

## کاربرد سنجش از دور چند زمانی در تعیین سطح زیر کشت

لقمان خداکرمی و علیرضا سفیانیان<sup>۱\*</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱)

### چکیده

کسب آگاهی و دانش در رابطه با الگوی کشت و سطح زیر کشت نقش مهمی را در مدیریت اراضی کشاورزی و برآورد میزان تولید خالص ایفا می‌کند. ترکیب نتایج حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های زمینی با داده‌های سنجش از دور می‌تواند نقشه‌های به هنگام از سطح زیر کشت محصولات ارائه نماید این امر برای تعریف واحدهای مدیریت و نیل به کشاورزی دقیق ارزشمند است. استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی که امروزه در سطح وسیعی از آنها استفاده می‌شود نیز می‌تواند برای کمی کردن تولید خالص سالانه در مقیاس‌های متفاوت و جهانی و تفکیک پوشش گیاهی در مقیاس‌های قاره‌ای، جهانی و ناحیه‌ای به کار گرفته شود. تحقیق حاضر با انگیزه یافتن روشی سریع همراه با دقتی قابل قبول برای شناسایی و طبقه‌بندی سطح زیر کشت اراضی کشاورزی، اعمال آنالیز جبر بولین و طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی شاخص‌های مختلف گیاهی حاصل از سه سری زمانی تصاویر ماهواره IRS P6 از سنجنده AWiFS را مورد استفاده قرار داده است. در منطقه مورد مطالعه استان همدان براساس تفاوت اقلیمی و تفاوت در کاشت و برداشت، ۳ سری زمانی ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد بهترین سری‌های زمانی تشخیص داده شدند. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های الگوی کشت به دست آمده از اعمال آنالیز جبر بولین و طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی ترکیب باندی شاخص‌های گیاهی حاصل از سه سری زمانی تصاویر نشان داد که دقت و صحت نقشه‌های الگوی کشت حاصل از اعمال آنالیز جبر بولین بر روی شاخص‌های گیاهی حاصل از دو سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای بیشتر از نتایج حاصل از طبقه‌بندی نظارت نشده ترکیب شاخص‌های گیاهی حاصل از سه سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای بود. اما روش دوم نسبت به روش اول به دلیل صرف زمان کمتر برای تعیین حد آستانه و تفکیک پوشش سبز و غیرسبز و همچنین پیچیدگی کار با جبر بولین، ساده‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص گیاهی، جبر بولین، طبقه‌بندی نظارت نشده، الگوی کشت، سنجش از دور

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: soffianian@cc.iut.ac.ir

## مقدمه

سنجش از دور به کمک امواج الکترومغناطیس طبیعی و مصنوعی در بررسی‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و منابع طبیعی کاربرد فراوان دارد. تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل تاوَب در اخذ تصاویر یک ناحیه، تصویر برداری در طول موج‌های مختلف در یک زمان و در نهایت امکان پردازش و تفسیر سریع داده‌های کسب شده به طور گسترده در تحلیل‌های مختلف مربوط به گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲). امروزه در بسیاری از بخش‌ها کاربرد تصاویر ماهواره‌ای نه تنها هزینه چندانی ندارد، بلکه منافع آن، به حدی است که هزینه خرید داده‌ها در مقابل سرعت انجام کار، دقت و حجم اطلاعات به دست آمده ناچیز می‌باشد. در حال حاضر منافع حاصل از سنجش از دور به واسطه به‌هنگام بودن و امکان آشکارسازی تغییرات سریع محیطی به خوبی در تکنیک‌هایی که در کشاورزی به کار می‌روند، نمایان شده است (۸ و ۹). تخمین و تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها بسیار اهمیت دارد. جمع‌آوری اطلاعات و مشاهدات زمینی و تهیه گزارشات در خصوص وضعیت و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی با روش‌های سنتی پرهزینه و زمان‌بر و در مناطق وسیع عملاً قابل اجرا نمی‌باشد. داده‌های حاصل از سنجش از دور می‌توانند با تشخیص نوع و تعیین سطح زیر کشت محصولات، اطلاعات مفیدی در این رابطه به متخصصان کشاورزی ارائه کند (۸).

اساس برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح در کشاورزی داشتن آمار و اطلاعات دقیق و به‌هنگام از ظرفیت‌های کشاورزی می‌باشد. استفاده از داده‌های سنجش از دور به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، قابلیت تفکیک مکانی و رادیومتریکی مناسب و متنوع، دید وسیع و یکپارچه، قادر به تفکیک عارضه‌ها و پدیده‌های مختلف کشاورزی از جمله سطح، نوع و الگوهای زمانی و مکانی کشت هستند (۷). آگاهی از توزیع انواع محصولات کشاورزی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های بازرگانی

می‌باشد و هم‌چنین این امر برای بررسی پاره‌ای از مطالعات کشاورزی مانند تنش آبی و برآورد بازدهی بسیار ضروری می‌باشد (۶). در سال‌های اخیر، استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات کشاورزی و تهیه نقشه‌های موضوعی گسترش فراوانی پیدا کرده است. تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی از نیازهای اساسی برای مدیریت و نظارت زیست محیطی است. این نقشه‌ها در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌ها در بخش‌های مختلف استفاده می‌شوند، مطالعه مکان‌های زیر کشت با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای موجود و تهیه نقشه اراضی زیر کشت آن در هر سال می‌تواند دولت را در مدیریت بهینه این اراضی و برنامه‌ریزی برای توزیع محصولات کمک کند (۱).

مطالعاتی در زمینه استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی انجام شده است. از جمله آنها در تحقیقی واردلاو و همکاران به بررسی روند زمانی شاخص‌های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع بزرگ کشاورزی شامل یونجه، ذرت، سویا و گندم با استفاده از تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر پرداخته و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص‌های NDVI و EVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک نمودند و نتایج آنها نشان داد که تفکیک‌پذیری غلات در دوره بلوغ محصولات نسبت به دوره رشد محصولات چشمگیرتر می‌باشد (۱۴). ساواساوا با استفاده از تلفیق RS و GIS و پارامترهای مدیریت، سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منطقه از جمله برنج برآورد شد (۱۲). در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره IRS (India Remote Sensing satellite) با تفکیک مکانی ۲۳ متر و تصویر پانکروماتیک (PAN) ماهواره مذکور با تفکیک مکانی ۵/۸ متر و هم‌چنین تصاویر سری زمانی ماهواره اسپات اقدام به آنالیز و تفسیر داده‌های ماهواره‌ای گردید. با استفاده از برداشت‌های زمینی و نقشه‌های مختلف از منطقه و دخیل کردن پارامترهای مدیریتی و با توجه به مراحل فنولوژیکی محصولات و استفاده از شاخص‌های گیاهی مانند NDVI

دارای سرعت بالا و دقت مناسبی برای تهیه نقشه الگوی کشت می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

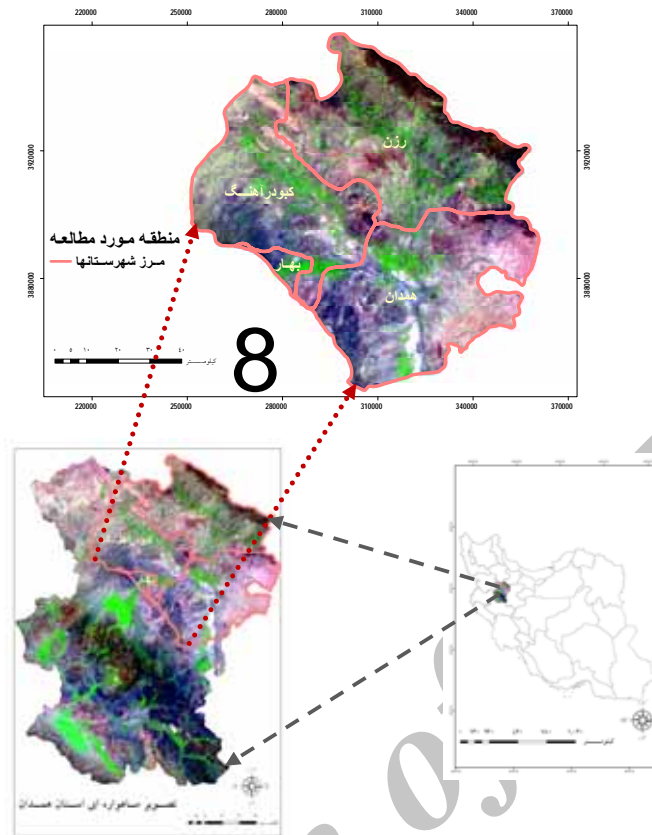
منطقه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۷۲۶۲ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیای ۳۵۱۰۷۴ تا ۳۶۰۷۷۸ و عرض‌های جغرافیایی ۳۸۴۵۰۴۸ تا ۳۹۵۶۶۵۶ واقع در استان همدان و شامل سه زیر حوزه کبودآهنگ، رزن و خونجین تلخاب می‌باشد. بیشترین وسعت منطقه مورد مطالعه در دو زیرحوزه کبودآهنگ و رزن قرار گرفته و شامل شهرستان‌های رزن، کبودآهنگ و بخشی از شهرستان‌های بهار و همدان است (شکل ۱). کاربری‌های عمده این منطقه کشاورزی می‌باشد به طوری که بخش عمده زمین‌های کشاورزی استان همدان در این منطقه واقع شده است. ۳۳/۴ درصد از وسعت منطقه مورد مطالعه مربوط به کاربری کشاورزی می‌باشد و محصولات غالب منطقه شامل گندم، جو یونجه و سیب‌زمینی هستند. حداقل ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶۷۹ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۲۹۳۳ متر است. مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق داده‌های سنجنده‌های AWIFS از ماهواره IRS-P6 که دارای ۴ باند سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه با قدرت تفکیک مکانی ۵۶ متر استفاده شد. در جدول ۲، تاریخ داده‌های برداشت شده از منطقه مطالعه مشخص شده است. از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقاط کنترل زمینی برداشت شده با GPS برای شناسایی بهتر منطقه و زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد.

### انتخاب زمان تصاویر ماهواره‌ای

به دلیل تشابه طیفی بین محصولات عمده منطقه نمی‌توان از یک تصویر برای تفکیک و استخراج الگوی کشت منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. سلیمی و همکاران و نیز خواجه‌الدین و همکاران در تفکیک شالیزارها از کشت‌های دیگر به دلیل بازتاب مشابه کشت‌های مختلف در

سطح زیر کشت برنج‌زارها را در منطقه‌ای در نظام‌آباد ایالت آندراپراش هند برآورد نمود (۱۲). توکر و آریکان در ترکیه با طبقه‌بندی مرحله به مرحله و با اعمال ماسک‌های متناوب در تصاویر ETM+ اقدام به تهیه نقشه غلات نمودند (۱۳). خواجه‌الدین و همکاران، برای تعیین سطح زیر کشت شالیزارهای منطقه اصفهان از داده‌های رقومی ماهواره IRS-ID هند (سنجنده‌های LIS III, PAN, و سری زمانی Wifs) استفاده کردند. آنها با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین و هم‌چنین شاخص آب مساحت زیر کشت شالیزارها را تعیین کردند (۳). سارویی در مطالعه‌ای با استفاده از فناوری RS و GIS نقشه اراضی زیر کشت برنج را در شهرستان آمل و بابل با استفاده از داده‌های ماهواره لندست TM و با الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی و طبقات مختلف از جمله برنج‌زارها تفکیک گردید (۴). سلیمی و همکاران در تحقیقی سطح زیر کشت برنج در شهرستان مرودشت را با استفاده از دو سری زمانی تصاویر LISS III از ماهواره IRSP6 با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و شاخص‌های NDVI و SAVI تعیین کردند (۵). تحقیق حاضر با انگیزه یافتن روشی سریع همراه با دقتی قابل قبول برای شناسایی و طبقه‌بندی سطح زیر کشت اراضی کشاورزی، اعمال آنالیز جبر بولین و طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی شاخص‌های مختلف گیاهی حاصل از سه سری زمانی تصاویر ماهواره IRS P6 از سنجنده AWIFS را مورد استفاده قرار داده است.

اهمیت این تحقیق از این نظر است که اولاً استان همدان یکی از قطب‌های کشاورزی در ایران می‌باشد بنابراین آگاهی از وضعیت سطح زیر کشت محصولات در تعریف واحدهای مدیریت دقیق ارزشمند است و هم‌چنین می‌تواند کمک شایانی در میزان تولید خالص و میزان کمبود و یا مازاد محصولات کشاورزی را به منظور ثبات بازار صورت دهد. و از سوی دیگر در این تحقیق از دو روش جدید، اعمال آنالیز جبر بولین و ترکیب شاخص‌های گیاهی برای ایجاد تصاویر رنگی جدید و استخراج الگوی کشت استفاده شده است که نتایج این روش‌ها



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مطالعه (گندم و جو، یونجه و سیبزمینی) انجام گرفت. در این تحقیق با توجه به هدف مطالعه، یعنی تهیه نقشه کاربری اراضی و تعیین الگوی کشت منطقه مورد نظر، با توجه به تقویم زراعی و مراحل فنولوژی رشد محصولات عمده به طور برنامه‌ریزی شده از اسفند ۱۳۸۶ تا شهریور ۱۳۸۷ هر ماه یک تصویر سفارش داده شد. در نهایت در تاریخ‌های ۱۸ اسفند، ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت، ۲۰ خرداد، ۲۶ تیر و ۲۸ مرداد تصاویر برداشت شد، اما در شهریورماه تصویری برداشت نشد (جدول ۱).

#### آماده‌سازی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

##### تصحیح رادیومتریک

تصحیحات رادیومتریک برای کاهش و یا حذف دو نوع خطای عمده، خطای اتمسفری و خطای دستگاهی به کار می‌روند، در

یک تصویر چنین مشکلی داشتند (۳ و ۵). کارن و همکاران در تحقیقی که در منطقه شمال ویسکاسن انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تشابه طیفی بین گونه‌های خزان‌کننده صحت تفکیک‌پذیری را کاهش می‌دهد (۱۰)، در صورتی که تفاوت محسوس فنولوژیک بین گونه‌ها وجود داشته باشد، تفکیک گونه‌ها مطلوب‌تر خواهد بود. بنابراین در تحقیق حاضر برای استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای و تعیین دامنه زمانی مناسب به منظور سفارش تصاویر، ابتدا با مراجعه به منطقه و با کمک کشاورزان و مالکان اراضی به جمع‌آوری تقویم زراعی محصولات مختلف منطقه اقدام شد. سپس براساس اطلاعات جمع‌آوری شده و مشخص شدن زمان کاشت، اوج سبزی‌نگی، برداشت و شخم محصولات مختلف، این اطلاعات در پایگاه داده ذخیره گردید (جدول ۲). تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصاویر براساس محصولات عمده منطقه مورد

جدول ۱. تصاویر مورد استفاده در مطالعه

سال	تاریخ	سنجنده
۱۳۸۶	۱۸ اسفند	Awifs
۱۳۸۷	۱۵ فروردین	Awifs
۱۳۸۷	۸ اردیبهشت	Awifs
۱۳۸۷	۲۶ تیر	Awifs
۱۳۸۷	۲۸ مرداد	Awifs

با (RMSE (Root Mean Square Error برابر  $0/48$  مطابقت داده شد. در مرحله بعد تصاویر ۱۵ فروردین، ۹ ژوئن، ۱۸ ژولای و ۲۸ مرداد با استفاده از تصویر ۸ اردیبهشت و با انتخاب ۳۵ نقطه کنتری و با روش نزدیکترین همسایه هم مختصات شدند. RMSE آنها به ترتیب  $0/43$ ،  $0/45$ ،  $0/38$  و  $0/4$  پیکسل به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، میزان خطای تصاویر ثبت شده، کمتر از  $0/5$  پیکسل می باشد. هرچند این میزان خطا مقدار قابل قبولی است اما با توجه به اینکه کم بودن خطای میانگین مربعات به تنهایی نمی تواند معیار مناسبی برای یافتن دقت هندسی باشد، تصاویر زمین مرجع شده با نقشه های توپوگرافی مقایسه شدند. برای انجام این کار از مطابقت عوارض مشخصی مانند رودخانه ها و جاده ها استفاده شد. خطای کم ثبت و انطباق مکانی عارضه های توپوگرافی با تصاویر نشان دهنده دقت بالای تطابق هندسی انجام شده بود. برای تصحیح اتمسفریک از تکنیک کاهش پیکسل های تاریک استفاده شد، در این مطالعه از مناطقی واقع در دریاچه سد شیرین سو که آب عمیق و زلال دارند، برای تصحیح تصاویر براساس رگرسیون باند مادون قرمز با سایر باندهای سنجنده در تاریخ های مختلف استفاده شد.

تصاویر تهیه شده برای این مطالعه خطای دستگامی مشاهده نشد. که علت آن نیز جوان بودن ماهواره IRS P6 می باشد. برای تصحیح اتمسفریک از تکنیک کاهش پیکسل های تاریک استفاده شد. با این فرضیه که پیکسل تاریک با حداکثر احتمال، کمترین میزان انعکاس طیفی را داشته و متعلق به آب عمیق و زلال و سایه میان تصویر باشد که انعکاس آن صفر باشد. زیرا در صورت وجود ذرات پراکنده در جو، پراکنش جوی باعث می شود که عملاً انعکاس طیفی پیکسل های تاریک صفر نباشد (۱۱). خواجه الدین و همکاران نیز از این روش برای تصحیح اتمسفریک استفاده کردند (۳). به منظور پردازش اولیه تصاویر، شناخت کلی از طبقات کاربری اراضی و هم چنین بررسی مراحل فنولوژیک محصولات عمده و انتخاب بهترین تاریخ تصاویر ماهواره ای برای شناسایی محصولات عمده زراعی منطقه و نمایان تر شدن پدیده ها و عوارض موجود و کمک به تعیین حدود آستانه برای طبقه بندی شاخص های گیاهی با استفاده از روش کشش خطی (Linear stretch) وضوح تصاویر افزایش داده شد.

#### تصحیح هندسی

برای ثبت تصاویر ماهواره ای و انطباق آنها با یکدیگر از نقشه های توپوگرافی  $1:50000$  (با استفاده از خطوط مربوط به شبکه آبراه ها و لایه راه ها) به عنوان نقشه مبنا استفاده شد. ابتدا تصویر ۸ اردیبهشت با انتخاب ۳۰ نقطه مشترک با پراکنش مناسب در سیستم تصویر UTM به روش نزدیکترین همسایه

#### تهیه نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز جبر بولین بر روی شاخص های گیاهی

بیشتر مطالعات در زمینه کاربرد شاخص های گیاهی با استفاده از داده های ماهواره های لندست و اسپات انجام گرفته است، ولی

جدول ۳. بهترین زمان تصویربرداری برای کشت های گندم و جو، سیب زمینی، یونجه، باغ و قلمستان در منطقه مطالعه

نوع محصول	پاییز		زمستان		بهار		تابستان		پاییز		نوع محصول
	آبان	مهر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	
گندم و جو	کاشت یا استراحت	-	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	کاشت یا استراحت
سیب زمینی و ذرت	کاشت یا استراحت	-	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	کاشت یا استراحت
یونجه	کاشت یا استراحت	-	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	کاشت یا استراحت
باغ و قلمستان	کاشت یا استراحت	-	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	رشد خورشدها و شروع زرد شدن جو	کاشت یا استراحت

صحت و درستی آن است. صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی اطلاعات است (۱۵). برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده به روش‌های مختلف، با قطع دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطا (Confuse Matrix) تشکیل و براساس آن دقت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kappa Coefficient) محاسبه گردید.

### نتایج و بحث

#### نتایج نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز جبر بولین روی شاخص‌های گیاهی

با بررسی بازتاب طیفی محصولات عمده زراعی (گندم، جو، یونجه و سیب‌زمینی) بر روی سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای و هم‌چنین نتایج حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی بر روی هر یک از تصاویر مشخص شد که نمی‌توان از یک تصویر به تنهایی سطح زیر کشت محصولات را به تفکیک نوع کشت مشخص و الگوی کشت را استخراج کرد. تشابه طیفی محصولات زراعی در منطقه مطالعه علت اصلی عدم کارایی یک تصویر در تفکیک محصولات مختلف می‌باشد. کارن و همکاران (۲۰۰۱) نیز در تحقیقی که در منطقه شمال و سکاکن انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تشابه طیفی بین گونه‌های خزان‌کننده صحت تفکیک‌پذیری را کاهش می‌دهد. در صورتی که تفاوت محسوس فنولوژیک بین گونه‌ها وجود داشته باشد تفکیک گونه‌ها مطلوب‌تر خواهد بود (۱۰). بنابراین با توجه به پردازش‌های انجام شده بر روی سری زمانی تصاویر و هم‌چنین با بررسی تقویم زراعی کشت‌های عمده از میان تصاویر برداشت‌شده از منطقه دو تاریخ ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد به عنوان تصاویر اصلی برای پردازش نهایی انتخاب شدند و از سایر تصاویر به منظور بررسی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد. تصاویر به گونه‌ای انتخاب شد که تصویر اول در زمانی باشد که سیب‌زمینی کشت نشده باشد. تصویر ۸ اردیبهشت به این دلیل انتخاب شد و در تصویر دوم گندم و جو

در این مطالعه از سنجنده Awifs به منظور تهیه نقشه الگوی کشت استفاده شد. برای استفاده از شاخص‌های گیاهی، قبل از اعمال شاخص‌های گیاهی این سنجنده با سنجنده TM از لحاظ طیفی مقایسه شده است (جدول ۳). مقایسه باندها حاکی از آن است که از باند ۲ تا باند ۵ سنجنده TM با باند ۲ تا باند ۵ سنجنده Awifs از لحاظ طیفی اختلاف زیادی وجود ندارد و می‌توان از شاخص‌های گیاهی که برای سنجنده TM تعریف شده است را برای سنجنده Awifs نیز به کاربرد. در این مطالعه از ۷ شاخص متداول پوشش‌های گیاهی استفاده شد که شاخص‌ها و فرمول آنها در جدول ۴ آمده است. بعد از تهیه شاخص‌های گیاهی، با اعمال آنالیز جبر بولین (عملگر and و xor) بر روی آنها نقشه الگوی کشت برای منطقه تهیه شد که براساس عملگر and مناطق مشترک در دو تصویر استخراج می‌شود و براساس عملگر XOR مناطق مشترک در دو تصویر حذف می‌شود و مناطق غیرمشترک باقی می‌ماند. مراحل تهیه نقشه‌های الگوی کشت براساس اعمال عملیات جبر بولین بر روی شاخص‌های گیاهی در شکل ۲ آورده شده است.

#### تهیه نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز طبقه‌بندی نظارت نشده

##### روی شاخص‌های گیاهی

در این مطالعه برای بررسی کارایی سه سری زمانی تصویر در تهیه نقشه الگوی کشت، از ترکیب باندی شاخص‌های گیاهی حاصل از سه تصویر (۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد)، استفاده شد. به این منظور ابتدا نقشه شاخص‌های تهیه شده از هر یک از سه سری زمانی تصاویر با هم ترکیب و با اختصاص هر رنگ از سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی (RGB) به هر باند، تصویر رنگی ساخته شد (جدول شماره ۵) و در مرحله بعد با اعمال طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی آنها نقشه الگوی کشت به دست آمد.

##### ارزیابی دقت طبقه‌بندی

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان

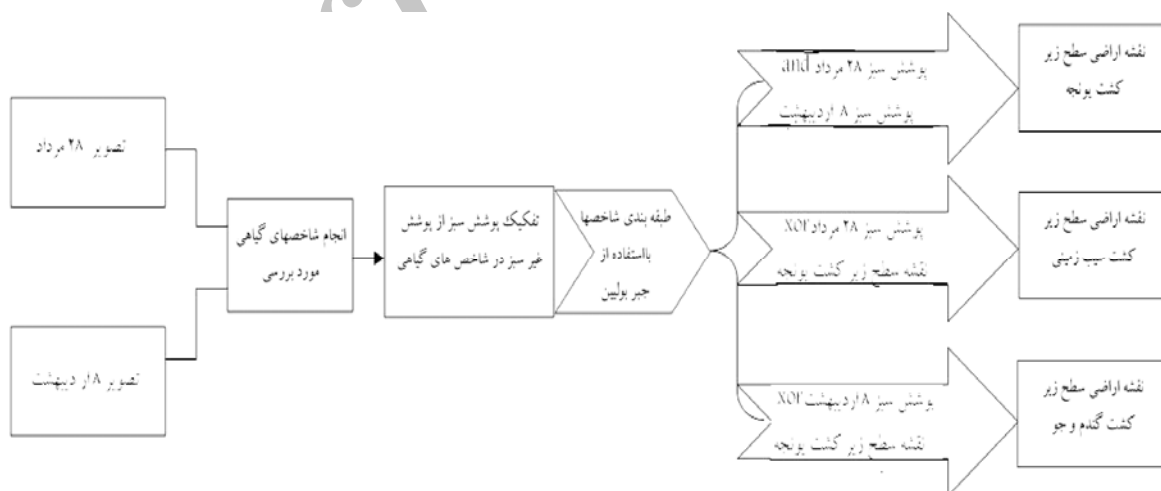
جدول ۳. مقایسه دامنه طیفی باندهای مشترک در دو سنجنده Awifs و TM

نام ماهواره و تاریخ پرتاب	سنجنده	شماره باند	محدوده طیفی باند (میکرومتر)	نام دامنه طیفی	قدرت تفکیک زمینی (m)
لندست ۵ (۱۹۸۴)	TM	۲	۰/۵۲-۰/۶	سبز	۳۰
		۳	۰/۶۳-۰/۶۹	قرمز	۳۰
		۴	۰/۷۶-۰/۹	NIR (مادون قرمز نزدیک)	۳۰
		۵	۱/۵۵-۱/۷۵	SWIR (مادون قرمز میانی)	۳۰
		IRS - P6 (۲۰۰۳)	Awifs	۲	۵۲۰-۵۹۰
۳	۶۲۰-۶۸۰			قرمز	۶۰-۷۰
۴	۷۷۰-۸۶۰			NIR (مادون قرمز نزدیک)	۶۰-۷۰
۵	۱۵۵۰-۱۷۰۰			SWIR (مادون قرمز میانی)	۶۰-۷۰

جدول ۴. شاخص‌های مورد استفاده

فرمول	شاخص گیاهی
$NIR-RED / NIR+RED$	NDVI
$NIR-RED / (NIR+RED+L^*) (1+L)$	SAVI
$NIR-RED$	DVI
$NIR / NIR+RED$	IPVI
$Sin(a) NIR-Cos(a)^{**} Red$	PVI
$NIR / RED$	RVI
$NIR - a. RED$	WDVI

\*  $L$ : فاکتور تنظیم برای کاهش اثر خاک روی پوشش گیاهی می‌باشد که دارای دو مقدار ۰/۵ و ۱ می‌باشد. ۰/۵ برای تراکم پوشش گیاهی متوسط و ۱ برای مناطق با پوشش گیاهی کم تراکم می‌باشد.  $a^{**}$  زاویه بین خط خاک و محور NIR است. خط خاک یک شیب قراردادی دارد و از مرکز عبور کرده و دامنه آن از -۱ تا +۱ تغییر می‌کند. در این مطالعه  $L$  و  $a$  برابر با ۱ محاسبه شده است.



شکل ۲. مراحل تهیه نقشه‌های الگوی کشت با استفاده از روش جبر بولین روی شاخص‌های گیاهی



جدول ۵. تصاویر رنگی حاصل از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی مورد استفاده

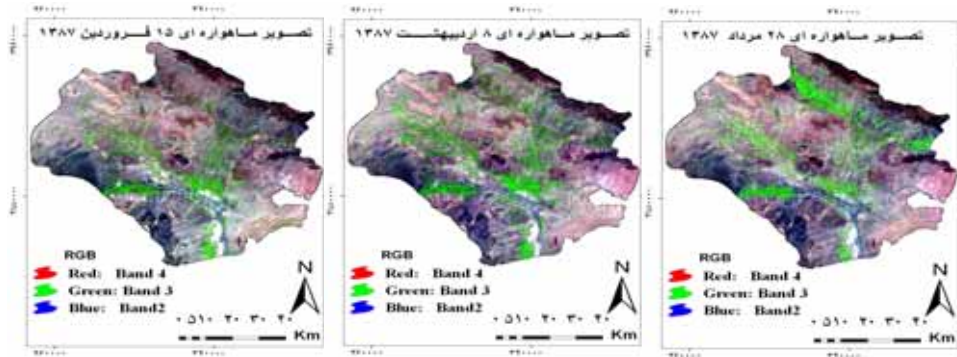
شاخص‌های گیاهی	تصاویر رنگی شاخص گیاهی
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	NDVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	SAVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	DVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	IPVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	PVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	RVI
۱۵ فروردین - ۸ اردیبهشت - ۲۸ مرداد	WDVI

عملگر and مناطق مشترک در دو تصویر که مربوط به سطح زیر کشت یونجه می‌باشد استخراج می‌شود، و نقشه الگوی کشت سیب‌زمینی حاصل تلفیق نقشه اراضی زیر کشت یونجه با نقشه پوشش سبز حاصل از تصویر ۲۸ مرداد با کمک عملگر XOR که براساس عملگر XOR مناطق مشترک در دو تصویر حذف می‌شود و چون تصویر ۲۸ مرداد شامل یونجه و سیب‌زمینی است پس با انجام این آنالیز نواحی که مربوط به سطح زیر کشت سیب‌زمینی می‌باشد استخراج می‌شود، و هم‌چنین نقشه سطح زیرکشت گندم و جو از تلفیق نقشه پوشش سبز حاصل از تصویر ۸ اردیبهشت با استفاده از شاخص‌های گیاهی با نقشه سطح زیرکشت یونجه و با استفاده از عملگر XOR تهیه شد که براساس عملگر XOR مناطق مشترک در دو تصویر حذف می‌شود و چون تصویر ۸ اردیبهشت شامل یونجه و گندم و جو است پس با انجام این آنالیز نواحی که مربوط به سطح زیر کشت گندم و جو می‌باشد استخراج می‌شود.

در شکل ۴ نقشه‌های الگوی کشت منطقه مورد مطالعه با استفاده از هفت شاخص گیاهی نشان داده شده است. در جدول ۷ مساحت سطح زیر کشت محصولات آورده شده است. هم‌چنین در جدول ۸ ارزیابی صحت هر یک از شاخص‌ها آورده شده است. نتایج ارزیابی صحت نقشه الگوی کشت تهیه شده با استفاده از شاخص‌های گیاهی نشان می‌دهد که شاخص DVI دارای بیشترین صحت و دقت می‌باشد و

برداشت شده باشند، به این منظور تصویر ۲۸ مرداد مناسب‌تر تشخیص داده شد. شکل ۳ تصاویر ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به منظور تهیه نقشه الگوی کشت شاخص‌های مورد بررسی بر روی تصاویر ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد اجرا شدند، سپس با استفاده از تعیین حد آستانه مناسب برای هر یک از شاخص‌های گیاهی، پوشش سبز و غیرسبز منطقه در هر شاخص از هم تفکیک شدند. انتخاب حد آستانه از طریق تفسیر بصری تصاویر (مشاهدات میدانی و مقایسه با سایر تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفت. برای تهیه نقشه الگوی کشت با روش جبر بولین از عملگرهای and و XOR استفاده شد.

همان‌گونه که در جدول ۶ نشان داده شده است در تصویر ۸ اردیبهشت گندم، جو و یونجه در مرحله آخر رشد رویشی هستند و یونجه هنوز برداشت نشده و سیب‌زمینی کاری‌ها در حال آماده‌سازی زمین و کاشت می‌باشند و در تصویر ۲۸ مرداد گندم و جو کاملاً برداشت شده‌اند بازتاب پوشش حاصل از محصولات فقط مربوط به مرحله گلدهی کاربری سیب‌زمینی کاری و یونجه کاری‌ها می‌باشد. بنابراین نقشه الگوی کشت یونجه از تلفیق نقشه پوشش سبز حاصل از تصویر ۸ اردیبهشت به وسیله هر یک از شاخص‌های گیاهی با نقشه پوشش سبز حاصل از تصویر ۲۸ مرداد به وسیله شاخص‌های گیاهی ذکر شده با استفاده از عملگر and تهیه شد که براساس



شکل ۳. تصاویر ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد منطقه مورد مطالعه

#### جدول ۶. نتایج مراحل فنولوژی محصولات عمده در منطقه مورد مطالعه

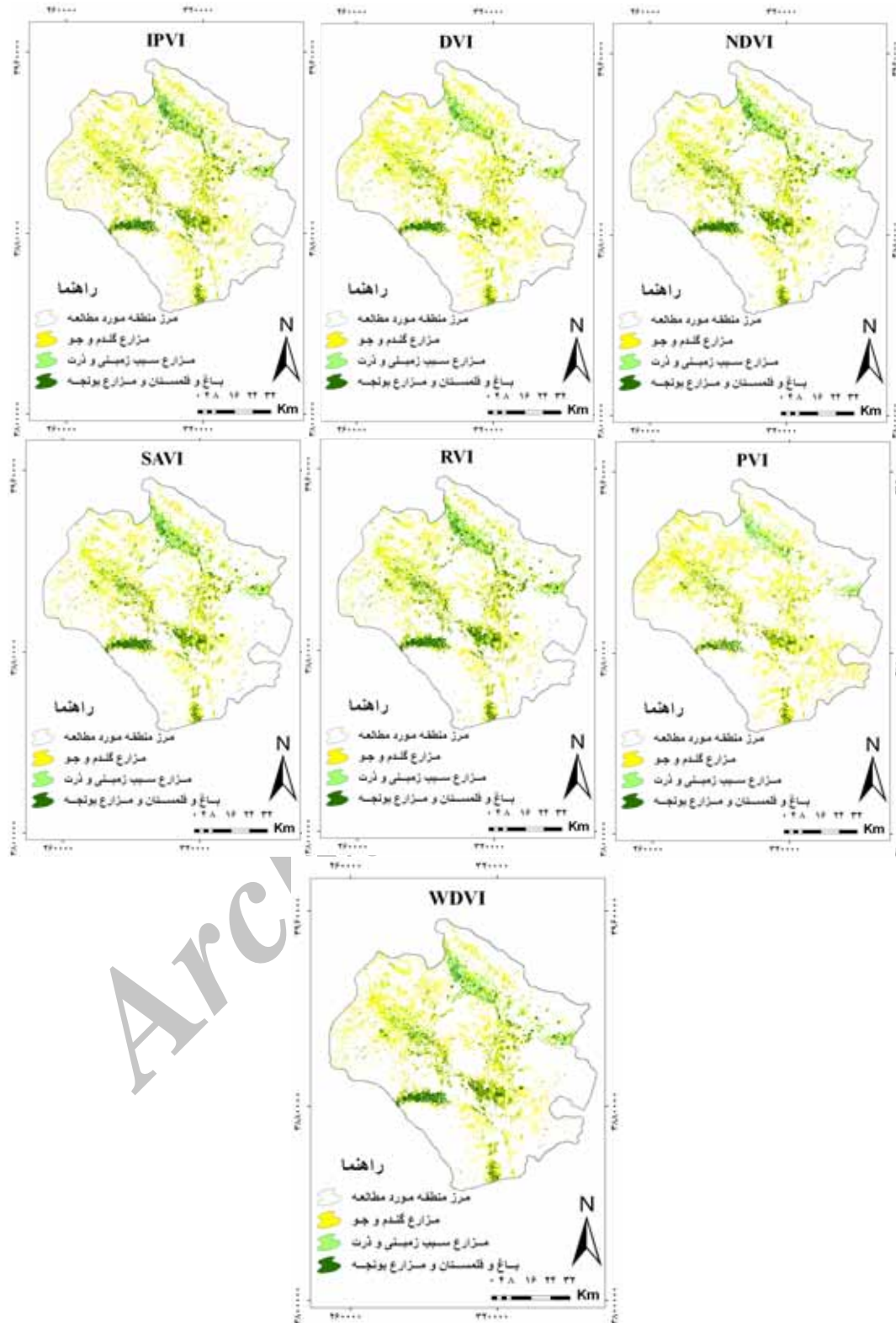
مراحل فنولوژیک محصولات عمده منطقه مورد مطالعه	تصاویر ماهواره‌ای
در این تصویر رشد رویشی ساقه گندم در کاربری‌های آبی در بعضی مناطق بر روی تصویر دیده می‌شود.	۱۸ اسفند
در این تصویر گندم، جو و یونجه در مرحله رشد رویشی هستند و بازتاب آنها روی تصاویر قابل شناسایی می‌باشد.	۱۵ فروردین
در این دوره گندم، جو و یونجه در مرحله آخر رشد رویشی هستند و یونجه هنوز برداشت نشده و سیب‌زمینی‌کاری‌ها در حال آماده‌سازی زمین و کاشت می‌باشند	۸ اردیبهشت
در این زمان گندم در مرحله گلدهی و جو در مرحله بذردهی می‌باشد که بازتاب جو به رنگ زرد می‌باشد. یونجه کاری‌ها در بعضی مناطق مرحله اول برداشت صورت گرفته، سیب‌زمینی در بعضی مناطق در مرحله رشد رویشی می‌باشد.	۲۰ خرداد
در این دوره جو به طور کامل برداشت شده و گندم‌کاری‌ها هم در مرحله برداشت هستند، سیب‌زمینی در مرحله رشد رویشی می‌باشد و بازتاب آن به طور کامل بر روی تصاویر مشاهده می‌شود.	۲۶ تیر
در این تصویر گندم و جو کاملاً برداشت شده‌اند بازتاب پوشش حاصل از محصولات فقط مربوط به مرحله گلدهی کاربری سیب‌زمینی کاری و یونجه کاری‌ها می‌باشد.	۲۸ مرداد

گیاهی در سه سری زمانی با هم ترکیب شدند. نتایج نشان داد که با استفاده از ترکیب باندهای هر یک از شاخص‌های گیاهی در سه سری زمانی به خوبی می‌توان الگوی کشت منطقه مورد مطالعه را تفکیک کرد. در شکل ۵ تصاویر حاصل از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با ترکیب شاخص‌های گیاهی حاصل از تصاویر ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد الگوی کشت منطقه مورد مطالعه قابل تفکیک می‌باشد به گونه‌ای که در اثر ترکیب سه شاخص مناطق با رنگ قرمز بر روی هر یک از تصاویر

شاخص PVI دارای پائین‌ترین دقت و صحت نسبت به سایر شاخص‌های مورد استفاده می‌باشد.

#### تهیه نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی شاخص‌های گیاهی

برای بررسی کارایی سه سری زمانی تصویر در تهیه نقشه الگوی کشت، از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی حاصل از سه تصویر (۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد)، استفاده شد. به این منظور تصاویر تهیه شده از هر یک از شاخص‌های



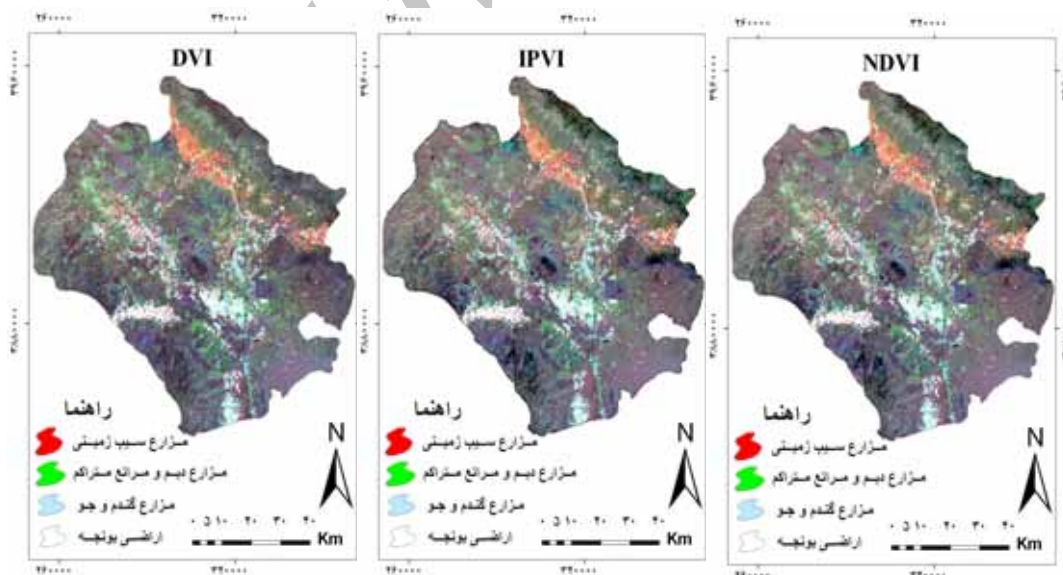
شکل ۴. نقشه الگوی کشت با استفاده از اعمال روش جبر بولین روی شاخص‌های گیاهی

جدول ۷. مساحت سطح زیر کشت با استفاده از اعمال آنالیز جبر بولین بر روی شاخص‌های گیاهی

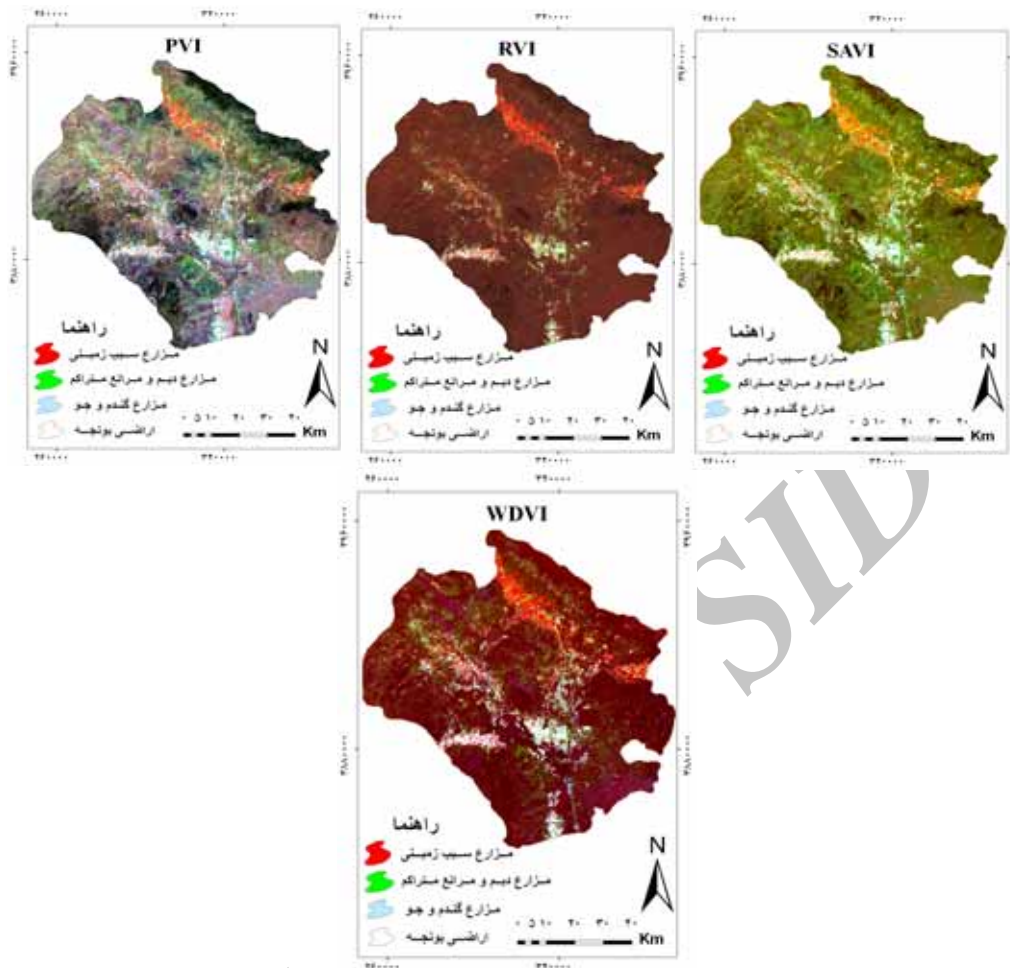
شاخص‌ها	گندم (هکتار)	سیب زمینی (هکتار)	یونجه (هکتار)
DVI	۱۴۰۴۹۵	۱۹۲۱۷	۳۱۵۶۲
IPVI	۱۲۹۲۲۹	۱۹۱۷۸	۳۶۰۶۴
NDVI	۱۰۵۶۲۱	۲۳۴۶۰	۳۴۹۲۴
PVI	۱۲۴۲۴۹	۱۷۵۱۱	۲۲۷۳۱
RVI	۱۰۸۶۱۴	۲۳۶۰۵	۴۱۳۳۳
SAVI	۱۰۹۸۴۵	۲۱۰۰۷	۲۸۷۳۵
WDVI	۱۰۹۲۹۱	۲۲۹۷۹	۱۸۲۵۴

جدول ۸. ارزیابی صحت نقشه الگوی کشت با استفاده از اعمال روش جبر بولین بر روی شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی (%)
DVI	۰/۸۷	۹۲
IPVI	۰/۸۵	۹۱
NDVI	۰/۸۴	۹۰
PVI	۰/۷۶	۸۵
RVI	۰/۸۴	۹۰
SAVI	۰/۸۲	۸۹
WDVI	۰/۸۵	۹۰



شکل ۵. تصویر حاصل از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی در سه سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای (۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد)



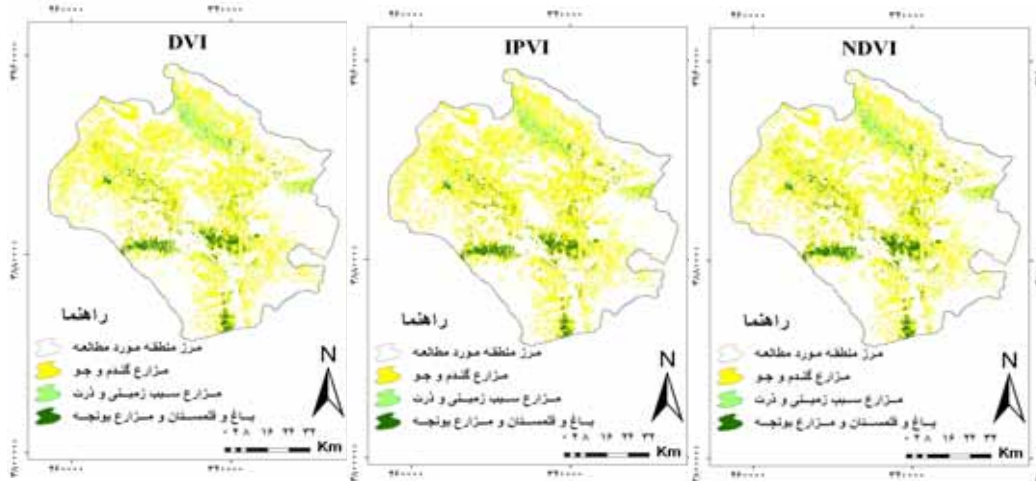
ادامه شکل ۵. تصویر حاصل از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی در سه سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای (۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد)

یک از شاخص‌ها به تفکیک آورده شده است. نتایج ارزیابی صحت نشان می‌دهد که شاخص  $DVI$  و  $IPVI$  دارای بیشترین صحت و دقت می‌باشد و شاخص  $PVI$  دارای پایین‌ترین دقت و صحت نسبت به سایر شاخص‌های مورد استفاده می‌باشد. هم‌چنین نتیجه شاخص گیاهی  $RVI$  در ترکیب باندهای تصاویر شاخص‌های گیاهی برای تفکیک الگوی کشت نامناسب و قادر به تفکیک الگوی کشت نبود.

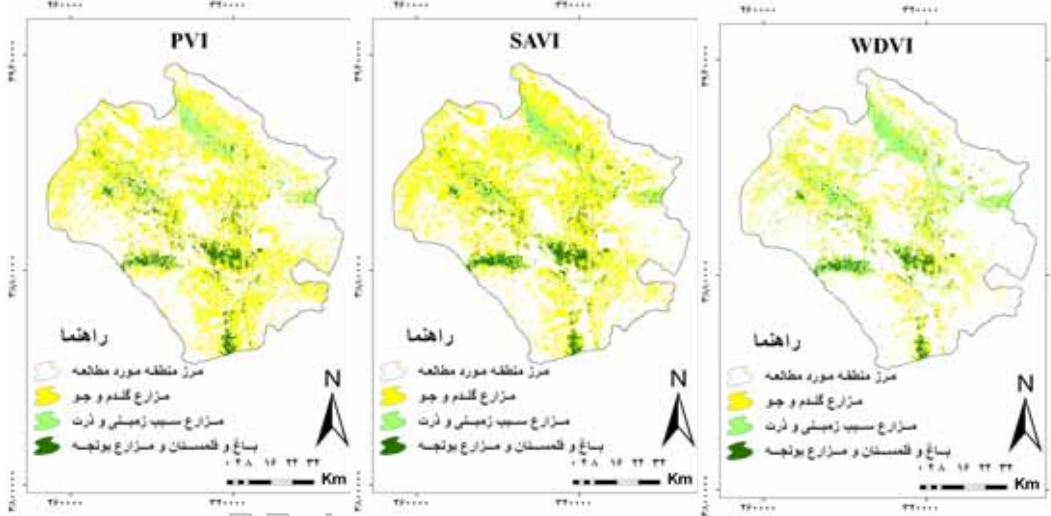
### نتیجه‌گیری

بهترین محدوده زمانی برای تعیین الگوی کشت و تفکیک

سطح زیر کشت سیب‌زمینی را نشان می‌دهد و مناطق دارای رنگ سفید، آبی کم رنگ و سبز به ترتیب سطح زیر کشت یونجه و گندم و جو و مراتع کم تراکم را نشان می‌دهد که دلیل آن اختصاص هر رنگ از سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی به سه شاخص گیاهی می‌باشد. به منظور تهیه نقشه الگوی کشت منطقه مورد مطالعه، از طبقه‌بندی نظارت‌نشده روی تصاویر حاصل از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی، استفاده و نقشه الگوی کشت آمد (شکل ۶). در جدول ۹ مساحت سطح زیر کشت محصولات زراعی آمده است. هم‌چنین در جدول ۱۰ نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های الگوی کشت هر



شکل ۶. نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز طبقه بندی نظارت نشده روی شاخص های گیاهی



ادامه شکل ۶. نقشه الگوی کشت با اعمال آنالیز طبقه بندی نظارت نشده روی شاخص های گیاهی

جدول ۹. مساحت سطح زیر کشت با استفاده از اعمال آنالیز طبقه بندی نظارت نشده روی شاخص های گیاهی

شاخص ها	گندم (هکتار)	سبب زمینی (هکتار)	یونجه (هکتار)
DVI	۲۰۴۸۷۱	۲۲۲۹۷	۱۶۸۷۷
IPVI	۲۱۷۲۸۵	۱۸۷۹۰	۲۱۸۲۲
NDVI	۲۰۸۶۱۸	۱۹۵۴۵	۲۵۷۹۹
PVI	۲۴۰۲۸۴	۲۸۱۶۳	۲۷۷۹۸
RVI	-	-	-
SAVI	۲۴۵۰۲۵	۴۲۰۳۸	۳۶۳۷۹
WDVI	۱۱۰۴۱۵	۶۷۳۸۵	۳۴۰۹۷

جدول ۱۰ ارزیابی صحت نقشه های الگوی کشت با اعمال آنالیز طبقه بندی نظارت نشده بر روی شاخص های گیاهی

شاخص های گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی (%)
DVI	۰/۸	۸۸
IPVI	۰/۸	۸۸
NDVI	۰/۷۹	۸۷
PVI	۰/۷۱	۸۲
RVI	-	-
SAVI	۰/۷۵	۸۴
WDVI	۰/۷۶	۸۵

طبقه بندی نظارت نشده ترکیب شاخص های گیاهی حاصل از سه سری زمانی تصاویر ماهواره ای بود. اما روش دوم نسبت به روش اول به دلیل صرف زمان کمتر برای تعیین حد آستانه و تفکیک پوشش سبز و غیرسبز و هم چنین پیچیدگی کار با جبر بولین، ساده تر می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد تصاویر ماهواره ای از قابلیت بالایی برای تفکیک محصولات زراعی و تهیه نقشه های الگو و سطح زیر کشت با دقت مناسب در مقیاس منطقه ای برخوردار است. سهل الوصول بودن، دسترسی به نقاط دور افتاده و کوهستانی و دقت نسبتا بالا، هزینه پایین، استخراج اطلاعات در زمان کم، سطح وسیع پوشش و تکراری بودن، از مزایای داده های ماهواره ای، نسبت به سایر روش های نقشه برداری می باشد. از سوی دیگر داده های ماهواره ای می توانند کاربردهای دیگری در بخش کشاورزی از جمله پیش بینی و برآورد خسارت، استرس های گیاهی، وضعیت زه کشی و نظیر آن نیز داشته باشند.

محصولات عمده زراعی گندم، جو، یونجه و سیب زمینی) در منطقه مورد مطالعه، استفاده از سری زمانی داده های ماهواره ای است، سری زمانی باید به گونه ای تعیین شود که در زمان اول هنوز سیب زمینی کشت نشده باشد و در زمان دوم این محصول در اوج سبزیگی باشد و گندم و جو برداشت شده باشند. لذا مشخص کردن زمان برداشت تصویر با تهیه جدول زمان بندی مراحل فنولوژیک رشد کشت های عمده در منطقه امکان پذیر می گردد. برای منطقه مورد مطالعه براساس تفاوت اقلیمی و تفاوت در کاشت و برداشت، سه سری زمانی ۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد بهترین سری های زمانی بودند.

به طور کلی مقایسه نتایج ارزیابی صحت نقشه های الگوی کشت به دست آمده از روش های مختلف نشان داد که دقت و صحت نقشه های الگوی کشت حاصل از اعمال عملیات جبر بولین بر روی شاخص های گیاهی حاصل از دو سری زمانی تصاویر ماهواره ای با کمک جبر بولین بیشتر از نتایج حاصل از

### منابع مورد استفاده

۱. خلفی، ج. و غ.ر. داورپناه. ۱۳۸۷. تخمین سطح و تهیه نقشه اراضی زیر کشت گندم دیم با استفاده از GIS و سنجش از دور در حوزه آبخیز زنجانرود. همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه برداری کشور، تهران.
۲. خواجه الدین، س.ج. ۱۳۷۶. نقش سنجش از دور در توسعه کشاورزی و منابع طبیعی پایدار و استفاده از این داده در برنامه ریزی کشاورزی صنعتی. مجموعه مقالات سمینار نقش صنعت در توسعه کشاورزی، انتشارات شهرک علمی و تحقیقاتی با همکاری انتشارات مانی، اصفهان.
۳. خواجه الدین، س.ج. و س. پورمنافی. ۱۳۸۶. تعیین سطح شالیزارهای حاشیه زاینده رود در منطقه اصفهان با داده های رقومی سنجنده های ماهواره IRS. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۱): ۵۱۳-۵۲۸.

۴. ساروئی، س. و ع. نصیری. ۱۳۸۱. بهره‌گیری از فن‌آوری سنسجس از دور در تهیه آمار و نقشه اراضی زیر کشت برنج در شمال کشور (شهرستان‌های آمل و بابل)، همایش ژئوماتیک ۸۱، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۵. سلیمی، س. و ف. کاظمی. ۱۳۸۷. کاربرد تصاویر ماهواره IRS به منظور تهیه نقشه پراکنش برنج در شهرستان مرودشت. همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۶. عاشورلو، م. ع. علی محمدی، پ. رضائیان و د. عاشورلو. ۱۳۸۵. کاربرد تحلیل تشخیص خطی در تفکیک گندم از سایر محصولات روی تصاویر ماهواره‌ای. مجله علوم محیطی ۴(۲): ۱۱۶-۱۰۱
۷. عبدالاه‌زاده، م. و م. ب. نصیری. ۱۳۸۷. تعیین سطح زیر کشت سیب‌زمینی در شهرستان بروجن با استفاده از سری زمانی تصاویر IRSP6. همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۸. کوران، پ. (ترجمه رضا حائز). ۱۳۷۴. اصول سنسجس/ازدور. مرکز سنسجس از دور ایران، انتشارات امید، تهران.
9. Barrett, E.C. and L.F. Curtis. 1992. Introduction to Environmental Remote Sensing. Chapman & Hall, New York.
10. Caren, C. D., J. M. David and C. R. Volker. 2001. Phonological difference in Tasseled Cap indices improves deciduous forest classification. Remote Sens. Environ. 80: 460-472.
11. Sarnam, S., A. Shefali, P.K. Joshi and P.S. Roy. 1999. Biome level classification of vegetation in western India-an application of wide field viewsensorWifs, <http://www.ipi.ihannover.de/html/publication>.
12. Sawasawa, H.L.A. 2003. Crop yield estimation: integration RS, GIS and management factors. ITC, International Institute for Geo-information science and earth observation enschede, The Netherlands.
13. Tucker, M. and M. Arikani 2000. Field Based crop Mapping Through Sequential Masking Classification of Multitemporal Landsat 7 ETM + Imagery In Karah Bey, Turkey. Middle East Technical University.
14. Wardlow, D.B., L.E. Eghbert and J.H. Castens. 2007. Analysis of time-series MODIS 250m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great plains. J. Remote Sens. of Environ. 108: 290-310.
15. Wrighat, G.G. and J.G. Morrice. 1997. Landsat TM spectral information to enhance the land cover of Scotland. Intl. J. Remote Sens. 18(18): 3811-3834.



## Application of Multi Temporal Remote Sensing for Precision Farming

L. Khodakarami and A. Soffianian<sup>1\*</sup>

(Received: Sep. 28-2010; Accepted: May 10-2011)

### Abstract

Precision farming aims to optimize field-level management by providing information on production rate, crop needs, nutrients, pest/disease control, environmental contamination, timing of field practices, soil organic matter and irrigation. Remote sensing and GIS have made huge impacts on agricultural industry by monitoring and managing agricultural lands. Using vegetation indices have been widely used for quantifying net annual production on different scales. The aim of this study was to find a rapid method with acceptable precision for the identification and classification of agricultural lands under cultivation (wheat and barley, alfalfa and potatoes). We used multi-temporal AWiFS data and applied Boolean logic and unsupervised classification.

Results indicated that Boolean logic approach had a higher accuracy and precision in comparison to unsupervised classification, although it is more complicated and time consuming.

**Keywords:** Vegetation index, Boolean logic, Unsupervised classification, Agricultural lands, Remote sensing.

---

1. Former MSc. Student and Assis. Prof. of Environ. Sci., College of Natur. Resour., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: soffianian@cc.iut.ac.ir