

## واکاوی شاخص‌های NDVI و SAVI در استخراج کاربری‌ها و مسیر رودخانه

صیاد اصغری سراسکانرود\*: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

روح‌الله جلیلیان: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده‌ی علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه‌ی مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۷)

DOR: [20.1001.1.22517812.1400.11.2.2.2](https://doi.org/10.1.22517812.1400.11.2.2.2)

### چکیده

استخراج کاربری‌ها و تحلیل‌های بعد از آن، با قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای رابطه‌ی مستقیمی دارد؛ از این رو، به علت در دسترس نبودن و هزینه‌بر بودن تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا، استفاده از تصاویر نظری لندهای سنتینل به خصوص در مناطقی که در آن اختلال طیفی وجود دارد، می‌تواند به نتایجی منجر شود که با واقعیت زمینی اختلاف فاحشی دارد. شاخص‌های طیفی با اتکا بر قدرت تفکیک رادیومتریکی، می‌تواند در استخراج و تفکیک کاربری‌ها کارگشا باشد؛ از این رو، در پژوهش حاضر روند تغییرات شاخص‌های NDVI و SAVI با استفاده از تصاویر لندهای ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۶ بررسی شد. با اعمال آستانه‌های مورد نظر بر روی شاخص‌های مذکور، به کلاس‌های خالص دست خواهیم یافت. مقایسه‌ی این موارد نشان داد که کلاس خاک و کشت آبی در دوره‌ی ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ تغییرات اندکی داشته است؛ اما در سال ۱۳۹۶ نسبت به ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹، سطح زیر کشت آبی روند افزایشی داشته که هر دو شاخص NDVI و SAVI این امر را نشان می‌دهند. در دوره‌ی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶، این افزایش برای شاخص SAVI ۴۱۰۶ هکتار و برای شاخص NDVI ۳۸۳۸ است. اختلاف ۲۶۸ هکتاری این دو شاخص نیز با توجه به وسعت منطقه‌ی مورد مطالعه قابل اغماض و چشم‌پوشی است. این افزایش به تبع با کاهش کلاس خاک همراه است. این نتایج، استفاده‌ی بی‌رویه از آب رودخانه و سفره‌های زیرزمینی را در سال‌های اخیر نشان می‌دهد. شاخص‌های مورد مطالعه در این پژوهش، به علت اختلال طیفی نمی‌توانستند به خوبی مسیر رودخانه را استخراج کنند؛ به همین سبب، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نتایج این روش در استخراج مسیر رودخانه، مطلوب ارزیابی می‌شود. به علت عدم دخالت کاربر، برخلاف الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل پایه در این فرایند (اعمال شاخص‌های طیفی) از اطلاعات طیفی باندهای مورد استفاده بهره گرفته می‌شود که صحت آنها، به اندازه‌ی قدرت تفکیک رادیومتریکی سنجنده‌های مورد استفاده است.

**واژگان کلیدی:** SAVI، NDVI، پیکسل پایه، شیء‌گرا، قدرت تفکیک رادیومتریکی.

### ۱- مقدمه

برای استخراج پوشش سطح زمین اعم از زمین‌های کشاورزی، باغ‌ها، مراتع و ... با هر نوع تراکمی، می‌توان با به‌کارگیری شاخص‌های این اطلاعات دست یافت. دو شاخص مورد بحث در این پژوهش با نسبت‌گیری بین تفاصل و مجموع باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک حاصل می‌شود. با توجه به اینکه پوشش گیاهی در باند قرمز، بیشترین

میزان جذب و در پی آن کمترین میزان بازتاب را دارد؛ این امر در باند مادون قرمز نزدیک بر عکس است و<sup>۱</sup> NDVI و SAVI<sup>۲</sup> می‌توانند پوشش گیاهی را از سایر پدیده‌ها تفکیک کنند. از آن‌جا که گیاهان در اکوسیستم‌ها جزء اولین و مهم‌ترین تولیدکننده‌ها هستند (Smith et al, 2014)، پوشش گیاهی نه تنها یک بخش غیرقابل تعویض در چرخه ماده و انرژی است، بلکه در تبادل انرژی سطح زمین، چرخه‌ی هیدرولوژیکی و بیولوژیکی نقش مهمی ایفا می‌کند. علاوه بر این، به کاهش تمرکز گازهای گلخانه‌ای  $\text{CO}_2$  منجر می‌شود و آب و هوای زمین را پایدار می‌کند (Fathnia, 2011). شرایط اقلیمی، با توزیع فضایی پوشش گیاهی در ارتباط است (Saugier, 1996). در حقیقت، دما و بارش بر توازن آب تأثیر مستقیمی دارد و به نوعی خود، عامل تغییر در رطوبت خاک و رشد گیاه است (Fathnia, 2011). با این تفاسیر، اهمیت برآورد و پیش‌بینی مقدار پوشش گیاهی برای برنامه‌ریزی در راستای حفظ و بهره‌برداری از آن لازم و ضروری است؛ چرا که بهره‌برداری، نیازمند بررسی و مطالعه‌ی حجم و مقدار پوشش گیاهی از نظر زمانی و مکانی است. این مسئله به خصوص در مورد منطقه‌ی مورد مطالعه با داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک – که در معرض فرسایش و تخریب قرار دارد – نیز امری ضروری به نظر می‌رسد. تعیین نقشه‌ی پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های مبتنی بر برداشت سنتی نه تنها دید کاملی از پوشش گیاهی کل منطقه ارائه نمی‌دهد، بلکه به صرف زمان و هزینه‌ی زیاد نیز منجر می‌شود. استفاده از شاخص‌های گیاهی این امکان را به کاربران می‌دهد که تجزیه و تحلیل‌های ریاضی را بر روی داده‌ها اعمال کنند. در حقیقت، با اعمال این روابط ریاضی می‌توان پوشش گیاهی را بر روی تصاویر مشخص کرد (Khajedin, 1997). دلیل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در استخراج کاربری‌ها، در دسترس بودن آنها است.

بسیاری از محققان داخلی و خارجی به بررسی تفاوت در عملکرد شاخص‌ها بر انوع داده‌های ماهواره‌ای پرداخته‌اند. در پژوهشی Chen و همکاران (۲۰۱۴) برای پایش منطقه‌ی تالابی دریاچه‌ی پویانگ چین در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ از شاخص NDVI استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که سطح دریاچه در حدود ۳۳/۲۵ کیلومتر مربع کاهش داشته‌است. Zhang و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با استفاده از شاخص NDVI، به تعیین عملکرد محصول گندم پرداختند. در گام نخست، رابطه‌ی بین میزان زیست توده و NDVI را محاسبه کردند و در گام دوم با استفاده از تغییرات NDVI در طول دوره، به بررسی میزان عملکرد با توجه به شاخص پرداختند. Agon و Bhamare (۲۰۱۲)، در پژوهشی به آشکارسازی تغییرات با استفاده از شاخص NDVI بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ در غرب ایالت ماهاراشтра پرداختند. نتایج بیانگر سیر صعودی کل طبقات NDVI به جز طبقه‌ی خاک لخت در این دوره‌ی زمانی بود. Kefayat Motlagh و Montazeri (۲۰۱۸) در پژوهشی به واکاوی بلندمدت پوشش گیاهی ایران با استفاده از شاخص NDVI پرداختند. نتایج آنها نشان داد که پوشش گیاهی ایران در دی‌ماه کمینه است و حدود ۸ درصد از سطح ایران را دربرمی‌گیرد و در اوایل اردیبهشت، این مقدار به بیشترین حد خود می‌رسد و ۳۰ درصد از گستره‌ی ایران را دربرمی‌گیرد. Jabari و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با استفاده از سنجنده‌ی AWIFS و شاخص‌های پوشش گیاهی، به تهیه‌ی نقشه‌ی تاج پوشش گیاهی در منطقه‌ی سمیرم پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص SAVI با همبستگی ۷۴/۰، دارای بیشترین همبستگی با تاج پوشش گیاهی است.

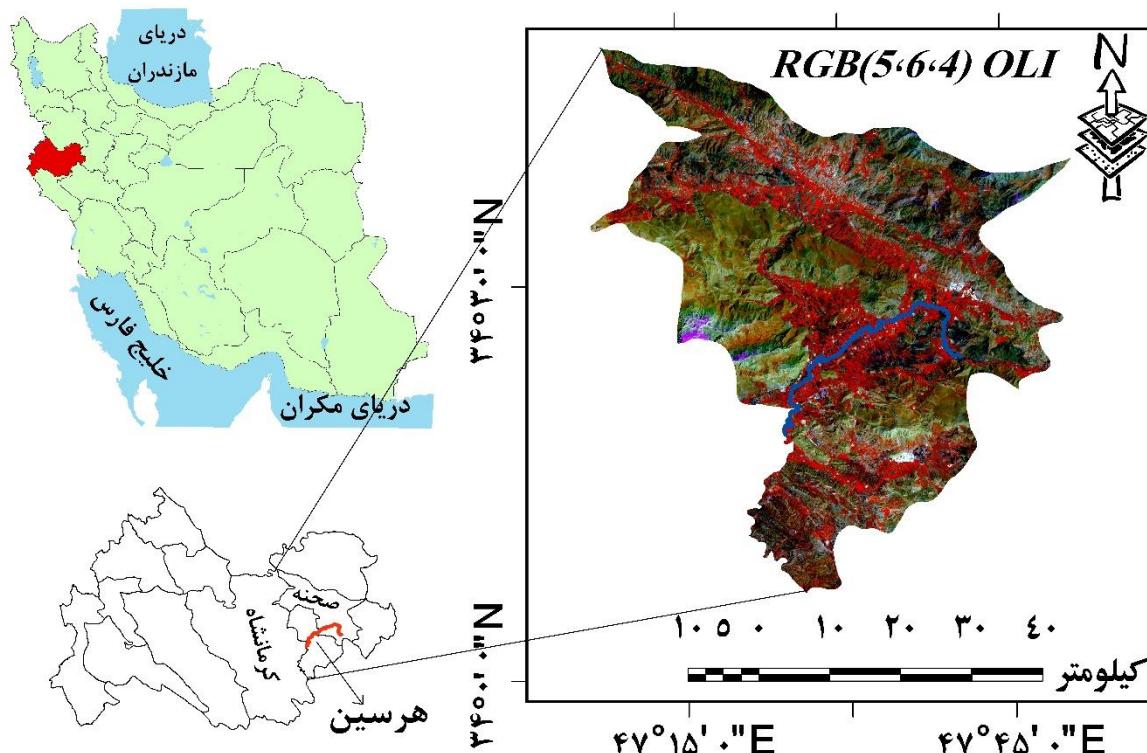
<sup>1</sup> Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

<sup>2</sup> Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

بنابراین، تغییرات سطح زمین یکی از موضوعات داغ تحقیقی است و اینک به تمرکز اجتماع علمی منجر شده است. هدف از این پژوهش، تهیه نقشه‌ی پوشش گیاهی بر روی تصاویر سری لندست با استفاده از شاخص‌های NDVI و SAVI و مقایسه‌ی نتایج آنها در اراضی حاشیه‌ی رودخانه‌ی گاماسیاب در استان کرمانشاه است. با توجه به اینکه تاکنون چنین مطالعه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه صورت نگرفته است، پژوهش حاضر به کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تهیه نقشه‌ی این پوشش خواهد پرداخت. در حقیقت، در این پژوهش علاوه بر استخراج کاربری‌ها، نتایج حاصل از شاخص‌های NDVI و SAVI برگرفته از سنجنده‌های مختلف و آشکارسازی تغییرات سی‌ساله با استفاده از روش مقایسه، پس از طبقه‌بندی برای هر سنجنده صورت می‌گیرد.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

رودخانه‌ی گاماسیاب با جهت شرقی - غربی به شهرستان‌های کنگاور، هرسین و بیستون کرمانشاه وارد می‌شود، سپس در بیستون با دور زدن کوهستان به منطقه‌ی فرامان راه می‌یابد و با جهت شمالی - جنوبی به مسیر خود ادامه می‌دهد (Jabari et al, 2015). برای اجرای این پژوهش، یک بازه‌ی تقریباً ۸۰ کیلومتری از رودخانه و اراضی حاشیه‌ی آن به طول ۵ کیلومتر از هر طرف انتخاب شد که در طول جغرافیایی "۴۷°۴۳' تا "۴۷°۴۷' و عرض جغرافیایی "۳۴°۱۰' تا "۳۴°۴۷' قرار دارد. شکل ۱، موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

## ۳- مواد و روش

برای پایش اراضی حاشیه‌ی رودخانه و استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی، سه تصویر برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۷۹ به ترتیب برای سنجنده‌های TM, ETM+ و OLI در یک ماه مشخص (مرداد) انتخاب شد. ذکر این امر لازم

است که تصاویر اخذ شده فاقد هرگونه پوشش ابر می‌باشد. علاوه بر این، از عکس هوایی سال ۱۳۸۲ با مقیاس ۱/۴۰۰۰ که از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شد، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و داده‌های ۳۰ SRTM متری نیز برای تصحیح هندسی و بررسی موقعیت رودخانه و اراضی کناری آن استفاده شده است<sup>(۱)</sup>. قبل از بررسی شاخص‌های طیفی بر روی تصاویر، تصحیحات رادیومتری و اتمسفری نیز انجام می‌شود. در فرایند تصحیحات اتمسفری، گام نخست محاسبه‌ی مقدار رادیانس<sup>۱</sup> است و از مقدار رادیانس، مقدار بازتاب<sup>۲</sup> محاسبه می‌شود. استفاده از مقادیر بازتاب در مقایسه با مقادیر رادیانس دو مزیت دارد: اول اینکه می‌توان تأثیر کسینوس زاویه‌ی اوج خورشیدی<sup>۳</sup> متفاوت را به نسبت اختلاف زمانی بین برداشت داده‌ها اندازه‌گیری کرد و دوم اینکه مقادیر مختلف تابش خورشیدی بیرون اتمسفر – که ناشی از اختلاف‌های باند طیفی است – تصحیح می‌شود (Chander et al, 2009). در حقیقت، تصحیحات اتمسفری بدین دلیل انجام می‌شود که اثر پخش و جذب امواج الکترومغناطیس در محدوده امواج مرئی و مادون قرمز از بین برده شود. در کل، هر کدام از عوارض زمین یک علامت طیفی ویژه (امضای طیفی) دارد. این امضاها طیفی به شاخص‌های زیادی بستگی دارد؛ مثل خصوصیات سنجنده، تفاوت در زوایای تابش و دریافت، شرایط اتمسفری و توپوگرافی و زمان تصویربرداری. به سبب عواملی که در بالا ذکر شد، اعداد رقومی (DN) نمی‌توانند شرایط واقعی انعکاس طیفی زمین را نشان دهند (Wang et al, 2018). هدف از تصحیحات رادیومتریک، حذف یا خنثی کردن اثرات فوق از تصویر است. تصحیح رادیومتریک شامل دو مرحله است: الف. تبدیل DN های بدون واحد به تشعشع طیفی (رادیانس)؛ ب. تبدیل رادیانس به قابلیت بازتاب (سایت رسمی لنست، ۲۰۲۱). روش‌های متنوعی برای جبران اثرات اتمسفر بر تصویر ابداع شده‌اند که می‌توان به طور خلاصه آنها را در دو دسته‌ی کلی طبقه‌بندی کرد:

۱. روش‌های وابسته به صحنه‌ی تصویربرداری مثل کم کردن اهداف تیره، کم کردن کمینه‌ی هیستوگرام باندها، استفاده از اهداف تیره و روش‌هایی مانند Log residual و IARR که از آمار خود تصویر برای محاسبات خود استفاده می‌کنند.

۲. روش‌هایی که از مدل‌های فیزیکی انتقال انرژی الکترومغناطیسی برای تصحیح اثرات اتمسفر استفاده می‌کنند؛ مثل الگوریتم‌های ATCOR و FLAASH

الگوریتم FLAASH، اثرات جوی در طول موج‌های SWIR و VNIR را تصحیح می‌کند. علاوه بر به کارگیری مدل MODTRAN4، الگوریتم FLAASH قابلیت‌های زیر را نیز دارد:

- تصحیح اثرات مجاور (علاوه بر پیکسل مورد نظر ما، پیکسل‌های مجاور به علت پراکندگی تابشی که از سطح منعکس شده‌است، بر روی پیکسل هدف اثر می‌گذارند و باید تصحیح مربوط به این اثر اعمال شود)؛

- یک انتخاب برای محاسبه‌ی قابلیت دید میانگین سین (مقدار هواییها و مه) و استفاده از اغلب تکنیک‌های پیشرفتی برای رسیدگی ویژه به شرایط جوی خاص (مانند حضور ابرها)؛

- پرداخت طیفی قابل تنظیم برای اثرات مصنوعی تحمیل شده به تصویر؛

- پشتیبانی داده‌های ابرطیفی و چندطیفی؛

<sup>1</sup> Radiance

<sup>2</sup> Reflectance

<sup>3</sup> Solar zenith angle

<sup>4</sup> <https://landsat.usgs.gov/how-radiance-calculated.php>

- استخراج بخار آب و هواییزها زمانی که باندهای مورد نیاز در موقعیت طول موج مناسب در تصویر موجود باشد؛
- تصحیح تصویر برداشت شده در حالت عمودی (نادیر) و با هندسه‌ی مایل را دارا می‌باشد (Guide ENVI User's).

در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار ENVI، تصحیح اتمسفری با روش FLAASH بر روی تصاویر انجام شد؛ به این معنی که تصویر به رادیانس (با استفاده از رابطه‌ی ۱) و بازتاب (با استفاده از رابطه‌ی ۲) تبدیل شد.

$$L_\lambda = M_L Q_{\text{cal}} + A_L \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

$$\rho_\lambda = (\pi L_\lambda d^2) / (E_{\text{sun}} \cos \theta) \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

که در این روابط،  $L_\lambda$  معرف رادیانس طیفی در بالای اتمسفر بر حسب  $W/(m^2 \times sr \times \mu m)$  (وات بر متر مربع در استرadian در میکرومتر)،  $M_L$  و  $A_L$  رادیانس،  $Q_{\text{cal}}$  باند خام و  $\rho_\lambda$  معرف بازتاب،  $E_{\text{sun}}$  میانگین بازتابش خورشید بـ فراز جو بر حسب  $W/(m^2 \times \mu m)$  (وات بر متر مربع در میکرومتر)،  $\theta$  زاویه‌ی اوج خورشیدی بر حسب درجه،  $d$  فاصله‌ی زمین تا خورشید و  $\pi$  نیز  $3.141592$  است (Jensen, 2015).

## شاخص‌های SAVI و NDVI

جدول ۱: شاخص‌های مورد بحث در این پژوهش

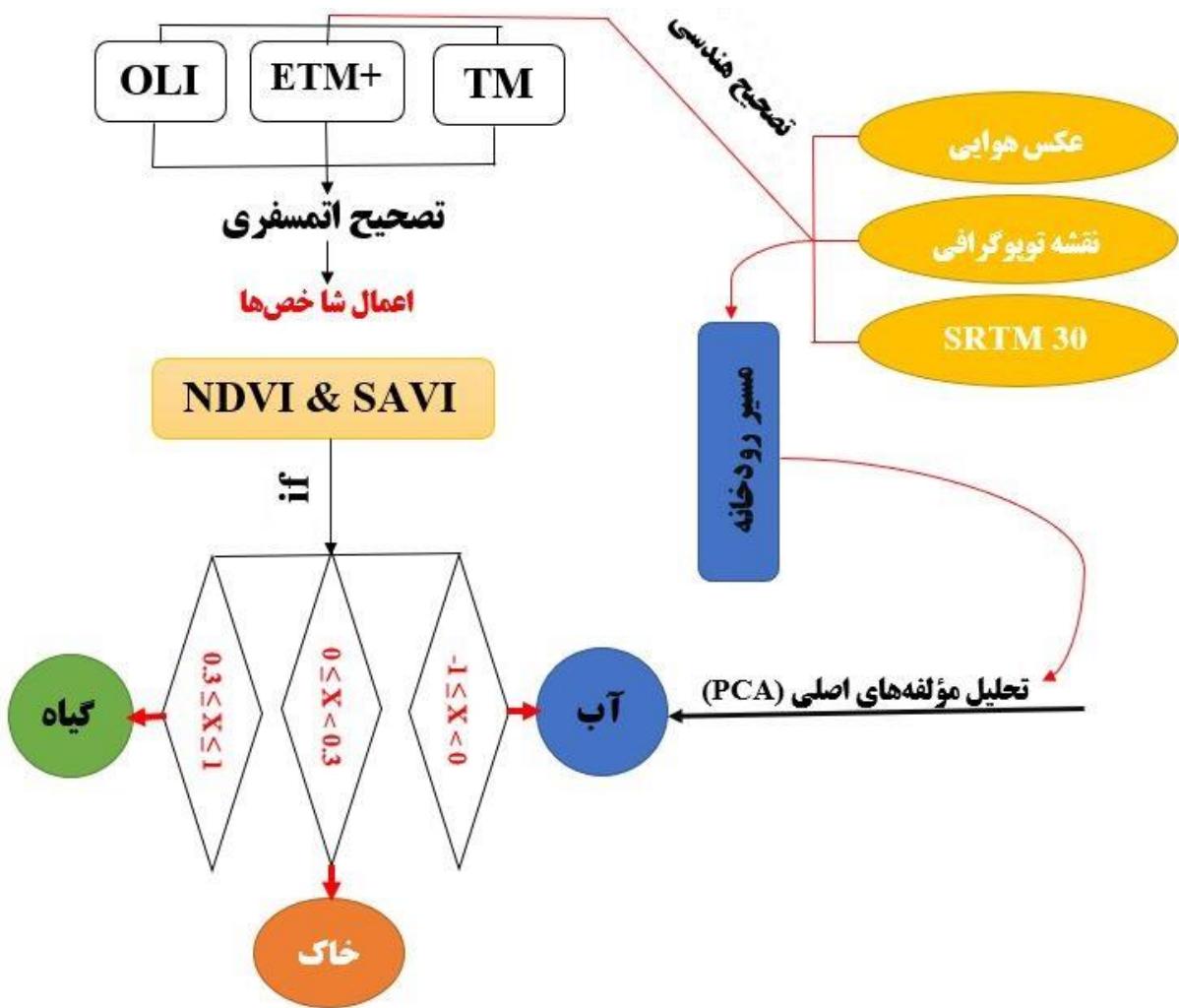
شاخص	فرمول	منبع
NDVI	$NIR - RED / NIR + RED$	Rouse et al, 1973
SAVI	$(1 + L)(NIR - RED) / (NIR + RED + L)$	Huete, 1988

NDVI، شاخص نرمال شده‌ی تفاضل پوشش گیاهی و رایج‌ترین شاخص پوشش گیاهی است. این شاخص بین  $-1$  تا  $+1$  متغیر است. در این مورد ایزولاین پوشش گیاهی به گونه‌ای قابل توجه قرار می‌گیرد که در مبدأ، همگرا شده و شب خط خاک نیز برابر با  $1$  باشد و از مبدأ بگذرد (Rouse et al, 1973).

SAVI شاخص پوشش گیاهی تعديل شده با خاک است که توسط Huete (۱۹۸۸) برای استفاده از خصوصیات اپتیکال خاک بر قابلیت بازتاب تاج پوشش گیاهی توسعه داده شد. این شاخص، یک ضریب  $L$  (فاکتور تصحیح اثرات زمینه‌ی خاک) را به معادله‌ی NDVI افزوده است. مقدار این شاخص نیز همانند NDVI بین  $-1$  و  $+1$  است.

از ضریب  $L$  برای حداقل کردن اثر روشنایی خاک و ایجاد ایزولاین پوشش گیاهی وابسته به خاک استفاده می‌شود و از صفر برای تراکم زیاد تا  $1$  برای تراکم کم پوشش گیاهی متغیر است. مقدار استاندارد استفاده شده برابر با  $0.5$  است که با پوشش گیاهی با تراکم متوسط متناسب است و در این تحقیق نیز از این مقدار استفاده شده است. بعد از اعمال شاخص‌ها باید واحدهای کاربری اراضی جدا شوند و به همین سبب بر روی آنها آستانه گذاری می‌شود؛ بدین معنی که کلاس‌های خالص را جدا می‌کنند. سپس مقادیر بین  $-1$  تا  $0$  به عنوان مناطق مرطوب و آبی، مقادیر بین  $0$  تا  $0.5$  به عنوان خاک و مقادیر بین  $0.5$  تا  $1$  به عنوان پوشش گیاهی در نظر گرفته می‌شود. پس می‌توان گفت شاخص‌های پوشش گیاهی شاخص‌هایی ریاضی بر اساس رابطه‌ی میان باندهای طیفی مختلف هستند، آنها نسبت به تک باندها، به واکنش

طیفی پوشش گیاهی حساسیت بیشتری دارند (Asrar et al, 1984). در نسبت‌های این شاخص‌ها بیشتر از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده می‌شود. ترکیبی از باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک، به مفسر تصویر اجازه می‌دهد تا پوشش گیاهی را از زمینه‌های خاک تشخیص دهد و وضعیت، تراکم و دیگر مشخصات بیوماس پوشش گیاهی را تعیین کند. در این تحقیق دو شاخص SAVI و NDVI – که در کاربردهای آشکارسازی تغییرات استفاده شده‌است و در جهت تهیی نقشه‌ی پوشش گیاهی صحت بالایی دارد – بررسی می‌شود. شکل ۲، مراحل این پژوهش را نشان می‌دهد.

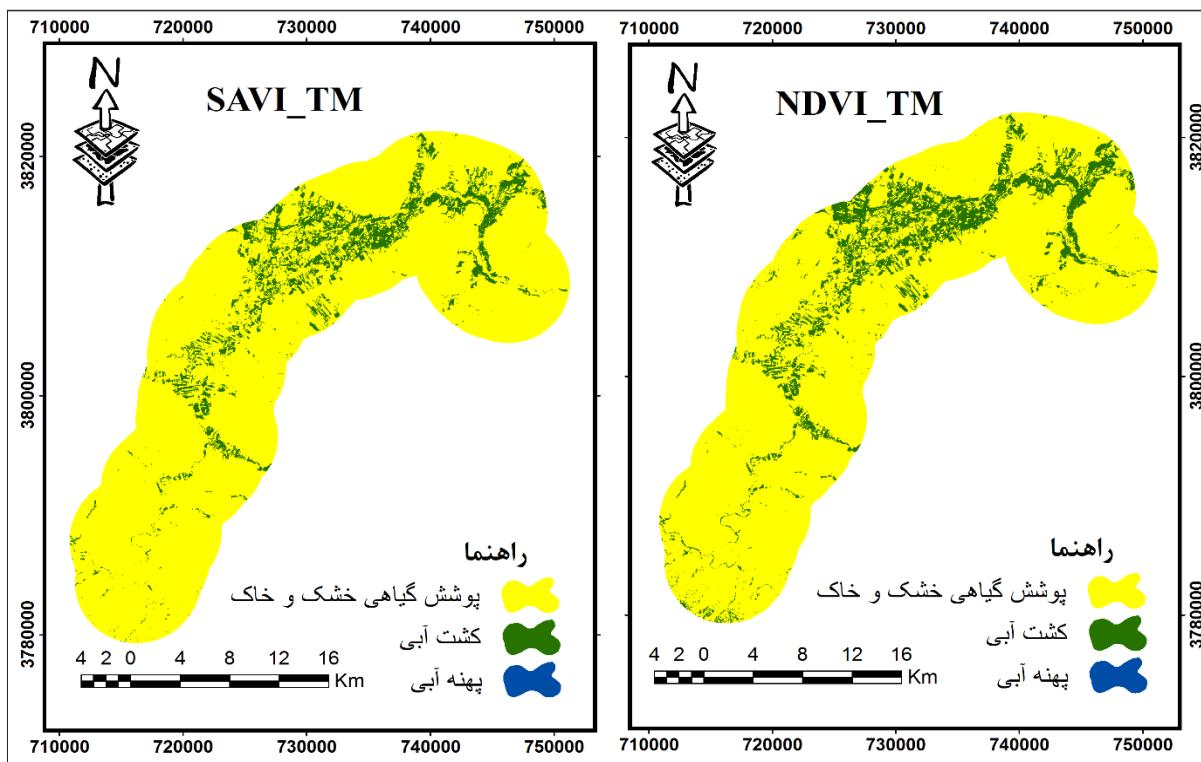


شکل ۲: فلوچارت روش پژوهش

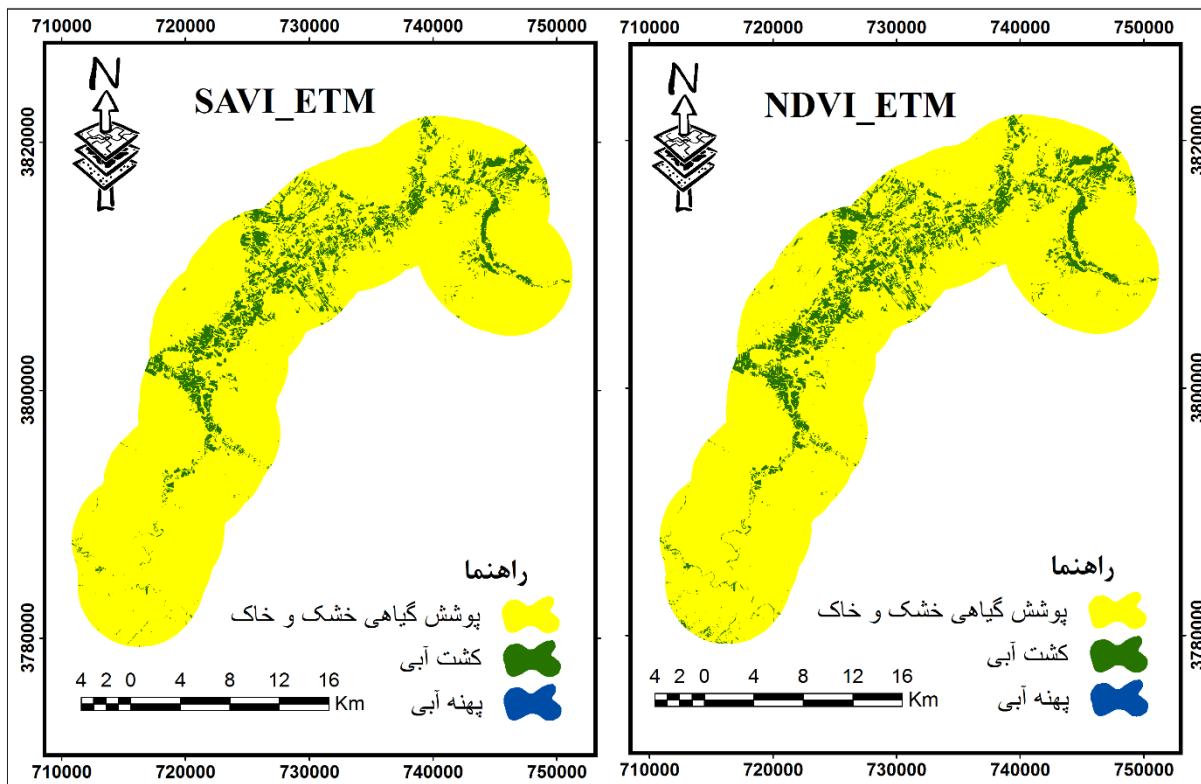
#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

نقشه‌های NDVI و SAVI تولیدی بر روی سه تصویر انتخاب شده، در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده‌است. این بخش در بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه‌ی مورد مطالعه نقش بسیار مهمی دارد. بخش مادون قرمز، بهترین محدوده از امواج الکترومغناطیس برای جداسازی پوشش گیاهی از سایر عوارض است. جذب تابش امواج مادون قرمز

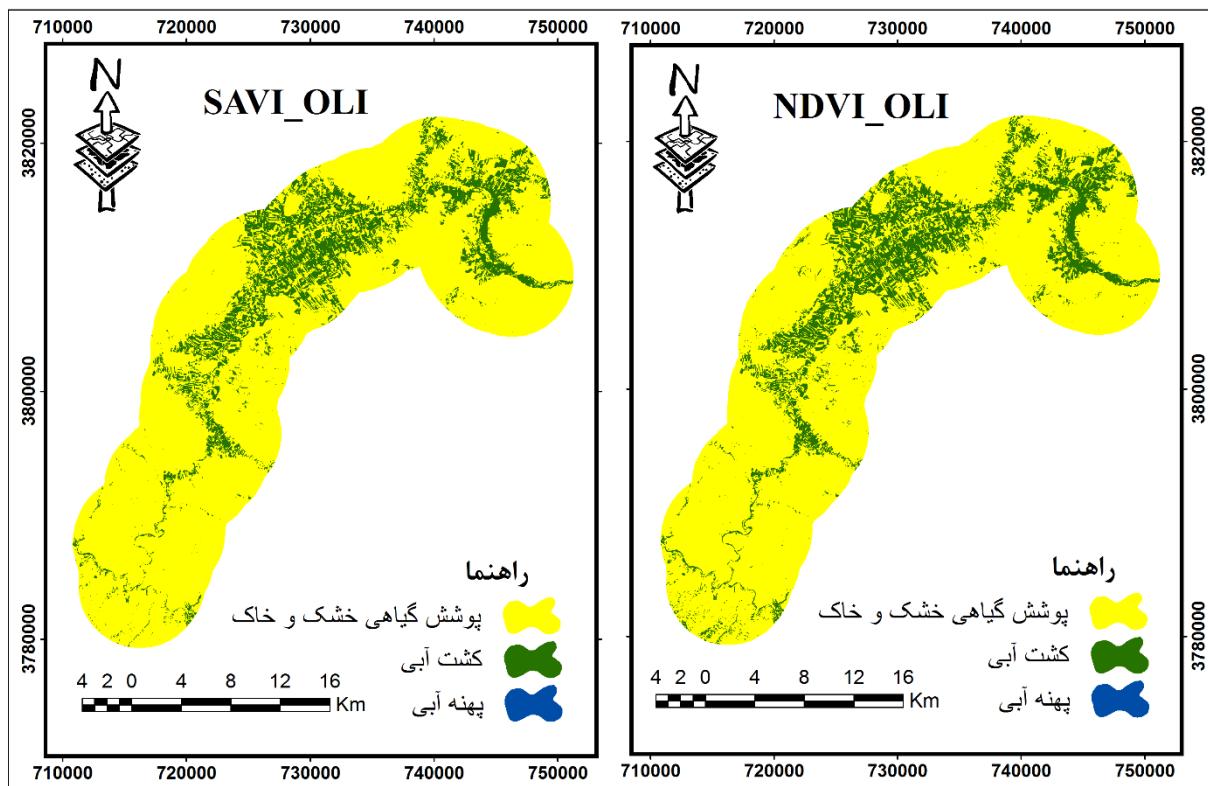
توسط آب و بازتابش زیاد آن توسط پوشش گیاهی و تا حدودی خاک، کتراست خوبی بین پوشش گیاهی و زمین ایجاد می‌کند.



شکل ۳: شاخص SAVI و NDVI بر روی سنجنده TM



شکل ۴: شاخص SAVI و NDVI بر روی سنجنده ETM+



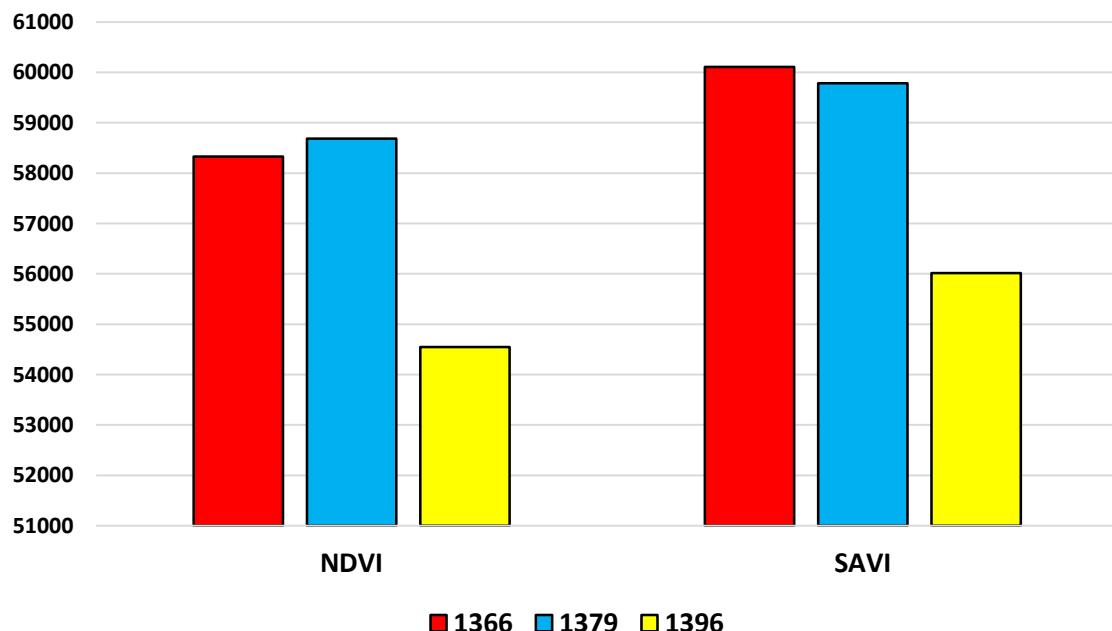
شکل ۵: شاخص SAVI و NDVI بر روی سنجنده‌ی OLI

برای شاخص NDVI در سال ۱۳۶۶، مقدار زراعت آبی ۱۳ درصد است که این مقدار در سال ۱۳۷۹ با ۰/۶۳ درصد کاهش به ۱۲/۵۷ درصد و در سال ۱۳۹۶ به ۱۸/۷۱ درصد از کل منطقه‌ی مورد مطالعه رسیده است. افزایش این مقادیر از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶، معادل ۳۸۳۸ هکتار است. این آمار برای شاخص SAVI در سال ۱۳۶۶ مقدار ۱۰/۴۲ درصد، برای سال ۱۳۷۹ مقدار ۱۰/۹۳ درصد و برای سال ۱۳۹۶ مقدار ۱۶/۵۴ درصد از کل منطقه‌ی مورد مطالعه است. آنچه مسلم می‌باشد، تغییر جزئی هر دو شاخص در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۶۶ است. افزایش این مقادیر برای شاخص SAVI از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶، معادل ۴۱۰۶ هکتار است. این مقدار نسبت به شاخص NDVI ۲۶۸ هکتار بیشتر است که با توجه به مساحت منطقه – که معادل ۶۷۱۴۲ هکتار می‌باشد – معادل ۰/۴ درصد از کل منطقه‌ی مورد مطالعه است. در کلاس خاک نیز همانند کلاس گیاه (کشت آبی)، از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ تغییرات اندکی مشاهده می‌شود؛ اما در دوره‌ی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ کاهش کلاس خاک را در هر دو شاخص شاهد هستیم که این مقدار برای شاخص NDVI، ۳۷۸ هکتار و برای شاخص SAVI، ۴۰۹۵ هکتار است. آنچه دریافت می‌شود این است که کاهش کلاس خاک، افزایش کلاس گیاه را به همراه دارد که استفاده‌ی بی‌رویه از منابع آبی را نشان می‌دهد. جدول ۲، مقادیر این کاربری‌ها را برای هر کدام از این شاخص‌ها بر حسب هکتار نشان می‌دهند.

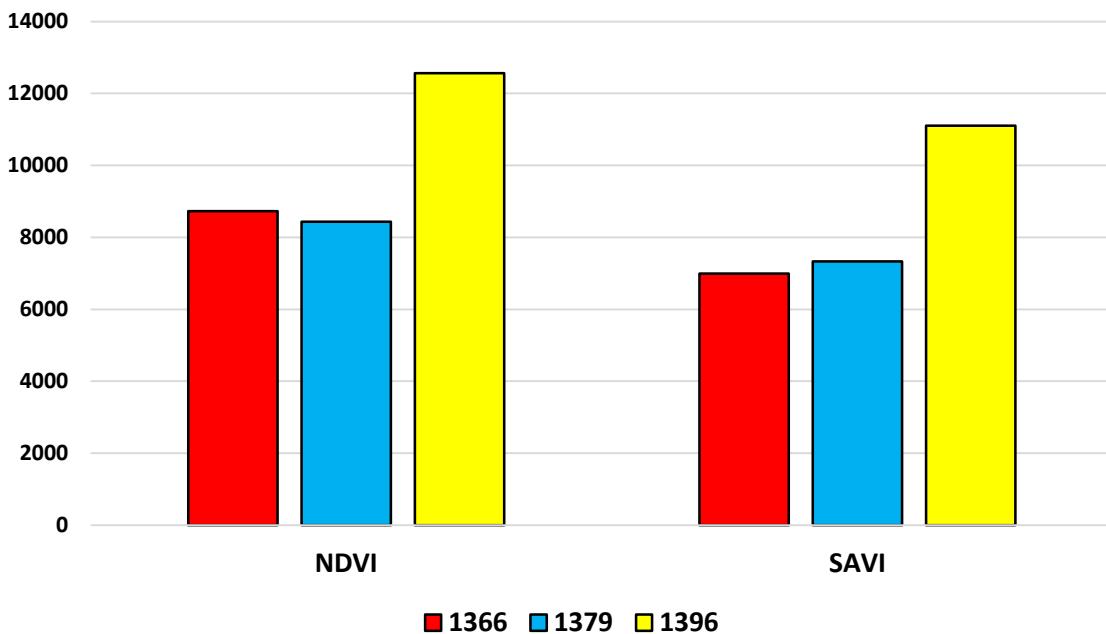
جدول ۲: مساحت هر یک از کاربری‌ها بر حسب هکتار در سال‌های مورد مطالعه

۱۳۶۶		۱۳۷۹		۱۳۹۶		کاربری
NDVI	SAVI	NDVI	SAVI	NDVI	SAVI	
۵۸۳۲۵/۴	۶۰۱۰۹/۵۳	۵۸۶۸۵/۲۲	۵۹۷۸۱/۳۱	۵۴۵۴۵/۰۴	۵۶۰۱۴/۵۸	خاک
۸۷۲۶/۲۲	۶۹۹۵/۵۲	۸۴۳۸/۰۴	۷۳۳۴/۶۳	۱۲۵۶۴/۱۸	۱۱۱۰۱/۵۴	گیاه
۸۹/۸۲	۱۸	۱۸/۲۷	۷/۴۷	۳۲/۱۳	۷/۲	آب

شکل‌های ۶، ۷ و ۹ روایت دیگری از کاربری‌ها را به نمایش می‌گذارد. واضح است که برای کلاس خاک (شکل ۶)، هر دو شاخص SAVI و NDVI تغییرات جزئی را از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ نشان می‌دهند و برای سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹، هر دو شاخص کاهش کلاس خاک را نشان می‌دهند؛ با این تفاوت که برای سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ شاخص SAVI و برای سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ شاخص NDVI، بیشترین کاهش کلاس خاک را نشان داده‌اند.

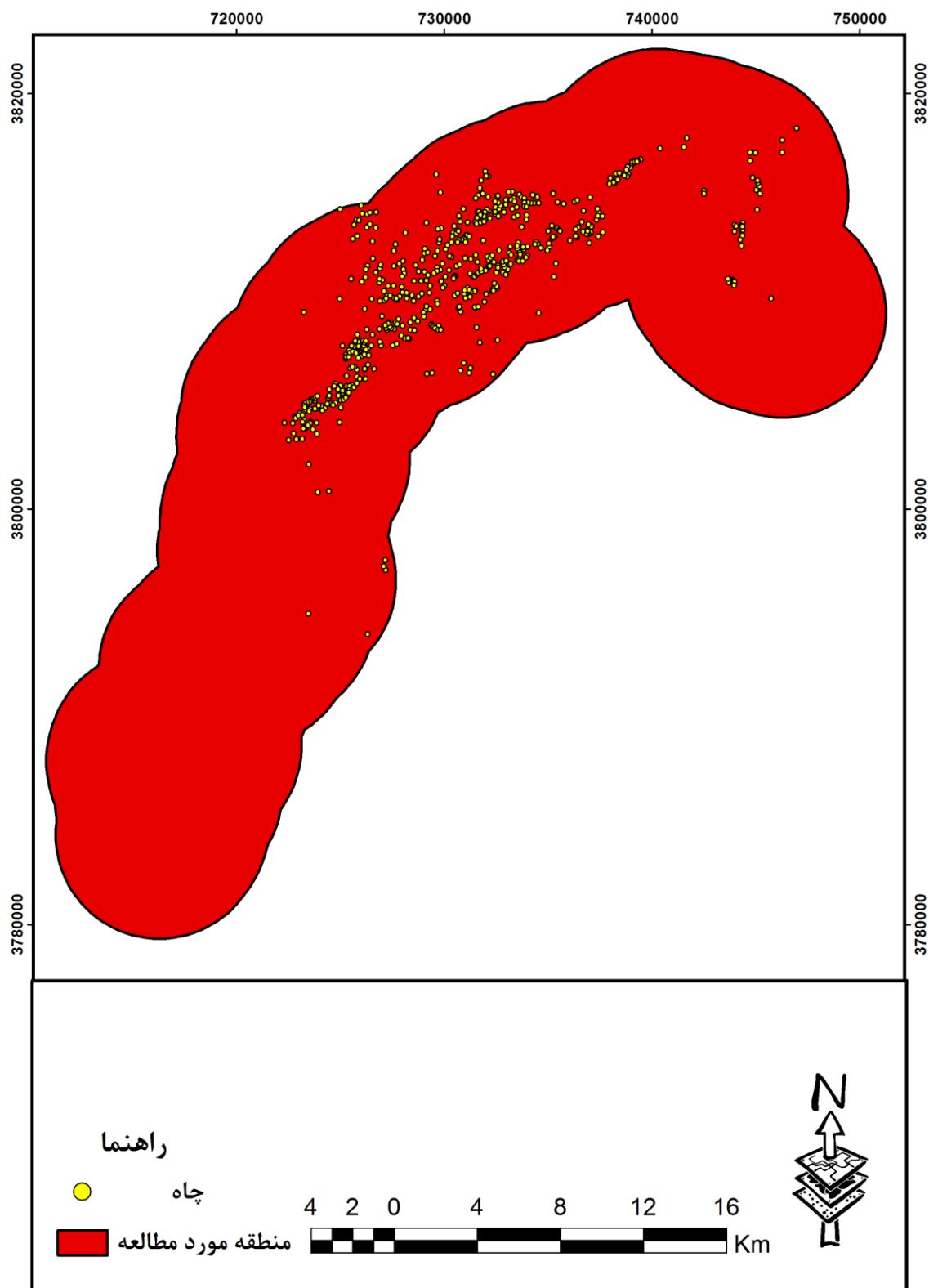


شکل ۶: تغییرات پوشش گیاهی خشک و خاک بر حسب هکتار

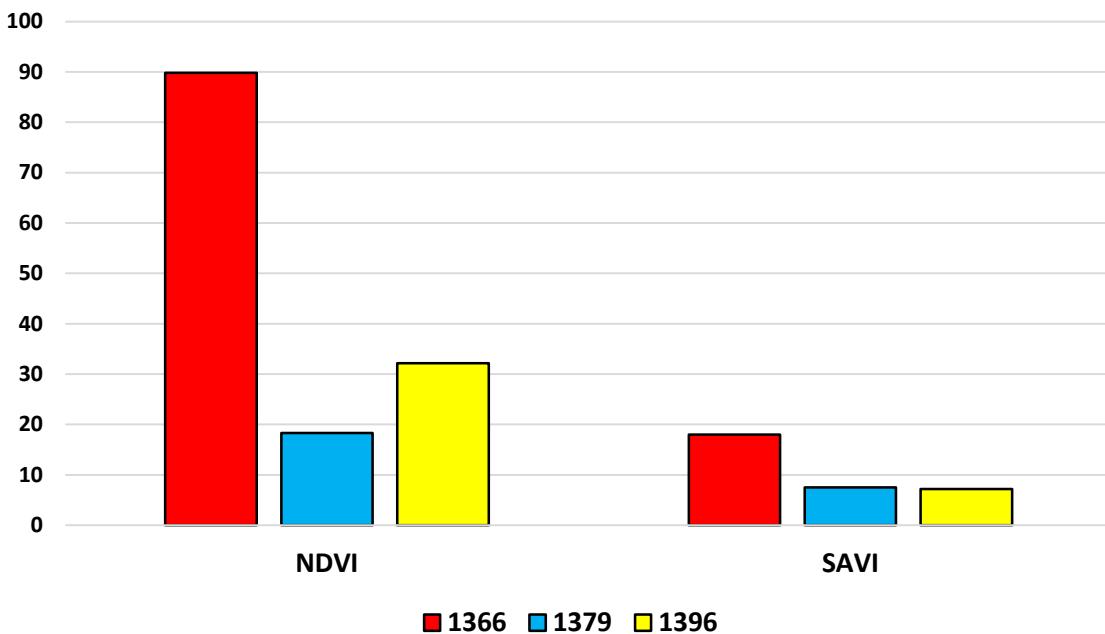


شکل ۷: تغییرات پوشش گیاهی (کشت آبی) بر حسب هکتار

در کلاس پوشش گیاهی (شکل ۷) مانند کلاس خاک، تغییرات اندکی را از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ شاهد هستیم؛ پس می‌توان گفت که پوشش گیاهی و خاک در دوره‌ی ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹، تغییرات اندکی داشته‌است. هر دو شاخص NDVI و SAVI، روند افزایشی پوشش گیاهی (کشت آبی) را در سال ۱۳۹۶ نشان می‌دهند. این مقادیر، بیانگر استفاده‌ی بی‌رویه از آب رودخانه و سفره‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر است. استفاده‌ی بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به تغییر کاربری اراضی و در ادامه به تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی در منابع آبی و سطح زمین منجر می‌شود. در این فصل از سال (مرداد ماه)، رودخانه کمترین مقدار آب را دارد و بیشتر آب استفاده شده برای آبیاری مزارع آبی – که در شاخص‌ها به عنوان کشت آبی در نظر گرفته شده‌اند – از چاه‌های غیر مجاز تأمین می‌شود. شکل ۸، موقعیت ۶۲۹ حلقه چاه را نشان می‌دهد که به صورت غیر مجاز حفر شده‌است. این چاه‌ها بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ در محدوده‌ی اشتراک منطقه‌ی مورد مطالعه با شهرستان‌های صحنه و هرسین حفر شده و اداره آب منطقه‌ای استان کرمانشاه برای آنها پرونده تشکیل داده‌است. حال اگر آمار شهرستان کرمانشاه و سال‌های قبل از ۱۳۷۹ و بعد از ۱۳۸۵ را به آن اضافه کنیم، بی‌شک تعداد چاه‌ها بیش از این مقدار است. همچنین اگر به این آمار تعداد چاه‌های مجاز و غیر مجاز را اضافه کنیم که فاقد پرونده‌ی شناسایی هستند، به خوبی قابل درک خواهد بود که در منطقه‌ای با مساحت ۶۷۱۴۲ هکتار – که بیشتر آن کوهستان و مراع است – کشت ۱۲۵۰۰ هکتار زراعت آبی در مرداد ماه چه فشاری را بر آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌کند. علاوه بر آن، زراعت‌هایی مانند گندم و دیگر غلات و محصولات را در نظر بگیرید که قبل از مرداد ماه برداشت آنها انجام شده‌است.



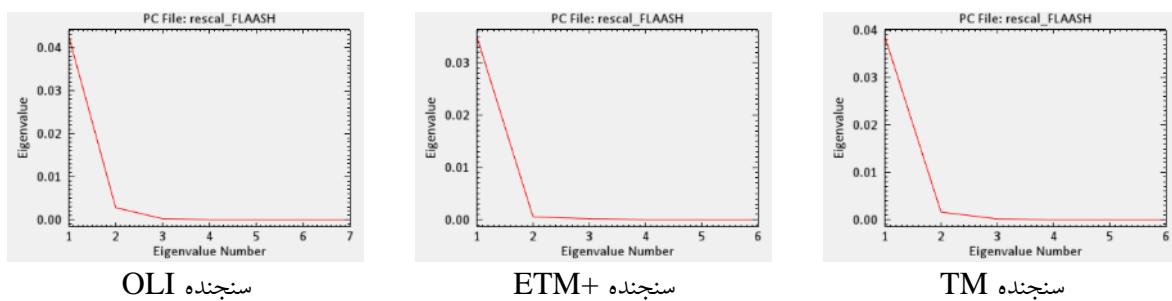
شکل ۸: موقعیت چاه‌هایی که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ به صورت غیر مجاز در منطقه‌ی مورد مطالعه حفر شده‌اند.



شکل ۹: تغییرات پهنه آبی بر حسب هکتار

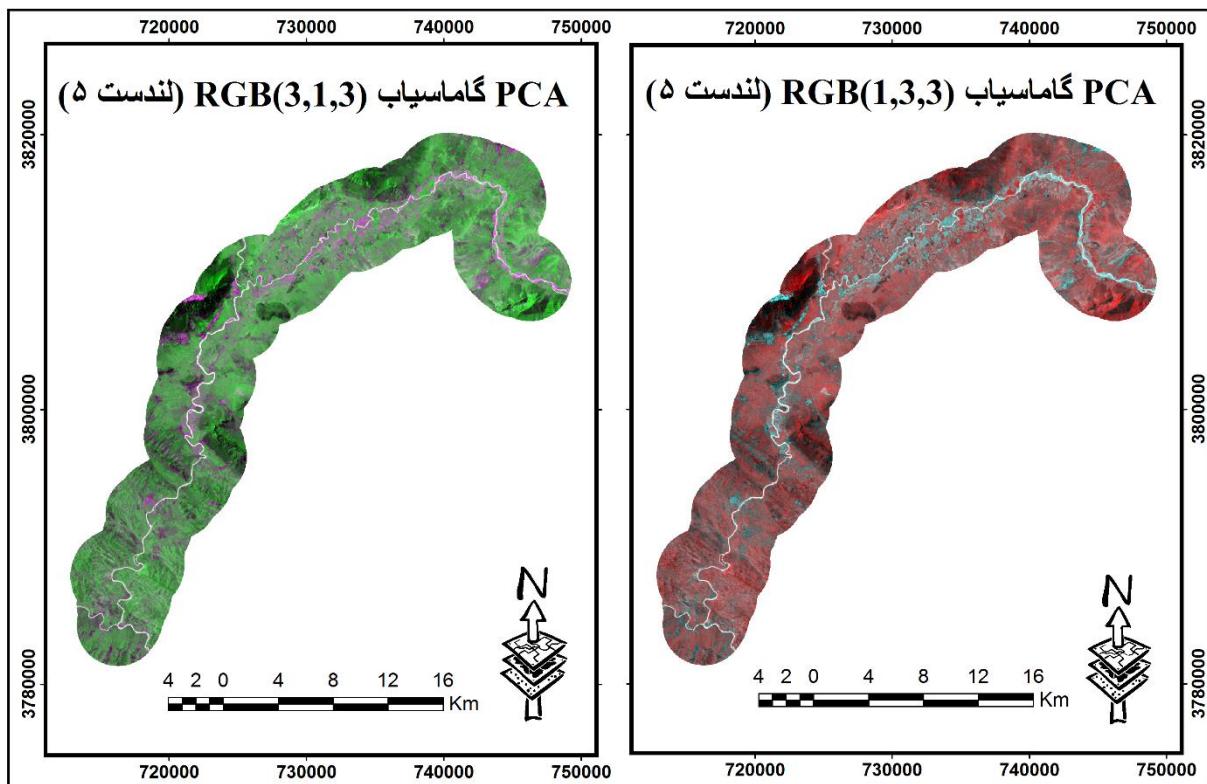
آنچه از جدول ۲ و شکل ۹ استنباط می‌شود، فقدان کارایی شاخص‌ها به خصوص SAVI در استخراج رودخانه و پهنه آبی در منطقه‌ی مورد مطالعه است. با رشد و تکثیر جلبک‌های پلانکتونی بهویژه جلبک‌های آبی - سبز که در بعضی قسمت‌های رودخانه گسترش یافته‌اند، لایه‌ای سبز رنگ در سطح آب ایجاد می‌شود که به‌طور جدی، مانع برای استخراج آب در این باند است. در حقیقت، تغییرات فصلی و روزانه در زاویه‌ی خورشید، ترکیبات جوی و تغییرات در خواص بیوفیزیکی و شیمیایی آب مانند تغییرات فیتوپلانکتون‌ها، ممکن است بر الگوی بازتابی آب در باندهای مختلف تأثیر داشته باشد. بنابراین، هر اندازه واریانس بین عوارض آبی و غیر آبی بیشتر باشد، پدیده‌ها بهتر تفکیک می‌شود (Li et al, 2013). در شکل‌های ۳ و ۵ از نظر بصری نیز می‌توان به عدم استخراج رودخانه با استفاده از شاخص‌ها اشاره کرد. برای استخراج رودخانه پیشنهاد می‌شود از شاخص‌های آب - که موضوع این پژوهش نیست - استفاده شود. علاوه بر این، می‌توان از تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۱</sup> نیز استفاده کرد. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، داده‌های چند طیفی یا چند باندی را می‌توان در فضایی چند بعدی تصویر کرد. ابعاد این فضا به اندازه‌ی تعداد باندهای تصویر خواهد بود و در آن هر پیکسل به صورت یک بردار در نظر گرفته خواهد شد (Fatemi and Rezaei, 2012); بنابراین برای هر سنجنده با  $n$  باند، فضایی  $n$  بعدی فرض می‌شود. در این تحقیق PCA برای شش باند سنجنده‌ی TM و ETM همچنین هفت باند OLI اعمال شد. مؤلفه‌ی اول PCA حاوی اطلاعاتی است که بیشترین واریانس را در بین مؤلفه‌های دیگر دارد. شکل ۱۰، نمودارهایی را نشان می‌دهد که نزدیک به ۴۰ درصد اطلاعات، در مؤلفه‌ی اول آمد است.

<sup>۱</sup> Principal Component Analysis (PCA)

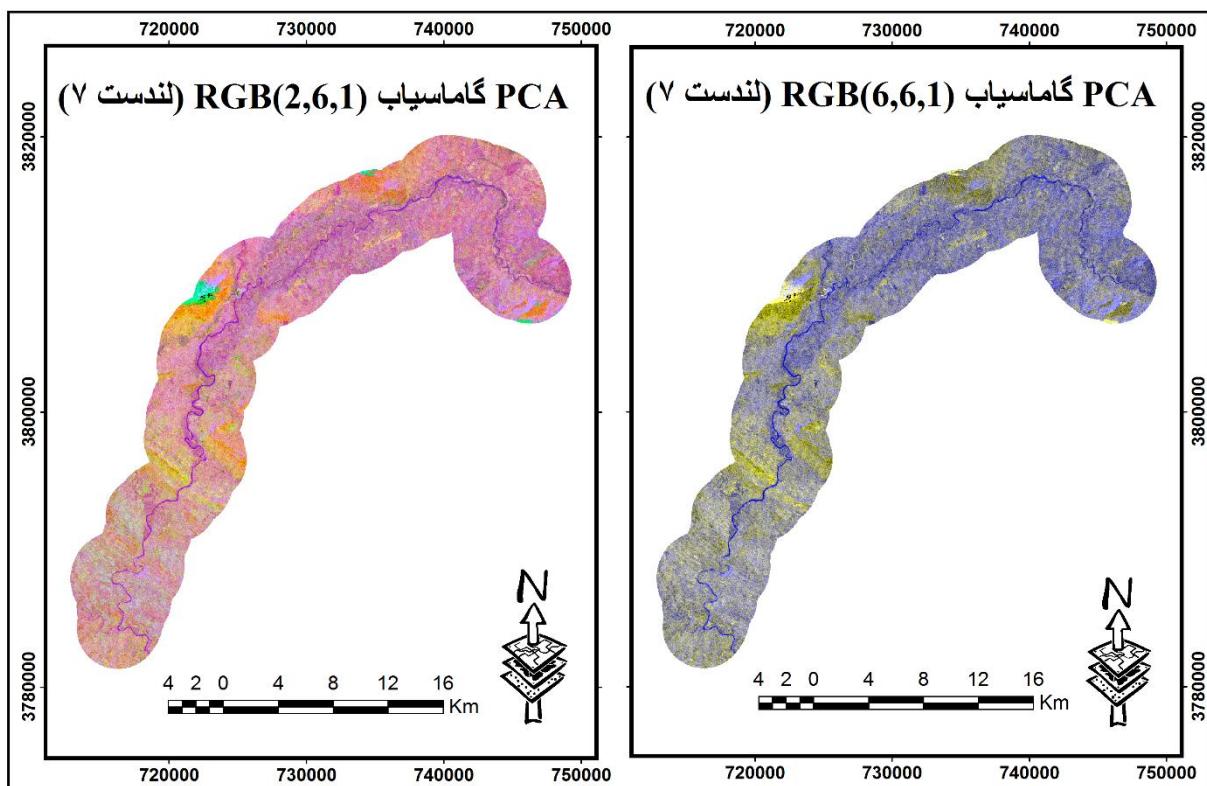


شکل ۱۰: نمودار حاصل از اعمال PCA بر روی تصاویر مورد مطالعه

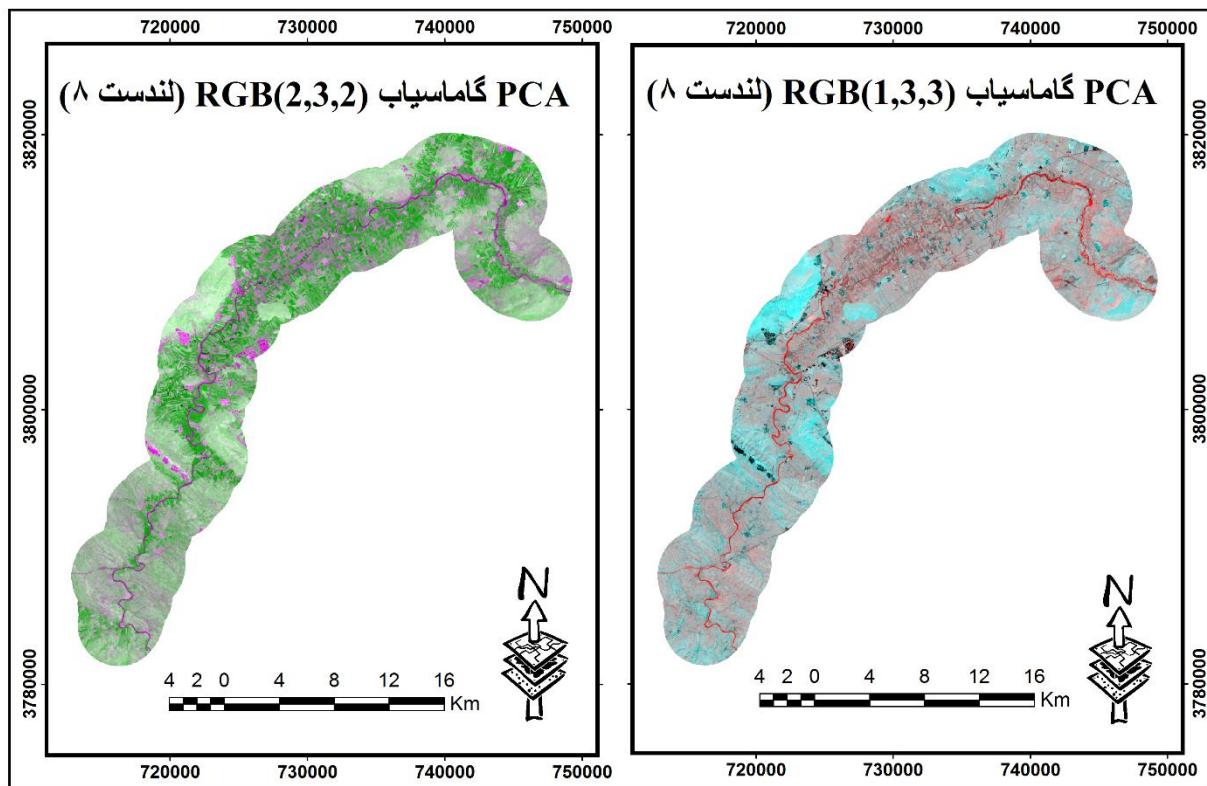
نکته‌ی دیگر که بسیار مهم شمرده می‌شود، وابستگی باند‌های همسایه به یکدیگر است. وابستگی یا همبستگی میان داده‌های مختلف باند‌ها یک امر طبیعی است که به افزونگی اطلاعات وابسته و تکراری منجر می‌شود. اطلاعات تکراری به بالا رفتن زمان پردازش و گاهی پایین آمدن دقت پردازش منجر می‌شود. در اجرای PCA، تلاش برای ایجاد دسته داده‌ی جدیدی است که در آن همبستگی میان داده‌ها وجود نداشته باشد. در این پژوهش همان طور که در شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ ملاحظه می‌شود، رودخانه و سایر عوارض در تصاویر حاصل از PCA به خوبی نمایان است و علاوه بر این، می‌توان از آن برای استخراج مسیر رودخانه استفاده کرد. با مقایسه‌ی بصری شاخص‌ها با PCA های مربوطه می‌توان گفت با استفاده از PCA، رودخانه به درستی استخراج می‌شود که حتی می‌تواند برای رودخانه‌های عریض‌تر نیز به نتایج مطلوب‌تری منجر شود. کاربرد دیگر PCA – که شاید کمتر به آن توجه شده‌است – استفاده در طبقه‌بندی تصاویر است. ترکیب باند‌های یک سنجنده با PCA همان باند‌ها، به شناسایی عوارضی منجر می‌شود که شاید با هر تصویر دیگر نتوانیم این عوارض را شناسایی کنیم.



شکل ۱۱: تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی سنجنده‌ی TM



شکل ۱۲: تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی سنجنده‌ی ETM



شکل ۱۳: تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی سنجنده OLI

روند کلی در روش PCA به صورت زیر است:

۱. فشردهسازی اطلاعات صورت می‌گیرد (نود درصد اطلاعات در سه باند اولیه است؛ یا به عبارت دیگر، سه باند اولیه بیشترین واریانس را دارند. بنابراین، هر چه در باندها جلوتر می‌رویم واریانس کمتر در نتیجه اطلاعات نیز کمتر می‌شود).

۲. با استفاده از سه باند، نود درصد اختلافات را می‌توان یافت.

۳. در PCA، همبستگی بین عناصر تصویر یا باندها به ناهمبستگی تبدیل می‌شود؛ بنابراین، می‌توان اطلاعات سطح تصویر را استخراج کرد.

در نتیجه با مقایسه‌ی بصری شاخص‌ها با PCAهای مربوطه می‌توان گفت رودخانه به درستی با استفاده از PCA استخراج می‌شود که حتی می‌تواند برای رودخانه‌های عرضی‌تر نیز به نتایج مطلوب‌تری منجر شود.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر، یانگر افزایش سطح زیر کشت آبی در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ است. با توجه به اینکه تصاویر استفاده شده در مرداد ماه اخذ شده است، مراتع در این فصل کاملاً خشک هستند و در طبقه‌بندی حاصل، جزء کلاس خاک قرار می‌گیرند. بنابراین کل کلاس کشت آبی، زمین‌هایی را نشان می‌دهند که به صورت مفرط از رودخانه و بیشتر از چاه‌های حفر شده به صورت غیر مجازی در منطقه مورد مطالعه استفاده می‌کنند. آنچه از دو شاخص مورد بحث مشخص می‌شود، سیر صعودی بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر است؛ چرا که این مقادیر در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ اختلاف کمتری نسبت به هم داشته‌است. با این وجود، همان

طور که در شکل ۶ نمایان است ما با کاهش کلاس خاک در سال ۱۳۹۶ مواجه هستیم. این امر نیز استفاده‌ی بی‌رویه از زمین‌های کشاورزی را نشان می‌دهد که متأسفانه در سال‌های اخیر، با این پدیده یعنی کشت دو و حتی سه باره‌ی زمین‌های کشاورزی در سال مواجه هستیم که نتیجه‌ی آن، از بین رفتن آب‌های زیرزمینی، فرسایش و کاهش بهره‌وری خاک خواهد بود. اما این شاخص‌ها نتوانسته‌اند رودخانه را به طریق درستی استخراج کنند که یکی از علت‌های آن می‌تواند وجود جلبک‌ها در سطح آب باشد. دلیل دیگر، اختلاط داده‌های طیفی آب رودخانه به علت عمق و پهنای کم رودخانه است. در حقیقت، پهنای برابر یا کمتر از یک پیکسل ۳۰ متری لندست، امکان اختلاط داده‌های طیفی عوارض همسایه را به شدت افزایش می‌دهد و ویژگی‌های بازتابی آب تا حد زیادی تحت تأثیر ویژگی بستر رودخانه قرار می‌گیرد (Taherian and Samadi, 2016).

در این پژوهش برای استخراج مسیر رودخانه، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. با مقایسه‌ی بصری شاخص‌ها با PCA های مربوطه می‌توان گفت رودخانه با استفاده از PCA به درستی استخراج می‌شود که حتی می‌تواند برای رودخانه‌های عريض تر نیز به نتایج مطلوب تری منجر شود. به علت عدم دخالت کاربر بر خلاف الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل پایه، این فرایند از اطلاعات طیفی باندهای مورد استفاده بهره می‌گیرد که صحت آنها، به اندازه‌ی قدرت تفکیک رادیومتریکی سنجنده‌های مورد استفاده است؛ چرا که در بحث شاخص‌های طیفی، قدرت تفکیک مکانی نسبت به قدرت تفکیک رادیومتریکی اهمیت بسیار کمتری دارد.

#### ۶- پی‌نوشت‌ها

۱. ترتیب پیش‌پردازش‌ها، ابتدا تصحیح رادیومتریکی بعد تصحیح اتمسفری و در نهایت، تصحیح هندسی است. تصحیح هندسی شامل موزاییک کردن، مختصات دار کردن و برش منطقه‌ی مورد مطالعه است. در تصاویر، بسیاری از خطاهای دستگاهی و زمین مرجع کردن قبل از ارائه تصویر قابل توجه قرار می‌گیرد و برطرف می‌شود؛ بنابراین، در این بررسی به اصلاح خطاهای دستگاهی نیاز نیست، اما با وجود اینکه تصاویر زمین مرجع شده بود (UTM/WGS84) ولی با در نظر گرفتن لایه‌های اطلاعاتی نظیر نقشه‌های توپوگرافی و ... مورد کنترل قرار گرفت. با توجه به اهمیت موضوع پژوهش و نداشتن خطای هندسی، ذکر مواردی بیشتر در این مجال نمی‌گنجد.

#### منابع

1. Agone, V., & S. M. Bhamare., (2012). Change detection of vegetation cover using remote sensing and GIS. *Journal of research and development*. 2(4).
2. Asrar, G. Q.; Fuchs, M.; Kanemasu, E. T.; & J. L. Hatfield, 1984. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat 1, *Agronomy journal*, 76(2), 300-306.
3. Chander, G.; Markham, B. L.; & D. L. Helder, 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
4. Chen, L.; Jin, Z.; Michishita, R.; Cai, J.; Yue, T.; Chen, B.; & B. Xu, 2014. Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery, *Ecological Informatics*, 24, 17-26.
5. Fatemi, S. B., & Y. Rezaei., (2012). Principles of Remote Sensing, Fourth Edition, Tehran, Azadeh Publications. (in Persian).

6. Fathnia, A., 2011. Modeling of Normalized Difference Plant Index (NDVI) based on climatic factors in Iran. Master Thesis, Department of Natural Geography, Tarbiat Modares University, (in Persian).
7. <https://landsat.usgs.gov/how-radiance-calculated.php>
8. Huete, A., 1988. Huete, AR A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment. Remote sensing of environment*, 25, 295-309.
9. Jabari, I.; Piroozinezhad, N.; & M. Rezaeimoghadam, 2015. Study on river plan form change in responses to change sand bars in Gamasiab River, *Geography and Environmental Planning*, 26(2), 299-320. (in Persian).
10. Jabari, S.; Khajedin, S. J.; Jafari, R.; & S. Soltani, 2016. Application of AWIFS digital data to determine vegetation cover (Case Study: Semirom-Isfahan), *Journal of Rangeland*, 9(4), 333-343. (in Persian).
- 11.** Jensen, J. R., 2015. Digital Image Processing, 4th Edition, University of South Carolina.
12. Khajedin, S. J., 1997. Use of Landsat MMS 5 satellite data in surveying plant communities and determining saline lands in Jazmourian region, Proceedings of the Second National Conference on Desertification and Different Methods of Desertification, Publications of the Institute of Forests and Rangelands, 333-338. (in Persian).
13. Li, W.; Du, Z.; Ling, F.; Zhou, D.; Wang, H.; Gui, Y.; ... & X. Zhang, 2013. A comparison of land surface water mapping using the normalized difference water index from TM, ETM+ and ALI, *Remote Sensing*, 5(11), 5530-5549.
14. Montazeri, M., & O. R. Kefayat Motlagh., (2018). long term mean of vegetation analysis in Iran using NDVI index. *Geography and Environmental Planning*. 29(3), 1-14. (in Persian).
15. Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; & D. W. Deering, 1973. Monitoring vegetation systems in the greant plains with ERTS: Proceedings of the Earth Resources Technology Satellite Symposium NASA SP-351.(vol 1, pp. 309-317). Washington, DC: NASA.
16. Saugier, B., 1996. Végétation et atmosphère France Dominos Flammarion. 107.
17. Smith, A. M.; Kolden, C. A.; Tinkham, W. T.; Talhelm, A. F.; Marshall, J. D.; Hudak, A. T.; ... & J. R. Gosz, 2014. Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems, *Remote Sensing of Environment*, 154, 322-337.
18. Taherian, E., & H. Samadi., (2016). Comparison of water indices for automatic separation of shallow and shallow rivers in Landsat images. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*. 7(4), 99-116. (in Persian).
19. Wang, C.; Jnr, E. M. O.; & A. S. Amoah, 2018. Comparing of landsat 8 and sentinel 2A using water extraction indexes over Volta River, *Journal of Geography and Geology*, 10(1), 1-7.
20. Zhang, H.; Chen, H.; & G. Zhou, 2012. The model of wheat yield forecast based on modis-ndvi: a case study of xinxiang. In Proceedings of the ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Congress.

# NDVI and SAVI Indices Analysis in Land Use Extraction and river route

**Sayyad Asghare Saraskanroud<sup>1</sup>:** Associate professor, Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil

**Roholah Jalilian:** Master Graduate RS & GIS, Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil

**Article History (Received: 2021/01/20**

**Accepted: 2021/06/28)**

## Extended abstract

### 1- Introduction

Land use reflects the interactive characteristics of humans and the environment and describes how human exploitation works for one or more targets on the ground. Land use is usually defined based on human use of the land, with an emphasis on the functional role of land in economic activities. Land use, which is associated with human activity, is changing over time. Land use information and land cover are important for activities such as mapping and land management. Over time, land cover patterns and, consequently, land-use change, and the human factor can play a major role in this process. Today, satellite-based measurements with geographic information systems are increasingly being used to identify and analyze land-use change and land cover. Therefore, accurate detection of changes in land surface properties, especially LULC changes have become a key issue for monitoring local, regional, and global resources and environments, Providing a basis for a better understanding of the interactions between humans and natural phenomena and the proper management and use of these terrestrial resources. About the problems of changes and transformations in the studied area, remote sensing can allow managers to categorize images and evaluate land-use changes, in addition to saving time and costs, which allows planners to make plans based on changes, more resources are lost, to be prevented.

### 2- Methodology

The Gamasiab River originates from calcareous springs located 21 kilometers southeast of Nahavand in Hamadan province from the northern slopes of the Greene Highlands known as the Mirab Gamasiab. This river enters Kangavar, Harsin, and Bistoon Kermanshah from the east-west direction of Nahavand and then enters the Faraman area by going around Bistoon and continues its north-south direction after receiving other branches and water. The surface currents of the adjacent basins join the Gharasu. For this study, an approximately 80 kilometers interval from the Gamasiab River and its adjacent lands 5 kilometers from each side was selected. Three images of Landsat for TM, ETM+ and OLI sensors were selected for monitoring of the river adjacent lands and vegetation indices for the years 1987, 2000, and 2017, respectively. NDVI is the normalized difference vegetation index and is the most common vegetation index. SAVI Soil- Adjusted Vegetation Index by Huete (1988) has been developed to use soil optical properties on the canopy reflectance capability. This index has added a factor of L (soil texture correction factor) to the NDVI equation. Radiometric and atmospheric correction images are performed before applying spectral indices. In the process of atmospheric correction, the first step is to calculate the radius value, and from the radius value, the reflectance value is calculated. There are two advantages to using reflectance values compared to radiative values: first, the effect of the cosine angle of the different solar angles can be measured relative to the time difference between the data harvesting, and second, the different amounts of solar radiation outside the atmosphere caused by the differences. The band is spectral, corrected. Atmospheric correction is done to eliminate the effects of the transmission and absorption of electromagnetic waves in the visible and infrared range. In general, each of the terrestrial features has a special spectral sign (spectral signature). These spectral signatures depend on many factors, such as sensing properties, differences in radiation and reception angles, atmospheric and topographic conditions, and imaging time. Because of the factors mentioned above, digital numbers (DN) cannot represent

---

<sup>1</sup> Corresponding Author: [gis\\_uma@yahoo.com](mailto:gis_uma@yahoo.com)

the actual conditions of spectral reflection of the Earth. The purpose of radiometric correction is to remove or neutralize the above effects of the image. After the indexes are applied, the land units have to be separated so that they are threshold on them, which means that we separate the pure classes. So, values between -1 to 0 are considered as wet and water body, values between 0 to 0.3 as soil, and values between 0.3 to 1 as vegetation.

### 3- Results

Due to the lack of user interference against the object-oriented and pixel-based classification algorithms, this process (applying spectral indices) uses spectral information of the bands used, as accurate as the radiometric resolution of the sensors used. The results showed that for the NDVI index in 1987 the amount of water land fields was 13% and this value decreased by 0.63% to 12.57% in the year 2000 and 18.71% in the whole study area in 2017. These figures for the SAVI index in the year 1987 amounted to 10.42%, for the year 2000 the value was 10.93%, and for the year 2017 amount was 16.54% of the total area studied. What is certain is the slight change in 2000 relative to 1987 for both indices. Both NDVI and SAVI show an increasing trend of vegetation cover (water land fields) in 2017. These figures show the unprecedented use of river water and groundwater in recent years. Excessive use of groundwater resources results in land-use changes and subsequently physical, chemical, and even biological changes in water resources and land surface. For soil class, it is clear that both NDVI and SAVI indices show slight changes from 1987 to 2000, and for 2017 both indices show decreases in soil class compared to 1987 and 2000. The results show the inefficiency of indices in river and water body extraction in the study area. Principal components analysis was used for river extraction. Consequently, by comparing the indices with the corresponding PCAs it can be said that the river is properly extracted using PCA which can lead to even better results for the wider rivers.

### 4- Discussion & Conclusions

Identifying and discovering the land cover changes can help planners and planners identify effective factors in land-use change and land cover, and have useful planning to control them. High accuracy maps are required for this purpose. The use of spectral indices makes this possible with very high accuracy. The results of this study, in addition to prove the accuracy and efficiency of spectral indices for estimating land cover, showed that during the years of 1987, 2000 to 2017 the soil class reduce and, on the other hand, increased water land fields a general trend This illustrates the general trend of degradation in the region through the replacement dry-land fields than water land fields.

**Key Words:** NDVI, SAVI, Pixel Based, Object Oriented, Radiometric Resolution.