



تعیین سطح زیر کشت گیاه زعفران با استفاده از تصاویر لندست (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه)

مجید رحیمزادگان^{۱*}، مصطفی پورغلام^۲

۱. استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۶ شهریور ۱۳۹۵

پذیرش: ۲۸ دی ۱۳۹۵

دسترسی اینترنتی: ۲۳ بهمن ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

سطح زیر کشت زعفران

شاخص‌های گیاهی

روش‌های طبقه‌بندی

اوج سبزیگی

تربت حیدریه

چکیده

هدف این تحقیق، شناسایی سطح زیر کشت محصول زعفران در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین‌های بردار پشتیبان، فاصله ماهالانویس، حداقل فاصله، حداکثر احتمال، متوازی‌السطوح برای تهیه نقشه پوشش و استفاده از شاخص‌های گیاهی نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص پوشش گیاهی با انعکاس خاک (SAVI) در دوره اوج سبزیگی زعفران با بررسی تقویم زراعی آن است. برای تهیه داده‌های میدانی، مختصات و کلاس پوششی ۲۵۸۷ نقطه (۱۴۶۳ نمونه آموزشی و بقیه آزمایشی)، از مناطق با شعاع حداقل ۳۰ متر پوشش یکسان، در تاریخ‌های ۵ بهمن ماه ۱۳۹۳ و ۱۹ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۴ توسط GPS ثبت گردید. همچنین، آمارهای وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۳-۹۲ جهت ارزیابی نتایج استفاده شد. دو معیار ضریب کاپا و صحت کلی، برای ارزیابی نتایج استفاده گردید. سطح زیر کشت زعفران در طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۵٪ و ضریب کاپای ۹۰٪ به‌عنوان بهترین روش رویکرد اول، در مقایسه با آمارهای جهاد کشاورزی خطایی حدود ۱۸٪ داشت. اما استفاده از NDVI به‌عنوان بهترین روش برآورد سطح زیر کشت زعفران در رویکرد دوم، نشان‌دهنده سطح ۷۱۱۸ هکتار بود که در مقایسه با آمار جهاد کشاورزی (۷۵۵۰ هکتار)، خطای ۵/۷ درصدی را نشان می‌داد. بنابراین نتایج این تحقیق نشان‌دهنده کارایی مناسب شاخص‌های گیاهی زمانمند در برآورد سطح زیر کشت زعفران با توجه به فنولوژی آن بود.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: rahimzadegan@kntu.ac.ir

مقدمه

کشاورزی یکی از منابع کلیدی در تأمین نیاز غذایی برای مردم هر کشور بوده که در این راستا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۰). بنابراین به منظور تصمیم‌گیری، مدیریت منابع و برنامه‌ریزی در سطح کلان می‌بایست به اطلاعات مربوط به کشاورزی از قبیل سطح زیر کشت، میزان محصول، آفت‌های کشاورزی و غیره دسترسی داشت. همچنین پایش سلامت گیاه، شناسایی استرس‌ها، تعیین ظرفیت فتوسنتز و میزان محصولات منطقه، در راستای کشاورزی پایدار امری اجتناب‌ناپذیر است (۱۲ و ۱۳). یکی از روش‌های مناسب، کم‌هزینه و سریع در تأمین این اطلاعات، استفاده از اندازه‌گیری‌های ثبت‌شده توسط تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. از آنجایی که محصولات کشاورزی در محدوده طول‌موجی مرئی و مادون‌قرمز طیف الکترومغناطیس بیشترین تمایز را نسبت به سایر پوشش‌های سطحی نشان می‌دهند، هرچه تعداد باندهای طیفی یک سنجنده در این محدوده‌ها افزایش یابد، منحنی‌های طیفی محصولات با دقت بیشتری ترسیم شده و در نتیجه تمایز بین محصولات مختلف کشاورزی بر اساس این منحنی بالاتر می‌رود (۳۲). این موضوع در مورد تصاویر ابر طیفی صدق می‌کند، ولی در مورد تصاویر چند طیفی به دلیل تعداد باندهای محدود و با پهنای زیاد در دامنه طیفی امواج مرئی و مادون‌قرمز، منحنی طیفی محصولات مختلف کشاورزی به خطوط شکسته نزدیک شده و شباهت بین آن‌ها را افزایش می‌دهد و در نتیجه تمایز بین آن‌ها را بشدت کاهش می‌دهد (۲۸، ۳۹ و ۴۰). به همین دلیل برای تفکیک بین محصولات کشاورزی مختلف با استفاده از تصاویر چند طیفی، اغلب از تصاویر چندزمانه استفاده می‌شود (۲۳). از طرفی با توجه به اینکه رفتار طیفی محصولات کشاورزی مختلف در طول دوره رشد (تقویم زراعی) متفاوت است، در یک‌زمان خاص نمی‌توان تمامی محصولات را در وضعیت یکسان از دوره رشد، در تصویر مشاهده نمود. ممکن است بعضی از محصولات در دوره رویش اولیه و برخی دیگر در دوره بلوغ و مابقی در زمان پیری خود باشند، که این مورد امکان ادغام

بعضی از محصولات باهم و یا با کلاس خاک را زیاد می‌کند (۵). همچنین استفاده از تصاویر چند زمانه در طول دوره رشد محصولات کشاورزی، امکان استفاده از منحنی طیفی زمانی (که با تقویم زراعی هر محصول ارتباط دارد)، را می‌دهد. این منحنی طیفی برای هر محصول تقریباً مجزا بوده و قابلیت تمایز بین محصولات مختلف را بالا می‌برد (۲۳).

زعفران بانام عمومی زعفران (Saffron) و نام علمی *Crocussativus* گران‌بهارترین گیاه زراعی موجود در روی کره زمین است و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به‌جای تن و کیلوگرم، مثقال و گرم می‌باشد (۸). زعفران از خانواده زنبق بوده و در منطقه آب‌وهوایی مدیترانه و غرب آسیا و در مناطق بسیار کم باران ایران گسترش دارد. این گیاه قرمز شرقی دارای گل‌های زیبای بنفش‌رنگ و کلاله‌هایی به رنگ قرمز و قیفی شکل است. کلاله سه‌شاخه رنگین، دارای رایحه‌ای دل‌انگیز بوده و مصارف خوراکی، دارویی و رنگی داشته و همان چیزی است که به نام زعفران در دسترس عموم قرار داشته و معروف است. زعفران گیاهی چندساله است که از طریق پیاز ازدیاد حاصل می‌نماید (۶).

زعفران گیاهی است که دوره محصول دهی و رشد فعال آن در پاییز و زمستان بوده و تشکیل گل و عملکرد اقتصادی آن وابسته به ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه زعفران در فصل زراعی گذشته است. برگ‌های این گیاه در طی ماه‌های آبان تا اردیبهشت سال بعد مواد فتوسنتزی مازاد خود را به اندام‌های زیرزمینی فرستاده تا صرف تشکیل بنه‌های جدید و هم‌چنین تکامل گل شود. به عبارت بهتر برگ گیاه زعفران از اواخر آبان (بعد از گلدهی) تا اردیبهشت روی زمین می‌باشد (۲). از جمله مطالعات انجام‌شده بر روی این گیاه سرکارگر اردکانی و نوابی از تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی و برآورد آمار و اطلاعات گیاه زعفران، با دقت مناسب استفاده نمودند. بدین منظور و برای کشف محل کاشت گیاه زعفران در منطقه مطالعاتی اطراف شهرستان کاشمر، از تصاویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست بهره گرفتند در تحقیق مذکور علاوه بر طیف‌سنجی این گیاه، با انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، این محصول را از

که نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجهی در سطح زیر کشت از ۳۲۵/۴۱ هکتار به ۴۸۴/۶۲ هکتار یا حدود ۲۸ درصد از مساحت کل روستا افزایش داشته است. تحلیل مکانی اراضی در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ نشان داد، در سال ۱۹۹۰ کشت زعفران تنها ۰/۷۷ درصد از سطح زیر کشت بوده و در سال ۲۰۱۰ درصد این کشت ۳۸/۳۲ افزایش یافته است. سطح زیر کشت زعفران در سال ۱۹۹۰ برابر ۵/۲ هکتار و در سال ۲۰۱۰، ۱۸۷/۵ هکتار بوده است. لی و همکاران (۲۹) روش‌های نظارت‌نشده و سیزده مورد از روش‌های نظارت‌شده را برای طبقه‌بندی کاربری اراضی شهر گوانگژو چین با استفاده از داده‌های TM لندست مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد زمانی که نمونه آموزشی به تعداد مناسب انتخاب می‌شود، بیشتر الگوریتم‌ها طبقه‌بندی مناسبی می‌دهند. اما زمانی که تعداد نمونه‌های آموزشی کاهش می‌یابد، اختلاف دقت بین الگوریتم‌ها افزایش می‌یابد. دورو و همکاران (۱۹) روش‌های حداکثر احتمال و شیء‌گرا را با استفاده از تصاویر TM برای منطقه‌آمازون برزیل مقایسه و نتیجه گرفتند که استفاده از روش شیء‌گرا باعث بهبود سه درصدی صحت طبقه‌بندی در مقایسه با الگوریتم حداکثر احتمال شده است.

جمع‌بندی سوابق تحقیق نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه مطالعات زیادی در زمینه سطح زیر کشت در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است ولی اکثر این تحقیقات مربوط به یونجه، ذرت، سویا و گندم می‌باشد. با توجه به اینکه گیاه زعفران از لحاظ ارزش مالی و همچنین تغذیه‌ای در مناطق شمال شرقی ایران، اهمیت ویژه‌ای برای کشور دارد. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد با تمرکز بر روی مناطق شمال شرق کشور در میان الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین روش‌های جایگزین، بهترین روش را جهت تهیه سطح زیر کشت گیاه زعفران در این مناطق معرفی کند. هدف این مقاله استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی در طول دوره رشد برای تشخیص و شناسایی گیاه زعفران از روی تصاویر ماهواره‌ای Landsat-۸ می‌باشد.

عوارض هم‌جوار آن تفکیک و دقت کل طبقه‌بندی و ضریب کاپا را محاسبه نمودند که هر دو پارامتر نشان‌دهنده کیفیت بالای طبقه‌بندی انجام‌شده بود. در انتها با توجه به طبقه‌بندی گیاه زعفران، سطح زیر کشت آن را برآورد نمودند (۴).

رمضان‌خانی و مختارزاده (۳) دودسته از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر، شامل روش‌های آماری و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی را بر روی داده‌های ماهواره‌ای تک‌زمانه و چندزمانه پیاده‌سازی نموده و نتایج حاصل را ارزیابی کردند. بر اساس نتایج حاصل‌شده می‌توان گفت که روش‌های آماری با ورودی‌های چند زمانه نسبت به ورودی‌های تک‌زمانه دارای دقت مناسب‌تری بوده ولیکن با کاهش عملکرد مناسب الگوریتم‌های طبقه‌بندی مواجه می‌شوند. در مقابل شبکه‌های عصبی با ورودی‌های چند زمانه با مشکلات روش‌های آماری مواجه نبوده و دارای دقت نسبتاً بهتر (۰/۷۵ کاپا) نسبت به روش‌های آماری چندزمانه (۰/۷۲ کاپا) می‌باشند.

سونمز و ساری (۳۵) با استفاده از روش شیء‌گرا و ماشین بردار پشتیبان نقشه کاربری اراضی را تهیه کردند. نتایج نشان داد که هر دو روش برای تهیه نقشه کاربری اراضی مناسب خواهد بود ولی روش شیء‌گرا به نسبت روش ماشین بردار پشتیبان، صحت کلی و ضریب کاپا بالاتری دارد. هاسیان و همکاران (۲۱) روش‌های آماری پیکسل پایه سنتی ماهواره‌ای و روش‌های شیء‌گرا را برای طبقه‌بندی تصاویر موردبررسی قراردادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که با توجه به افزایش روزافزون حجم تصاویر ماهواره‌ای و کاربرد تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا، روش‌های پیکسل پایه و داده‌کاوی برای بررسی روند تغییرات کاربری قابلیت‌های بیشتری دارند. شمیم احمد شاه (۱۰) تغییر کاربری اراضی زمین‌های کشاورزی را در سطح خرد در دره کشمیر در هندوستان (که یکی از مناطق کشت زعفران است)، با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های مکانی در محیط سیستم اطلاعات مکانی را بررسی نمود. بدین منظور نقشه‌های پایه موجود از منطقه موردنظر در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت

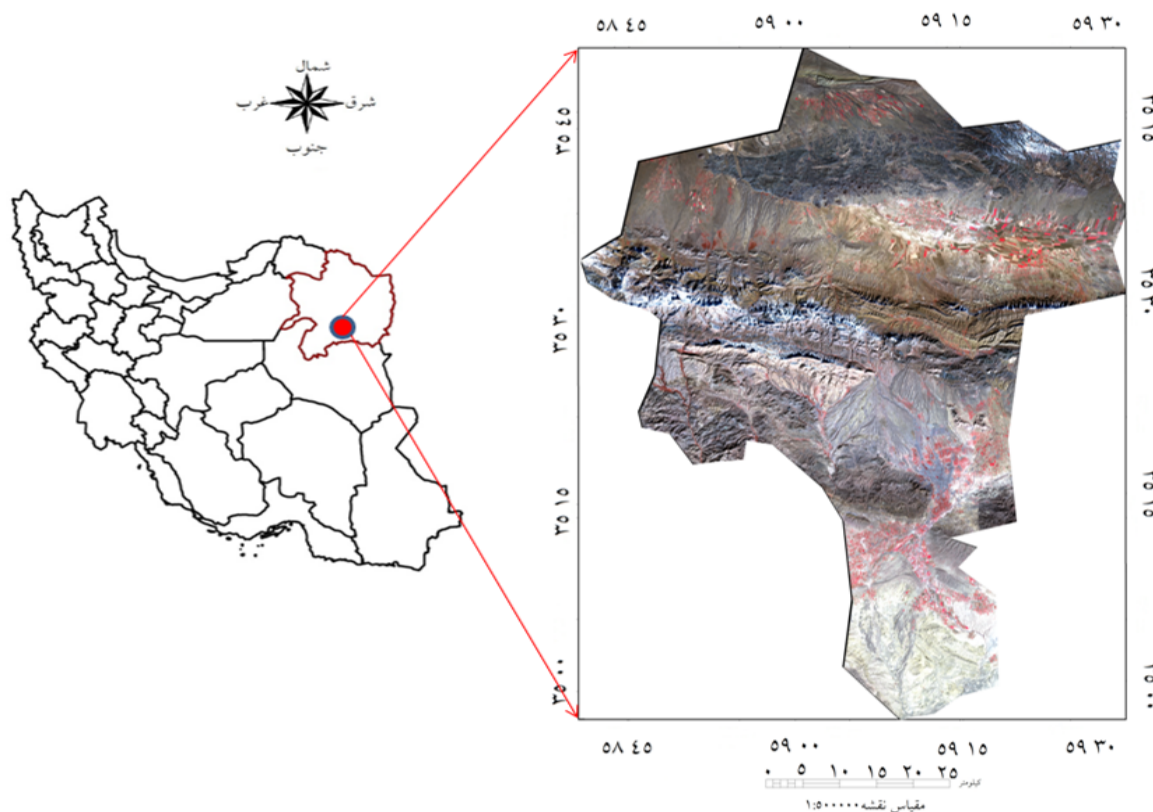
مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

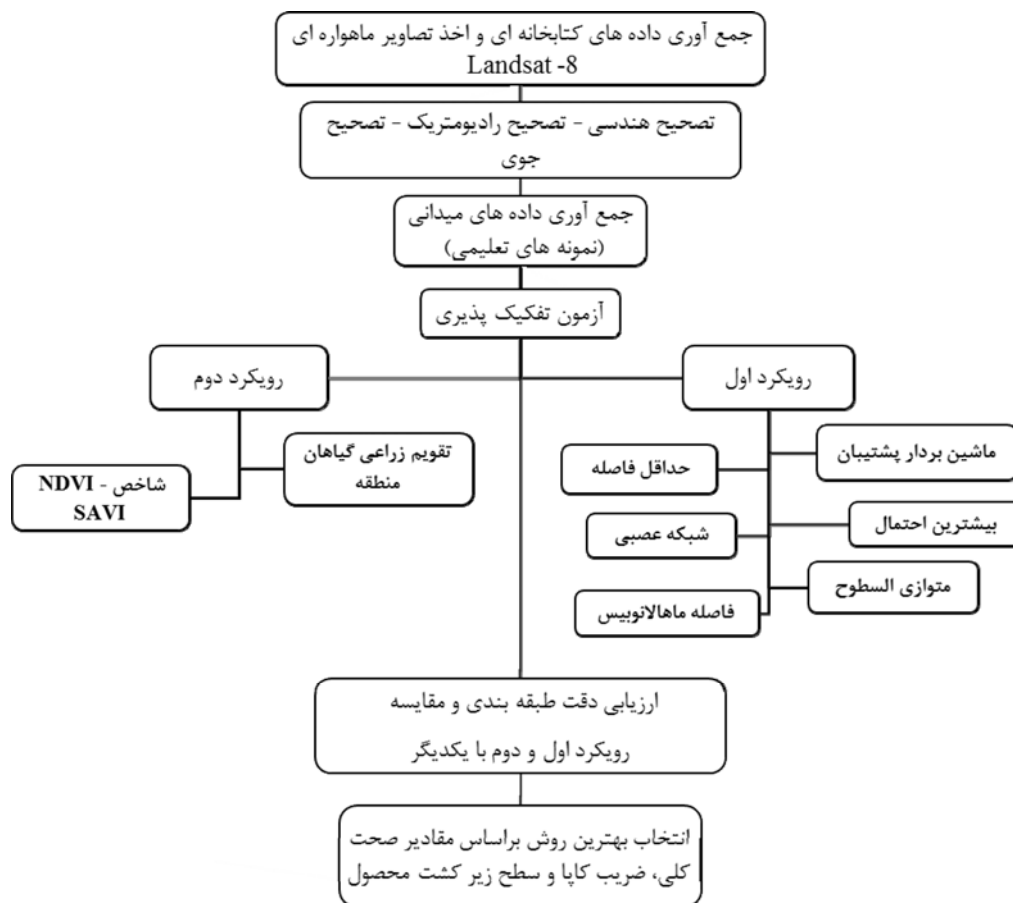
منطقه مطالعه شهرستان تربت حیدریه در استان خراسان رضوی می‌باشد. این شهرستان با وسعت $3671/80$ کیلومترمربع در فاصله 142 کیلومتری از مرکز استان، به مرکزیت $59/13$ درجه طول شرقی و $35/16$ درجه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). شهرستان در ارتفاع 1333 متر از سطح دریاهای آزاد قرار گرفته است. اقلیم منطقه سرد و خشک بوده، متوسط بارندگی سالیانه حدود $204/4$ میلی‌متر، متوسط حداکثر درجه حرارت $20/8$ و متوسط حداقل درجه حرارت شهرستان $7/6$ سانتی‌گراد می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش پیاده‌سازی‌های موردنظر بر روی تصاویر سنجنده OLI مستقر بر ماهواره Landsat-8 مربوط به استان خراسان رضوی و شهرستان تربت حیدریه انجام شد. تعداد 60 تصویر (یک سال کامل) از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه گردید. که در بررسی‌های انجام‌شده، تعدادی از تصاویر به دلیل ابری بودن و برخی مشکلات دیگر مورد استفاده قرار نگرفت و در نهایت 21 تصویر مربوط به سال زراعی $93-94$ برای پیاده‌سازی انتخاب شد. روند کلی مراحل انجام پژوهش در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. نمودار روند ک لی مراحل انجام پژوهش

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda} \quad [1]$$

در این رابطه؛ $LMAX_{\lambda}$ حد آستانه بالای بازتابندگی طیفی، $LMIN_{\lambda}$ حد آستانه پایین بازتابندگی طیفی، $QCAL$ مقدار عددی هر پیکسل، $QCALMAX$ بزرگترین مقدار ارزش پیکسلها و $QCALMIN$ کوچکترین مقدار ارزش پیکسلها است. مقادیر تابندگی به بازتابندگی در بالای جو (Reflectance TOA) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (۱۵).

$$P_{\lambda} = \pi \times L_{\lambda} \times \frac{d^2}{ESUN_{\lambda}} \times \cos \theta_s \quad [2]$$

در این رابطه؛ P_{λ} بازتابندگی بالای جو، $ESUN_{\lambda}$ انرژی

پیش پردازش داده ها

تصحیح هندسی

به دلیل آنکه تصاویر سنجنده Landsat-8 به صورت زمین مرجع بوده و در مختصات جهانی با دقت مناسب عرضه و منتشر می گردند و در این تحقیق هدف ما بررسی تصاویر نسبت به یکدیگر بود از همان اطلاعات زمین مرجع موجود در تصاویر استفاده گردید.

تصحیح رادیومتریک

برای انجام تصحیح رادیومتریک در مرحله اول با استفاده از رابطه ۱ تبدیل مقدار عددی (Digital Number) به تابندگی (Radiance) انجام شد (۱۵).

نتایج روش‌های طبقه‌بندی است. در این رویکرد داده‌های آموزشی و آزمایشی با استفاده از عملیات میدانی و پیمایش زمینی یا نقشه‌های موجود انتخاب شده و الگوریتم‌ها آموزش داده خواهند شد و در نهایت با استفاده از داده‌های آزمایشی نتایج ارزیابی خواهد گردید. رویکرد دوم بررسی تقویم زراعی محصول زعفران و مقایسه آن با دیگر محصولات کشاورزی موجود در منطقه است. در این رویکرد بازه‌های زمانی با بیشترین سبزی‌نگی مربوط به زعفران با استفاده از اطلاعات زراعی و نیز تصاویر ماهواره‌ای (با بهره‌گیری از داده‌های جمع‌آوری شده در پیمایش میدانی) شناسایی شده و در صورت متفاوت بودن این بازه زمانی با زمان اوج سبزی‌نگی سایر محصولات کشاورزی، شاخص‌های گیاهی روی تصاویر مربوط به بازه زمانی موردنظر اعمال شده و مناطق با مقدار بالا در این شاخص‌ها شناسایی خواهند شد (شکل ۲).

در این رویکرد ابتدا با بررسی منابع موجود و بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه، در دو مرحله (۱۳۹۳/۱۱/۰۵ - ۱۳۹۴/۰۲/۱۹) موقعیت و کلاس پوششی بخشی از زمین‌های زعفران و سایر پوشش‌های سطحی با استفاده از گیرنده سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و همچنین اطلاعاتی در رابطه با تقویم زراعی محصولات منطقه ثبت گردید. سپس برای اینکه کار شناسایی هدف آسان‌تر و با اطمینان بیشتری صورت گیرد و نتیجه کار به واقعیت زمینی انطباق بیشتری داشته باشد، با توجه به پوشش‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، موقعیت پوشش‌های دیگر از جمله زمین زیر کشت باغستان و جو، مناطق شهری و خاک به‌طور دقیق ثبت گردید. در مرحله بعد موقعیت‌های ثبت شده توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی به‌طور دقیق بر روی تصویر Landsat-۸ مشخص گردید (شکل ۳). سپس بر اساس نقاط تعیین شده بر روی تصویر، مناطق شاهد تهیه گردید. مناطق شاهد، مربوط به گیاه زعفران هدف و بقیه غیرهدف بودند که به تشخیص بهتر گیاه زعفران کمک می‌کنند.

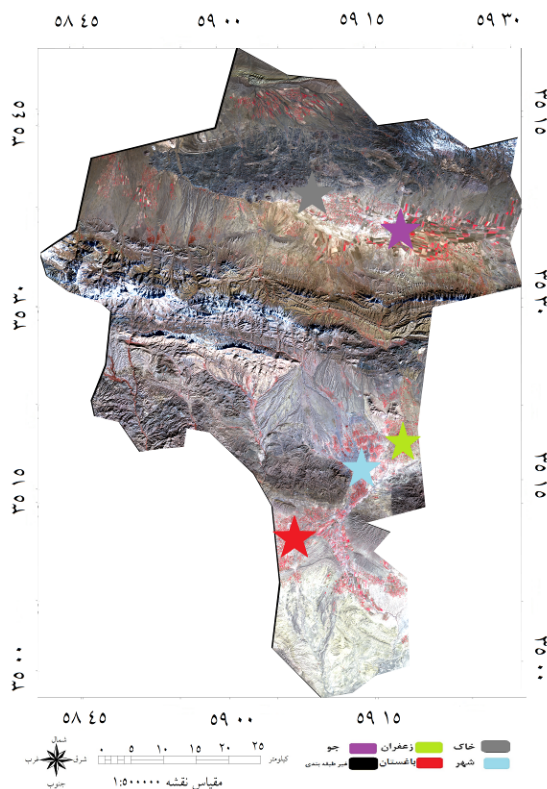
فرودی خورشید در بالای جو در طول موج معین، θ_s زاویه زینتی خورشید و d^2 مجذور فاصله زمین تا خورشید است. مقادیر LMAX λ و LMIN λ برای باندهای استفاده شده از فایل پشتیبان تصویر (با فرمت MTL) استخراج شد.

تصحیح جوی

به دلیل اثرات جو بر روی میزان انرژی ثبت شده توسط سنجنده، برای تحلیل داده‌های تصویر باید اثر جو در صورت امکان تعدیل شود. در این تحقیق به دلیل آنکه از روش‌های طبقه‌بندی و همچنین شاخص‌های طیفی استفاده گردید، اثرات جو بر روی نتایج آن‌ها تأثیر قابل توجهی نداشت. بنابراین از روش تصحیح جوی ساده تفریق پیکسل تاریک استفاده شد. تفریق پیکسل تاریک یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی است که در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود. در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره دارای تابش صفر در همه طول‌موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی مانند آب یافت که مقادیر بازتابندگی آن‌ها صفر یا نزدیک به صفر باشد. به این ترتیب اثر پخش جوی به صورت مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌گردد. به همین جهت برای حذف خطای رادیومتریک، بایستی مقدار ثابتی از ارزش پیکسل‌های هر باند کم شود (۱۱).

روش تحقیق

به‌طور کلی برای شناسایی زمین‌های مربوط به محصولات کشاورزی و به‌طور مشخص محصول زعفران رویکردهای متفاوتی را می‌توان در نظر گرفت. با توجه به اینکه در این مطالعه هدف استخراج محصول زعفران از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-۸ که تصویری چند زمانه است، می‌باشد، دو رویکرد را در این تحقیق در نظر گرفته شد (شکل ۲). رویکرد اول استفاده از روش‌های طبقه‌بندی و استخراج محصول زعفران از



شکل ۳. نمایش نمونه‌های آموزشی بر روی تصویر رنگی Landsat-۸

طبقه‌بندی تصاویر

برای انجام پیاده‌سازی‌های موردنظر در این رویکرد بر روی تصاویر اخذ شده از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا، روش‌های طبقه‌بندی با نظارت مرسوم ماشین بردار پشتیبان، فاصله ماه‌الانویس، حداکثر احتمال، حداقل فاصله، متوازی‌السطوح، شبکه عصبی اعمال شد.

شاخص واگرایی (Divergence index)

نسبت تفکیک‌پذیری در این شاخص از ۰ الی ۲ بیان

می‌شود، که صفر معادل عدم تفکیک‌پذیری در کلاس‌ها و ۲ نشان‌دهنده تفکیک کامل کلاس‌ها می‌باشد. برای اجرای طبقه‌بندی مناسب و با دقت، باید میزان تفکیک‌پذیری از ۱/۸ بالاتر باشد (۲۲). نتایج برآورد این شاخص نشان‌دهنده انتخاب مناسب طبقات پوششی می‌باشد (جدول ۱). اطلاعات تعداد پیکسل‌های نمونه‌های آموزشی و آزمایشی در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۱. نتایج محاسبه شاخص واگرایی برای نمونه‌های آموزشی اولیه

کلاس	زعفران	باغستان	خاک	شهر	جو
زعفران	۰	۱/۹۵	۱/۹۹	۱/۹۹	۱/۹۹
باغستان	۱/۹۵	۰	۱/۹۹	۲	۲
خاک	۱/۹۹	۱/۹۹	۰	۱/۹۹	۲
شهر	۱/۹۹	۲	۱/۹۹	۰	۲
جو	۱/۹۹	۲	۲	۲	۰

جدول ۲. تعداد پیکسل‌های نمونه‌های آموزشی و آزمایشی

کلاس	تعداد پیکسل‌های نمونه‌های آموزشی	تعداد پیکسل‌های نمونه‌های آزمایشی
زعفران	۱۵۸	۱۰۴
جو	۱۳۹	۴۰
باغستان	۳۵۶	۳۸۰
خاک	۳۵۷	۴۸۵
شهر	۴۵۳	۱۱۵

طبقه‌بندی شبکه عصبی

نرخ آموزش بسیار کوچک انتخاب شود، باعث افزایش زمان اجرای شبکه می‌گردد و انتخاب ارزش‌های بسیار بالا موجب ضعیف شدن نتایج می‌شود. بنابراین پیشنهاد شده است که نرخ سرعت یادگیری بین ۰/۰۱ تا ۰/۲ انتخاب شود (۳۸). گشتاور آموزش، منجر به کاهش نوسانات می‌شود، همچنین به فرایند همپوشانی داده‌های آموزشی و آزمایشی سرعت می‌بخشد. در این تحقیق، شبکه‌هایی با مقادیر ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۹ برای گشتاور مورد آزمون قرار گرفت، مقدار ۰/۵ برای شبکه انتخاب گردید (۱۸). جزئیات پارامترهای مورد استفاده در پیاده‌سازی روش شبکه عصبی در جدول ۳ ارائه شده است.

در روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه جهت پیاده‌سازی با تعداد ۷ نرون ورودی شامل ۷ باند طیفی در نظر گرفته شد. در مورد تعداد لایه‌های نهفته، سباستین بیان داشته که شبکه‌هایی با یک لایه پنهان برای طبقه‌بندی مناسب‌تر است. تعداد نرون‌های پنهان غالباً با آزمون و خطا تعیین و نرون‌های ورودی مورد آزمایش قرار می‌گیرند، سپس ساختار شبکه با بهترین مورد اجرا واقع می‌شود (۳۴). تعداد نرون‌ها خروجی برابر با تعداد طبقات نقاط آموزشی می‌باشد. یکی از پارامترهای مؤثر بر شبکه عصبی نرخ آموزش می‌باشد. هنگامی که ارزش

جدول ۳. پارامترهای آموزشی بهینه برای شبکه عصبی

ردیف	نام	مقدار
۱	نرخ آموزش	۰/۰۱
۲	گشتاور آموزش	۰/۵
۳	مقدار خطا (RMSE)	۰/۰۰۰۱
۴	تعداد لایه پنهان	۱
۵	تعداد تکرار آموزش	۱۰۰۰

طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان

پشتیبان چهار نوع کرنل (Kernel)، به نام‌های خطی (Linear)، چندجمله‌ای (Polynomial)، شعاعی (Radial basic function) و پیچشی (Sigmoid) قابل تعریف است (۱۶). انتخاب کرنل مهم‌ترین مسئله در اجرا و عملکرد طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان می‌باشد. کرنل‌های متداول شامل پیچشی و شعاعی می‌باشند. در این تحقیق، کرنل شعاعی با توجه به استفاده وسیع در طبقه‌بندی اراضی و مطالعه تغییر کاربری اراضی با داده‌های ماهواره‌ای مختلف و همچنین عملکرد بهتر

ماشین بردار پشتیبان یک روش طبقه‌بندی باینری است که با تعیین یک ابر صفحه تفکیک‌کننده بهینه در فضای ویژگی داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر جدایی بین آن‌ها، تفکیک می‌نماید. ابر صفحه‌ای که حداکثر حاشیه را بین دو کلاس فراهم می‌نماید، ابر صفحه بهینه و داده‌های نزدیک‌تر به ابر صفحه، بردارهای پشتیبان (Support Vector) نامیده می‌شوند (۲۵). در بخش طبقه‌بندی مربوط به ماشین بردار

سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده و مشخص شدن زمان کاشت، اوج سبزی‌نگی، برداشت و شخم محصولات مختلف، این اطلاعات در پایگاه داده ذخیره گردید. تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصاویر بر اساس محصولات عمده منطقه مورد مطالعه، که شامل جو، زعفران و باغستان (عمدتاً از نوع پسته) بودند، انجام گرفت. همچنین با توجه به اینکه محصولات کشاورزی مختلف دارای تقویم زراعی متفاوتی بوده، مقادیر NDVI و شاخص گیاهی تعدیل شده نسبت به اثر خاک (SAVI) در طول یک سال بر روی تصاویر مورد بررسی قرار گرفت و زمان اوج سبزی‌نگی گیاه زعفران با توجه به نمونه‌های آموزشی به دست آمد.

شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین نمونه‌های محاسبات باندی می‌باشند که به منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی، بررسی انواع پوشش گیاهی، وضعیت سبزی‌نگی یک منطقه طی دوره‌های مختلف و کاربردهایی از این نوع بکار می‌روند. (۲۰). شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی شناخته شده تاکنون می‌باشد که برای اولین بار توسط Rouse در ۱۹۷۳ ارائه گردید (۹). محاسبه این شاخص بر این اساس استوار است که گیاهان سالم در محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس دارای بازتابندگی کم هستند که این مورد به دلیل جذب توسط کلروفیل و دیگر رنگ‌دانه‌های موجود در گیاه می‌باشد. همچنین در محدوده مادون قرمز نزدیک (NIR) به دلیل ساختار سلولی برگ دارای بازتابندگی بالا می‌باشند (۱). این شاخص از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [3]$$

در این رابطه؛ NIR و RED به ترتیب بازتابندگی طیفی اندازه‌گیری شده در بخش مادون قرمز نزدیک و قرمز طیف الکترومغناطیس می‌باشد. مقادیر نرمال در این شاخص دارای

نسبت به کرنل‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفت (۲۶، ۲۷ و ۳۳). علاوه بر این، کرنل شعاعی فقط به یک پارامتر از پیش تعریف شده نیاز دارد، که در پیاده‌سازی، آن را در مقایسه با کرنل‌های دیگر کارا تر می‌سازد (۱۹).

ارزیابی دقت روش‌های طبقه‌بندی

در این مقاله برای ارزیابی دقت روش‌های طبقه‌بندی از دو پارامتر دقت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kapa Coefficient) استفاده شده است. دقت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه نداشته و برآوردی کلی از دقت طبقه‌بندی یا به اصطلاح دقیق‌تر، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است. یکی دیگر از پارامترهای دقت که از ماتریس خطا (Confusion matrix) استخراج می‌شود ضریب کاپا است که دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (۳۱). ضریب کاپا این مزیت را نسبت به دقت کلی دارد که از مقادیر حاشیه‌ای ماتریس خطا نیز برای محاسبه دقت استفاده می‌کند. تک پارامترهایی نظیر دقت کلی و ضریب کاپا تنها با کل طبقه‌بندی سروکار دارند و اطلاعاتی در مورد تک تک کلاس‌ها نمی‌دهند. معمولاً دقت کلی یک برآورد خوش‌بینانه بوده و همیشه دقت را بالاتر از مقدار واقعی محاسبه می‌کند. برای برآورد دقت هر کلاس به صورت مجزا، از پارامترهای دیگری نظیر دقت کاربر (User Accuracy) و دقت تولیدکننده (Producers Accuracy) استفاده می‌کنند. دقت کاربر و دقت تولیدکننده دو پارامتری هستند که به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی برای کلاس‌های مختلف به صورت مجزا تعریف می‌گردند و هر دو آن‌ها با استفاده از ماتریس خطا محاسبه می‌شوند.

برای استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای و تعیین دامنه زمانی مناسب به منظور استفاده از تصاویر، ابتدا با مراجعه به مراجع موجود (کتب و سایت‌ها) و نیز مراجعه به منطقه و با کمک کشاورزان و مالکان اراضی به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تقویم زراعی محصولات مختلف منطقه اقدام شد.

شناسایی مناطق زیر کشت این محصول نمود. با توجه به اینکه در این تحقیق بررسی بر روی تصاویر کل بازه زمانی تقویم زراعی موردنظر بود، در این رویکرد یکی از پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی یعنی شاخص‌های NDVI روی تمام تصاویر پردازش شده پیاده‌سازی گردید.

نتایج

بیشینه دقت و کمترین خطا در تمام الگوریتم‌های رویکرد اول، مربوط به طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان است. موضوع تصویر حاصل از اعمال الگوریتم‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است. با توجه به اینکه طبقه‌بندی در ماه بهمن صورت گرفته و در این ماه، شهرستان تربت حیدریه در مناطق کوهستانی پوشیده از برف است، به همین دلیل قسمت‌های شمالی و همچنین غربی منطقه در بعضی از طبقه‌بندی‌ها با کلاس شهر تداخل ایجاد نمودند. همچنین نتایج عددی پیاده‌سازی روش‌های منتخب بر روی تصویر ماه بهمن، در جدول ۵ در مقایسه با داده‌های آزمایشی نمایش داده شده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده است، روش‌های شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال به ترتیب دارای بیشترین دقت از نظر صحت کلی و ضریب کاپا و روش‌های فاصله ماه‌الانوبیس و حداقل فاصله دارای کمترین دقت می‌باشند. از طرف دیگر، در جدول ۶ مساحت سطح زیر کشت گیاه زعفران به دست آمده از طبقه‌بندی کننده‌های مختلف در مقایسه با آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی که ۷۵۵۰ هکتار می‌باشد، مشاهده می‌شود. برای انتخاب بهترین طبقه‌بندی کننده، جدول‌های ۴ و ۵ به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته شدند. روش ماشین بردار پشتیبان هم از نظر ضریب کاپا و دقت کلی و هم از نظر سطح زیر کشت گیاه زعفران دارای بالاترین دقت نسبت به سایر طبقه‌بندی کننده‌ها است، به‌عنوان روش طبقه‌بندی منتخب در نظر گرفته شد.

قدر مطلق مساوی و یا کمتر از یک [۱ و -۱] است. بر اساس تحقیقات انجام شده مقدار کلی این شاخص برای پوشش گیاهی تنک در محدوده (۰/۰۵ تا ۰/۲)، پوشش گیاهی معمولی و نیمه متراکم (۰/۲ تا ۰/۶)، پوشش گیاهی بسیار متراکم و غنی (۰/۶ تا ۰/۸)، آب، برف و یخ دارای مقادیر منفی، خاک دارای مقادیر (۰/۰۱ تا ۰/۰۵) و مقادیر این شاخص در منطقه پوشیده از ابر تقریباً برابر با صفر است (۲۴).

در شاخص SAVI سعی شده است تا اثر پس‌زمینه‌های خاکی در مناطق گیاهی به حداقل برسد. این شاخص از رابطه ۴ محاسبه گردید.

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)(1+L)}{NIR + RED + L} \quad [4]$$

در این رابطه؛ مقدار L برای حذف اثر پس‌زمینه خاک بوده که برای مناطق با پوشش گیاهی بسیار متراکم و غنی برابر صفر، برای مناطق گیاهی بسیار تنک و دارای پوشش گیاهی پراکنده برابر یک و معمولاً در مناطق با پوشش گیاهی متوسط و نرمال برابر نیم در نظر گرفته می‌شود (۷).

مقادیر شاخص NDVI مربوط به زعفران در دوره رشد

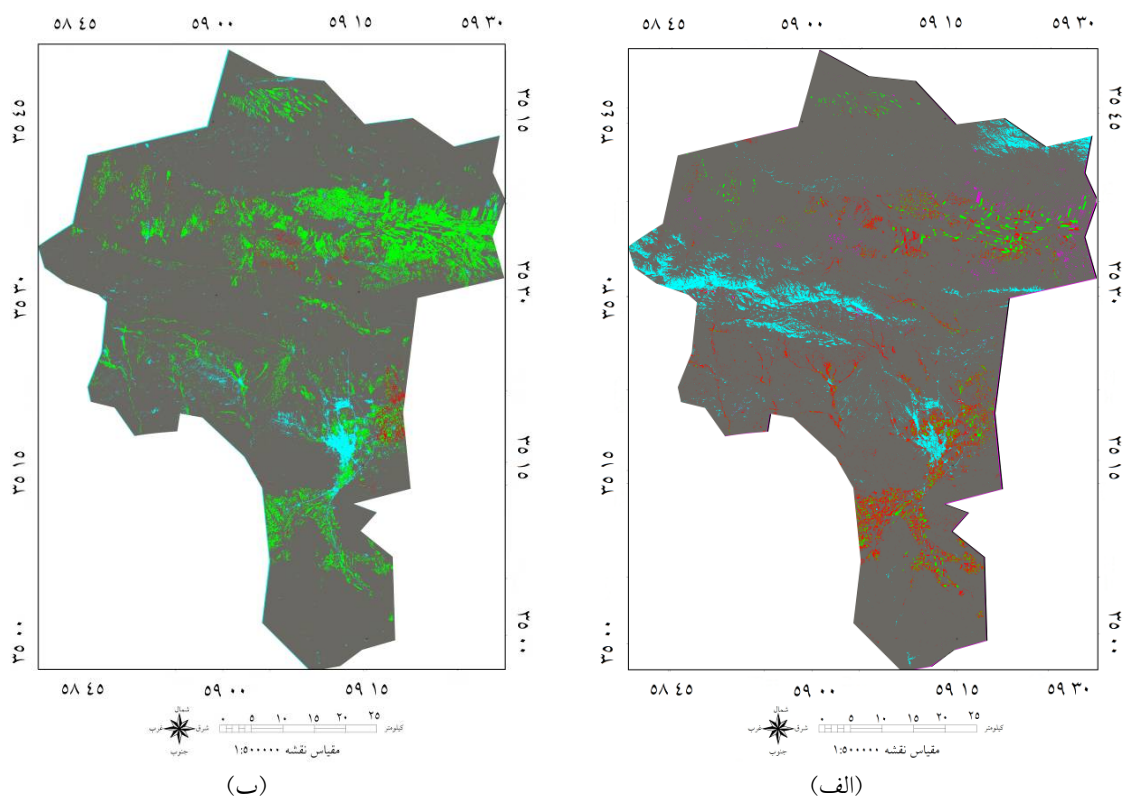
در این مرحله با توجه به در اختیار نداشتن طیف‌سنج میدانی، نمودار طیفی گیاه زعفران با استفاده از نمونه‌های آموزشی از روی تصاویر مربوطه (یک سال زراعی) که حدود ۲۱ عدد بود با استفاده از نرم‌افزار ENVI استخراج گردید. با توجه به اینکه در ماه فروردین دیگر محصولات منطقه و همچنین گیاهان خودرو در دوران رشد خود هستند به این دلیل از این تصویر برای پیاده‌سازی شاخص NDVI استفاده نشد. اما در سه تصویر ماه‌های دی، بهمن و اسفند از لحاظ دوران رشد با سایر گیاهان منطقه متمایز می‌باشند. بنابراین می‌توان با اعمال شاخص‌های گیاهی نظیر NDVI بر روی تصاویر مربوط به تاریخ‌های اوج سبزیگی زعفران، اقدام به

جدول ۴. صحت الگوریتم‌های طبقه‌بندی (%)

روش طبقه‌بندی	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	ضریب کاپا	صحت کلی
متوازی‌السطوح	۴۴/۲۶	۱۰۰	۵۴	۶۹
حداکثر احتمال	۸۹	۱۰۰	۹۴	۹۷
فاصله ماهالانویس	۹۸	۹۶	۵۲	۶۱
حداقل فاصله	۹۹/۱۰	۹۶/۱۵	۱۳	۲۱
شبکه عصبی	۹۹/۲۰	۹۷	۹۳	۹۷
ماشین بردار پشتیبان	۹۸/۰۸	۹۸/۰۸	۹۰	۹۵

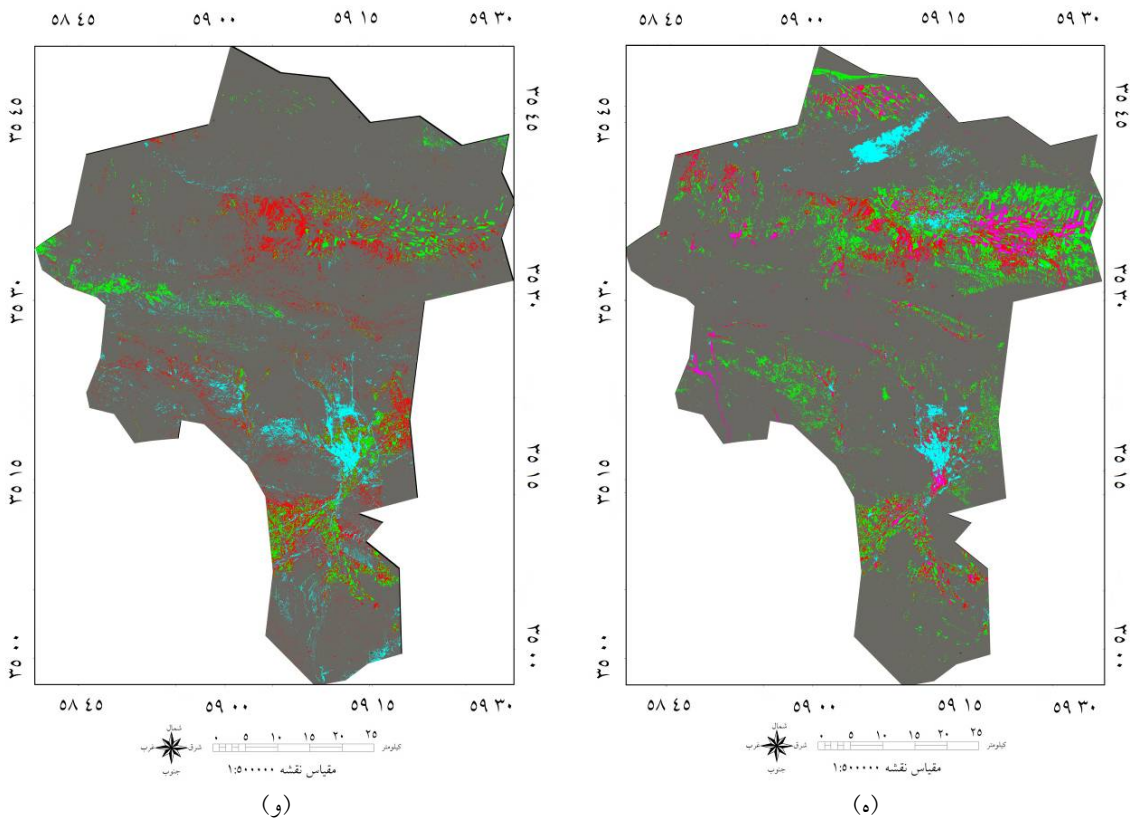
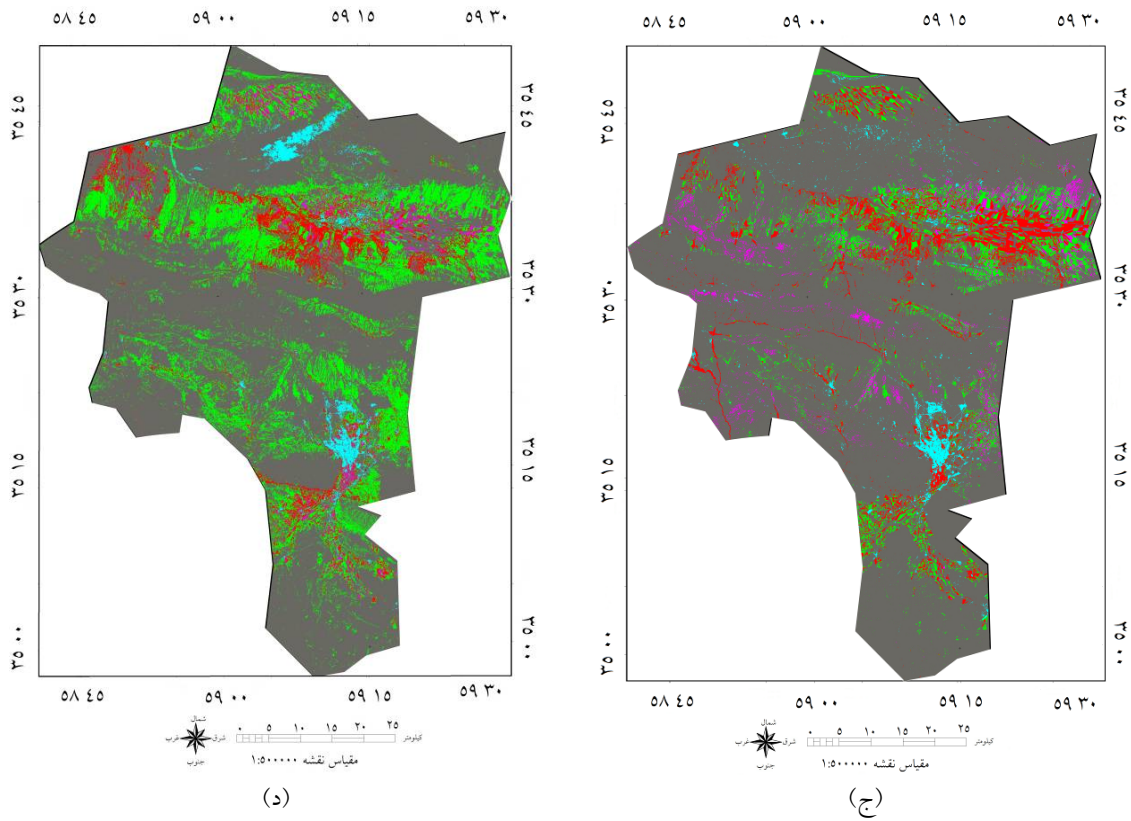
جدول ۵. نتایج پیاده‌سازی الگوریتم‌های طبقه‌بندی

روش طبقه‌بندی	مساحت محاسبه‌شده از تصویر (هکتار)	خطای نسبی
متوازی‌السطوح	۳۹۰۴۲	٪۵۱۶
حداکثر احتمال	۱۵۰۲۰	٪۹۸
فاصله ماهالانویس	۵۸۵۰	٪۲۲
حداقل فاصله	۴۷۲۰	٪۳۷
شبکه عصبی	۴۷۸۰	٪۳۶
ماشین بردار پشتیبان	۶۱۲۰	٪۱۸



شکل ۴. نتیجه حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم‌های طبقه‌بندی

(الف) ماشین بردار پشتیبان و (ب) حداکثر احتمال

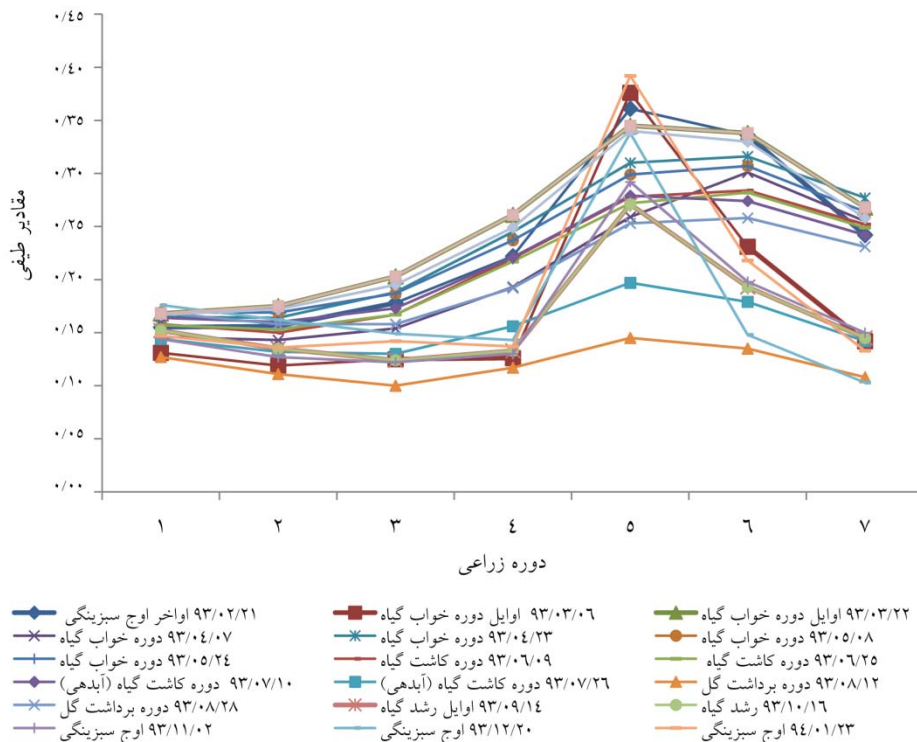


ادامه شکل ۴. نتیجه حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم‌های طبقه‌بندی
 (ج) فاصله ماهالانویس و (د) متوازی‌السطوح و (ه) حداقل فاصله، و (و) شبکه عصبی

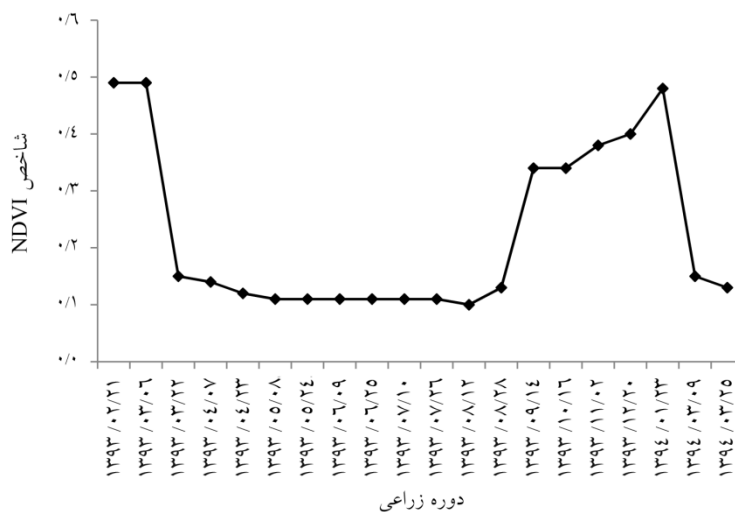
تقویم زراعی گیاهان منطقه

با استفاده از شاخص‌های گیاهی NDVI زمان اوج سبزیگی گیاه زعفران ماه‌های دی، بهمن و اسفند تشخیص داده شد که این مورد با استفاده از تقویم زراعی گیاهان منطقه مستخرج از کتب، مراجع و همچنین پرسش‌های شفاهی از

کشاورزان منطقه نیز تأیید گردید. در شکل ۵ نمودار طیفی گیاه زعفران در یک سال زراعی و جدول ۶ مراحل رشد گیاهان منطقه و همچنین در شکل ۶ روند تغییرات شاخص NDVI آورده شده است.



شکل ۵. منحنی رفتار طیفی گیاه زعفران در مدت یک سال زراعی



شکل ۶. روند تغییرات شاخص NDVI پوشش زعفران در یک سال زراعی

جدول ۶. مراحل رشد گیاهان منطقه در سال زراعی

نوع محصول	پاییز			زمستان			بهار			تابستان	
	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
زعفران	کاشت (آب دهی)		برداشت گل				رشد گیاه و اوج سبزینگی (گیاه به صورت سبز دیده می شود)			دوره خواب گیاه	کاشت
گندم و جو	کاشت		جوانه زنی	دوره خواب گیاه	رشد رویشی	رشد رویشی	رشد	رشد خوشه ها	اوج رشد	اوج رشد	زمین عاری از پوشش سبز
یونجه	برداشت یونجه		چرای زمین توسط دام	زمین فاقد پوشش سبز			شروع رشد	اوج رشد	یونجه و اولین برداشت	برداشت یونجه و رشد دوباره	
باغ و قلمستان	برگ درختان سبز	زرد شدن برگ ها	ریش برگ ها		خواب زمستانی درختان		جوانه زدن و رشد برگ ها			برگ ها به صورت کامل باز شده	

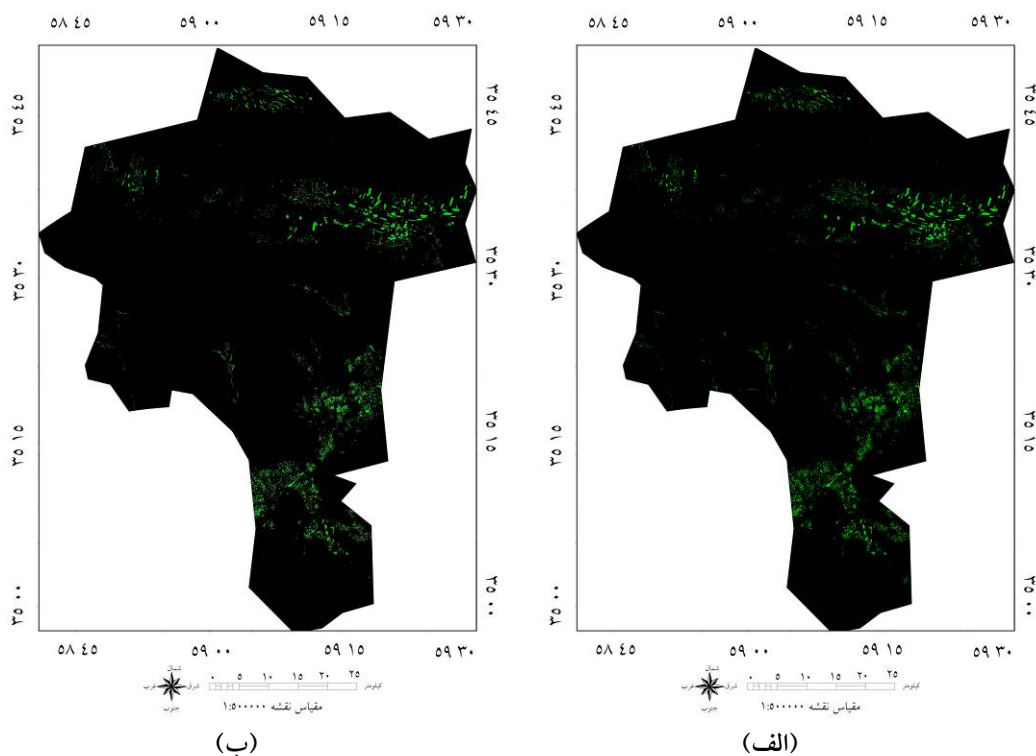
پایه سازی شاخص های گیاهی

پس از به دست آوردن زمان اوج سبزینگی گیاه زعفران پایه سازی شاخص های گیاهی بر روی تصاویر انجام شد. سپس با استفاده حد آستانه مناسب، محصول زعفران نسبت به سایر محصولات کشاورزی منطقه جداسازی گردید (جدول ۷ و شکل ۷). مقدار حد آستانه با استفاده از آزمون و خطا و با به کارگیری نمونه های آموزشی مربوط به گیاه زعفران، ۰/۳ در

نظر گرفته شد. همچنین با استفاده از اعمال شاخص های گیاهی مذکور بر روی تصویر اوج سبزینگی، کلیه مناطق جمع آوری شده به عنوان مناطق شاهد، مقدار بالایی را نشان دادند و به نوعی صحت روش مورد استفاده را مورد تأیید قرار دادند. همان طور که در شکل دیده می شود اختلاف دو شاخص NDVI و SAVI بسیار کم است.

جدول ۷. مساحت محاسبه شده به هکتار برای سطح زیر کشت گیاه زعفران با استفاده از شاخص های گیاهی

شاخص مورد استفاده	مساحت محاسبه شده از تصویر	مساحت مربوط به آمار وزارت جهاد	درصد خطای نسبی
NDVI	۷۱۱۸ هکتار	۷۵۵۰ هکتار	۵/۷
SAVI	۷۰۵۴ هکتار	۷۵۵۰ هکتار	۶/۵



شکل ۷. نقشه مناطق تحت کشت محصول زعفران در نتیجه پیاده‌سازی شاخص‌های گیاهی؛ (الف) NDVI و (ب) SAVI

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق، شناسایی سطح مزارع زیر کشت محصول زعفران به‌عنوان یکی از محصولات دارای ارزش اقتصادی شهرستان تربت حیدریه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 بود. به همین منظور در قالب دو رویکرد برای تصاویر سری زمانی چندین روش موردبررسی قرار گرفت. در ابتدا، تصاویر از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری بررسی و تصحیح گردید. نتایج بررسی تفکیک‌پذیری طبقات با معیار فاصله واگرایی تبدیل‌شده نشان داد که میزان تفکیک‌پذیری طبقات، باغستان، شهر، زعفران، جو و خاک با یکدیگر خوب بوده است. در رویکرد اول روش‌های متداول طبقه‌بندی پیاده‌سازی شدند. نتایج تحقیق نشان دادند، از میان روش‌های طبقه‌بندی، بهترین دقت مربوط به روش ماشین‌های بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۵ درصد، ضریب کاپا ۰/۹۰ بود. مقدار خطای نسبی این روش در برآورد سطح زیر کشت گیاه زعفران در مقایسه با آمارهای وزارت جهاد

کشاورزی (۶۱۲۰ هکتار مربوط به طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان و ۷۵۵۰ هکتار مربوط به آمار جهاد کشاورزی)، ۱۸ درصد بود. این مورد با مطالعات یانگ و همکاران (۳۷)، ژو و همکاران (۳۶)، چوبی و همکاران (۱۴) که اثبات نمودند بهترین طبقه‌بندی کننده تصاویر ماهواره‌ای، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان است، همخوانی دارد. همچنین، نتایج رویکرد اول به‌طورکلی تصدیق‌کننده مطالعات پیشین می‌باشد که در آن‌ها الگوریتم ماشین بردار پشتیبان دقیق‌تر از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و دیگر الگوریتم‌های بکار برده شده است. در رویکرد دوم با توجه به داشتن تصاویر زمانمند، مطالعه منابع علمی و همچنین بازدیدهای میدانی و پرسش از کشاورزان، تقویم زراعی محصولات منطقه به دست آمد. با بررسی این تقویم، اوج سبزیگی گیاه زعفران در ماه‌های دی، بهمن و اسفند تشخیص داده شد که با سایر محصولات کشت‌شده در منطقه هم‌زمانی نداشت. شاخص‌های گیاهی (NDVI و SAVI) بر روی تصاویر اوج سبزیگی پیاده‌سازی گردید و نقشه سطح زیر کشت گیاه زعفران به

- شبکه‌ی عصبی مصنوعی در تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۲(۳۷): ۱۳۳-۱۴۶.
۲. حبیبی، م. و ع. باقری. ۱۳۷۶. زعفران: زراعت، فرآیند ترکیبات شیمیایی و استانداردهای آن. انتشارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران مرکز خراسان. ۱۰۷۰ صفحه.
۳. رمضان‌خانی، م. و س. مختارزاده و م. ر. صاحبی. ۱۳۹۰. مقایسه تفکیک‌پذیری محصولات کشاورزی در طبقه‌بندی چندزمانه با روش‌های آماری و شبکه‌های عصبی. مجموعه مقالات ژئوماتیک ۹۰. سازمان نقشه‌برداری کشور. اردیبهشت ماه.
۴. سرکارگردگانی، ع. و ن. نبوی. ۱۳۹۱. شناسایی و برآورد سطح زیر کشت گیاه زعفران و طبقه‌بندی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: کاشمر). دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست. تهران. ۲۶ الی ۲۷ اردیبهشت ماه.
۵. سفینیان، ع. و م. مدنیان. ۱۳۹۰. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی کننده حداکثر مشابهت و حداقل فاصله از میانگین در تهیه نقشه پوشش اراضی (مطالعه موردی: استان اصفهان). علوم آب و خاک، ۱۵(۵۷): ۲۶۳-۲۶۴.
۶. شکوری، ع. ۱۳۹۲. سیاست‌های توسعه کشاورزی در ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۳ صفحه.
۷. علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۹. اصول سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۸۲ صفحه.
۸. کافی، م. ۱۳۸۱. فناوری و تولید و فرآوری زعفران. چاپ اول، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۰۰۱ صفحه.
۹. کبیری، ک. ۱۳۸۰. بررسی اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۳۳ صفحه.
10. Ahmad Shah S. 2012. Use of Geographic Information System in Land Use Studies: A micro Level Analysis. European Journal of Applied Sciences, 4(3): 123-128.
11. Bagan H, Yamagata Y. 2012. Landsat analysis of urban growth: How Tokyo became
- دست آمد. میزان اختلاف نسبتاً کم NDVI و SAVI (در این تحقیق به ترتیب ۷۱۱۸ هکتار و ۷۰۵۴ هکتار برای زعفران) در رویکرد دوم، با تحقیقی که در یک مزرعه گندم واقع در ایالت آریزونا در سه مرحله رشد مختلف انجام شد، مطابقت داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که کارایی شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI اختلاف زیادی نداشته و استفاده از SAVI به جای NDVI مزیت چندانی در پی ندارد. مقایسه دو رویکرد پیشنهادی در این مقاله با آمارهای ارائه‌شده مربوط به سال زراعی مورد مطالعه (۹۲-۹۳) توسط وزارت جهاد کشاورزی نشان داد که رویکرد دوم تفاوت یا افزایش ۵/۷ درصدی (در بهترین حالت در مورد NDVI) در برآورد مساحت زمین‌های تحت کشت گیاه زعفران را ارائه نمود. میزان سطح زیر کشت زعفران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در رویکرد دوم و استفاده از شاخص NDVI و حد آستانه ۰/۳، ۷۱۱۸ هکتار برآورد شد. نتایج نشان داد که داده‌های سنجنده‌های چند بانندی که در طول دوره رشد محصولات کشاورزی اخذ شده‌اند، با وجود خطای موجود، نتایج به نسبت قابل قبولی نسبت به حالت استفاده از تک تصویر در این قبیل بررسی‌ها دارد. با این وجود به نظر می‌رسد مناسب‌ترین روش شناسایی سطح زیر کشت گیاه زعفران، استفاده از شاخص‌های گیاهی در تصاویر مربوط به اوج سبزیگی زعفران بوده است. با توجه به عامل زمان و هزینه برآورد سطح زیر کشت این روش در مقایسه با روش نقشه‌برداری زمینی و نیز خطای ناشی از روش جمع‌آوری زمینی آمارهای کشاورزی که با دخالت انسانی بیشتری همراه است، ارزش استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بیش از پیش معلوم خواهد شد. بنابراین، سرعت و دقت در این قبیل ارزیابی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین نتایج این گونه مطالعات می‌تواند در برآورد تعیین پراکنش توزیع و وسعت کاربری‌ها و دیگر مطالعات محیط زیستی، مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. آرخی، ص. و ح. فتحی‌زاد. ۱۳۹۲. ارزیابی کارایی چهار روش

- sciences, 1946. vol 1007. The Royal Society, pp 453-461.
23. Joshi PK, Roy P, Singh S, Agrawal S, Yadav D. 2006. Vegetation cover mapping in India using multi-temporal IRS Wide Field Sensor (WiFS) data. *Remote Sensing of Environment*, 103(2): 190-202.
 24. Kamusoko C, Aniya M. 2007. Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura District, Zimbabwe. *Land Degradation & Development*, 18(2): 221-233.
 25. Kavzoglu T, Colkesen I. 2009. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(5): 352-359.
 26. Keuchel J, Naumann S, Heiler M, Siegmund A. 2003. Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 86(4): 530-541.
 27. Knorn J, Rabe A, Radeloff VC, Kuemmerle T, Kozak J, Hostert P. 2009. Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 113(5): 957-964.
 28. Landgrebe DA. 2003. *Signal theory methods in multispectral remote sensing*, John Wiley & Sons Pub. Hoboken, New Jersey.
 29. Li C, Wang J, Wang L, Hu L, Gong P. 2014. Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with Landsat thematic mapper imagery. *Remote Sensing*, 6(2): 964-983.
 30. Marsden T, Murdoch J, Morgan K. 1999. Sustainable agriculture, food supply chains and regional development: editorial introduction. *International Planning Studies*, 4(3): 295-301.
 31. Mather PM, Tso B. 2009. *Classification Methods for Remotely Sensed Data Second Edition*, CRC Press. New York.
 32. Mobasher M, Rahimzadegan M. 2011. Introduction to protein absorption lines index for relative assessment of green leaves protein content using EO-1 Hyperion datasets. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(1): 135-147.
 33. Petropoulos GP, Kontoes C, Keramitsoglou I. 2011. Burnt area delineation from a uni-temporal perspective based on Landsat TM imagery classification using support vector the world's largest megacity during the last 40years. *Remote sensing of Environment*, 127: 210-222.
 12. Campbell JB. 1987. *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press 0073, NewYork.
 13. Caren CD, David JM, Volker CR. 2001. Phonological difference in Tasseled Cap indices improves deciduous forest classification. *Remote Sensing of Environment*, 80: 460-472.
 14. Chubey MS, Franklin SE, Wulder MA. 2006. Object-based analysis of Ikonos-2 imagery for extraction of forest inventory parameters. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(4): 383-394.
 15. Department of the Interior U.S. Geological Survey LSDS.2015. *Landsat-8 Data Users Handbook-1574*, USGS-Earth Resources Observation and Science: Sioux Falls, South Dakota, USA.
 16. Dixon B, Candade N. 2008. Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both? *International Journal of Remote Sensing*, 29(4): 1185-1206.
 17. Duro DC, Franklin SE, Dubé MG. 2012. A comparison of pixel-based and object-based image analysis with selected machine learning algorithms for the classification of agricultural landscapes using SPOT-5 HRG imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118: 259-272.
 18. Gopal S, Woodcock CE, Strahler AH. 1999. Fuzzy neural network classification of global land cover from a 1 AVHRR data set. *Remote Sensing of Environment*, 67(2): 230-243.
 19. Huang C, Davis L, Townshend J. 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of remote sensing*, 23(4): 725-749.
 20. Huete AR. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3): 295-309.
 21. Hussain M, Chen D, Cheng A, Wei H, Stanley D. 2013. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80: 91-106.
 22. Jeffreys H. 1946. An invariant form for the prior probability in estimation problems. In: *Proceedings of the Royal Society of London a: mathematical, physical and engineering*

- Callum I. 2003. Application of decision tree technology for image classification using remote sensing data. *Agricultural Systems*, 76(3): 1101-1117.
38. Yuan F, Bauer ME, Heinert NJ, Holden GR. 2005. Multi-level land cover mapping of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area with multi-seasonal Landsat TM/ETM⁺ data. *Geocarto International*, 20(2): 5-13.
39. Zhong L, Gong P, Biging GS. 2014. Efficient corn and soybean mapping with temporal extendability: A multi-year experiment using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140(1): 1-13.
40. Zhu Z, Woodcock CE. 2014. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. *Remote sensing of Environment*, 144: 152-171.
- machines. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(1): 70-80.
34. Riedmiller M. 1994. Advanced supervised learning in multi-layer perceptrons—from backpropagation to adaptive learning algorithms. *Computer Standards & Interfaces*, 16(3): 265-278.
35. Sönmez N, Sarı M. 2007. Monitoring land use change in the West Mediterranean region of Turkey: a case study on Antalya-Turkey coast. *Fresenius Environmental Bulletin*, 16(11a): 1325-1330.
36. Xu M, Watanachaturaporn P, Varshney PK, Arora MK. 2005. Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 97(3): 322-336.
37. Yang C-C, Prasher SO, Enright P, Madramootoo C, Burgess M, Goel PK,



Identification of the area under cultivation of Saffron using Landsat-8 temporal satellite images (Case study: Torbat Heydarieh)

M. Rahimzadegan^{1*}, M. Pourgholam²

1. Assis. Prof. College of Civil Engineering, K.N.Toosi University of Technology

2. MSc. Student of Remote Sensing and Geographic Information System, Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 August 2016

Accepted 17 January 2017

Available online 11 February 2017

Keywords:

Saffron area under cultivation

Vegetation indices

Classification methods

Green peak

Torbat Heydarieh

ABSTRACT

The aim of this research is the identification of Saffron fields with Landsat-8 Satellite images in Torbat Heydarieh. In this regard, two approaches were utilized. The first approach was dealing with implementation of neural network, support vector machine, Mahalanobis distance, the minimum distance, maximum likelihood and parallelepiped classification methods to achieve land cover map. The second approach was to use normalized difference vegetation index (NDVI) and soil adjusted vegetation index (SAVI) in the greenness peak time range of saffron. To prepare field data, coordinate and land cover class of 2587 points (1463 as training sample and others as tested) in a region with at least 30 m same land cover on January 25th, 2015 and May 9th, 2015 were recorded using a GPS receiver. Furthermore, statistics presented by ministry of Agriculture Jihad in the 2014-2015 crop year was used for evaluation. Two measures, including Kappa coefficient and overall accuracy were used for evaluation of the results. Support vector machine classification with overall accuracy of 95% and a Kappa coefficient of 90%, was the best method of the first approach. It shows a difference of about 18% in saffron area comparing with Jihad statistics. On the other hand, NDVI as the best method of second approach shows an area of 7118 hectares which comparing with Jihad statistics (7550 hectares), shows the error of 5.7%. Hence, the results indicate the performance of temporal vegetation indices in identification of saffron fields according to its phenology.

* Corresponding author e-mail address: rahimzadegan@kntu.ac.ir