



مقاله علمی - پژوهشی

تعیین قابلیت تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در تخمین سطح زیر کشت زعفران (نمونه موردی: شهرستان تربت حیدریه)

جلیل فرزادمهرا*^۱ و کاظم تباکی بجستانی^۲

تاریخ دریافت: ۴ مهر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: ۳ بهمن ۱۳۹۵

فرزادمهرا، ج. و تباکی بجستانی، ک. ۱۳۹۷. تعیین قابلیت تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در تخمین سطح زیر کشت زعفران (نمونه موردی: شهرستان تربت حیدریه). زراعت و فناوری زعفران، ۶(۱): ۴۹-۶۰.

چکیده

زعفران محصولی استراتژیک است و برآورد سطح زیرکشت و در نهایت برآورد میزان تولید آن در محدوده‌های جغرافیایی خاص، لازمه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مقتضی جهت انجام مبادلات اقتصادی و تجاری می‌باشد. بنابراین، سرعت و دقت در این قبیل ارزیابی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده تکنیک‌های سنجش از دور، به دلیل فراهم آوردن داده‌های به هنگام و قابلیت بالای آنالیز تصاویر و همچنین امکان مطالعه در یک محدوده وسیع و با دقت قابل قبول، می‌تواند کمک شایانی در این ارزیابی‌ها ایفا نماید. در این مطالعه به منظور تعیین قابلیت تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در برآورد و ارزیابی سطح زیرکشت محصول زعفران در شهرستان تربت حیدریه، پس از اعمال پیش پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از روش‌های معمول پردازش تصاویر ماهواره‌ای، از جمله ترکیب باندهای رنگ کاذب، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، شاخص‌های گیاهی (NDVI، SAVI، EVI، DVI، RVI و TSAVI) و طبقه‌بندی نظارت‌شده اراضی تحت کشت زعفران شناسایی شدند. جهت ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، نقشه تولیدی با نقاط واقعیت زمینی مشخص شده از طریق GPS مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب ۸۸ و ۹۸ درصد محاسبه شد. مساحت سطح زیر کشت زعفران در این مطالعه ۱۹۵۰۳/۴۵۷۲ هکتار برآورد گردید که با توجه به آمار سازمان جهاد کشاورزی مبنی بر ۲۲۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت زعفران این شهرستان در سال ۱۳۹۳، می‌توان بیان داشت که تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زعفران در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، سطح زیر کشت زعفران، LDCM

۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، بیابان زدایی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(* نویسنده مسئول: farzadmehra@torbath.ac.ir)

مقدمه

زعفران محصولی استراتژیک است و برآورد سطح زیر کشت و در نهایت برآورد میزان تولید آن در محدوده‌های جغرافیایی خاص، لازمه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مقتضی جهت انجام مبادلات اقتصادی و تجاری می‌باشد تا برنامه‌ریزی‌های اقتصادی صحیحی در مورد صادرات یا واردات آن صورت گیرد. برآورد سطح زیر کشت محصولات مختلف کشاورزی در کشور ایران معمولاً از سه طریق تخمین کارشناسی، برآورد از طریق فهرست برداری و استفاده از فن‌آوری‌های جدید (از جمله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی) انجام می‌گیرد. در ایران به‌دست آوردن آمار مربوط به کشاورزی، بیشتر از طریق کارشناسی و روش‌های سنتی صورت می‌پذیرد. بررسی‌ها نشان داده است که این روش‌ها دارای خطاهای زیادی است؛ بنابراین به‌کارگیری روش‌های دقیق‌تر و سریع‌تر برای کمک به برنامه‌ریزی‌های کلان مختلف از جمله کشاورزی ضروری می‌باشد. بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای به‌مثابه‌ی راه‌کاری جدید نه‌تنها کاستی‌های ناشی از خطای انسانی را کاهش می‌دهد بلکه می‌تواند در امر برنامه‌ریزی‌های مختلف در حیطه‌ی کشاورزی نیز کارگشا باشد و باعث کاهش هزینه و زمان شود (Ziaeiian-Firoozabadi, 2009).

خواجه‌الدین و پورمنافی (Khajeddin & Pourmanafi, 2007) در مطالعه‌ای برای تعیین سطح زیر کشت شالیزارهای منطقه اصفهان، از داده‌های رقومی ماهواره IRS-1D هند (سنجنده‌های PAN، LISS III و سری زمانی WiFS) استفاده کردند. آنان با استفاده از باند مادون قرمز موج کوتاه و استفاده از شاخص‌های NDVI^۱، NDWI^۲ مخصوصاً شاخص آب،

شالیزارهای منطقه مطالعاتی را جدا کردند، ولی به همراه شالیزارها برخی کشت‌های دیگر و پوشش سبز مانند فضای سبز و چمن‌کاری‌های اطراف زاینده‌رود که در زمان تصویربرداری همانند برنج آبیاری می‌شوند نیز به‌عنوان شالیزار طبقه‌بندی می‌شود. آن‌ها اعلام کردند که بهترین زمان برای تعیین سطح زیر کشت برنج زمانی است که مزارع برنج پرآب و همچنین دارای LAI^۳ بالایی است. در پژوهشی که توسط وارلدلو و همکاران (Wardlow et al., 2007) انجام شد به بررسی روند زمانی داده‌های شاخص‌های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع کشاورزی شامل: یونجه، ذرت، ذرت خوشه‌ای، سویا، زمین‌های آیش و گندم با استفاده از ۱۲ تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر پرداخته و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص‌های EVI^۴ و NDVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک کردند. به‌منظور شناسایی و تفکیک اراضی زیر کشت محصولات مختلف و تهیه نقشه انواع محصولات منطقه‌ای در اطراف مشهد از دو تصویر (مربوط به ماه‌های اردیبهشت و شهریور) داده‌های رقومی ماهواره لندست، سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده شده است (Alipour et al., 2014). جهت طبقه‌بندی تصویر در هر یک از این دو ماه، از روش طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است (Alipour et al., 2014).

این تحقیق به‌منظور تعیین سطح زیر کشت زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه با کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

۳- Leaf area index

۴- Enhanced vegetation index

۱- Normalized difference vegetation index

۲- Normalized difference water index

کردن تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد.

جهت تعیین سطح زیر کشت زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه، با استفاده از نقشه‌های منطقه و استفاده از GPS از آذر ۱۳۹۳ تا آخر فروردین‌ماه سال بعد به منطقه مراجعه شد تا ضمن آشنایی با مناطق تحت کاشت زعفران، نواحی تعلیمی مناسب جهت طبقه‌بندی تصاویر نیز تعیین گردد. همچنین از کشاورزان و مالکان اراضی نیز اطلاعاتی درباره نوع کشت و تاریخ کاشت و برداشت زعفران و محصولات دیگر کسب شد.

مراحل پردازش داده‌های ماهواره‌ای تا دستیابی به تعیین سطح زیر کشت زعفران، به صورت زیر می‌باشد: ۱- تصحیح رادیومتریک و هندسی ۲- بارزسازی (افزایش کنتراست و انواع آنالیزها) ۳- استفاده از شاخص‌های گیاهی ۴- آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۵- طبقه‌بندی تصویر (طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده)

اطلاعات ماهواره‌ای در حالت اولیه به دلیل داشتن اعوجاجات هندسی و اتمسفری نیاز به تصحیح دارند که تصحیح بایستی بر روی کلیه باندها اعمال گردد. برای داشتن تصاویری با کیفیت مطلوب به منظور طبقه‌بندی، شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی که هدف اصلی تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای است، تصحیح داده‌های ماهواره‌ای صورت گرفت. تصحیح در سه بخش هندسی، رادیومتریک و اتمسفری انجام شد.

جهت جبران انحرافات هندسی به نحوی تصحیح شد که فایل‌های خروجی قابلیت انطباق با نقشه را داشته باشد (Lillesand & Kife, 2000; Alizadeh Rabie, 2013). جهت تصحیح هندسی تصاویر سنجنده OLI، در ابتدا ۳۰ نقطه کنترل زمینی با مختصات UTM از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور انتخاب شد و سپس با بررسی $RMSE^2$ به دست آمده نقاطی که دارای خطای بالایی بودند

انجام گرفت. از آنجا که شهرستان تربت‌حیدریه یکی از قطب‌های تولید زعفران در ایران می‌باشد، بنابراین آگاهی از وضعیت سطح زیر کشت در این شهرستان در تعریف واحدهای مدیریت دقیق ارزشمند است و همچنین می‌تواند کمک شایانی در تعیین میزان تولید خالص و میزان کمبود و یا مازاد تولید زعفران، به منظور ثبات بازار داشته باشد.

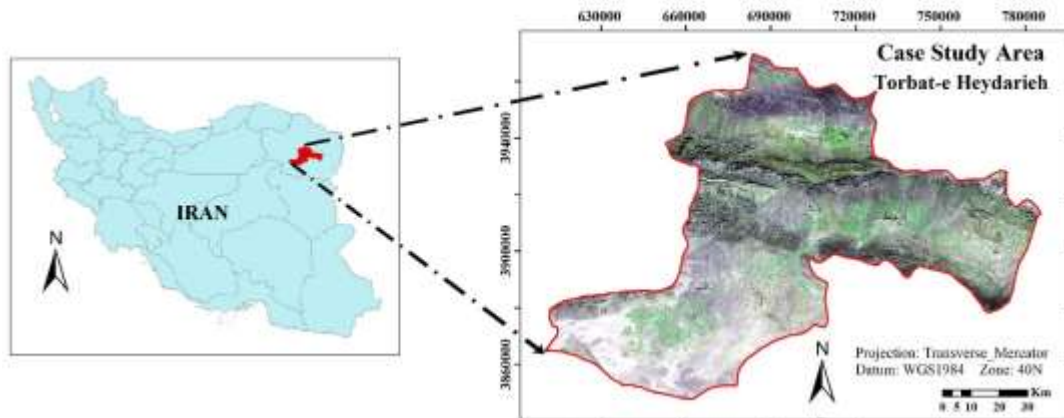
مواد و روش‌ها

شهرستان تربت‌حیدریه با وسعت ۹۵۷۰ کیلومترمربع و به فاصله ۱۴۲ کیلومتری از مرکز استان خراسان رضوی در مدار ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). تربت‌حیدریه با تولید بیش از ۵۰ تن زعفران خشک اولین منطقه از لحاظ تولید زعفران در دنیا است. ایران در مجموع با تولید ۱۵۰-۱۷۰ تن زعفران بزرگ‌ترین کشور تولیدکننده زعفران در جهان محسوب می‌شود و استان خراسان رضوی بیشترین مقدار زعفران تولیدی کشور را دارا می‌باشد.

در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (LDCM^۱) با شماره ردیف‌های ۱۵۹-۳۶، ۱۵۹-۳۶ و ۱۶۰-۳۶ به ترتیب در تاریخ‌های ۹۳/۹/۲۷، ۹۳/۹/۲۷ و ۹۳/۱۰/۳ استفاده شد. علت انتخاب تاریخ تصاویر فوق به این دلیل می‌باشد که دوره کشت اغلب محصولات کشاورزی منطقه در بهار و تابستان بوده و زعفران از این نظر با سایر محصولات کشاورزی منطقه متفاوت است. شروع رشد رویشی زعفران از نیمه آبان ماه آغاز و تا اواخر اردیبهشت‌ماه سال بعد سبز می‌باشد. دوره گل‌دهی آن نیز یک ماه و از اواسط آبان تا نیمه آذرماه است. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقاط کنترل زمینی برداشت‌شده با GPS برای شناسایی بهتر منطقه و زمین مرجع

احتمال، کمترین میزان انعکاس طیفی را داشته و متعلق به آب عمیق و زلال و سایه میان تصویر باشد که انعکاس آن صفر است. زیرا در صورت وجود ذرات پراکنده در جو، پراکنش جوی باعث می‌شود که عملاً انعکاس طیفی پیکسل‌های تاریک صفر نباشد (Alavi-Panah, 2015). خواجه‌الدین و همکاران (Khajeddin & Pourmanafi, 2007) نیز از این روش برای تصحیح اتمسفریک استفاده کردند. در این مطالعه از سایه کوه‌ها و مناطق دارای آب عمیق، برای تصحیح تصاویر مختلف بر اساس باند مادون قرمز هر سنجنده در تاریخ‌های مختلف، تصحیح اتمسفریک استفاده شد.

حذف و نهایتاً با ۲۵ نقطه کنترل زمینی و با اعمال روش نزدیک‌ترین همسایه و مدل هندسی چندجمله‌ای درجه ۱ باند پانکروماتیک (۱۵ متری) زمین مرجع گردید. در ادامه به کمک باند PAN، دیگر باندهای سنجنده OLI نیز هم مختصات شدند و با انجام عمل فیوژن این باندها با باند PAN، قدرت تفکیک هندسی آن‌ها نیز به ۱۵ متر افزایش یافت. تصاویر مورد نظر پس از موزاییک کردن، بر اساس مرز شهرستان تربت‌حیدریه برش داده شد. برای تصحیح اتمسفریک از تکنیک کاهش پیکسل‌های تاریک استفاده شد. با این فرضیه که پیکسل تاریک با حداکثر



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location of case study area.

کمی کردن اندازه‌ها ($0 < DN < 255$) می‌باشد. با استفاده از اطلاعات موجود در متادیتا تصاویر در رابطه فوق‌الذکر برای در کدام از تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در مطالعه، کلیه تصاویر تصحیح؛ و بدین ترتیب مبنای داده‌های تصاویر یکسان گردیدند.

از ترکیب ۳ باند مختلف و اختصاص هر یک از ۳ رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی به هر باند تصویر ماهواره‌ای، تصویر رنگی کاذب ساخته می‌شود. جهت ایجاد ترکیبات رنگی کاذب می‌توان ترکیبات متفاوتی از باندها ایجاد نمود (Alizadeh

تصحیح رادیومتری یا کالیبره کردن سنجنده زمانی ضرورت پیدا می‌کند که تصاویر چند زمانه را مورد استفاده قرار گیرد و تصاویر، مربوط به فصول یا سال‌های مختلف می‌باشد. این تصحیحات با استفاده از رابطه ۱ بر روی داده‌ها اعمال می‌گردد (Jensen, 1996).

$$L_{rad} = (DN/Max Gray) * (L_{max} - L_{min}) + L_{min} \quad (1)$$

در این معادله، L_{rad} : تابندگی در رقم پیکسل معین، L_{max} : حداکثر رقم تابندگی در یک باند معین، L_{min} : حداقل رقم تابندگی در یک باند معین و Max Gray: مقیاس کالیبراسیون

جدول ۱- شاخص‌های طیفی گیاهی
Table 1-Vegetation spectral indices

شاخص‌های گیاهی Vegetation indices		شاخص‌های پوشش گیاهی تعدیل کننده اثر خاک Soil-adjusted vegetation indices	
DVI	NIR - red	EVI	$G \times [(NIR - red) / (NIR + C1 \times red - C2 \times blue + L)]$ where $G = 2.5, C1 = 6, C2 = 7.5, L = 1$
NDVI	$(NIR - red) / (NIR + red)$	SAVI*	$[(NIR - red) / (NIR + red + L)] \times (1 + L)$
RVI	NIR / red	TSAVI**	$[a(NIR - a \times red - b)] / [a \times NIR + red - (a \times b) + X(1 + a^2)]$

* - که در آن L یک ضریب تصحیح تأثیر خاک می‌باشد و محدوده آن از صفر برای پوشش گیاهی بسیار بالا تا ۱ برای پوشش گیاهی بسیار کم است. ارزش ۰/۵ برای پوشش گیاهی متوسط بکار می‌رود. در این مطالعه از مقدار ۰/۵ استفاده شد.

* - where L = 0.5 where L is a correction factor which ranges from 0 for very high vegetation cover to 1 for very low vegetation cover. The most typically used value is 0.5 which is for intermediate vegetation cover and that is the value used here.

** - در این معادله a و b به ترتیب شیب و ضریب ثابت معادله خط خاک می‌باشند. X: برای کاهش اثر خاک مقدار X بصورت تجربی معادل ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود.

** - where a = slope of the soil line, b = intercept of the soil line, X = 0.8 (adjustment factor with this value is in original paper).

بیان شده است (Silleos et al., 2006).

در روابط تعدیل کننده اثر خاک باید از معادله خط خاک استفاده شود. جهت به دست آوردن معادله خط خاک ابتدا تصویر NDVI مربوط به منطقه مورد مطالعه ایجاد و پیکسل‌های دارای خاک لخت بر روی آن مشخص شدند. از پیکسل‌های دارای خاک لخت جهت استخراج ارزش‌های طیفی خاک لخت در دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک (به ترتیب باندهای ۴ و ۵ لندست ۸) استفاده شد. سپس بین ارزش‌های طیفی مذکور در دو باند اخیر رابطه رگرسیونی به گونه‌ای برقرار شد، که ارزش‌های باند قرمز به عنوان متغیر مستقل (x) و ارزش‌های باند مادون قرمز نزدیک نیز به عنوان متغیر وابسته (y) در نظر گرفته شوند. از ضرایب خط خاک (شیب و مقدار ثابت) به دست آمده جهت ایجاد شاخص‌های گیاهی مناسب برای کاهش اثر خاک و بازتاب زمینه استفاده گردید (Farzadmehr et al., 2004).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۸ (PCA) روشی جهت متراکم کردن اطلاعات در تصویر به منظور تفسیر بهتر داده‌های ماهواره‌ای است. عوامل اتمسفری و زمان تصویربرداری PCA را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در نتیجه در صورت چند زمانه بودن تصاویر،

برای ایجاد تصاویر رنگی کاذب در این مطالعه با کمک فاکتور شاخص مطلوب^۱ (OIF) بهترین ترکیب باندی جهت نمایش هرچه بهتر پدیده‌ها در فضای RGB تعیین و ترکیب رنگی کاذب تولید شد. این شاخص، یک شاخص آماری است که بر اساس انحراف معیار و ضریب همبستگی بین باندها عمل می‌کند. این شاخص ترکیبات باندی با بیشترین میزان اطلاعات یعنی بزرگ‌ترین مجموع انحراف معیار و پایین‌ترین میزان همبستگی را ارائه می‌دهد (Tabaki Bajestani et al., 2014). در مورد پوشش گیاهی زنده از بخش مرئی به طرف بخش مادون قرمز میانی، تفاوت معنی‌داری در انعکاس و جذب طیف‌ها رخ می‌دهد. شاخص‌های گیاهی از ترکیب باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک (NIR) استفاده می‌شود. در این تحقیق شاخص‌های گیاهی^۲، ^۳SAVI، ^۴RVI، ^۵DVI، ^۶NDVI و ^۷TSAVI بر روی تصویر اعمال و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید. در جدول ۱ فرمول هر یک از شاخص‌های مورد استفاده،

- ۱- Optimum Index Factor
- ۲- Soil Adjusted Vegetation Index
- ۳- Enhance Vegetation Index
- ۴- Ratio Vegetation Index
- ۵- Difference Vegetation Index
- ۶- Normalized Difference Vegetation Index
- ۷- Transformed Soil Adjusted Vegetation Index

۸- Principle Component Analysis

نظر در این مطالعه با دقت مناسبی زمین مرجع گردیده است. در نتیجه تصحیح رادیومتریک بر روی داده‌ها، رقم پیکسل عوارض سطح زمین در داده‌های ماهواره‌ای به مقدار واقعی آن تبدیل و اثر زوایای مختلف ارتفاع خورشید در تصاویر زمان‌های مختلف در کلیه تصاویر یکسان گردید. برای ایجاد تصاویر رنگ کاذب بین باندهای ۱ تا ۷ سنجنده OLI تحلیل OIF صورت گرفت و بهترین ترکیب باندهای برای تشخیص عوارض و پدیده‌های منطقه تعیین گردید. نتایج این شاخص در جدول ۲ آمده است. طبق این جدول بهترین ترکیب باندهای ۷۵۶ تعیین شد. شکل ۳ تصویر ترکیب باندهای رنگ کاذب ۷۵۶ را نشان می‌دهد. محققان دیگر نیز از فاکتور شاخص مطلوبیت (OIF) استفاده نمودند و بهترین ترکیبات باندها جهت تهیه تصاویر رنگی کاذب را با کمک این شاخص یافتند و این روش را برای تعیین ترکیب رنگی کاذب مطلوب ارزیابی کردند (Tabaki Bajestani et al., 2014; Masoud & Koike., 2005).

جدول ۲- مقادیر شاخص OIF برای تعیین بهترین ترکیب باندهای رنگی کاذب (FCC)

Table 2- Values OIF index to determine the best False Color Composite (FCC)

بالاترین مقادیر شاخص OIF OIF index highest ranking	
*Band 7, Band5, Band6	5326.46
Band4, Band5, Band6	5197.78
Band1, Band5, Band6	5134.22
Band4, Band6, Band7	5121.6
Band2, Band5, Band6	5086.73
Band3, Band5, Band6	5073.36

*: Band: باند

از شاخص‌های گیاهی نیز برای تفکیک مناطق تحت پوشش زعفران استفاده شد. از این میان، شاخص‌هایی که اثر بازتابش خاک را مورد توجه قرار داده‌اند، بهتر مناطق تحت پوشش زعفران را تفکیک کردند. دلیل آن را می‌توان زمان تصویر و اقلیم نیمه‌خشک منطقه دانست که منطقه از پوشش گیاهی کمی برخوردار است. در این مطالعه تصویر در ابتدای فصل

این آنالیز کارایی بیشتری را دارا خواهد بود (Tong et al., 2004). معمولاً بیش از ۹۰ درصد اطلاعات در تصاویر در سه جزء اول این آنالیز متراکم می‌شوند (Lillesand & Kife, 2000). در این تحقیق از آنالیز PCA برای تشخیص عوارض سطح زمین و محدوده‌های کشت گیاهان زراعی بخصوص زعفران استفاده گردید.

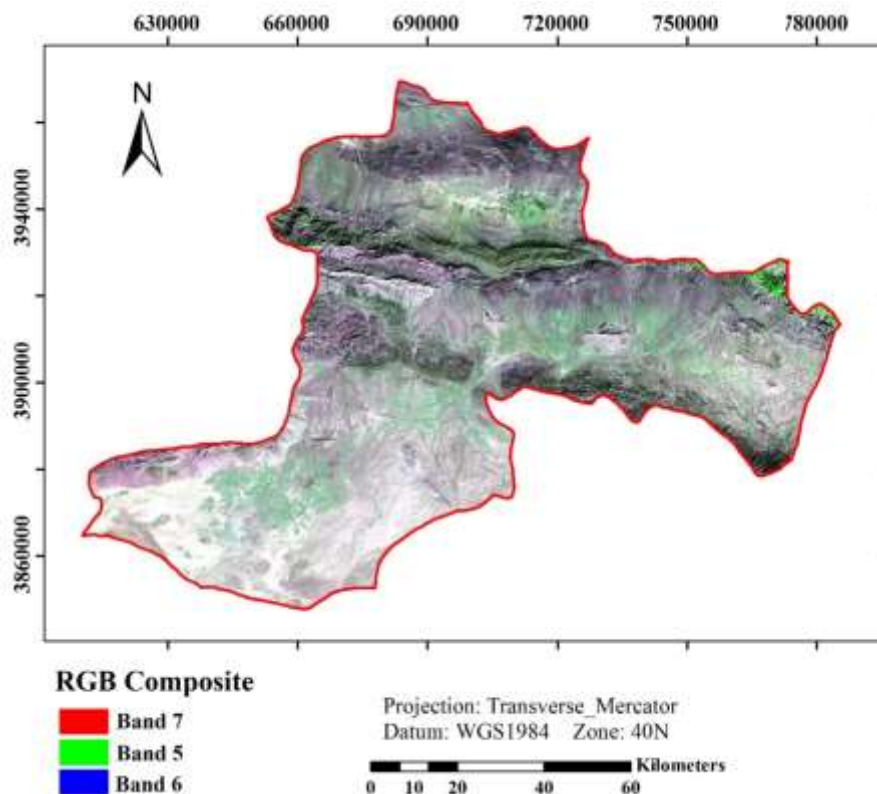
به‌منظور طبقه‌بندی مناطق تحت کشت زعفران از پدیده‌ها و عوارض مختلف از الگوریتم‌های دو روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و طبقه‌بندی نظارت‌نشده استفاده شد. در ادامه با استفاده از روش‌های مختلف نمونه‌گیری و کنترل زمینی و بررسی میزان کل پیکسل‌هایی طبقه‌بندی‌شده و تعداد پیکسلی که در نمونه‌گیری دخالت داشته‌اند و نیز استفاده از روابط آماری مربوطه، دقت طبقه‌بندی برآورد گردید (Lillesand & Kife, 2000; Schmidt & Karnicli, 2000) که در آن نقشه‌های تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های مرجع یا حقایق زمینی مقایسه و سپس ماتریس خطا^۱ تشکیل شد. در این ماتریس، علاوه بر دقت طبقه‌بندی، بررسی ماهیت پیکسل‌های غلط نیز انجام شد و ضمن تعیین دقت نهایی، ضریب کاپا نیز محاسبه گردید.

نتایج و بحث

با انجام برداشت‌های میدانی و آنالیزهای تصحیح، بارزسازی و پردازش بر روی داده‌های رقمی مورد استفاده در تعیین سطح زیر کشت زعفران در منطقه تربت‌حیدریه، نتایج مراحل مختلف آنالیزها به شرح ذیل حاصل شد:

در تصحیح هندسی تصویر باند پانکروماتیک با خطای ۰/۴۶ پیکسل‌های ۱۵ متری زمین مرجع شد. با توجه به اینکه معمولاً RMSe قابل قبول کمتر از یک و ترجیحاً کمتر از ۰/۵ پیکسل تصویر ورودی می‌باشد (Alavi-Panah, 2013)، تصویر مورد

زمستان اخذ شده است و پوشش گیاهی منطقه مربوط به اراضی کشاورزی زعفران است که گیاه زعفران تا اواخر زمستان سبز و فعال است.



شکل ۲- تصویر رنگ کاذب منطقه تربت حیدریه در باندهای ۷۵۶
Figure 2- False color composite image for Torbat-e Heydarieh, FCC756.

در این رابطه، y : ارزش‌های طیفی خاک لخت در باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵). x : ارزش‌های طیفی خط خاک در باند قرمز (باند ۴)، R : ضریب همبستگی و a و b به ترتیب شیب و ضریب ثابت معادله خط خاک می‌باشند. نمودار خط خاک مربوط به منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ آمده است.

در روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی با تجمیع واریانس باندها در چند مؤلفه اصلی، کمک شایانی در شناخت و تفسیر اطلاعات منطقه به مفسر ارائه می‌کند. در جدول‌های ۳ و ۴ نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی که بیانگر نحوه قرارگیری اطلاعات مترکم شده در بین مؤلفه‌های PCA می‌باشد، بیان شده است.

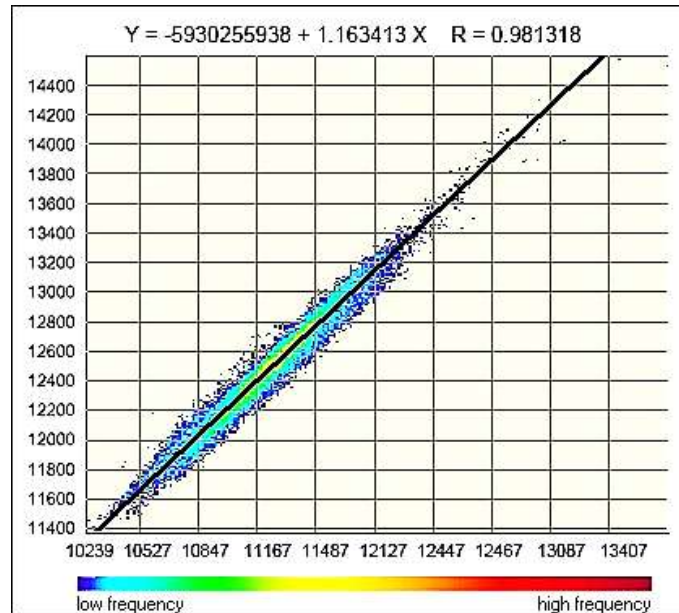
اکثر محققین تاریخ برداشت تصویر ماهواره‌ای و نزدیک بودن آن به زمان رشد و سبزیگی محصول کشاورزی را در جهت شناسایی مناطق تحت پوشش گیاهان و محصولات زراعی، امری ضروری دانسته‌اند (Khajeddin & Alipour et al., 2014; Pourmanafi, 2007). در روابط تعدیل‌کننده اثر خاک باید از معادله خط خاک استفاده گردد. رابطه خط خاک (رابطه ۲) برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

$$y = 1.163x - 593.255 \quad R = 0.98 \quad (2)$$

\downarrow \downarrow
 a b

اطلاعات این باندها در مؤلفه‌های ۳، ۴ و ۵ متراکم شده است. شکل ۵ تصویر FCC۵۳۴ حاصل از مؤلفه‌های PCA می‌باشد. این تصویر نیز مناطق تحت پوشش زعفران را با رنگ زرد و سبز روشن نشان می‌دهد.

همان‌گونه که بیان شد و جدول ۳ نیز بر این نکته صحه می‌گذارد، در این بررسی بیش از ۹۹ درصد اطلاعات تصاویر در سه جزء اول این آنالیز متراکم شده‌اند. بهترین ترکیب باندی با شاخص OIF، باندهای ۵، ۶ و ۷ هستند و با توجه به جدول ۴



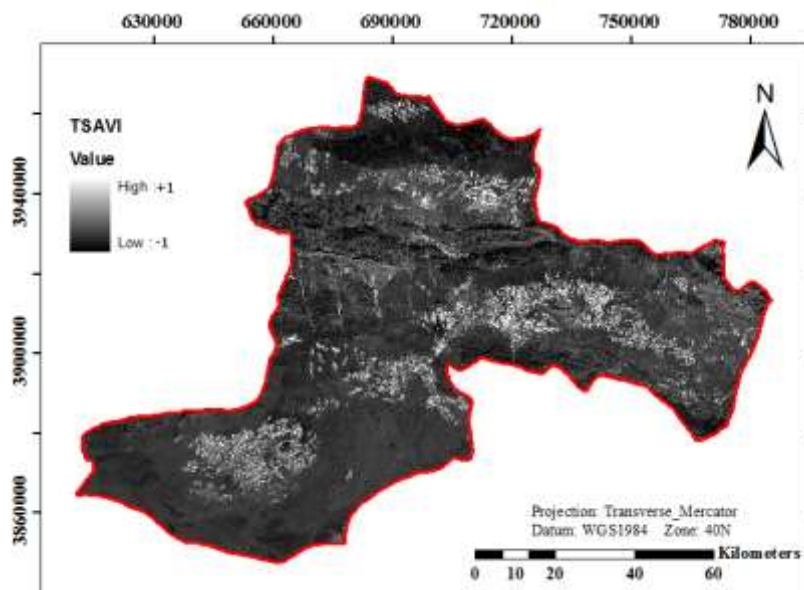
شکل ۳- نمودار خط خاک منطقه مورد مطالعه

Figure 3- Graph of case study soil line.

جدول ۳- مجموع واریانس تبیین شده در مؤلفه های PCA

Table 3- Total Variance Explained in Component of PCA

مؤلفه COMPONENT	مؤلفه ۱ C 1	مؤلفه ۲ C 2	مؤلفه ۳ C 3	مؤلفه ۴ C 4	مؤلفه ۵ C 5	مؤلفه ۶ C 6	مؤلفه ۷ C 7
درصد واریانس % var.	99.213	0.618	0.11	0.0412	0.0082	0.0073	0.0028

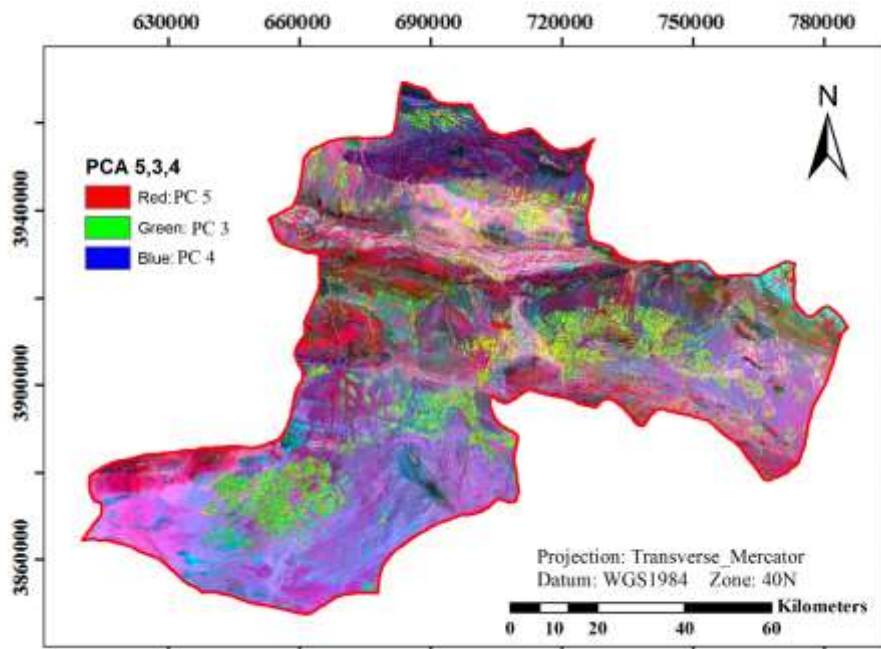


شکل ۴- شاخص TSAVI برای منطقه مورد مطالعه، مناطق سفید رنگ در تصویر اراضی تحت پوشش زعفران می‌باشد.
Figure 4- TSAVI index for the case study, White colored areas in the image is the region covered by saffron.

جدول ۴- مقادیر بردار ویژه ماتریس واریانس کوواریانس

Table 4- Eigenvectors of the variance-covariance matrix

مقادیر بردار ویژه Eigenvector	باند ۱ Band 1	باند ۲ Band 2	باند ۳ Band 3	باند ۴ Band 4	باند ۵ Band 5	باند ۶ Band 6	باند ۷ Band 7
مؤلفه ۱ C1	0.344654	0.336187	0.338105	0.369702	0.416213	0.429189	0.399701
مؤلفه ۲ C2	0.545067	0.456558	0.253319	0.034287	-0.162358	-0.474412	-0.421526
مؤلفه ۳ C3	-0.136844	-0.110156	-0.052054	-0.000446	0.869067	-0.240680	-0.391439
مؤلفه ۴ C4	0.336998	0.143360	-0.187133	-0.787335	0.126318	0.426574	-0.114208
مؤلفه ۵ C5	0.246505	-0.027713	-0.277911	-0.213836	0.167437	-0.569376	0.680649
مؤلفه ۶ C6	-0.428595	0.143266	0.735684	-0.441655	0.030003	-0.162950	0.178992
مؤلفه ۷ C7	-0.455372	0.790287	-0.406597	0.038250	0.015394	-0.009858	0.031064



شکل ۵- تصویر FCC534 حاصل از مؤلفه‌های PCA
Figure 5- FCC534 from PCA Components.

برای تعیین دقت طبقه‌بندی برداشت زمینی زعفران زارها با GPS انجام گرفت که به‌عنوان داده‌های مرجع برای مقایسه با تصویر طبقه‌بندی‌شده بکارگرفته شد و جدول ماتریس خطا تشکیل گردید. ضریب کاپای کلی در این طبقه‌بندی ۸۸ درصد و دقت کلی ۹۸ درصد محاسبه شده‌اند. با استفاده از نقشه نهایی حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده مساحت پیکسل‌های زعفران زار در محیط Arc GIS به‌دست آمد. این مقدار ۱۹۵۰۳/۴۵۷۲ هکتار می‌باشد. آمار سازمان جهاد کشاورزی از سطح زیرکشت زعفران شهرستان تربت حیدریه در سال ۱۳۹۳ برابر با ۲۲۰۰۰ می‌باشد که مؤید نتایج حاصل از این تحقیق است.

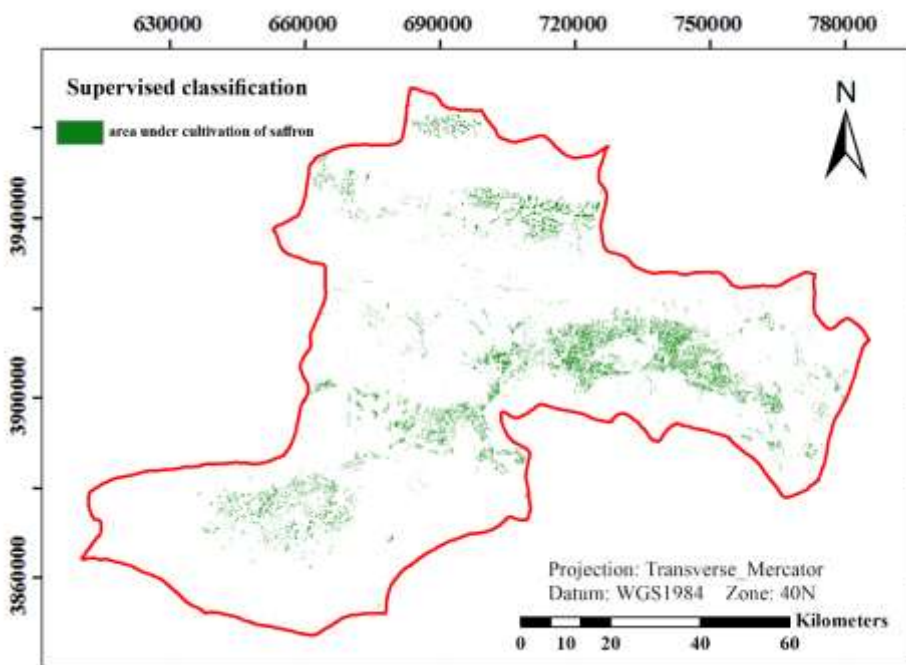
نتیجه‌گیری

زعفران محصولی استراتژیک است و برآورد سطح زیرکشت و در نهایت برآورد میزان تولید آن در محدوده‌های جغرافیایی خاص، لازمه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مقتضی جهت انجام مبادلات اقتصادی و تجاری می‌باشد.

در این مطالعه جهت شناسایی اراضی تحت کشت زعفران از دو روش طبقه‌بندی نظارت شده و طبقه‌بندی نظارت نشده بهره گرفته شد. در روش طبقه‌بندی نظارت نشده تصویر منطقه بدون دخالت نظر کارشناس و تنها بر اساس تفاوت در بازتاب پدیده‌ها، طبقات مختلف از یکدیگر تفکیک می‌گردد؛ اما در طبقه‌بندی نظارت شده، کارشناس به دلیل اشراف بر پدیده‌های منطقه و آگاهی از بازتاب پدیده در طیف الکترومغناطیس، سعی در شناسایی یک یا چند پدیده خاص در تصویر را دارد. دقت طبقه‌بندی در این حالت بسیار بیشتر از طبقه‌بندی نظارت‌نشده می‌باشد. لازم به ذکر است که طبقه‌بندی نظارت نشده برای شناخت اولیه از منطقه می‌تواند بسیار مفید باشد، از این رو در اکثر مطالعات قبل از طبقه‌بندی نظارت شده از این روش بهره می‌گیرند. در مطالعه حاضر از هر دو روش فوق استفاده شد و با کمک نقاط تعلیمی حاصل از برداشت‌های میدانی، طبقه‌بندی نظارت شده بر روی تصویر منطقه اعمال گردید. در شکل ۶ نتیجه این روش را مشاهده می‌کنید.

ماهواره‌ای مربوط به اوایل زمستان است که غالب اراضی تحت کشت زعفران همچنان سبز هستند و از بازتابش مناسبی در طول موج مرئی و مادون قرمز نزدیک برخوردارند.

بنابراین، سرعت و دقت در این قبیل ارزیابی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. بهترین زمان برای تعیین سطح زیر کشت زعفران در منطقه تربت حیدریه، استفاده از داده‌های



شکل ۶- نتایج حاصل طبقه‌بندی نظارت شده
Figure 6- The results of supervised classification.

کشت این روش، با روش نقشه‌برداری زمینی مورد مقایسه قرار گرفته و خطای ناشی از روش دوم نیز که با دخالت انسانی بیشتری همراه است مدنظر قرار گیرد، ارزش استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بیش از پیش معلوم خواهد شد. پیشنهاد می‌گردد مطالعات تکمیلی دیگری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک رادیومتریک و هندسی بالاتر انجام شود و نتایج حاصل با نتایج مطالعه حاضر مقایسه شود.

از طرفی کشت‌های دیگر هم برداشت شده است. لذا تداخل کمتری در بازتاب‌ها رخ می‌دهد. البته در برخی مناطق تربت حیدریه کشت گندم زمستانه به چشم می‌خورد که می‌تواند باعث بروز خطای مختصری در نتایج حاصل شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در شناسایی محصولات کشاورزی مانند زعفران از قابلیت خوبی برخوردار است و نتایج ماتریس خطا دقت بالای این روش را نشان می‌دهد. در صورتی که عامل زمان و هزینه برآورد سطح زیر

منابع

Alavi-Panah, S.K. 2013. The application of remote sensing in earth science (soil science). Tehran University Publications, Tehran. (In Persian).

Alavi-Panah, S.K. 2015. Fundamentals of Modern Remote Sensing and Interpretation of Satellite Images and Aerial Photos. Tehran University

- Publications, Tehran. (In Persian).
- Alipour, F., Agh Khani, M.H., Abaspour Fard, M.H., and Sepehr, A. 2014. Separation and estimate the area under cultivation of crops with the help of satellite images ETM⁺ (case study: farm Astan Quds Razavi). *Journal of Agricultural Machinery* 4 (2): 244-254. (In Persian).
- Alizadeh Rabie, H. 2013. *Remote Sensing (principles and application)*, Samt Publications, Tehran. (In Persian).
- Farzadmehr, J., Arzani, H., and Nazari Samani, A.A. 2005. An investigating of the capability of multi-temporal data of Landsat 7 satellite in estimating vegetation cover and production (Case study: arid region, Saveh, Bakhshali-Nemati). *Iranian Journal Natural Resource* 58 (3): 719-729. (In Persian with English Summary).
- Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvishsefat, A.A., and Jafari, A. 2005. Investigation in estimating vegetation cover and phytomass production, using enhanced Ladsat data in a semi arid region. *Iranian Journal Natural Resource* 57 (2): 339-351. (In Persian with English Summary).
- Jensen, J.R. 1996. *Textbook: Introductory Digital Image Processing: Radiometric and Geometric Correction*. Prentice and Hall Inc, New York.
- Khajeddin, S.J., and Pourmanafi, S. 2007. Determination of rice paddies areas, using digital data IRS sensors around Zayandeh Rud in Isfahan region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences* 11 (1): 513-527. (In Persian).
- Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M., and Stenberg, P. 2006. Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica* 40: 577-588.
- Lillesand, T.M., and Kife, R.W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Willey and Sons, New York.
- Masoud, A.A., and Koike, K. 2005. Arid land salinization detected by remotely-sensed land cover changes: A case study in the Siwa region, NW Egypt. *Journal of Arid Environments* 66: 151-167.
- Schmidt, H., and Karnicli, A. 2000. Remote sensing in the Seasonal variability of vegetation in a semi – arid environment. *Journal of Arid Environments* 45: 43-59.
- Silleos, N.G., Alexandridis, T.K., Gitas, J.Z., and Perakis, K. 2006. Vegetation indices: advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. *Geocarto International* 21 (4): 21-28.
- Tabaki Bajestani, K., Khajeddin, S.J., Mokhtari, A.R., and Jafari, R. 2014. Identifying geothermal resources using remotely sensed data (Case study: South Khorasan province, Ferdows). *Iranian Remote Sensing and GIS* 6 (2): 31-49. (In Persian).
- Tong, P.H.S., Auda, Y., Populus, J., Aizpuru, M., Al Habshi, A., and Blasco, F. 2004. Assessment from space of mangroves evolution in the Mekong Delta, in relation to extensive shrimp farming. *International Journal Remote Sensing* 25 (21): 4795-4812.
- Wardlow, D.B., Eghbert, L.E., and Castens, j.H. 2007. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. central great plains. *Journal of Remote Sensing of Environment* 108: 290-310
- Ziaieian-Firoozabadi, P., Sayad-Bydhndy, L., and Eskandari-Nodeh, M. 2009. Mapping and estimating the area under rice cultivation in Sari city using satellite images Radarst. *Geography Research Natural* 68: 45-58. (In Persian).

Capability of Landsat 8 satellite images to estimate the area under cultivation of saffron (case study: city of Torbat Heydarieh)

Jalil Farzadmehr^{1} and Kazem Tabaki Bajestani²*

Submitted: 25 September 2016

Accepted: 22 January 2017

Farzadmehr, J., and Tabaki Bajestani, k. 2018. Capability of landsat 8 satellite images to estimate the area under cultivation of saffron (case study: city of Torbat Heydarieh). *Saffron Agronomy & Technology* 6(1): 49-60.

Abstract

Saffron is a strategic product. It is necessary to manage the programming principles in order to estimate acreage and production. Therefore, the speed and accuracy of such assessments is very important. Using remote sensing techniques for providing updated data and high functionality as well as the possibility of studying a wide range of image analyses with an acceptable precision can help in the assessment. In the present research, the area under cultivation of saffron in the city of Torbat Heydarieh was evaluated using Landsat 8 sensor data. After applying the primary processing on satellite images with using conventional techniques, satellite imagery processing including false color band combination, principal component analysis, vegetation index (NDVI, SAVI, EVI, DVI, RVI and TSAVI) and supervised classification of land under saffron cultivation were identified. Map production was done due to the fact that the earth was assessed via GPS in order to assess the classification. Kappa coefficient and overall accuracy were %88 and %98, respectively. The area under cultivation of saffron in this study was estimated to be 19503.4572 hectares. The results indicated that Landsat 8 satellite images have a high potential for rapid separation and identification of the area under cultivation of saffron in the region with relatively good accuracy and are appropriate tools to be used on a regional scale.

Keywords: Remote sensing, Saffron cultivation, LDCM.

1 - Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Torbat Heydarieh

2 - MSc Combating Desertification, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology

(*-Corresponding author Email: farzadmehr@torbath.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.48518.1194