

## تحلیل تغییرات شاخص های پوشش گیاهی در سنجنده های ماهواره لندست (مطالعه موردی: ارس زارهای شرق پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده قرخود) رحیمه صابرفر<sup>۱</sup>، سامره فلاحتکار<sup>۲\*</sup>، سید حسین کیا<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۸

### چکیده

امروزه کسب آگاهی و دانش در رابطه با پوشش گیاهی و سلامت آن نقش مهمی را در مدیریت مناطق حفاظت شده و حفاظت از گونه های گیاهی و جانوری آن دارد. سنجش از دور فن آوری بسیار مفیدی است که جهت بررسی پوشش گیاهی از گذشته تاکنون نسبت به سایر روش ها ارجحیت داده می شود. استفاده از شاخص های پوشش گیاهی در تعیین گستره پوشش گیاهی یکی از راه های موجود در آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی می باشد. در تحقیق حاضر به دلیل شرایط اتمسفری مناسب و درصد ابرناکی کمتر از ۱۰ درصد از تصاویر ماه ژوئن سالهای ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶ و ماه می سال ۲۰۰۳ مربوط به سه سنجنده TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست و از سه شاخص NDVI، SAVI و EVI برای شناسایی و طبقه بندی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. از روش Cross classification برای مقایسه شاخص های پوشش گیاهی با نقشه پوشش اراضی تهیه شده از روش طبقه بندی هیبرید و انتخاب بهترین شاخص پوشش گیاهی در طبقه بندی استفاده گردید. ضریب کاپای به دست آمده از مقایسه نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و نقشه پوشش اراضی برای سالهای ۱۹۸۷، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۶ به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۸۲ و ۰/۸۷ بود که مقادیر بالاتری نسبت به دو شاخص پوشش گیاهی دیگر را در سه سنجنده دارا بود. همچنین نتایج آشکارسازی تغییرات سی ساله، بیانگر کاهش ۹۱۵۳/۲۷ هکتار از ارس زارهای منطقه مورد مطالعه بوده است که ۹۰۹۲/۴۳ هکتار از آن به طبقه اراضی مرتعی و ۶۰/۸۴ هکتار به اراضی بایر تبدیل شده است.

**واژه های کلیدی:** آشکارسازی تغییرات ، ارس، NDVI، EVI، SAVI

۱ - دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس.

۲ - نویسنده مسئول: استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

Email: [Samereh.falahatkar@modares.ac.ir](mailto:Samereh.falahatkar@modares.ac.ir)

۳ - دکتری سنجش از دور دانشگاه ساتامپتن، مدرس دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه

اهمیت پوشش گیاهی یا کاربری اراضی به‌عنوان عامل پویا و موثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه‌های زمانی کوتاه مدت تعیین شود. آشکارسازی تغییرات در سنجش از دور تکنولوژی بسیار مفیدی است که می‌توان آن را برای به‌دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی از خاک و پوشش گیاهی به‌کار برد (۱). بر همین اساس محققین زیادی به منظور بررسی پوشش گیاهی از داده‌های سنجش از دور پ استفاده نموده و این تکنیک را مناسب این گونه مطالعات ارزیابی نموده‌اند. امروزه با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان‌های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر در راستای دستیابی به نقشه تغییرات ایجاد شده براحتی قابل انجام است. پس از شناخت تغییرات ایجاد شده در دوره مورد نظر بررسی ارتباط تغییرات با عامل‌های دخیل در آن انجام می‌شود (۸).

اصولاً بازتاب پوشش گیاهی در محدوده طیفی نور مرئی (۰/۶۶ - ۰/۴۳ میکرومتر) کم و در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک (۱/۱ - ۰/۷ میکرومتر) زیاد است. سه ویژگی مهم برگ مانند کلروفیل، ساختار فیزیولوژیکی و میزان آب، اثر مهمی در بازتاب طبیعی آن دارد. اغلب شاخص‌های گیاهی از انعکاسات مربوط به باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز تولید می‌شوند (۵). شاخص‌های پوشش گیاهی به دو دسته Rational و Orthogonal تقسیم می‌شوند. البته تعدادی از شاخص‌ها هیبریدی از شاخص‌های گیاهی هستند. NDVI

( Normalized Difference Vegetation )  
 Enhanced Vegetation ) EVI، (index  
 Soil adjusted Vegetation ) SAVI و (Index  
 Index) به ترتیب جزء شاخص‌های نسبتی و  
 هیبریدی می‌باشند (۱۰). بیش از چند دهه از  
 کاربرد شاخص‌های گیاهی برای اهداف مختلف  
 می‌گذرد و هنوز هم در سطح وسیعی استفاده  
 می‌شود. در این میان دو شاخص پوشش گیاهی  
 EVI و NDVI از جمله شاخص‌های جهانی  
 هستند که برای آماده نمودن دائمی اطلاعات  
 مکانی و زمانی پوشش گیاهی به‌کار گرفته می‌-  
 شوند، به‌خصوص شاخص NDVI که کارایی  
 مفید آن در بسیاری از مطالعات مشخص شده  
 است (۲۰ و ۲۳). این شاخص با استفاده از  
 فرمول جدول شماره ۱ محاسبه شده و مقدار  
 آن بین اعداد +۱ تا -۱ تغییر می‌کند. مقادیر  
 منفی در این شاخص حاکی از عدم حضور  
 پوشش گیاهی است. رابطه بین NDVI و  
 پوشش گیاهی می‌تواند براساس پراکنش  
 پوشش گیاهی که به‌صورت ضعیف و پراکنده یا  
 به‌صورت متراکم باشد بنا شود، به این معنی که  
 در نواحی که پوشش گیاهی پراکنده است و  
 شاخص LAI کمتر از ۳ باشد به‌شدت تحت  
 تاثیر انعکاس خاک قرار می‌گیرد. بنابراین در  
 نواحی که پوشش گیاهی پراکنده است شاخص  
 تعدیل شده یا اصلاح شده پوشش گیاهی  
 SAVI به‌جای NDVI پیشنهاد شده است.  
 شاخص EVI هم شاخصی است که اطلاعات  
 کاملی در رابطه با تغییرات مکانی و زمانی  
 پوشش گیاهی ارائه می‌دهد و بسیاری از مسائلی  
 که ایجاد ناخالصی در NDVI می‌نماید مانند  
 اثرات زمینه خاک و گرد و غبارات برجای مانده

روی پوشش گیاهی را کاهش می دهد اما مساله مربوط به اثرات توپوگرافی را نمی تواند برطرف نماید (۲۰ و ۲۳).

جدول ۱. فرمول شاخص های گیاهی مورد استفاده در تحقیق

منبع	فرمول	نام شاخص
(۲۵)	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$	NDVI
(۱۵)	$SAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR - Red + 0.5)}$	SAVI
(۱۶)	$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + C_1 * \rho_{red} - C_2 * \rho_{blue} + L} (1 + L)$	EVI

ضروری می باشد، بنابراین با توجه به تفاوت دو سنجنده در تعداد و ترتیب باندهای طیفی، محدوده طیفی هر یک از باندها، تفاوت در زمان برداشت از سطح زمین، تفاوت در زاویه خورشید و زاویه سنجنده نسبت به هدف سطح زمین، و ارزیابی میزان تفاوت شاخص های طیفی پوشش گیاهی استخراج شده از سنجنده های مختلف ماهواره لندست باید مشخص گردد. از اینرو هدف از این مطالعه انتخاب شاخص طیفی پوشش گیاهی مناسب برگرفته از سنجنده های مختلف و در زمان های مختلف برای زیستگاه های کوهستانی ارس و آشکارسازی تغییرات سی ساله ارس با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی برای هر سنجنده می باشد. وانوگن و همکاران (۳۱)؛ با استفاده از تصاویر سنجنده های TM، MSS، لندست و شاخص پوشش گیاهی NDVI و تکنیک مقایسه پس از طبقه بندی، اراضی مرتفع جنگل ماداگاسکار را بررسی نمود. طبقه بندی با

ارس (*Juniperus polycarpus*) جزء محدود سوزنی برگان بومی ایران و از عناصر رویشی هیرکانی و بخش کوهستانی ایران- تورانی می- باشد که مناطق وسیعی از کشور معرف رویشگاه آن است. در واقع بعد از بنه رتبه دوم را از نظر پراکنش در میان گونه های درختی دارا می باشد (۶). به طور کلی جوامع ارس مناطق شمال شرقی ایران تفاوت فاحشی با جوامع ارس البرز مرکزی و زاگرس دارد. در زاگرس و البرز مرکزی ارس در ارتفاعات بالا و اغلب به صورت پراکنده و یا ممکن است همراه سایر گیاهان درختچه ای مانند بادام و بنه دیده شود (۴). تاکنون مطالعات زیادی بر روی این گونه صورت پذیرفته و بررسی روند تغییرات این گونه با ارزش در طی دهه های گذشته تاکنون می تواند نقش مهمی در تدابیر حفاظتی برای این گونه با ارزش ملی داشته باشد. جهت بررسی تغییرات این گونه در طی سی سال گذشته استفاده از تصاویر سنجنده های متفاوت ماهواره لندست

جنگل‌زدایی در مناطقی که تراکم جمعیت بیشتر از ۱۰ نفر در هر کیلومتر مربع است رخ می‌دهد.

پیش‌بینی گردید. نتایج تحقیق بیانگر کاهش مساحت جنگل متراکم در طی دوره‌های مورد مطالعه و افزایش مساحت اراضی کشاورزی با گذر زمان می‌باشد. احمد (۲)؛ با استفاده از روش تفاوت شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص تبدیل پوشش گیاهی نرمال (TNDVI)، شاخص افزایش پوشش گیاهی (EVI) و شاخص پوشش گیاهی خاک (SAVI) و روش تفاضل تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ برای تشخیص تغییرات به‌کار گرفته شد همچنین از پارامترهای فنولوژی پوشش گیاهی سری زمانی EVI/NDVI سنجنده ترا ماهواره مودیس برای منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. راوت (۲۴)؛ با استفاده از شاخص NDBI، NDVI و NDWI و روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال به بررسی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در شهر رمنگر در ایالت اوتاراکنند هند پرداختند. نتایج نشان داد که در طول دو دهه گذشته، منطقه انسان ساخت و نوار شن و ماسه در منطقه شهر رمنگر به‌ترتیب در حدود ۸/۸۸٪ و ۳/۹۸٪ افزایش یافته است در حالی که سایر کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی کشاورزی و آب به‌ترتیب ۹/۴۱٪، ۰/۶۹٪ و ۲/۷۶٪ کاهش یافته است.

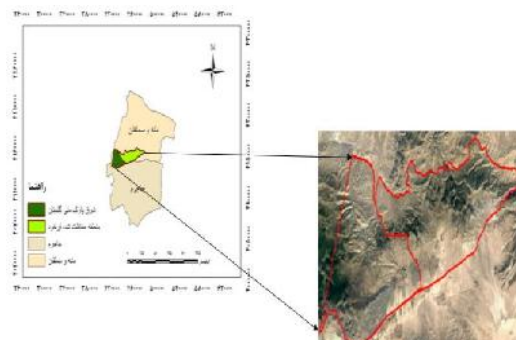
#### محدوده مورد مطالعه

منطقه‌ای به وسعت ۷۲۶/۳۲۴۰ کیلومتر مربع شامل بخش شرقی پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده قرخود می‌باشد. از نظر موقعیت

استفاده از روش حداکثر احتمال صورت پذیرفت و صحت نقشه‌های حاصله بین ۰/۸۱-۰/۹۷ بدست آمد. نتایج بررسی نشان داد بیشترین نرخ ارضی و همکاران (۷)؛ با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و روش‌های مختلف آن نقشه پوشش اراضی منطقه کبیرکوه را از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ تهیه کرد. در این مطالعه دامنه تغییر شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۱۹۹۸ بین ۸۵٪- تا ۹۶٪+ بدست آمد که بیانگر این است که در سال ۱۹۸۸ در منطقه کبیرکوه نواحی دارای پوشش گیاهی بسیار خوب و تخریب شده نیز وجود داشته‌اند. دامنه تغییر شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۲۰۰۲ بین ۵۰٪- تا ۴۳٪+ می‌باشد و بیانگر آنست که پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰ کاهش یافته و تخریب گردیده است. ثنایی نژاد و همکاران (۲۸)؛ از شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی از جمله NDVI، GVI، SAVI، EVI، DVI، VNIR، Leaf Water Content (Mid-IR-Index) برای مقایسه نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ با روش حداکثر احتمال استفاده و نتایج نشان داد شاخص‌های (Mid-Leaf Water Content، GVI، NDVI، IR-Index) در تشخیص پوشش گیاهی کارایی بیشتری دارند. فرج‌اللهی و همکاران (۱۴)؛ از تصاویر سنجنده‌های MSS، ETM+ و OLI ماهواره لندست و اطلاعات جانبی منطقه، نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۳ بر اساس روش نظارت شده تهیه شد و نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۷ با زنجیره مارکوف

برآورد شده است. متوسط دمای سالانه ۱۳ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی ۳۶۰ میلی-متر می باشد (۴ و ۱۷). در قسمت شرقی پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده قرخود جوامع ارس قابل مشاهده می باشند که سه گونه *Juniperus Juniperus polycarpos* ارس *Juniperus excels* و *Juniperus communis* در این مناطق شناسایی شده اند (۴ و ۱۸).

جغرافیایی در زون ۴۰ در طول جغرافیایی  $55^{\circ}99'72''$  تا  $56^{\circ}67'12''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $37^{\circ}53'38''$  ت  $37^{\circ}28'49''$  شمالی قرار دارد (شکل ۱). حداقل ارتفاع منطقه در ۹۴۰ متر در بخش غربی منطقه و حداکثر ارتفاع منطقه ۲۷۸۰ متر در بخش مرکزی حوزه می باشد. اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه طی بازه زمانی سی ساله سرد نیمه خشک



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سال ۱۳۹۲، عکس های هوایی سال ۱۳۴۲ و نقشه های تیپ و تراکم حاصل از پروژه ملی سازمان جنگل ها و مراتع در سال ۱۳۹۲ استفاده گردید. از نرم افزارهای ENVI5.1، Terrset18.1 و ArcGIS10.2 استفاده شد.

## مواد و روش ها

### داده ها و ابزارهای مورد استفاده

به منظور بررسی تغییرات شاخص های پوشش گیاهی در سه سنجنده ماهواره لندست در منطقه مورد مطالعه نیاز به تصاویر ماهواره ای می باشد. در این مطالعه از ۳ دوره تصویر شامل تصاویر ماهواره ای Landsat مربوط به سنجنده های TM، ETM+ و OLI در جدول ۲، نقشه

جدول ۲. مشخصات تصاویر مورد استفاده

ردیف	تاریخ میلادی	تاریخ هجری شمسی	سنجنده	ماهواره	تعداد باند	فرمت
۱	16-Jun-1987	66/3/26	TM	L5	8	TIFF
۲	03-May-2003	82/2/13	ETM+	L7	8	TIFF
۳	29-Jun-2016	95/4/8	OLI	L8	11	TIFF

## آماده سازی تصاویر مورد استفاده

### پیش پردازش

در تصاویر ماهواره‌ای اگر پرتوهای ثبت شده توسط سنجنده‌ها برابر با پرتو بازتاب شده از سطح زمین باشند بسیار مناسب خواهد بود. ولی متاسفانه پرتوهای تابیده شده به سطح زمین (irradiance) و بازتاب شده از سطح زمین (radiance) تحت تاثیر عوامل ناخواسته مانند اتمسفر و توپوگرافی سطح زمین قرار می‌گیرند و استخراج اطلاعات کمی از پارامترهای فیزیکی و زیستی سطح زمین تحت عنوان متغیرهای زیست‌محیطی مانند شدت و جهت تغییرات سطح زمین و پیش‌بینی شرایط آینده بر اساس این یافته‌ها نیز تحت تاثیر اثرات نامطلوب اتمسفر و توپوگرافی می‌باشند.

بنابراین، تصحیح رادیومتریک اتمسفری و توپوگرافی به‌عنوان یک پیش‌نیاز برای بازیابی متغیرهای سطح زمین ضروری می‌باشد. به‌طور کلی دو روش برای تصحیح خطای اتمسفریک وجود دارد. ۱. تصحیح اتمسفری مطلق ۲. تصحیح اتمسفری نسبی (۱۲).

متداول‌ترین روش بازیابی پرتو بازتاب شده از سطح زمین تصحیح رادیومتریک بر اساس مدل‌های فیزیکی است که می‌توان از الگوریتم

ATCOR (Atmospheric Correction) در نرم افزار ERDAS Imagine و FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) در نرم افزار ENVI5.1 استفاده کرد. در این مقاله از روش FLAASH در نرم افزار ENVI5.1 استفاده گردید (۱۹).

به‌منظور تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا تصویر OLI منطقه با ۳۰ نقطه کنترل زمینی به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سال ۱۳۹۲ با روش نزدیکترین همسایه به سیستم مختصات UTM زمین مرجع شد. سپس تصویر ETM+ با ۳۰ نقطه زمینی به تصویر OLI و تصویر TM با تصویر ETM+ زمین مرجع شدند. مقدار RMSe (Root Mean Square) در تصاویر هر سنجنده به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۱۹ و ۰/۱۱ شد و سپس تمامی تصاویر تصحیح شده مطابق با مرز بریده شد و آماده پردازش شدند. **طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و آنالیز مولفه‌های اصلی**

از آنجایی که منطقه مورد مطالعه بیشتر از پوشش گیاهی تشکیل گردیده لذا جهت طبقه‌بندی تصاویر از شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده گردید بنابراین با استفاده از نرم افزار

کشاورزی از آن استفاده شد. سپس طبقه کشاورزی با سایر طبقات حاصل از شاخص های پوشش گیاهی ترکیب و نقشه نهایی تهیه گردید.

### نتایج و بحث

در سه شاخص پوشش گیاهی از طریق حد آستانه حداقل و حداکثر منطقه مورد مطالعه به ۴ طبقه شامل پوشش گیاهی جنگل های پهن برگ، ارس زار، اراضی مرتعی و مناطق بایر طبقه بندی گردید. ضرایب مربوط به هر کاربری در سه شاخص پوشش گیاهی براساس سنجنده های لندست در جداول ۳، ۴ و ۵ ذکر گردیده است.

TerrSet 18.11 سه شاخص پوشش گیاهی NDVI، EVI و SAVI برای سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ ساخته شد و از طریق حد آستانه حداقل و حداکثر منطقه مورد مطالعه به ۴ طبقه شامل پوشش گیاهی جنگل های پهن برگ، ارس زار، اراضی مرتعی و مناطق بایر طبقه بندی گردید. از آنجایی که طبقه کشاورزی از سایر طبقات در شاخص های پوشش گیاهی مورد بررسی براحتی قابل جداسازی نمی باشد، لذا از روش متراکم سازی اطلاعات که در تفسیر اطلاعات کمک کننده است مثل تجزیه مولفه اصلی استفاده می شود. در این مطالعه مولفه اصلی دوم بیشترین اطلاعات را جهت جداسازی اراضی کشاورزی دارا می باشد و در این بررسی برای جداسازی اطلاعات پوشش اراضی

جدول ۳. ضرایب (حد آستانه حداقل و حداکثر) کاربری ها در سنجنده TM براساس شاخص های پوشش گیاهی

شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه
	پهن برگ	۰/۸۲ - ۰/۴۳		پهن برگ	۰/۴۷ - ۰/۱۳		پهن برگ	۰/۵۵ - ۰/۲۲
	ارس زار	۰/۲۶ - ۰/۱۶		ارس زار	۰/۰۶ - ۰/۰۰۸		ارس زار	۰/۱۰ - ۰/۰۱۷
NDVI	مرتع	۰/۱۲ - ۰/۰۳	EVI	مرتع	۰/۰۵ - ۰/۰۴۹	SAVI	مرتع	۰/۰۸ - ۰/۰۹
	کشاورزی	۰/۷۲ - ۰/۰۲		کشاورزی	۰/۴۷ - ۰/۲۴		کشاورزی	۰/۵۴ - ۰/۰۴
	بایر	۰/۰۲۶ - ۰/۰۲		بایر	۰/۰۳ - ۰/۰۰۶		بایر	۰/۰۰۵ - ۰/۱۱

جدول ۴. ضرایب (حد آستانه حداقل و حداکثر) کاربری ها در سنجنده ETM+ براساس شاخص های پوشش گیاهی

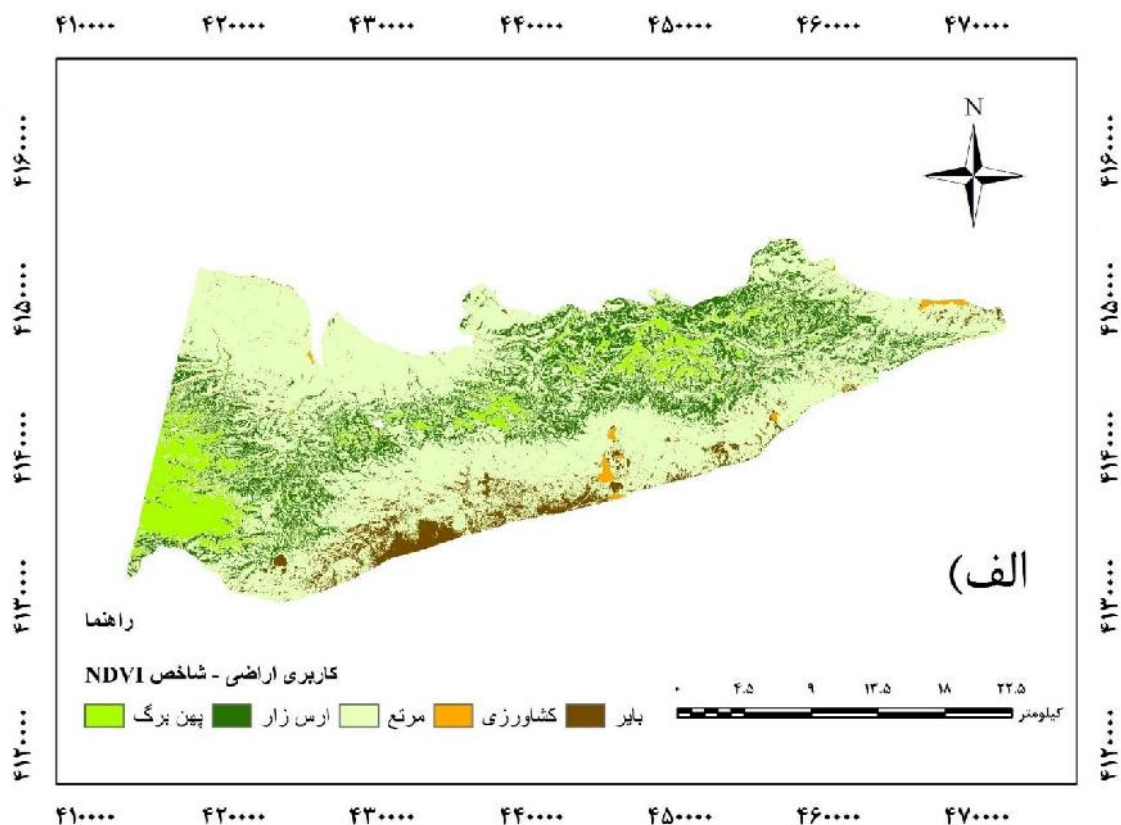
شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه
	پهن برگ	۰/۸۳ - ۰/۴۴		پهن برگ	۰/۸۴ - ۰/۳۰		پهن برگ	۰/۸۳ - ۰/۴۰
	ارس زار	۰/۳۵ - ۰/۱۶		ارس زار	۰/۲۳ - ۰/۰۹		ارس زار	۰/۳۳ - ۰/۱۴
NDVI	مرتع	۰/۱۰ - ۰/۰۱	EVI	مرتع	۰/۰۶ - ۰/۰۰۹	SAVI	مرتع	۰/۱۱ - ۰/۰۱
	کشاورزی	۰/۶۷ - ۰/۰۲		کشاورزی	۰/۶۳ - ۰/۰۱۷		کشاورزی	۰/۷۰ - ۰/۰۳۲
	بایر	۰/۰۲ - ۰/۰۲		بایر	- - ۰/۰۱۵		بایر	۰/۰۲ - ۰/۰۲

جدول ۵. ضرایب (حد آستانه حداقل و حداکثر) کاربری‌ها در سنجنده OLI براساس شاخص‌های پوشش گیاهی

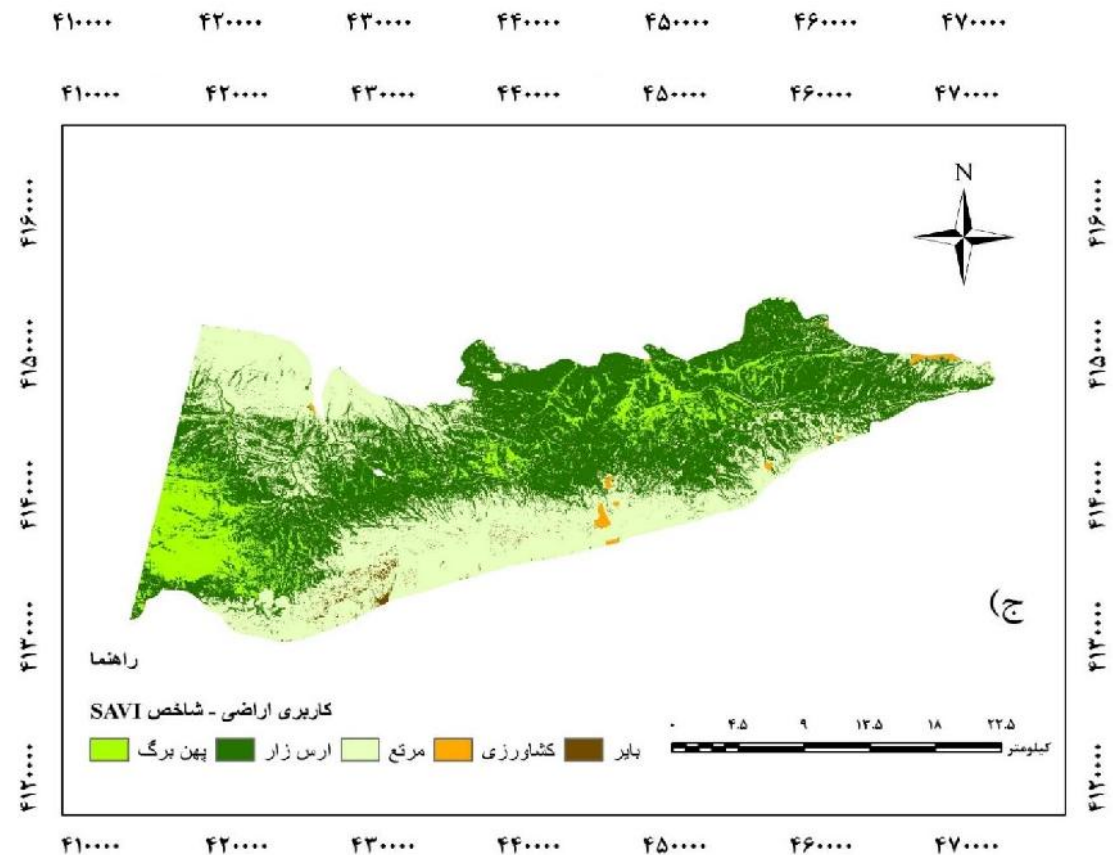
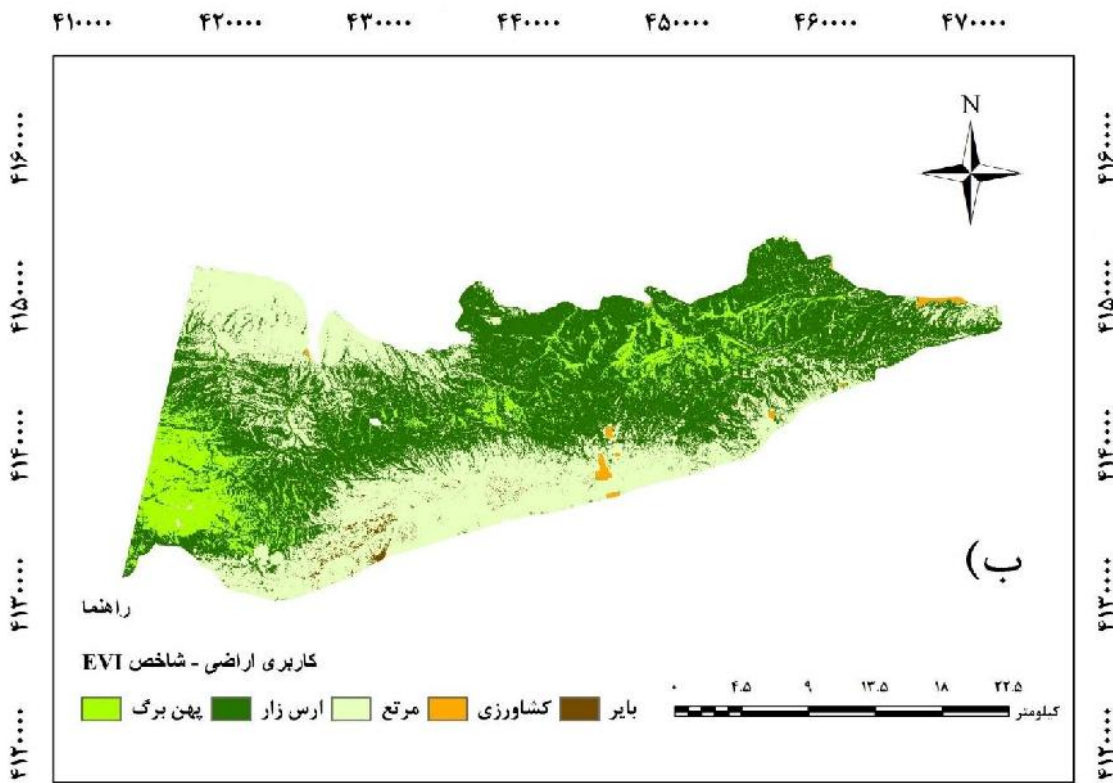
شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص	شاخص	نام طبقه	ضریب شاخص
	برای هر طبقه		برای هر طبقه			برای هر طبقه		
	پهن برگ	۰/۸۲ - ۰/۰۷	پهن برگ	۱/۰۳ - ۰/۰۸	پهن برگ	۰/۸۰ - ۰/۳۲	پهن برگ	۰/۸۲ - ۰/۰۷
	ارس زار	۰/۲۴ - ۰/۰۰۸	ارس زار	۰/۲۴ - ۰/۰۹	ارس زار	۰/۲۳ - ۰/۱۲	ارس زار	۰/۲۴ - ۰/۰۰۸
NDVI	مرتع	۰/۰۶ - ۰/۰۵	SAVI	۰/۰۴ - ۰/۰۳	EVI	۰/۰۸ - ۰/۰۲	مرتع	۰/۰۶ - ۰/۰۵
	کشاورزی	۰/۷۹ - ۰/۰۶	کشاورزی	۰/۹۶ - ۰/۰۳	کشاورزی	۰/۶۹ - ۰/۱۱	کشاورزی	۰/۷۹ - ۰/۰۶
	بایر	-۰/۰۱ - ۰/۲۰	بایر	-۰/۰۰۵ - ۰/۱۳	بایر	۰/۰۱ - ۰/۰۴	بایر	-۰/۰۱ - ۰/۲۰

همانطور که در جداول بالا قابل مشاهده است اراضی کشاورزی دارای حد آستانه مشترک با سایر طبقات بوده و قابل تمایز از سایر طبقات نمی‌باشد. بنابراین براساس تجزیه مولفه اصلی

این طبقه جدا و به سایر طبقات اضافه گردیده است. به‌طوریکه در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نقشه طبقه بندی شده براساس سه شاخص پوشش گیاهی و مولفه‌ی اصلی دوم قابل مشاهده است.

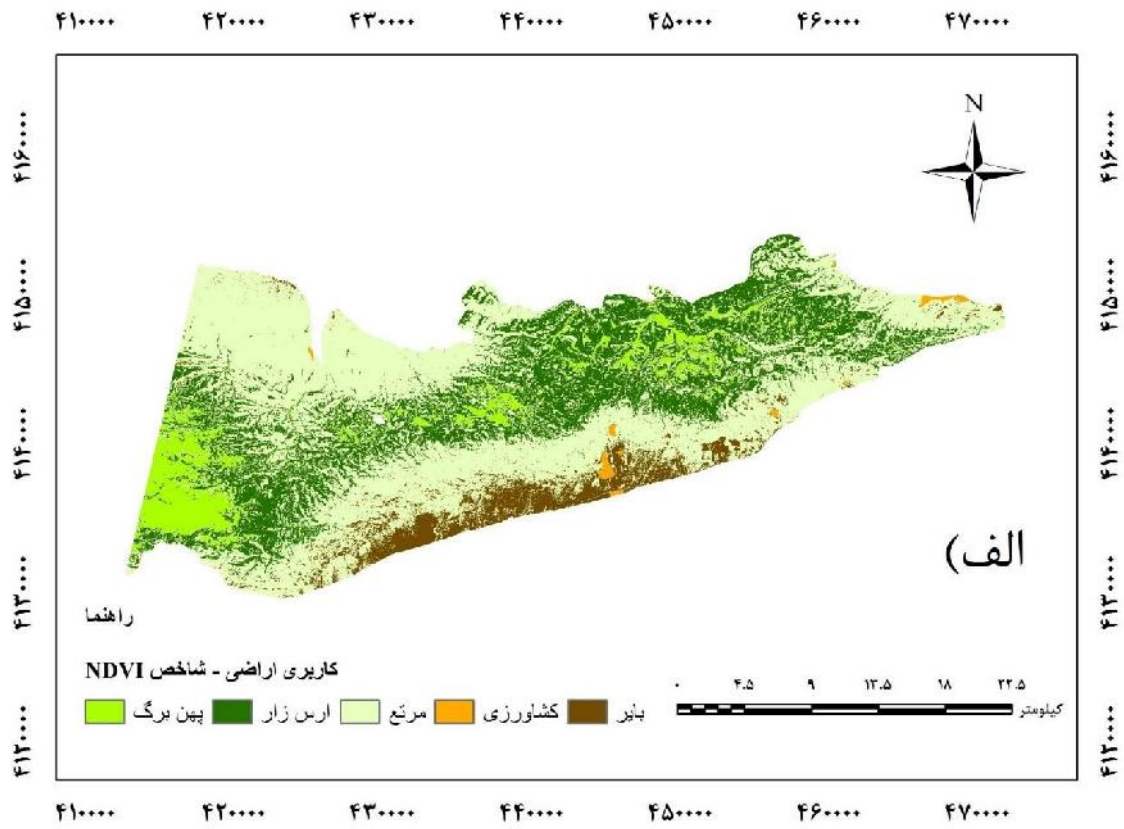


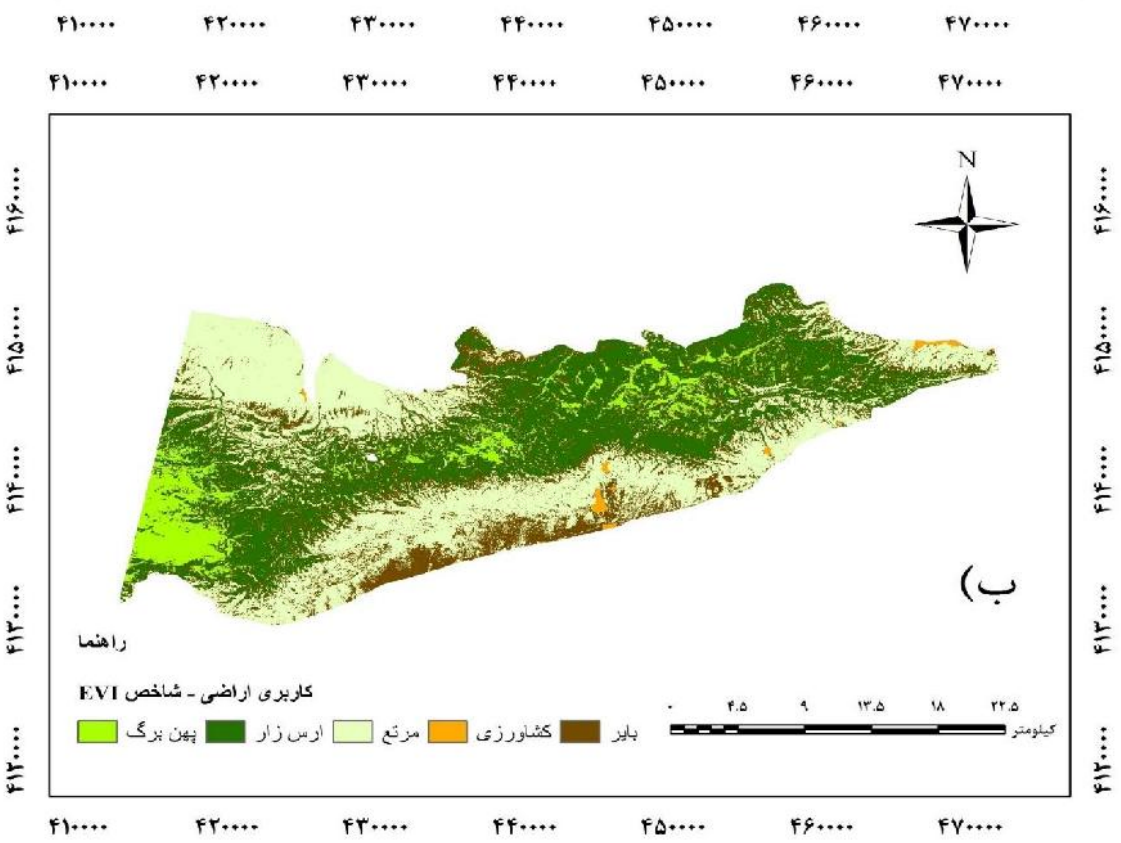
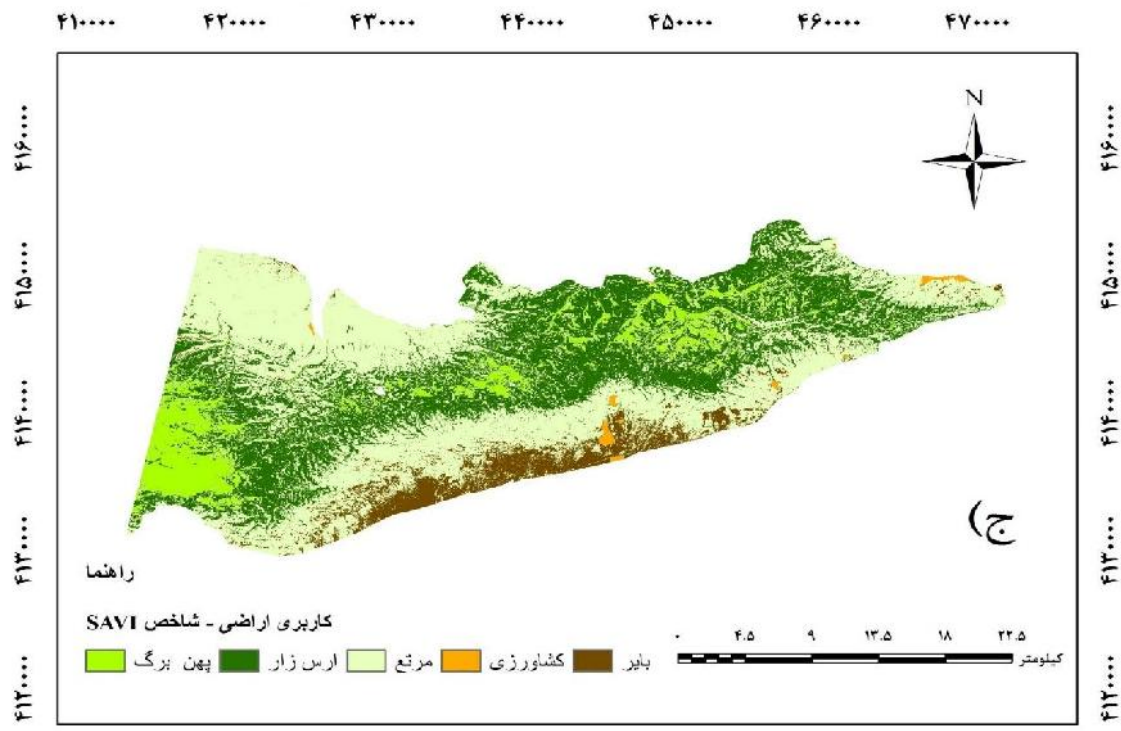




۸۰..... تحلیل تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی در سنجنده‌های ماهواره لندست

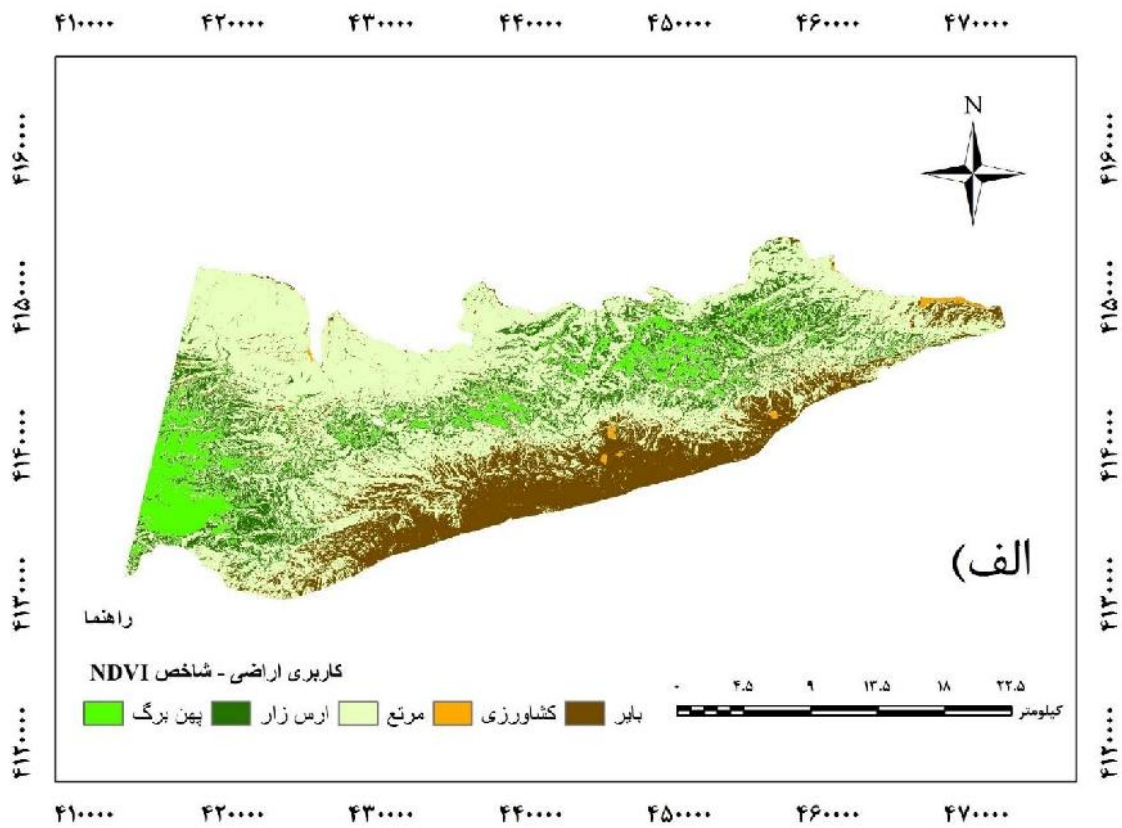
شکل ۲. طبقه‌بندی تصویر سنجنده TM سال ۱۳۶۶ براساس شاخص‌های پوشش گیاهی (الف: NDVI، ب: EVI، ج: SAVI)



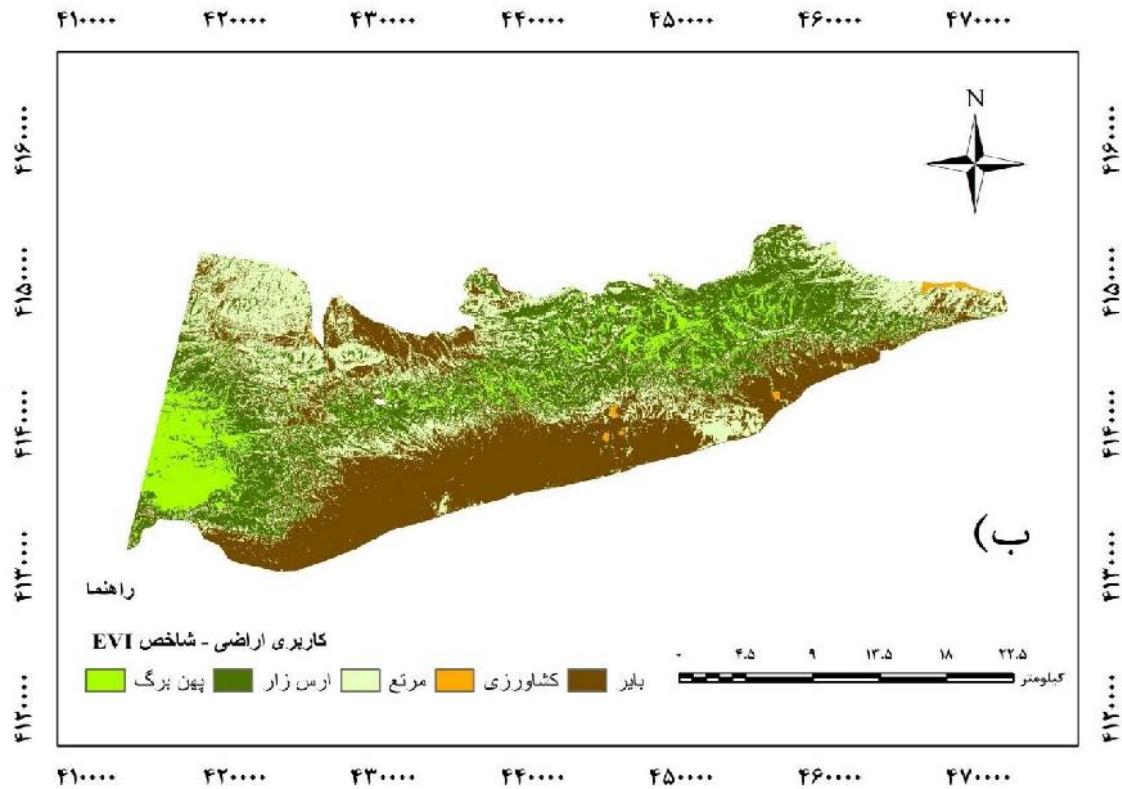


شکل ۳. طبقه‌بندی تصویر سنجنده ETM+ سال ۱۳۸۲ براساس شاخص‌های پوشش گیاهی (الف: NDVI، ب: EVI،

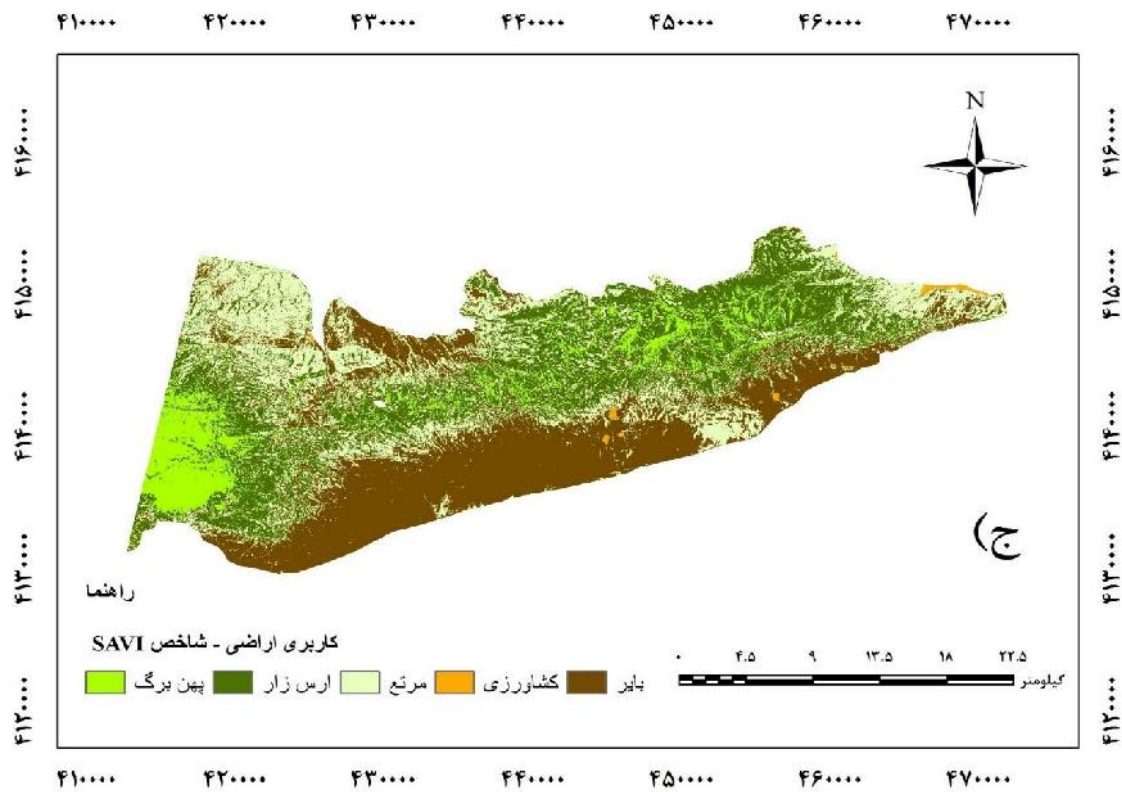
ج: SAVI)







شکل ۴. طبقه بندی تصویر سنجنده OLI سال ۱۳۹۵ براساس شاخص های پوشش گیاهی (الف: NDVI، ب: EVI، ج:

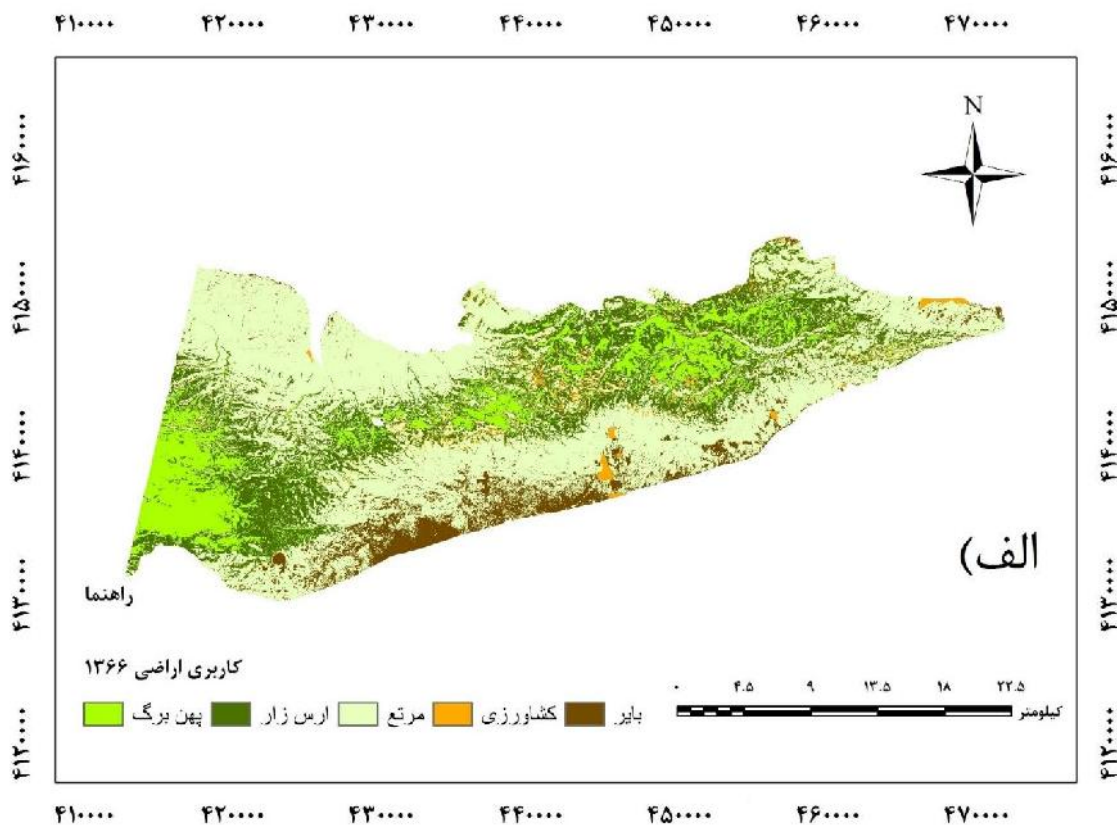


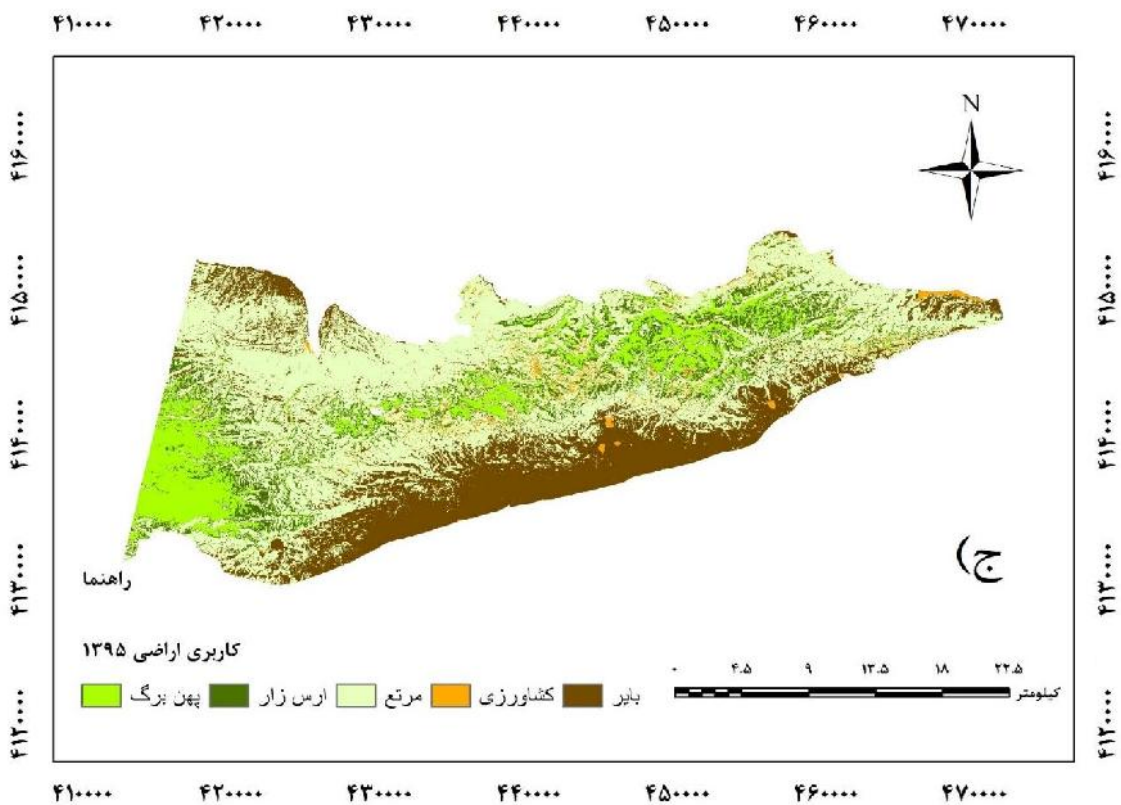
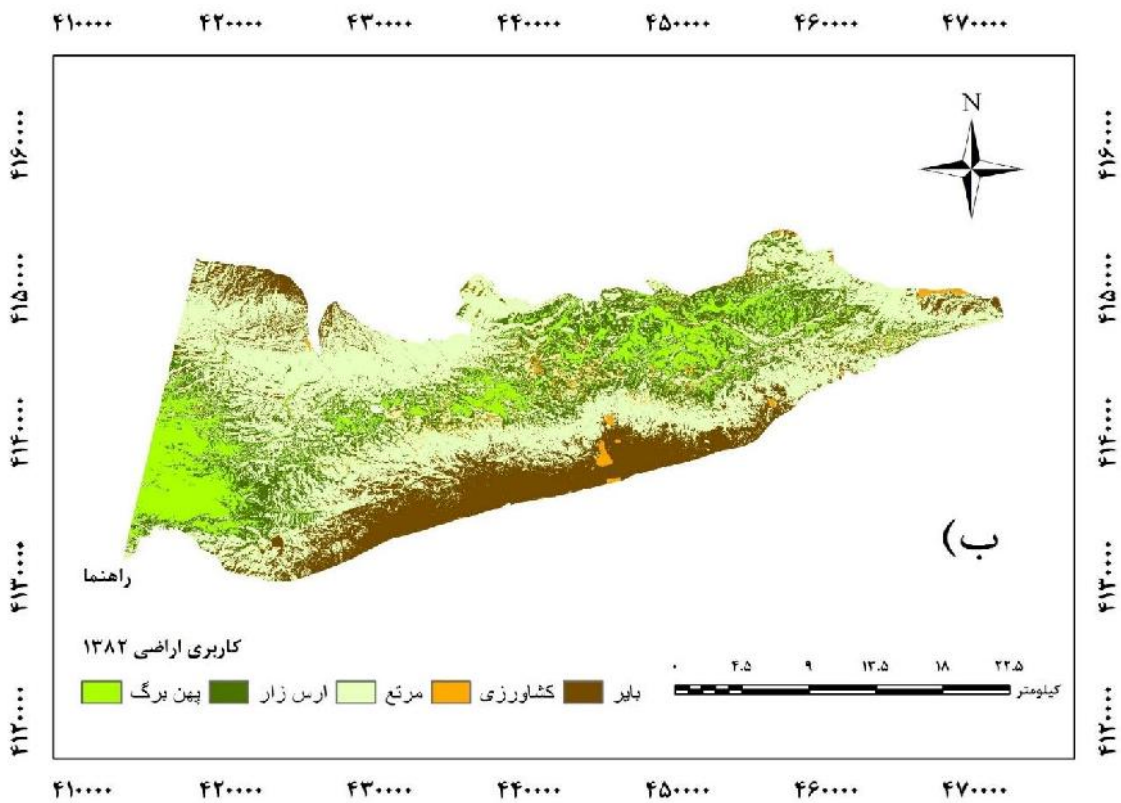
(SAVI)

### انتخاب بهترین شاخص پوشش گیاهی در هر سنجنده

در این تحقیق قبل از اعمال شاخص‌های گیاهی مختلف بر روی تصاویر، اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای گردید. در مرحله اول ابتدا در نرم افزار Terrset 18.1 و براساس شاخص فاکتور بهینه (OIF) تصاویر رنگی کاذب تهیه گردید (۹)، از ترکیب باندهای طیفی ۲، ۳ و ۴ در سنجنده TM و ETM+ و ترکیب باندهای طیفی ۳، ۴ و ۵ در سنجنده OLI در تصویر کلاس‌های مورد نظر مشخص و تعریف

شدند. سپس با شناخت کلی تصویر و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف پردازش تصویر هر یک از کلاس‌ها در مراحل جداگانه و با استفاده از روش هیبرید (۲۲ و ۳۰)، شامل ترکیب روش-های طبقه‌بندی نظارت نشده کلاستر و نظارت-شده شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و آنالیز مولفه‌های اصلی از یکدیگر تفکیک گردیدند (۲۶). در نهایت ۵ کلاس اصلی شامل جنگل‌های پهن برگ، ارس زارها، اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی و مناطق بایر برای هر سنجنده طبقه‌بندی شدند (شکل ۵).





شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سه سنجنده ماهواره لندست (الف: TM، ب: ETM+، ج: OLI)

صحت نقشه‌های بدست آمده با استفاده از ۲۰۰ کاذب همان سال‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نقطه کنترل زمینی که برای سال ۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر Google earth و برای سال- های ۱۳۸۲ و ۱۳۶۶ با استفاده از تصویر رنگی

جدول ۶. ضریب کاپا و صحت کلی نقشه کاربری اراضی هر سنجنده

سال مورد مطالعه	سنجنده	ضریب کاپا	صحت کلی
۱۳۶۶	TM	۰/۷۲	۰/۸۰
۱۳۸۲	ETM+	۰/۷۸	۰/۸۴
۱۳۹۵	OLI	۰/۸۷	۰/۹۰

همچنین جهت صحت نقشه‌های بدست آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی هر سنجنده نیز از ۲۰۰ نقطه کنترل زمینی استفاده گردید که برای سال ۱۳۹۵ از تصاویر Google earth و برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۶۶ از تصویر رنگی

جدول ۷. ضرایب کاپای و صحت کلی در تصاویر بدست آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی در هر سنجنده

سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی	سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی
NDVI	NDVI	۰/۷۹	۰/۸۴	NDVI	NDVI	۰/۸۱	۰/۸۸
TM	EVI	۰/۷۱	۰/۷۷	ETM+	EVI	۰/۷۵	۰/۸۰
SAVI	SAVI	۰/۷۳	۰/۸۰	OLI	SAVI	۰/۷۸	۰/۸۳

سنجنده OLI بیشتر از دو سنجنده ETM+ و TM می‌باشد.

جهت انتخاب شاخص‌های پوشش گیاهی مناسب در هر سنجنده در تشخیص و جداسازی پوشش گیاهی از روش Cross-classification

جدول ۷ بیانگر این موضوع است که ضریب کاپا و صحت کلی برای شاخص پوشش گیاهی NDVI نسبت به دو شاخص دیگر پوشش- گیاهی بالاتر می‌باشد و همچنین ضریب کاپا و صحت کلی هر سه شاخص پوشش گیاهی در



که برای مقایسه دو تصویر به کار می رود استفاده شد و با بررسی ضرایب کاپای بدست آمده از این روش که عددی بین ۰ تا ۱ می باشد میزان شباهت تصویر طبقه بندی شده هر شاخص

جدول ۸. ضرایب کاپای حاصل از روش Cross-classification در تصاویر بدست آمده از هر شاخص های پوشش گیاهی با نقشه کاربری اراضی هر سنجنده

سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا
	NDVI	۰/۸۷		NDVI	۰/۸۲		NDVI	۰/۸۷
TM	EVI	۰/۷۰	OLI	EVI	۰/۷۱	ETM+	EVI	۰/۶۹
	SAVI	۰/۷۲		SAVI	۰/۷۹		SAVI	۰/۶۸

آشکارسازی تغییرات سی ساله ارس در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی که جزء معدود روش های آشکارسازی تغییرات است و جهت تغییرات رخ داده در بین طبقات را به خوبی نشان می دهد انجام پذیرفت. بدین صورت که نقشه کاربری اراضی تولید شده در سال ۱۳۶۶ با سال ۱۳۸۲ مقایسه و نقشه سال ۱۳۸۲ با سال ۱۳۹۵ و سپس جهت بررسی کلی روند تغییرات سی ساله ارس نقشه سال های ۱۳۶۶ با ۱۳۹۵ مقایسه گردیدند. مقایسه تصاویر سه سنجنده مربوط به سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ با استفاده از تکنیک مقایسه پس از طبقه بندی نشان داد که از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۲ جنگل های پهن برگ، ارس زارها و اراضی مراتعی به ترتیب ۹۰/۴۵، ۳۴۶۱/۳۱ و ۳۴۹۳/۷۱ هکتار کاهش و

ضریب کاپا برای هر شاخص پوشش گیاهی در هر سنجنده بیانگر این موضوع است که شاخص پوشش گیاهی NDVI از قابلیت بالاتری نسبت به دو شاخص دیگر در طبقه بندی پوشش گیاهی برخوردار بوده است. شاخص پوشش گیاهی SAVI در مقام دوم از نظر طبقه بندی - پوشش گیاهی در سه سنجنده قرار می گیرد.

**آشکارسازی تغییرات سی ساله با استفاده از نقشه طبقه بندی شده براساس شاخص پوشش گیاهی**

روشهای مختلفی برای آشکارسازی تغییرات وجود دارد و فرضیه مهم در همه روش های آشکارسازی تغییرات این است که ارزش پیکسل ها از یک تاریخ به تاریخ بعد فرق می کند و هر کدام تا حدودی متفاوت از روش های دیگر تغییرات را آشکار می کند (۲۹). در این مرحله

اراضی کشاورزی دست نخورده باقی مانده و ۷۰۴۵/۴۷ هکتار به اراضی بایر اضافه گردیده است. همچنین روند تغییرات از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۵ بدین صورت می‌باشد که ۴۲۶/۵۱، ۵۶۹۱/۹۶ و ۱۱۲/۸۶ هکتار به ترتیب از جنگل-های پهن برگ، ارس زارها و اراضی کشاورزی کاسته شده است، ۱۸۵۵/۳۵ و ۴۳۷۵/۹۸ هکتار به اراضی کشاورزی و بایر افزوده گردیده است. علت کاهش اراضی کشاورزی احتمالاً به دلیل کاهش جمعیت مناطق روستایی و رها شدن اراضی کشاورزی اتفاق افتاده باشد. از طرفی بیشترین کاهش مراتع در قسمت جنوبی منطقه

#### نتیجه گیری

هدف از این تحقیق انتخاب شاخص طیفی پوشش گیاهی مناسب برگرفته از سنجنده‌های مختلف در زمان‌های مختلف برای زیستگاه‌های کوهستانی ارس و آشکارسازی تغییرات سی ساله ارس با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی در نقشه کاربری اراضی هر سنجنده می‌باشد.

صحت نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی هیبرید و همچنین نقشه‌های بدست آمده با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی در هر سنجنده بیانگر آن است که تمامی نقشه‌های تولید شده از ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۷۰٪ برخوردار بودند که بر اساس مطالعات انجام شده با تصاویر لندست

مورد مطالعه و در مجاورت روستاها اتفاق افتاده که می‌تواند علت آن چرای بیش از حد دام در این مناطق بوده باشد. به طور کلی روند کاهش پوشش گیاهی از سال ۱۳۶۶ تاکنون مشاهده می‌شود. ۹۱۵۳/۲۷ هکتار از ارس زارها در طی سی سال گذشته کاسته شده است که ۹۰۹۲/۴۳ هکتار از آن به اراضی مرتعی و ۶۰/۸۴ هکتار آن به اراضی بایر تبدیل شده است. به طور کلی بیشترین تبدیل کاهش پوشش پهن برگ و ارس تبدیل شدن به اراضی مرتعی و بایر بوده است.

برای پوشش جنگلی مطابقت دارد بطوریکه سلمان ماهینی و همکاران (۲۷)؛ ضریب کاپای ۰/۶۹/۶۸ و صحت کلی ۰/۹۱ را برای طبقه‌بندی مناطق جنگلی استان گلستان را با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و تصویر ETM+ به دست آورد. فاطمی طلب و همکاران (۱۳)؛ ضریب کاپای بالاتر از ۰/۹۰ را در روش شبکه عصبی و بالاتر از ۰/۸۰ را در روش حداکثر احتمال برای تهیه نقشه پوشش جنگل‌های رودسر با تصاویر سنجنده ETM+ و OLI به دست آوردند. احمدپور و همکاران (۳)؛ نیز میزان ضریب کاپا را ۰/۶۸ و صحت کلی را ۰/۷۴/۳۲ در طبقه‌بندی پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده گلول و سرانی در استان خراسان شمالی که غالب آن از درختان ارس و گونه‌های مرتعی تشکیل شده است با روش حداکثر

احتمال برای تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست به دست آوردند. نتایج ضریب کاپای نقشه های تولیدی بر اساس شاخص های پوشش گیاهی و مقایسه تصاویر شاخص های پوشش گیاهی در هر سنجنده با نقشه کاربری اراضی آن بیانگر آن است که شاخص پوشش گیاهی NDVI در سه سنجنده بهتر از دو شاخص پوشش گیاهی دیگر بوده است. این موضوع با نتایج حاصل از تحقیقات وان بیک (۳۲)، درویش و فائور (۱۱) و مینگ لی (۲۱) که شاخص پوشش گیاهی NDVI را بهترین شاخص در ارزیابی پوشش گیاهی بیان کردند مطابقت دارد. همچنین با نتایج مطالعه ثنایی نژاد و همکاران (۲۸) که ۲۰ شاخص های پوشش گیاهی را مقایسه و بیان کردند کارایی شاخص پوشش گیاهی NDVI نسبت به سایر شاخص ها در تشخیص پوشش گیاهی بیشتر است مطابقت دارد. در این تحقیق SAVI در مقام دوم قرار می گیرد که نسبت به EVI خطای کمتری در طبقه بندی پوشش اراضی دارد. بنابراین در این تحقیق شاخص SAVI و EVI در رتبه بعدی قرار می گیرند.

با مقایسه تصاویر سه سنجنده مربوط به سالهای ۱۳۶۶، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ با استفاده از تکنیک مقایسه پس از طبقه بندی نشان داد که از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۲ پوشش گیاهی پهن برگ، ارس و مراتع کاهش و اراضی کشاورزی دست نخورده باقی مانده و مساحت اراضی بایر افزایش یافته

است. همچنین روند تغییرات از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۵ بیانگر کاهش پوشش گیاهی پهن برگ، ارس، مراتع و اراضی کشاورزی و افزایش ۱۱۴۲۱/۵ هکتاری اراضی بایر بوده است. به طور کلی روند کاهش پوشش گیاهی از سال ۱۳۶۶ تاکنون مشاهده می شود و ۵۴ درصد از مساحت ارس زارها طی سی سال گذشته کاسته شده است. بنابراین با توجه به این موضوع بر لزوم استفاده از تدابیر حفاظتی گونه با ارزش ارس تاکید می گردد. از طرفی از آنجاییکه منطقه مورد مطالعه بخشی از البرز شرقی می باشد و با توجه به پراکنش گونه ارس در این منطقه استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI نسبت به سایر شاخص ها در مناطقی که ارس متراکم دارند و استفاده از شاخص پوشش گیاهی SAVI در مناطقی که ارس به صورت پراکنده می باشد می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

## References:

1. Adamchuk, V.I., Perk, R.L., & Schepers, J. S, 2003. Applications of remote sensing in site-specific management, University of Nebraska Cooperative Extension Publication EC, (2003): 03-702.
2. Ahmad, F., 2012. Detection of change in vegetation cover using multi-spectral and multi-temporal information for district Sargodha, Pakistan, *Sociedade & Natureza*, 24 (3): 557-571.
3. Ahmadpour, A., Soleimani, K, Shokri, M, & ghorbani, J, 2014. Comparison of the Efficiency of Three Common Methods of Satellitized Satellite Monitoring in the Vegetation Study, *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 5 (34): 77-89.
4. Akhani, h., 2004. Illustrated Flora Golestan National Park, Tehran Publishing and Printing Institute, 201 p.
5. Alavi Panah, S., 2013. Application of Remote Sensing in Earth Sciences (Soil Science), Fourth Edition, Tehran University Press, 500 p.
6. Ali Ahmad Khoruri, S., & Khoshnevis, M, 2000. Ecological and Ecological Studies of Iranian Ors of Iran, Research Institute for Forests and Rangelands, 208 p.
7. Arkhi, s., Graiy, p, & Erkhi, M, 2008. Evaluation of Land Use Change Process in Kabir Kouh Protected Area Using RS and GIS (Case Study: Ilam Province), *Geomatics Conference 87*, Iran Mapping Organization, Tehran. 10
8. Azizi Qalati, S., Rangraz, k, Taghizadeh, A, & Ahmadi, Sh, 2014. Modeling Land Use Change Using Logistic Regression Method in LCM Model (Case Study: Kohmareh Sorkhi Area of Fars province, *Journal of Pistaciatics and Forestry Research*, 22 (4): 596-585.
9. Bodily, J, 2004. portocol development at golden spike national historic site for soil survey updates, *Applied remote sensing*.
10. Chan, Z.O., & Elvidage, C.D, 1999. Vegatatio detection using high spectral resolution vegetation index, *Remote sensing change detection Enviromental monitoring method and application*, Sleeping bear press, INC.20.
11. Darwish, T., & Faour, G, 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebnon. *Lebanese Journal of Sci.* 9: 71-80.
12. Esfandiari, A., Fattahi Moghadam, M, & Rangraz, k, 2016. Atmospheric Correction of Spectrometer Images and Empirical Line Calibration, *National Conference on Geoinformatics*, May-April 1395.
13. Fatemi Talab, S.R., Maadani Pour Kermanshahi, M, & Hashemi, S.A, 2015. Estimation of Roudsar Forest Coverage by Using Artificial Neural Network Classification and Maximum Likelihood, *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 6 (2): 33-44.
14. Farajollahi, A., Asgari, H, Onagh, M, & Salman Mahini, A.R, 2015. Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 6 (4): 1-14.
15. Huete, A., 1998. A soil- Adjusted Vegetation Index (SAVI), *Remote Sensing of Enviroment*, 25: 295-309.
16. Huete, A., 2002. Remote Sensing for Natural Resources Management and Enviromental Monitoring: Manual of remote sensing 3 ed, Vol 4, Univercity of Arizona.
17. Keshtkar, H., 2007. Investigating IRS-1D Satellite Capability for Land Cover Mapping (Study Area: Ghorkhod Protected Area in North Khorasan Province), Master's Degree, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 141 p.

18. Keshtkar, H., Yeganeh, H, & Jabar Zare, A, 2011. Fluorescence and biological forms of plants in the protected area of Ghorkhod, Iranian Journal of Biology, 24 (3): 421-431.
19. Luo, J., Li, X, Ma, R, Li, F, Duan, H, Hu, W, & Huang, W, 2016. Applying remote sensing techniques to monitoring seasonal and interannual changes of aquatic vegetation in Taihu Lake, China, Ecological Indicators, 60: 503-513.
20. Matsushita, B., Wei, Y, Jin, C, Yuyichi, O, & Guoyn, Q, 2007. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density Cypress forest, Sensors, [www.mdpi.org/sensors](http://www.mdpi.org/sensors).
21. Ming Lee, T., & Chung Yeh, H, 2009. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan. Ecological Engineering, 35:487-496.
22. Omo-Irabor, O.O., & Oduyemi, K, 2007. A hybrid image classification approach for the systematic analysis of land cover (LC) changes in the Niger Delta region. In Proceedings of the 15th International Symposium on Spatial Data Quality, Enschede, The Netherlands.
23. Pettorelli, N., Vik, J.O, Mysterud, A, Gaillard, J.M, Tucker, C.J, & Stenseth, N.C, 2005. Using the satellite –derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. J, Trends in ecology and evolution. Vol.۲۰ No.۹.
24. Rawat, J.S., Biswas, V, & Kumar, M, 2013. Changes in land use/cover using geospatial techniques: A case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 16 (2013): 111-117.
25. Rouse, J.W., Haas, R.H, Schell, J.A, & Deerin, D.W, 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. N. SP-351. Ed Third ERTS Symposium. 1,309-317. Whastington. NASA.
26. Sabin, F.F., 1996. Remote sensing: Principal and interpretation 3rd Ed, W.H.Freman and company, New York, 494pp.
27. Salman Mahini, A., Nadali, A, Fegghi, J, & Riazi, B, 2012. Classification of Forest Areas in Golestan Province Using Maximum Likelihood Method Using ETM + Satellite Images 2001, Environmental Sciences and Technology, 14 (3): 47-56.
28. Sannie Nejad, S.C., Astarai, A, Mirhosseini, P, Keshavarzi, A, & Ghaemi, M, 2008. Using Satellite Images for Vegetation Studies (Comparison of Different Vegetation Indices - Case Study of Neishabour Area), National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization, Ferdowsi University of Mashhad.
29. Tasviri, M.R., 1998. Representation of user and vegetation changes in Kashan's desert region using remote sensing data analysis, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University.
30. Tommervik, H., Hogda, K.A, & Solheim, I, 2003. Monitoring vegetation changes in Pasvik (Norway) and Pechenga in Kola Peninsula (Russia) using multitemporal Landsat MSS/TM data, Remote Sensing of Environment, 85(3): 370-388.
31. Vaogen, T.G., 2006. Remote sensing of complex land use change trajectories: a case study from the highlands of Madagascar, Agriculture, Ecosystems and Environment, 115: 219-228.
32. Van Beek, E., & Meijer, K, 2006. Integrated water resources management for the sistan closed inland delta. Water research institute, Iran.