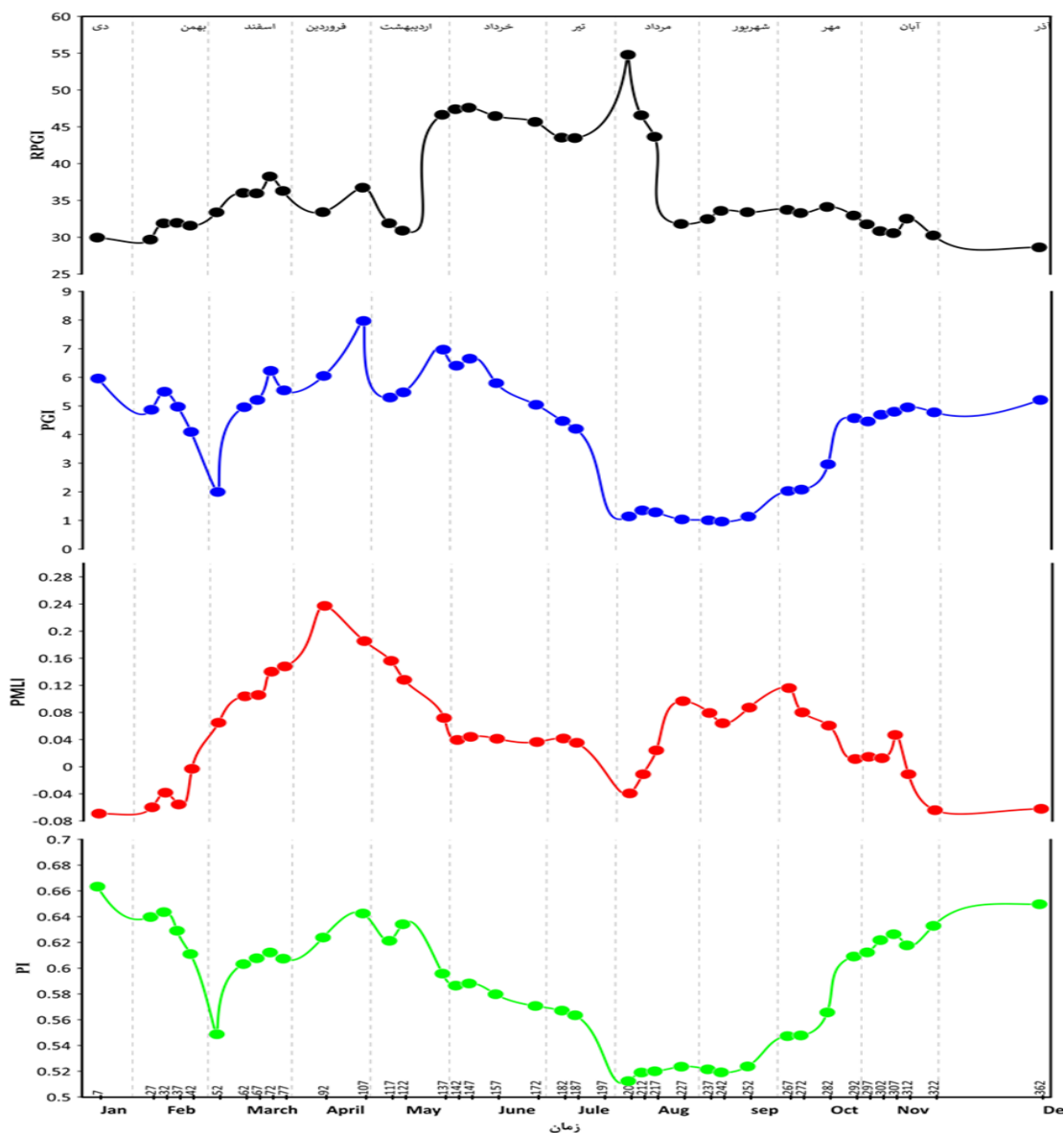
شکل ۶. تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی گلخانه در سری زمانی



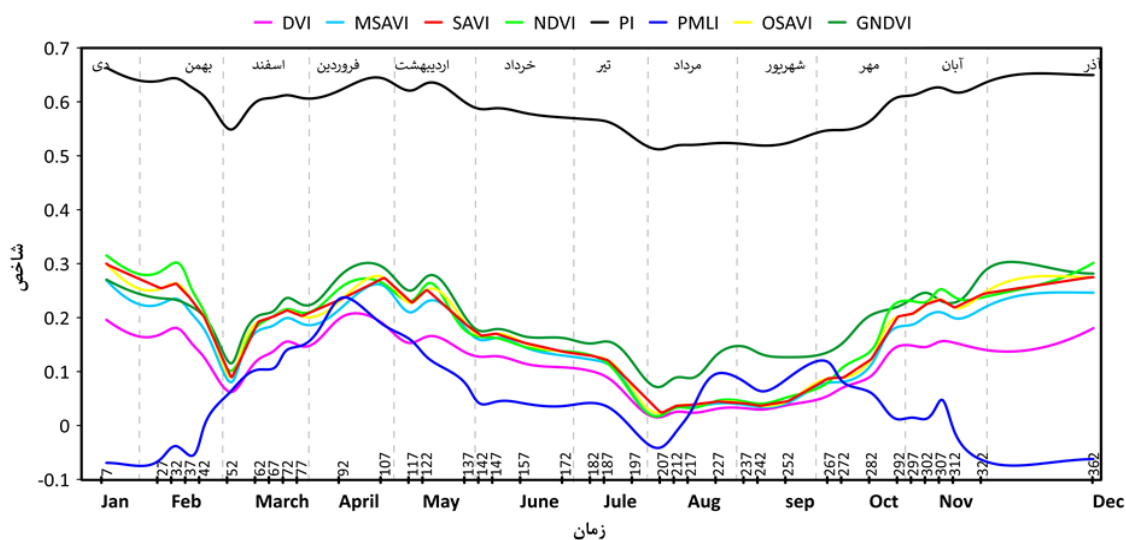
شکل ۷. شاخص‌های پوشش گیاهی DVI-MSAVI-SAVI-NDVI-OSAVI-GNDVI

تعیین طول دوره کشت در شکل ۹ مقایسه‌ای بین شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی صورت گرفته است. شاخص‌های PI، NDVI، SAVI، MSAVI، DVI، OSAVI، GNDVI روند تغییرات مشابه‌ای را نشان می‌دهند. شاخص PMLI در فصل گرم سال بازتاب بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌های ذکر شده نشان می‌دهد. با توجه به اینکه بازتاب بیشتر نشان‌دهنده این است که گلخانه در تاریخ مذکور دارای پوشش گیاهی است؛ مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی و پوشش گلخانه‌ای نشان‌دهنده این موضوع است که دو دوره محصول کشت می‌شود. کشت اول از اوایل اسفند شروع شده و در فروردین اوج پوشش را داشته و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه داشته است. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر اوج پوشش را داشته تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است.

نتایج نشان می‌دهد، شاخص‌های PGI و PI روند تغییرات یکسانی دارند. با این تفاوت که دامنه مقادیر PI بین ۰/۵ تا ۰/۷ و دامنه مقادیر PGI بین صفر تا ۹ است. تغییرات بازتاب این دو شاخص مانند شاخص‌های پوشش گیاهی است (شکل ۷). شاخص RPGI از اواسط اردیبهشت تا اواخر مرداد بازتاب بیشتری را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر این شاخص بازتاب زیادی را برای فصل گرم سال نشان می‌دهد. شاخص PMLI روند شبیه به بازتاب پوشش گیاهی دارد با این تفاوت که در فصل گرم سال که شاخص‌های پوشش گیاهی بازتاب کمی نشان داده‌اند این شاخص بازتاب زیادی ثبت کرده است؛ این شاخص از باند SWIR استفاده می‌کند که به شدت جاذب رطوبت است اما در تابستان سقف گلخانه گچ‌پاشی می‌شود که باعث خشک شدن سطح و افزایش بازتاب می‌شود. از این رو این شاخص‌های پوشش پلاستیکی در شکل ۹ با شاخص‌های پوشش گیاهی مقایسه می‌شوند. جهت انتخاب شاخص بهینه



شکل ۸. تغییرات شاخص‌های پوشش پلاستیکی گلخانه در سری زمانی



شکل ۹. مقایسه تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی با شاخص‌های پوشش پلاستیکی در یک گلخانه

دوره کشت محصول را نشان می‌دهند، که تاریخ‌های معمول کشت^۱ (T) برداشت^۲ (R)، خالی ماندن گلخانه^۳ (E) و اوج پوشش گلخانه^۴ (G) است. باتوجه به بازدید میدانی صورت گرفته از منطقه (شکل ۱۰)، برای پاسخگویی به ابهام‌ها ذکر چند نکته ضروری است:

اول: کاهش بازتاب در تابستان به دلیل گچ پاشی گلخانه برای کنترل گرمای داخل گلخانه‌ها در تیر و مرداد است و برای کنترل دما در فصل سرد سقف گلخانه شستشو داده می‌شود.

دوم: بعد از کشت زمستانه به‌طور معمول گلخانه‌ها خالی نمی‌شوند یا بعد از ۱۰ روز استراحت، مجدد کشت بعدی شروع می‌شود.

سوم: با توجه به تنوع محصول، چرخه محصول بسیار متغیر است.

برای ارزیابی نتایج و پاسخ به برخی از ابهامات مانند کاهش بازتاب گلخانه در فصل گرم سال از منطقه مطالعاتی در ۱۸ مهر بازدید به عمل آمد (جدول ۵ و شکل ۱۰). طول دوره کشت به‌دست آمده از طریق پرس‌وجو از گلخانه‌داران در منطقه مطالعاتی، نشان داد در این منطقه دو دوره محصول کشت می‌شود؛ الف) کشت اول یا کشت تابستانه: در اوایل بهمن تا اوایل اسفند کشت صورت می‌گیرد بعد از اینکه گیاه به اوج رشد رسید، حدوداً از ۵۰ روز تا دو ماه محصول دارد یعنی حدوداً از فروردین تا اواخر خرداد محصول برداشت می‌شود. ب) کشت دوم یا کشت زمستانه: در اواخر مرداد تا اواخر شهریور صورت می‌گیرد، بعد از اینکه گیاه به اوج پوشش خود رسید، از آبان تا اوایل بهمن محصول برداشت می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از تعیین طول دوره کشت با استفاده از تصاویر Sentinel-2 (شکل ۹) و نتایج به‌دست‌آمده از طریق بازدید میدانی (جدول ۵) دو

جدول ۵. خلاصه‌ای از چرخه رشد خیار سبز به‌دست‌آمده از بازدید زمینی در منطقه مورد مطالعه

ماه	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
مرحله رشد (خیار)	R	R	G	T/G	E/T	R/E	R	R	G/R	T/G	T/E	R



(ج)



(ب)



(الف)



(و)



(ه)



(د)

شکل ۱۰. تصاویر نقاط بازدید شده. الف) گلخانه با سقف گچ پاشی شده ب) پوشش گیاهی گلخانه ج) گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی بوسیده د) گلخانه با سقف گچ پاشی شده ه) استخر گلخانه و) در حال شستشوی گلخانه گچ پاشی شده. تصاویر مربوط به ۱۸ مهر می‌باشند.

³ Empty

⁴ Peak coverage

¹ Transplantation

² Removal

■ نتیجه‌گیری

کشت گلخانه‌ای عملی است که برای بهبود کیفیت و افزایش تولید مواد غذایی استفاده می‌شود. با این وجود توسعه آن‌ها تأثیرات منفی زیادی بر محیط دارد. توانایی به دست آوردن اطلاعات دقیق و به‌موقع از توزیع گلخانه‌ها و زمان کشت و برداشت محصولات در زیر پوشش‌های پلاستیکی می‌تواند سهم مهمی در مدیریت کشاورزی، مدیریت آب و حفاظت از خاک داشته باشد.

این تحقیق اولین مطالعه برای شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهواره Sentinel-2 است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از یک عکس هوایی مرز و مساحت گلخانه‌ها استخراج شد، سپس در ۳۱ اردیبهشت ماه که گلخانه‌ها دارای پوشش گیاهی هستند بازتاب باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge، SWIR و بررسی شد و باندهای کاربردی در مطالعات گلخانه‌ای استخراج شد. در پایان شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های پوشش پلاستیکی روی ۳۹ تصویر Sentinel-2 برای شناسایی طول دوره کشت گلخانه‌ها اعمال شد. یافته‌ها نشان داد از میان خوارزمیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا دو خوارزمیک طبقه‌بندی Bayes و KNN جهت شناسایی و تعیین سطح زیر کشت گلخانه‌ها دقت بهتری داشتند. بازتاب گیاه در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه در باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge و

SWIR نسبت به بازتاب از پوشش گیاهی در فضای باز به مقدار مساوی افزایش می‌یابد. مقایسه شاخص‌های پوشش گیاهی و پوشش گلخانه‌ای نشان داد شاخص‌هایی که براساس باند SWIR و باند Red طراحی شده‌اند در فصل گرم سال بازتاب بیشتری نشان دادند. شاخص‌هایی که بر مبنای باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge طراحی شده‌اند از مهر تا اواخر بهمن بازتاب بیشتری داشتند.

براساس نتایج به‌دست آمده از بازدید زمینی در فصل گرم سال گلخانه‌ها گچ‌پاشی می‌شوند. این امر باعث افزایش بازتاب در شاخص‌هایی که بر مبنای باند SWIR و Red طراحی شده‌اند و کاهش بازتاب در شاخص‌هایی که براساس باندهای NIR، Narrow NIR، Red Edge طراحی شده‌اند، در فصل گرم سال شد.

از این رو با ترکیب اطلاعات تمام شاخص‌ها دو دوره کشت مشاهده شد: کشت اول از اوایل اسفند شروع شده، در فروردین به اوج پوشش رسیده و برداشت محصول تا اواسط مرداد ادامه داشته است. کشت دوم از اواخر مرداد شروع شده و در آذر به اوج پوشش رسیده تا اینکه برداشت محصول در اواسط بهمن تمام شده است.

■ سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت دانشگاه یزد در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

■ References

1. Aguilar, M. A., Vallario, A., Aguilar, F. J., Garcia Lorca, A., & Parente, C. (2015). Object-based greenhouse horticultural crop identification from multi-temporal satellite imagery: A case study in Almeria, Spain. *Remote Sensing*, 7(6), 7378-7401. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70607378>
2. Arkhi, D., & Kalavi, S. (2019). Comparison of pixel-based and object-oriented classification methods for land use mapping Using satellite image (Case Study: Ilam City). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 9(32), 1-16. DOI:10.22111/GAIJ.2019.4797 [In Persian]
3. Briassoulis, D., Dougka, G., Dimakogianni, D., & Vayas, I. (2016). Analysis of the collapse of a greenhouse with vaulted roof. *Biosystems Engineering*, 151(11), 495-509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.018>

4. Carvajal, F., Crisanto, E., Aguilar, F. J., Agüera, F., & Aguilar, M. A. (2006). Greenhouses detection using an artificial neural network with a very high-resolution satellite image. In *ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna*, 37-42.
5. Chaofan, W., Jinsong, D., Ke, W., Ligang, M., & Tahmassebi, A. R. S. (2016). Object-based classification approach for greenhouse mapping using Landsat-8 imagery. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(1), 79-88. DOI: 10.3965/j.ijabe.20160901.1414
6. Colby, J. D., & Keating, P. L. (1998). Land cover classification using Landsat TM imagery in the tropical highlands: the influence of anisotropic reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1479-1500. DOI:10.1080/014311698215306
7. Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of Environment*, 34(1), 71-73. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z)
8. Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006). PLastic films for agricultural applications. *Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85-102. DOI: <https://doi.org/10.1177/8756087906064220>
9. Feizizadeh, B., & Helali, H. (2010). Comparison pixel-based, object-oriented methods and effective parameters in Classification Land cover/land use of west province Azerbaijan. *Physical Geography Research Quarterly*, 42(71), 73-84. [In Persian]
10. Ghafari, S., Moradi, H. R., & Modarres, R. (2018). Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains). *RS and GIS for Natural Resources*, 9(1), 40-57. [In Persian]
11. Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80(1), 76-87. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9)
12. Houborg, R., Anderson, M., & Daughtry, C. (2009). Utility of an image-based canopy reflectance modeling tool for remote estimation of LAI and leaf chlorophyll content at the field scale. *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 259-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.014>
13. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
14. Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50(4), 663-666. DOI: <https://doi.org/10.2307/1936256>
15. Kittas, C., Katsoulas, N., Katsoupa, M., & Papaioannou, C. H. (2012). Test of a greenhouse covered by polyethylene film that reflects near-infrared radiation. In *VII International Symposium on Light in Horticultural Systems*, (956), 507-513. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.60>
16. Koc-San, D. (2013). Evaluation of different classification techniques for the detection of glass and plastic greenhouses from WorldView-2 satellite imagery. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7(1), 073553-073553. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.073553>

17. Kogan, F. (1993). *United States droughts of late 1980's as seen by NOAA polar orbiting satellites*. Proceedings of IGARSS'93-IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Tokyo, Japan. DOI: <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1993.322522>
18. Levin, N., Lugassi, R., Ramon, U., Braun, O., & Ben-Dor, E. (2007). Remote sensing as a tool for monitoring plasticulture in agricultural landscapes. *International journal of remote sensing*, 28(1), 183-202. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160600658156>
19. Li, C., Chen, J., Wang, J., Han, P., Luan, Y., Ma, X., & Lu, A. (2016). Phthalate esters in soil, plastic film, and vegetable from greenhouse vegetable production bases in Beijing, China: concentrations, sources, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 568, 1037-1043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.077>
20. Lu, L., Di, L., & Ye, Y. (2014). A decision-tree classifier for extracting transparent plastic-mulched landcover from Landsat-5 TM images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(11), 4548-4558. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2327226
21. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment*, 48(2), 119-126. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90134-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1)
22. Richardson, A. J., & Wiegand, C. L. (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 43(12), 1541-1552.
23. Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107. DOI: 10.1016/0034-4257(95)00186-7
24. Roostaei, S., Mokhtari, D., Kamran, V., & Khodaei Geshlag, L. (2019). Comparison of Pixel-based Algorithm (maximum likelihood) and Object-based Method (Support Vector Machine) in Classification of Land Use (Ahar-Varzeghan Area). *Quantitative Geomorphological Research*, 8(1), 118-129. [In Persian]
25. Shi, L., Huang, X., Zhong, T., & Taubenböck, H. (2020). Mapping plastic greenhouses using spectral metrics derived from GaoFen-2 satellite data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 49-59. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2950466
26. Shirani, F., Mazidi, A., & Khodaghali, M. (2009). Regionalization of Climate in Yazd Province Using Multivariate Statistical Methods. *Journal of Geography and Regional Development*, 7(13), 140-157. DOI: <https://doi.org/10.22067/geography.v7i13.8980> [In Persian]
27. Sun, H., Wang, L., Lin, R., Zhang, Z., & Zhang, B. (2021). Mapping plastic greenhouses with two-temporal sentinel-2 images and 1d-cnn deep learning. *Remote Sensing*, 13(14), 2820. DOI: 10.3390/rs13142820
28. The European Space Agency. (2022). Sentinel-2 mission guide. Retrieved June 7, 2022, from <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>
29. Tarantino, E., & Figorito, B. (2012). Mapping rural areas with widespread plastic covered vineyards using true color aerial data. *Remote Sensing*, 4(7), 1913-1928. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4071913>

30. Themistocleous, K., Papoutsas, C., Michaelides, S., & Hadjimitsis, D. (2020). Investigating detection of floating plastic litter from space using sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, *12*(16), 2648. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12162648>
31. Wang, J., Chen, G., Christie, P., Zhang, M., Luo, Y., & Teng, Y. (2015). Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses. *Science of the Total Environment*, *523*, 129-137. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.02.101
32. Yang, D., Chen, J., Zhou, Y., Chen, X., Chen, X., & Cao, X. (2017). Mapping plastic greenhouse with medium spatial resolution satellite data: Development of a new spectral index. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *128*(6), 47-60. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.03.002