

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۸  
صص. ۱۶۰-۱۷۸

## بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شی گرا و تحلیل اثرات تغییر کاربری ها بر فرسایش خاک (مطالعه موردی: شهرستان مراغه)

صیاد اصغری سراسکانرود\* - دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.  
وحید محمدنژاد آروق - استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه.  
هادی امامی - دانشجوی ارشد سنجش از دور، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۲۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۲۴

### چکیده

در این تحقیق، روش مبتنی بر پیکسل پایه و روش مبتنی بر شی-گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان مراغه با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER در یک بازه زمانی ۱۷ ساله، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ و تاثیر تغییرات کاربری ها بر فرسایش، مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه عملی نتایج، در هر دو روش از داده‌های آموزشی یکسان برای طبقه‌بندی استفاده گردید؛ سپس مهم‌ترین روش‌های ارزیابی صحت شامل دقت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی استخراج شد و مشخص شد که نتیجه طبقه‌بندی به روش شی-گرا نسبت به روش حداکثر شباهت ۳٪ نتایج بهتری ارائه می‌دهد. بعد از طبقه‌بندی و مقایسه نقشه‌های استخراج شده، اقدام به آشکارسازی تغییرات حادث شده در این بازه زمانی شد و مشخص شد که طبقات مرتع و بایر دارای روند کاهشی و طبقات باغات متراکم و آب‌دارای روند افزایشی می‌باشد. با توجه به نقشه‌های کاربری-های حاصل از دو روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت و شی-گرا و مقایسه و تطبیق دادن این نقشه‌ها با واقعیت‌های زمینی، نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی شی-گرا مورد تأیید قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه با روش شی-گرا در طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در شهرستان مراغه کاربری‌های باغات متراکم، باغات کم‌تراکم، مسکونی، کشاورزی، صنعتی و ارتباطی در روش شی-گرا دارای افزایش، و کاربری‌های زراعی، مرتع، دیم و بایر دارای کاهش مساحت بوده‌اند. که این امر بیانگر اهمیت کشاورزی و باغداری در این شهرستان می‌باشد. با توجه به نتایج پهنه‌بندی خطر فرسایش سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۹/۰۸ و ۱۵/۸۸ درصد و با توجه پهنه‌بندی فرسایش ۲۰۱۷ به ترتیب ۱۳/۶۶ و ۲۹/۷۶ درصد از مساحت شهرستان در دو طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. هم‌چنین نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در دوره یاد شده، ضمن افزایش کاربری باغات متراکم، باغات کم‌تراکم، مسکونی و صنعتی، تخریب و تبدیل شدن اراضی مرتعی و اراضی دیم در سطح قابل توجهی صورت گرفته است که نقش مهمی در افزایش آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه در مقابل فرسایش خاک دارد.

واژگان کلیدی: طبقه‌بندی، آشکارسازی تغییرات، شی-گرا، حداکثر شباهت، شهرستان مراغه،  
نقشه کاربری اراضی

## مقدمه

کاربری اراضی منعکس کننده ویژگی‌های تعاملی بین انسان و محیط زیست و توصیف نحوه بهره‌برداری انسان برای یک یا چند هدف بر روی زمین است. کاربری اراضی، معمولاً بر اساس استفاده انسان از زمین، با تأکید بر نقش کاربردی زمین در فعالیت‌های اقتصادی تعریف می‌شود. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، به دلیل فراهم ساختن دید وسیع و یکپارچه از یک منطقه، قابلیت تکرارپذیری، دسترسی آسان، دقت بالای اطلاعات به دست آمده و سرعت بالای تجزیه و تحلیل، راه مناسبی برای تهیه نقشه کاربری زمین به ویژه در مناطق جغرافیایی وسیع است (سفیانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰). تغییرات کاربری اراضی باعث ایجاد تغییرات بسیار وسیعی در سیستم‌های سطح زمین می‌شود از جمله این تغییرات، تغییر در سیستم‌های هیدرولوژیکی (ریاحی و همکاران، ۱۳۹۶) اثرات بر میزان فرسایش (طالبی خیای و همکاران، ۱۳۹۶؛ تقفی و رحمانی، ۱۳۹۶) تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (جعفری و همکاران، ۱۳۹۶) و تغییرات بسیار وسیع در مورفولوژی سطح زمین ایجاد می‌کند بنابراین مطالعه تغییرات کاربری اراضی یکی از ضروری‌ترین مطالعه شناخت چهره زمین محسوب می‌شود. یکی از روش‌های پرکاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی<sup>۱</sup> است که به کاربران امکان تولید اطلاعات مختلف را می‌دهد. برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات، با توجه به نوع روش طبقه‌بندی، منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های نقاط تعلیمی نتایج متفاوتی حاصل می‌شود (مختاری و نجفی، ۱۳۹۴). داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد (زاهدی فرد، ۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی را فراهم کند به خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی<sup>۲</sup> می‌تواند به انسان جهت شناسایی پوشش زمین کمک کند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۰). به طور کلی می‌توان روش‌های طبقه‌بندی را به سه روش نظارت‌شده<sup>۳</sup>، نظارت‌نشده<sup>۴</sup> و شیء‌گرا<sup>۵</sup> تقسیم‌بندی نمود که میتوان به روش حداکثر شباهت<sup>۶</sup> از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده اشاره نمود. روش حداکثر شباهت، یکی از کاراترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد (جنسن، ۲۰۰۵). در این روش کاربر باید دقت کند که کلاس‌بندی از توزیع نرمال گوسی<sup>۷</sup> پیروی کند و این روش برای کلاس‌های چند طیفی مناسب‌تر است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۲). در این راستا روش‌های شیء‌گرا به جهت بهره‌مندی از الگوریتم‌های دانش‌پایه<sup>۸</sup> توانسته است بر ضعف روش پیکسل‌پایه در استفاده نکردن از اطلاعات هندسی و بافتی اجسام غلبه کند (بالاشک، ۲۰۱۰). بیشترین توسعه‌ی این روش‌ها در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ با کاربرد در برنامه‌های پردازشی صنعتی و استفاده در الگوریتم‌های تصادفی مارکوف<sup>۹</sup> یا تقسیم‌بندی بدون نظارت بافت صورت گرفت (جین و مائو، ۲۰۱۰). اما اخیراً این الگوریتم‌ها در برنامه‌های محیطی نیز رواج یافته‌اند (دبوسین، ۲۰۰۰). تغییر کاربری زمین شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌ها است. آشکارسازی تغییرات<sup>۱۰</sup> فرآیندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (لو و همکاران، ۲۰۱۱). آشکارسازی به هنگام و دقیق تغییرات عوارض سطح زمین، درک بهتری از روابط و کنش‌های میان انسان و پدیده‌های

- 1- Classification
- 2- Multispectral
- 3- Supervised
- 4- Unsupervised
- 5- Object-oriented programming
- 6- Maximum Likelihood
- 7- Gaussian Normal Distribution
- 8- Basic knowledge algorithm
- 9- Markov random algorithms
- 10- Change detection

طبیعی به منظور مدیریت و استفاده مناسب از منابع را فراهم می‌کند (افیفی، ۲۰۱۱). معمولاً، آشکارسازی تغییرات فرآیندی ناشی از تشخیص مناطق تغییر یافته در دو تصویر و دو زمان متفاوت می‌باشد.

پیشینه تحقیق نشان می‌دهد طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از دو روش پیکسل پایه و شیء‌گرا نتایج متفاوتی را ارائه می‌نماید. در این رابطه تحقیقات صورت گرفته توسط (چن و همکاران، ۲۰۰۹) که با استفاده از تصاویر ماهواره‌های Spot<sup>۱</sup> نسبت به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای اقدام نمودند و در پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای از مدل رقومی ارتفاع (DEM) اطلاعات مکانی شامل بافت<sup>۲</sup> و شکل<sup>۳</sup> به عنوان عاملی به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی شیء‌گرا استفاده کردند. آدامی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای لندست و مودیس، تغییرات کاربری اراضی حاصل از توسعه‌ی کشت نیشکر در برزیل را مورد پایش و ارزیابی قرار داده‌اند. بهاگاوات (۲۰۱۳) تغییرات کاربری اراضی محدوده (متروپلیتن کاتماندو) نپال را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه بررسی کرده است. (یو و همکاران، ۲۰۱۱) با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و تصاویر GeoEye اقدام به استخراج نقشه کاربری اراضی کردند و نشان دادند که این روش دارای صحت بالایی است. محمداسماعیل (۱۳۸۹) پایش تغییرات کاربری اراضی شهر کرج را در دو دوره زمانی ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و ETM با روش طبقه‌بندی نظارت شده مورد بررسی قرار داد. یوسفی و همکاران مطالعه‌ای که در زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی در شهرستان مریوان با استفاده از سنجنده‌های TM و ETM ماهواره لندست طی دوره ۱۶ ساله با روش طبقه‌بندی مجدد انجام دادند.

با توجه به پژوهش‌های فوق و لزوم به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات کاربری اراضی و طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف، در این پژوهش نیز با هدف بررسی روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا به پایش تغییرات کاربری اراضی و طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف و تحلیل اثرات تغییرات کاربری‌ها بر فرسایش خاک پرداخته می‌شود.

## مواد و روش‌ها

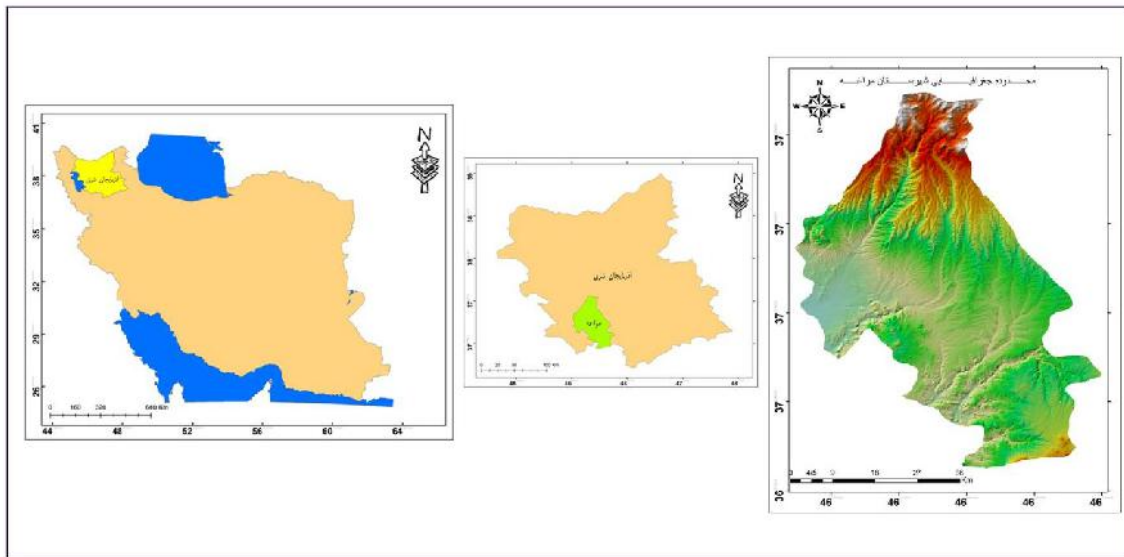
### معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان مراغه با وسعت ۲۱۸۶ کیلومتر مربع (۸/۴ درصد مساحت استان) در ۱۳۰ کیلومتری جنوب تبریز واقع شده و از سمت شمال با شهرستان تبریز، از سمت شرق با شهرستان‌های بستان‌آباد، هشترو، از سمت غرب با شهرستان‌های بناب، عجبشیر و ملکان و از سمت جنوب با استان آذربایجان غربی هم‌مرز است. شهرستان مراغه از نظر توپوگرافی از دو قسمت مجزا تشکیل شده است. بخش شمالی که شامل دامنه‌های جنوبی ارتفاعات سه‌سهند می‌باشد، به صورت کوهستانی و ناهموار بوده و بخش مرکزی و جنوبی شهرستان، به صورت دشت و جلگه است. توده کوهستانی سه‌سهند از مهم‌ترین عوارض توپوگرافیک شهرستان محسوب می‌شود که دامنه‌های جنوبی این کوهستان پیکربندی بخش عمده‌ای از شهرستان را تشکیل می‌دهد. بیش از ۳۹ درصد (حدوداً ۲۵۵۰۰۰ هکتار) از وسعت شهرستان را اراضی کشاورزی و باغی تشکیل می‌دهد. شکل (۱) محدوده مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

<sup>۱</sup>- Satellite Pour Observation de la Terre

<sup>۲</sup>- Texture

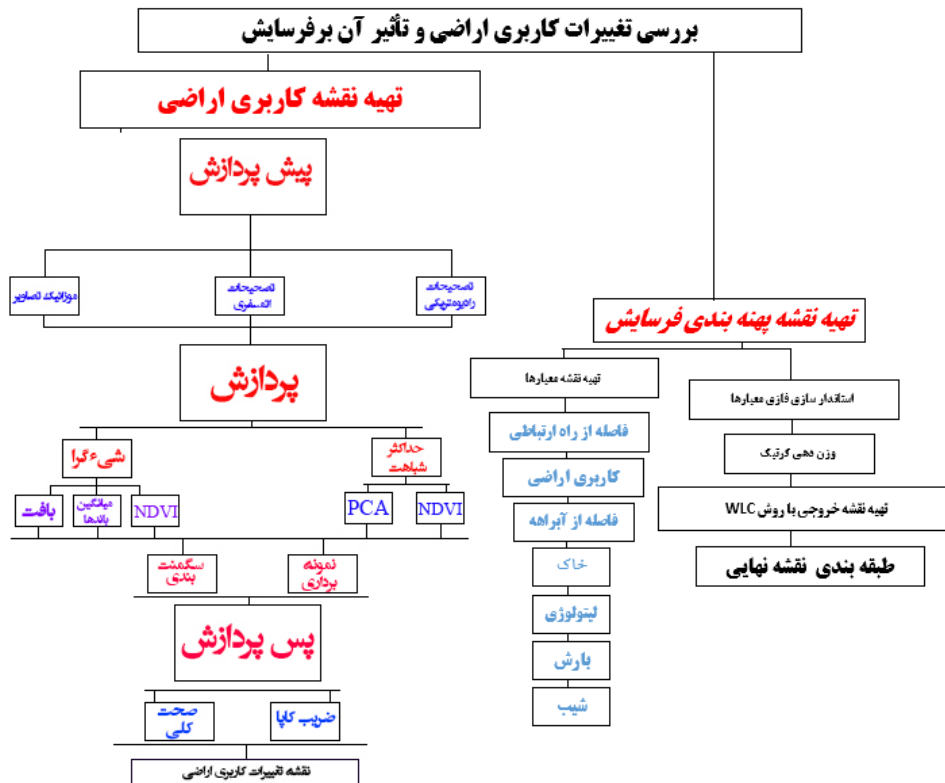
<sup>۳</sup>- Shape



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و در سطح استان آذربایجان شرقی

این مطالعه به بررسی تغییرات کاربری های مختلف و ارزیابی اثرات تغییرات کاربری های بر فرسایش خاک می پردازد. در تحقیق حاضر از تصاویر سنجنده <sup>۱</sup> ASTER که مربوط به سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ برای ماه مرداد می باشد برای طبقه بندی کاربری اراضی و همچنین تغییرات کاربری اراضی با دو روش شیء گرا و طبقه بندی نظارت شده استفاده شد. به دلیل وسعت محدوده مورد مطالعه برای هر سال، به منظور پوشش کامل منطقه از ۳ سین تصویر سنجنده استر که مربوط به ماه مرداد بوده است، استفاده شد. تصاویر فوق از سایت زمین شناسی ایالات متحده ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)) اخذ شد. بعد از اخذ و دریافت تصاویر، به منظور آماده سازی برای طبقه بندی و انجام پردازش بر روی آن ها، ابتدا پیش پردازش های لازم بر روی تصاویر صورت گرفت. در ابتدا تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری بر روی هر کدام از تصاویر اعمال شد و سپس تصاویر مورد نظر با استفاده از ابزارهای موزائیک، بهم متصل شده و سپس تصاویر موزائیک شده از محدوده مورد نظر جدا شدند. پیش پردازش تصاویر در نرم افزار ENVI 5.3 صورت گرفت. سپس به منظور طبقه بندی پیکسل پایه، نمونه های تعلیمی از طبقه های مختلف برداشت شد و از روش حداکثر شباهت برای طبقه بندی پیکسل پایه در نرم افزار ENVI 5.3 استفاده شد. طبقه بندی شیء گرا نیز در نرم افزار eCognition Developer 6.4.9.0 صورت گرفت. در نهایت هر دو طبقه بندی به منظور گرفتن خروجی نهایی به نرم افزار ARC GIS 10.5 انتقال داده شد و خروجی مورد نظر از این نرم افزار دریافت شد. در نهایت با استفاده از روش WLC نقشه پهنه بندی فرسایش در دو بازه زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ تهیه شد. روش WLC به طور خلاصه دارای مراحل زیر می باشد. ۱- استاندارد سازی لایه های معیار، ۲- تعیین وزن های معیار، در این مطالعه از روش وزن دهی کرتیک استفاده شده است. در این روش، داده ها بر اساس میزان تداخل و تضاد، انحراف معیار و همبستگی موجود بین عوامل مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. ۳- ایجاد لایه های نقشه استاندارد شده وزنی ۴- در نهایت با اعمال عملیات همپوشی جمعی بر روی لایه های نقشه استاندارد شده وزنی، نمره یا امتیاز کل را در رابطه با هر گزینه به دست آورده می شود. شکل (۲) فرآیند کلی پژوهش و داده های مورد استفاده را نشان می دهد.

<sup>۱</sup>- Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer



شکل ۲: روند کلی پژوهش

### پیش پردازش تصاویر

مرحله پیش پردازش داده‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل در پردازش تصاویر است، چرا که تمامی محاسبات بعدی بر اساس تصویر تولیدی در این مرحله انجام می‌گیرد. نوع و نحوه انجام این عملیات بسته به عوامل مختلفی چون نوع داده‌های مورد استفاده و هدف تحقیق، متغیر خواهد بود (چاندر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

### تصحیحات رادیومتریک

قدرت تفکیک رادیومتر<sup>۲</sup> یک سنجنده مشخص کننده توانایی آن سنجنده در تشخیص تفاوت‌های کوچک در انرژی است (Jensen., 2005). اکثر داده‌هایی که اخذ می‌شوند در ابتدا مقادیر این داده‌ها به صورت DN Value ثبت می‌شوند که به صورت ارزش عددی می‌باشند، و در بسیاری از موارد با این ارزش‌های عددی بسیاری از پردازش‌ها فاقد اعتبار می‌باشند. به منظور به دست آوردن اعداد با ارزش‌های حقیقی باید میزان انرژی رسیده به سنجنده را محاسبه کرد. (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). تصحیحات رادیومتریک در قبال تغییرات منظر، نوردهی<sup>۳</sup>، دید هندسی<sup>۴</sup>، شرایط جوی و نویز<sup>۵</sup> سنجنده باید انجام گیرند. هریک از این شرایط به خصوصیات سنجنده‌ها و شرایط زمان اخذ داده‌ها بستگی دارند و شامل تصحیحات یا روش‌های حذف می‌باشند (دل‌اور و حسنلو، ۱۳۹۲).

1- Chander et al

۲- Radiometric Resolution

3- Light up

4- Geometric visibility

5- noise

### تصحیحات اتمسفری

تصحیح اتمسفری<sup>۱</sup> یکی از مهمترین موارد در مرحله پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای است که در مواردی که به مقادیر انرژی ساطع شده از اشیاء نیاز است یا هنگامی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیاء اثرات اتمسفر کمتر باشد، ضروری است (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۵). این تصحیح به ویژه در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چندزمانه مد نظر است، اهمیت بالایی دارد (هایجیمیتس و همکاران، ۲۰۱۰). اثرات اتمسفر معمولاً به صورت خطای جمع شونده<sup>۲</sup>، ظاهر و باعث روشنی بیش از حد تصویر و کاهش وضوح می‌شوند (جوان و حسنی مقدم، ۱۳۹۶). در این پژوهش برای تصحیحات اتمسفری، از مدل کردن اثرات اتمسفری به وسیله روش FLAASH<sup>۳</sup> استفاده شد.

### طبقه‌بندی

یکی از روش‌های قدرتمند در ارتباط با تولید نقشه‌های موضوعی استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مینا از طریق چند باند طیفی متفاوت است. با این حال در این روش‌ها نیز محدودیت‌هایی وجود دارد که باید نسبت آن مطلع بود. بصورت کلی ساختار الگوریتم طبقه‌بندی پیکسل مینا را میتوان در دو مرحله خلاصه‌سازی کرد: خوشه‌های طیفی ایجاد شده در فضای ویژگی و اختصاص داده شدن هریک از پیکسل‌ها به یک کلاس. خوشه‌های طیفی همان کلاس‌هایی هستند که مستقیماً از فضای ویژگی با باندهای بکار برده شده در فرآیند طبقه‌بندی لینک می‌شوند. در عین حال ارتباط آن‌ها با هریک از پدیده‌هایی که در سطح زمین نیز وجود دارد برقرار می‌شود. به عبارت دیگر هریک از خوشه‌های طیفی ایجاد شده نماینده‌ای از یک پدیده در سطح زمین است. روش‌های طبقه‌بندی شی گرا مبتنی بر قطعه بندی تصاویر هستند. در این روش به جای آنکه هر یک پیکسل به یک کلاس بر اساس ویژگی‌های طیفی اختصاص پیدا کند، تصویر به بخش‌های مختلفی قطعه بندی شده که از لحاظ طیفی همگون و دارای ویژگی‌های مشابهی هستند به گونه‌ای که هر قطعه یک پدیده را پوشش میدهد از جمله ساختمان‌ها، راه‌ها، پوشش‌های گیاهی و غیره. در طبقه بندی شی گرا فرض اصلی بر آن است که کلاس‌ها صرفاً بر اساس اطلاعات طیفی جدا میشوند بلکه اطلاعات هندسی از جمله شکل، اندازه، الگو و بافت نیز در این رابطه مورد توجه است (جنسن، ۲۰۰۵). این طبقه‌بندی که بر اساس ارزش عددی پیکسل‌هاست و در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند، طبقه‌بندی پیکسل پایه نامیده می‌شود (فیضی زاده، ۱۳۸۶: ۶۸). طبقه‌بندی پیکسل پایه با روش‌های مختلفی صورت می‌پذیرد. در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از روش حداکثر شباهت<sup>۴</sup> استفاده شد.

### حداکثر شباهت

روش حداکثر شباهت یکی از کارآترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر است (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). در این روش میزان کمی واریانس و هم‌بستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود (جنسن، ۲۰۰۵). این روش بر مبنای احتمالات استوار است، یعنی احتمال این که یک پیکسل به هر یک از مجموعه‌های  $n$  کلاس تعلق داشته باشد بررسی می‌شود و سپس پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال را داشته باشد اختصاص می‌یابد (زبیری و مجد، ۱۳۸۰). در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی، پس از تعیین کلاس‌های کاربری اراضی اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی می‌گردد. نمونه‌های آموزشی طی دو مرحله انجام میگردد که ابتدا قبل از

1- Atmospheric Correction

2- Falling error

3- Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube

4- Maximum Likelihood

طبقه‌بندی نمونه‌های آموزشی به منظور آشنایی با منطقه مورد مطالعه و آشنایی با ویژگی‌های طیفی ایجاد می‌شوند و سپس بعد از طبقه‌بندی تصاویر و به منظور صحت سنجی و کنترل نتایج طبقه‌بندی اقدام به نمونه‌برداری مجدد از تصویر می‌شود. در تحقیق حاضر به هدف نمونه‌برداری از تصاویر مورد نظر، به منظور شناسایی بعضی از پدیده‌ها از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. نرم‌افزار google earth آرشویی بیشتر از ۳۰ سال را دارا می‌باشد که برای طبقه‌بندی و انتخاب نمونه منبعی قابل اطمینان می‌باشد. سپس بعد از شناسایی پدیده‌های مربوطه، اقدام به نمونه‌برداری از هر طبقه بسته به فراوانی و پراکنندگی هر کدام از پدیده‌ها صورت گرفت. در نهایت ۱۴ کلاس از محدوده مورد مطالعه شناسایی شده، و از هر کدام بسته به ویژگی‌های هر طبقه نمونه‌هایی ایجاد شد. در نهایت ۲۹۲۴ نمونه پیکسل به منظور طبقه‌بندی انتخاب شد.

### تجزیه تحلیل مولفه‌های اصلی

روش تحلیل مولفه‌های اصلی با هدف فشردگی داده‌های انبوه در باندهای مختلف یک تصویر و به منظور حذف اطلاعات مشابه اجرا می‌گردد. <sup>۱</sup> PCA روشی برای تبدیل مختصات و کاهش داده‌ها در سنجش از دور است (علوی پناه، ۱۳۹۴). در واقع PCA روشی آماری است که برای کاهش داده‌های زائد و اضافه به کار میرود و اطلاعات چندین باند را به تعداد اجزای کمتری تبدیل می‌کند (علوی پناه، ۱۳۹۴). در این تحقیق به منظور بالا بردن دقت برداشت نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی پیکسل پایه، از روش تجزیه تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شد.

### شیء‌گرا

در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی<sup>۲</sup> شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعه‌ها انجام می‌شود. روش تجزیه و تحلیل تصویر بر مبنای شیء روشی می‌باشد که طبقه‌بندی را بر اساس بخش‌های مشخص شده در دنیای واقعی یعنی شکل، بافت طبقه‌بندی می‌کند.

قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا لازم است که فرآیند تقسیم‌بندی تصویر صورت پذیرد. این تقسیم‌بندی بر اساس شکل پدیده، بافت و تن‌هایی که هر یک از مقادیر دارا می‌باشند انجام می‌پذیرد (eCognition). سگمنت به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (مانند ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین اشتراک معیار آنهاست (فیضی زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷). پیکسل‌های تصویر بر اساس تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود میان آنها در زمینه ویژگی‌های طیفی و شکلی و با در نظر گرفتن درجه‌ای از ناهمگنی مجاز در هر قطعه، به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند که این قطعه‌ها یا شیء‌های ساخته شده در گام بعدی به منظور شناسایی عوارض مورد نظر، کلاس‌بندی می‌شوند. فرآیند قطعه‌بندی بر اساس پارامترهای مختلفی مانند مقیاس<sup>۳</sup>، شکل<sup>۴</sup>، رنگ<sup>۵</sup>، فشردگی<sup>۶</sup>، الگو<sup>۷</sup> و معیار نرمی شکل<sup>۸</sup> انجام می‌شود (Chaudhuri & Sarkar, 1995. p.75). ترکیب‌های وزنی مختلف از پارامترهای ذکر شده، تصویر ماهواره‌ای را به صورت‌های متفاوتی قطعه‌بندی می‌کنند. به منظور یافتن بهترین نتیجه برای بافت و شکل تصاویر،

<sup>1</sup>- Principal component analysis

<sup>2</sup>- Segmentation

<sup>3</sup>- Scale

<sup>4</sup>- Shape

<sup>5</sup>- Color

<sup>6</sup> Compactness

<sup>7</sup> Pattern

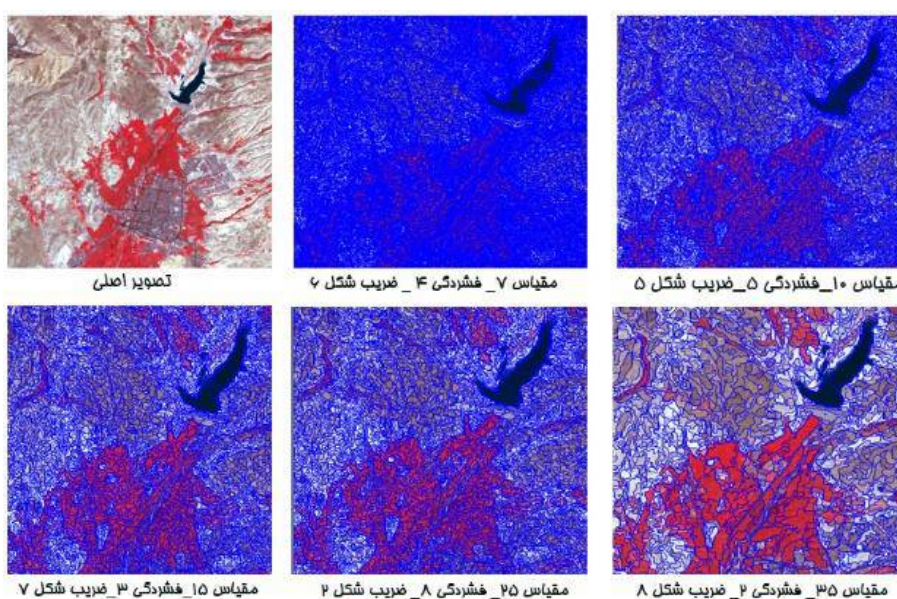
<sup>8</sup>- Smoothness



قطعه‌بندی به صورت آزمون و خطا و طی دفعات متعددی با ترکیب‌های وزنی متفاوت انجام شد. در شکل (۳) قطعه‌بندی با ترکیب‌های وزنی و مقیاس‌های مختلف نمایش داده شد. همچنین ترکیب وزنی و فشردگی و همچنین مقیاس مناسب استفاده شده در این پژوهش نیز در جدول (۱) نمایش داده شده است.

جدول ۱: مقیاس، ضریب فشردگی، شکل مناسب انتخاب شده برای طبقه بندی شی‌گرا

مقیاس	فشردگی	شکل
۲۵	۰/۸	۰/۲



شکل ۳: قطعه بندی با مقیاس‌ها و ضریب شکل و فشردگی‌های مختلف

### NDVI

این شاخص گیاهی که معروف‌ترین و ساده‌ترین شاخص گیاهی مورد استفاده است، بر حسب دوباند قرمز و مادون قرمز نزدیک تعریف می‌شود. این شاخص دارای مقادیر نرمال در دامنه بین ۱- و ۱+ است. مقادیر NDVI بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم است. آب و برف و یخ دارای مقادیر NDVI منفی می‌باشند و دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ و ابرها نیز معمولاً دارای مقادیر حول صفر هستند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). در این پژوهش از شاخص NDVI به منظور جداسازی بهتر پوشش گیاهی از بقیه پدیده‌ها استفاده شد.

### انحراف معیار باندها

انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به‌طور میانگین، داده‌ها چه مقدار، از مقدار متوسط فاصله دارند. به‌منظور محاسبه انحراف معیار بر پایه GLCM ابتدا مقدار واریانس GLCM محاسبه می‌شود. واریانس GLCM برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM به‌کار می‌گیرد. واریانس GLCM با رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_i^2 = \sum_{l,j=0}^{N-1} P_{l,j} (i - \mu_i)^2 \sigma_i^2 = (i - \mu_i)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$



انحراف استاندارد پس از محاسبه واریانس با رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

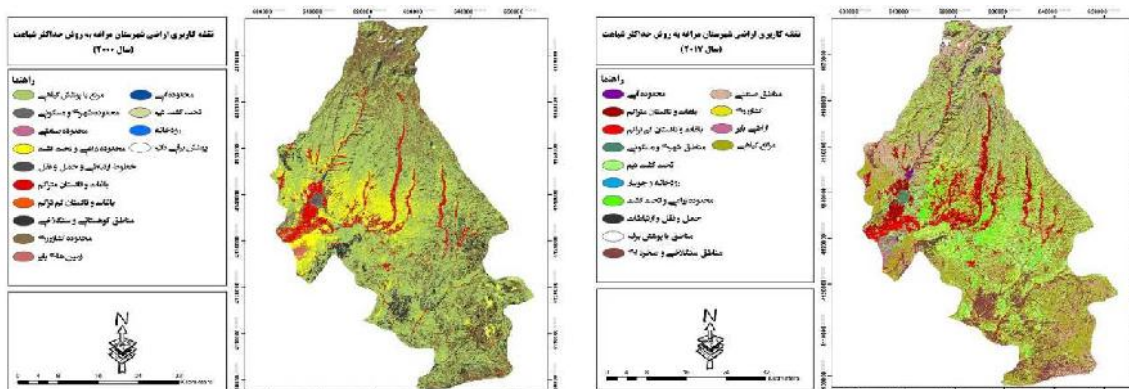
$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_j^2} \quad \sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

جدول ۲: پارامترهای مهم در طبقه بندی شیء گرا

شاخصها	پارامتر موثر	نوع کلاس													
		کشاورزی	آب	باغ‌مترکم	باغات کم	شهری	صنعتی	زراعی	جاهه	کوهستان	رودخانه	برف	بایر	مرتع	دیوم
NDV	۱	*		*	*			*					*	*	*
PCA	۱		*	*	*	*			*						
میاگین	باند سبز	*						*					*		
	باند قرمز					*					*	*			
	باند مادون	*	*	*	*			*					*		
انحراف معیار	باند سبز	*			*	*	*			*	*		*	*	*
	باند قرمز		*		*	*		*		*		*			
	بان مادون	*	*	*	*			*				*	*		
هندسی	حداکثر اختلا		*			*				*					
	درجه روشن										*		*	*	*
	شاخ ص		*								*				
	شاخ ص			*			*						*		
	ضخامت									*					
	مساحت									*					
	فشاردگی	*						*				*			

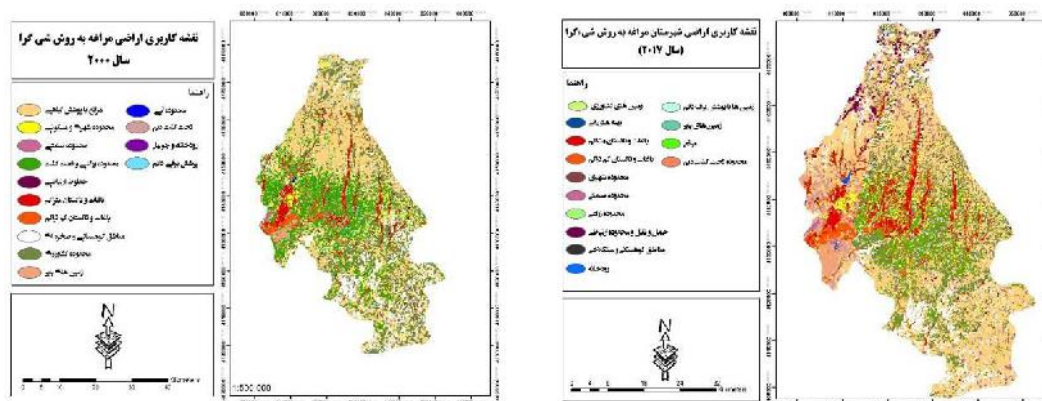
### بحث و یافته‌ها

در این پژوهش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به صورت پیکسل پایه و شیء‌گرا صورت پذیرفت و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی اقدام به طبقه‌بندی تصاویر شد. و بدین ترتیب نقشه پوشش اراضی با استفاده از روش‌های شیء‌گرا در نرم افزار eCognition Developer 64 9.0 و پیکسل پایه در نرم افزار Envi 5.3 مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ در ۱۴ کلاس استخراج شد و سپس به منظور گرفتن خروجی و ساخت نقشه، به نرم افزار ArcGIS 10.5 انتقال داده شد (اشکال ۴ و ۵)

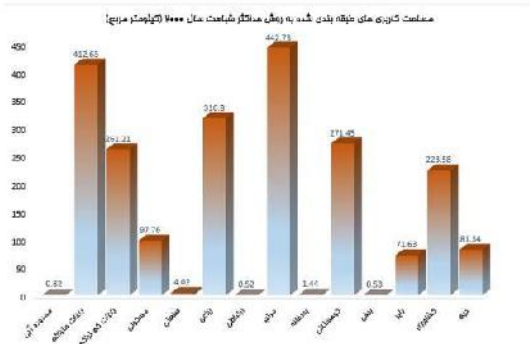


شکل ۴: طبقه‌بندی به روش حداکثر شباهت مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

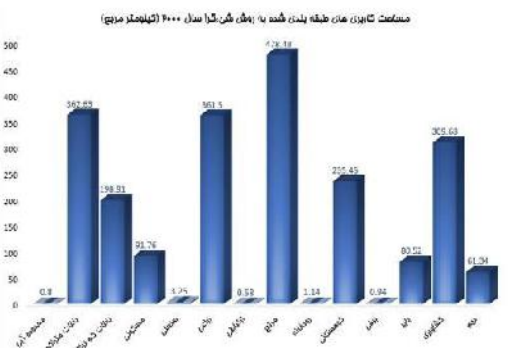
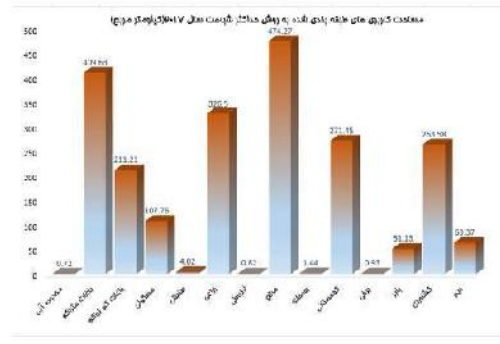
بعد از تولید نقشه‌ها و به دست آوردن خروجی مدنظر، مساحت هریک از طبقات طبقه‌بندی شده به روش‌های شیء‌گرا و حداکثر شباهت استخراج شد. در این میان کاربری کشاورزی و باغات به منظور تفکیک بهتر در بازتاب طیفی آنها در دو کلاس مجزا انتخاب شدند. همچنین در این منطقه چون از روش‌های مبتنی بر شیء استفاده شد و مقادیر بازتابی کاربرهای مختلف از هم تفکیک شدند کاربرهای تحت کشت علاوه بر کشاورزی به کاربری‌های زراعی نیز تقسیم‌بندی شد که عموماً مناطقی بوده اند ک کاشت گندم در آن‌ها صورت گرفته است و با استفاده از مقادیر بازتابی محصول گندم و پارامترهای رنگ و شکل به جداسازی آن به عنوان یک کاربری مجزا اقدام شد. مساحت هریک از کاربری‌ها در شکل ۶ نمایش داده شده است.



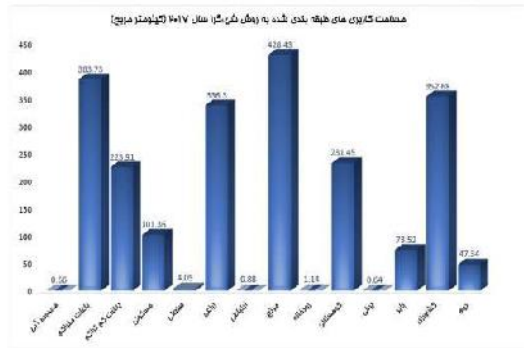
شکل ۵: طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷



مساحت کاربری‌های طبقه بندی شده به روش حداکثر شباهت



مساحت کاربری‌های طبقه بندی شده به روش حداکثر شباهت



مساحت کاربری‌های طبقه بندی شده به روش حداکثر شباهت

شکل ۶: مساحت کاربری‌های استخراج شده به روش‌های شیء‌گرا و حداکثر شباهت

### صحت سنجی نتایج

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۶). به همین منظور برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا پرداخته شد. دقت کاربر از تقسیم تعداد اشیاء طبقه‌بندی شده در هر رده بر کل اشیاء طبقه‌بندی شده در آن رده به دست می‌آید. دقت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه ندارد، صحت کلی که میانگینی از صحت طبقه‌بندی است، نسبت اشیاء صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل اشیاء معلوم را نشان می‌دهد. همچنین ضریب کاپا نیز تکنیک چندمتغیره گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه تحلیل کاپا شاخص K می‌باشد که شاخصی است برای اندازه‌گیری صحت طبقه‌بندی بر اساس تفاوت بین صحت واقعی در ماتریس خطا و تغییرهای صحت که به وسیله مجموع سطر و ستون نشان داده شده است. شاخص K در واقع معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و توافق احتمالی بین داده‌های مرجع و طبقه‌کننده تصادفی است که بر اساس رابطه (۳) تعریف می‌شود. همچنین دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا در جدول (۳) نمایش داده شد.

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}{N^2 \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}$$

رابطه (۳)

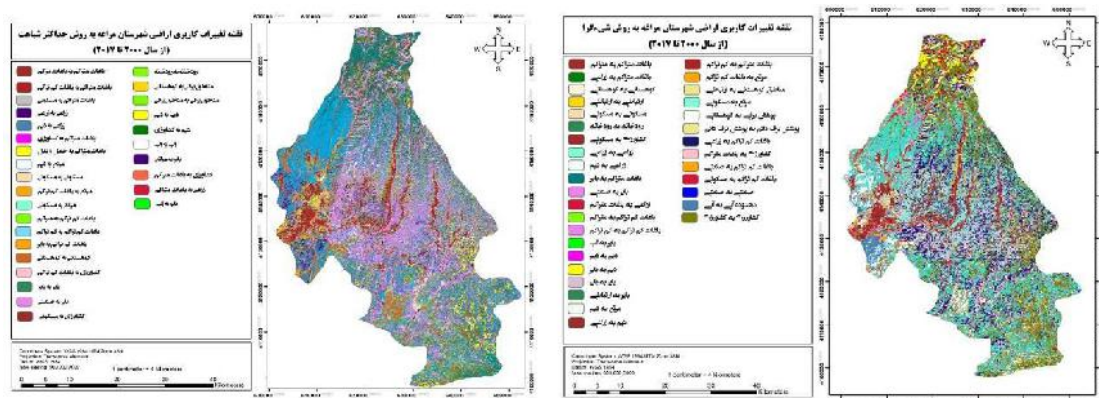
جدول ۳: دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولید کننده و ضریب کاپا

دسته کلاس	تولید کننده (هن-گر)	کاربر (هن-گر)	تولید کننده (مداکثر شباهت)	کاربر (مداکثر شباهت)
زمین کشاورزی	0.97	0.93	0.92	0.89
پهنه آبی	7	7	7	7
باغات متراکم	7	0.99	0.99	0.99
باغات کم تراکم	0.96	0.96	0.97	0.89
مسدوده شهری	0.94	0.93	0.93	0.92
مسدوده صنعتی	0.9	0.88	0.85	0.89
زراعی	0.97	0.97	0.94	0.93
حمل و نقل	0.96	0.92	0.82	0.78
مناطق کومستثنای	0.97	0.96	0.89	0.84
زودمان	0.92	0.86	0.62	0.68
مناطق پوشش براف	0.97	0.97	0.95	0.97
زمین باهر	0.95	0.94	0.95	0.97
مراکز	0.96	0.99	0.97	0.98
کشت دوم	0.94	0.97	0.83	0.88
صحت کلی	0.9537357143	0.897142857	0.896428571	0.9537357143
ضریب کاپا	0.96	0.93		

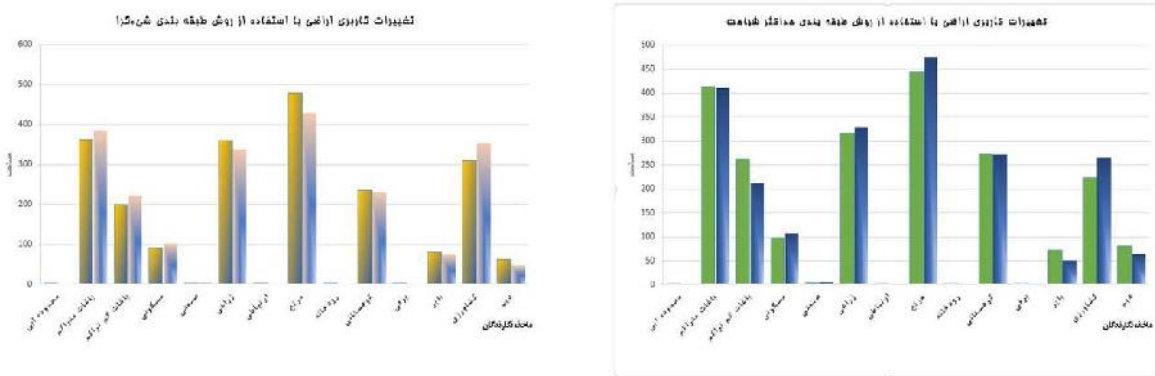
باتوجه به جدول فوق چنین برمی آید که الگوریتم‌های شیء‌گرا در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه (حداکثر احتمال) دقت بالایی را ارائه می‌دهند. از عوامل مهم در دست‌یابی به این دقت، استفاده از شکل، بافت، محتوا و موقعیت پدیده‌ها در طبقه‌بندی شیء‌گرا می‌باشد. همچنین چنان که از جدول (۴) مشخص می‌باشد طبقه‌بندی شیء‌گرا با ضریب کاپای ۰٫۹۶، درصد ۰٫۰۳ درصد دقیق‌تر از طبقه‌بندی به روش حداکثر شباهت می‌باشد. همچنین محدوده آبی با دقت نمونه برداری ۱، در هر دو روش پیکسل پایه و شیء‌گرا بهترین نتیجه نمونه برداری را ارائه داده است. همچنین با استناد به دقت کلی طبقه‌بندی، چنین برمی‌آید که نتیجه طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا دارای دقت بیشتری نسبت به طبقه‌بندی به روش حداکثر شباهت می‌باشد. همچنین همانطور که از نتایج پژوهش بر می‌آید دقت طبقه‌بندی در سطح قابل قبولی می‌باشد که از جمله پارامترهایی که برای رسیدن به این دقت در نظر گرفته شده بود می‌توان به پارامترهای نظیر، همسایگی کلاس‌ها، مقادیر باندها که به منظور تفکیک واحدها استفاده شد و تعداد دفعات تکرار عملیات طبقه‌بندی اشاره نمود.

بعد از انجام طبقه‌بندی و دست‌یابی به نتایج مدنظر، جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در سطح منطقه اقدام شد و نقشه تغییرات کاربری اراضی با استفاده از هر دو روش استخراج شد شکل (۳). و مشخص شد که نتایج به دست آمده با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در آشکارسازی تغییرات نتایج مطلوب‌تری را ارائه می‌دهد. بر اساس نقشه کاربری اراضی شهرستان مراغه مربوط به سال ۲۰۰۰ که با روش حداکثر شباهت استخراج شده است، بیشترین کاربری‌ها در درجه نخست مربوط به بخش مرتع می‌باشد که مساحتی به تقریب ۴۴۲ کیلومتر مربع را دارا می‌باشد. سپس کاربری باغات متراکم با مساحتی بالغ بر ۴۱۲ کیلومتر مربع و کاربری کشاورزی با مساحت ۲۲۳ کیلومتر مربع بیشترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند. این کاربری‌ها در روش شیء‌گرا نیز بیشترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند با این تفاوت که کاربری‌های مرتع، باغات متراکم و کشاورزی به ترتیب مساحتی بالغ بر ۴۷۸، ۳۶۲ و ۳۰۹ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده‌اند. مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۱۷ نیز نشان می‌دهد که بیشترین کاربری‌ها مربوط به مراتع، باغات متراکم و زراعی می‌باشد. به طوری که مساحت کاربری‌ها با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت به ترتیب برای مراتع، باغات متراکم و زراعی، ۴۷۴، ۴۰۹ و ۳۲۶ کیلومتر مربع، و با استفاده از روش شیء‌گرا برای کاربری‌های مراتع، باغات متراکم و کشاورزی به ترتیب، ۴۲۸، ۳۸۳ و ۳۵۲ کیلومتر مربع می‌باشند. با توجه به نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت، کاربری باغات متراکم و زراعی افزایش چشمگیری در سال ۲۰۱۷، نسبت به سال ۲۰۰۰ را دارا می‌باشند که نشان از اهمیت کشاورزی و باغداری در این شهرستان

می‌باشد. این افزایش کاربری، در روش شیء‌گرا نیز به چشم می‌خورد به طوری که کاربری‌های باغات متراکم و کشاورزی نسبت به سال ۲۰۰۰، افزایش داشته‌اند. افزایش مساحت کاربری مسکونی نسبت به سال ۲۰۰۰ با کاهش باغات کم تراکم بوده است که نشان از تخریب باغات کم‌تراکم و ایجاد مناطق مسکونی می‌باشد. با توجه به تغییرات کاربری‌های باغات و زمین‌های زراعی و همچنین افزایش میزان مناطق مسکونی که عمدتاً با کاهش میزان مراتع همراه بوده است باعث ایجاد تغییرات بسیار زیادی در سیستم‌های مورفولوژیک منطقه خواهد شد که این تغییرات عمدتاً در جهت افزایش میزان فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز، کاهش میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی، بروز سیلاب‌های مخرب و سایر فرایندهای مورفولوژیک خواهد شد. همانطوری که نتایج ریاحی و همکاران (۱۳۹۶) نشان می‌دهد در نتیجه از بین رفتن پوشش طبیعی منطقه و افزایش سطوح نفوذ ناپذیر، در شرایط بارش‌های یکسان، تغییرات دبی اوج و حجم رواناب در منطقه افزایش معنی‌داری پیدا خواهد کرد که می‌تواند باعث ایجاد تخریب بسیار گسترده در منطقه گردد. همچنین تغییرات کاربری اراضی هریک از طبقات، در شکل ۸، نمایش داده شد. با توجه به این نمودار، در طبقه بندی به روش حداکثر شباهت، کاربری‌های باغات متراکم، مسکونی، زراعی، مرتع، محدوده آبی، صنعتی، ارتباطی و کشاورزی دارای افزایش و کاربری‌های باغات کم‌تراکم، مناطق کوهستانی، مناطق برفی، بایر و دیم دارای کاهش کاربری بوده‌اند.



شکل ۷: نقشه تغییرات کاربری اراضی با استفاده از دو روش شیء‌گرا و بیکسل پایه



شکل ۸: تغییرات هریک از کاربری‌ها با استفاده از هر دو روش حداکثر شباهت و شیء‌گرا

نتایج به دست آمده از نقشه‌ها و اطلاعات آماری موجود، نشان دهنده این واقعیت می‌باشد که کلاس مرتع (در هر دو روش) در سال ۲۰۰۰ بیشترین سهم از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. این کاربری در سال ۲۰۰۰ با استفاده از روش حداکثر شباهت، دارای مساحت ۴۴۲/۷۳ کیلومتر مربع بوده است. مساحت به دست آمده از این کاربری با استفاده از روش شیء‌گرا در سال ۲۰۰۰، ۴۷۸/۴۳ کیلومتر مربع بوده است. این امر نشان دهنده تفاوت بین دو روش در طبقه‌بندی کاربری‌ها می‌باشد. در درجه دوم کاربری باغات متراکم، بیشترین سهم از مساحت منطقه را داشته است که



مساحت این کاربری در روش حداکثر شباهت،  $412/63$  و در روش شیء گرا،  $362/63$  کیلومتر مربع بوده است. همچنین با توجه به نقشه به دست آمده از سال ۲۰۱۷، بیشترین مساحت نیز به کاربری مرتع اختصاص داشته است که در روش حداکثر شباهت این کاربری دارای مساحتی بالغ بر  $474/27$ ، و در روش شیء گرا دارای مساحتی بالغ بر  $428/41$  کیلومتر مربع می‌باشد. با توجه به یافته‌های تحقیق، دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از روش شیء گرا و پیکسل مبنای، به ترتیب  $0/95$  درصد و  $0/89$  درصد، به دست آمد. با توجه به نقشه‌های کاربری‌های حاصل از دو روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت و شیء گرا و مقایسه و تطبیق دادن این نقشه‌ها با واقعیت‌های زمینی، نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی شیء گرا مورد تأیید قرار گرفت و بنابراین در ادامه نقشه پهنه‌بندی فرسایش با استفاده از نقشه کاربری حاصل از روش شیء گرا در دو بازه زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ تهیه شد. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه با روش شیء گرا در طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در شهرستان مراغه کاربری‌های باغات متراکم، باغات کم‌تراکم، مسکونی، کشاورزی، صنعتی و ارتباطی در روش شیء گرا دارای افزایش، و کاربری‌های زراعی، مرتع، دیم و بایر دارای کاهش مساحت بوده‌اند. که این امر بیانگر اهمیت کشاورزی و باغداری در این شهرستان می‌باشد.

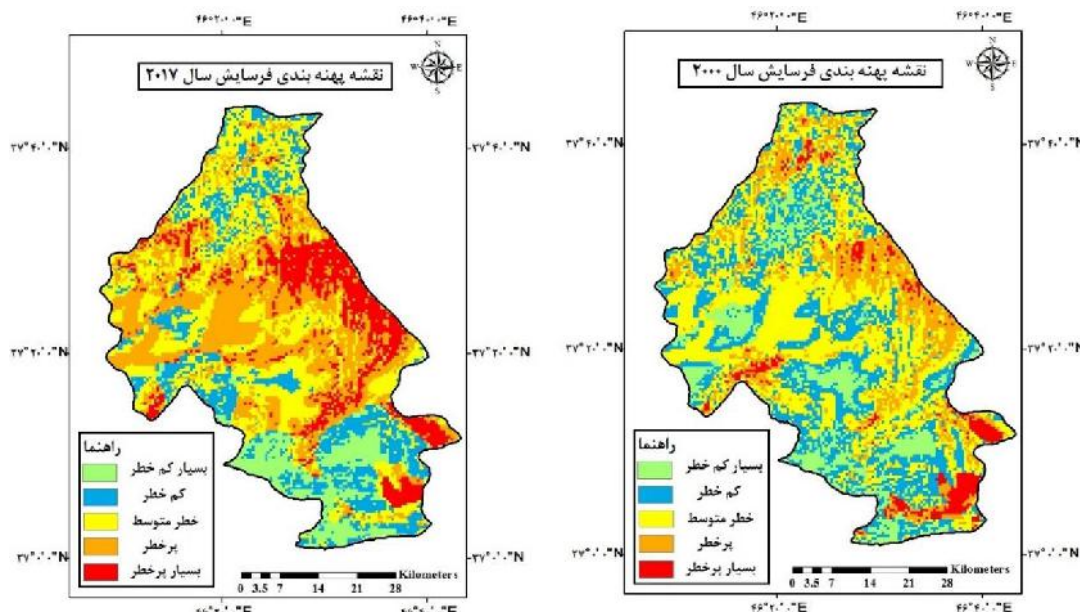
### پهنه‌بندی فرسایش خاک

ابتدا وزن‌دهی معیارها انجام گردید. مفروضات پایه‌ای و وزن حاصل از وزن‌دهی کرتیک معیارها، در جدول ۴ آورده شده است. سپس با انجام دیگر مراحل مدل WLC، نقشه پهنه‌بندی فرسایش، در ۵ طبقه بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر، در دو بازه زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، به دست آمد (شکل ۹). مساحت و تعداد پیکسل‌های مربوط به هر یک از طبقات خطر نیز در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۴: مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش

وزن نهایی	میزان اطلاعات	انحراف معیار	مجموع تضاد	معیار	۲۰۰۰ با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال
۰/۱۷	۱/۲۱	۰/۳۴	۳/۴۶	شیب	
۰/۱۴	۰/۹۹	۰/۳۸	۲/۵۷	لیتولوژی	
۰/۱۹	۱/۳۶	۰/۵۰	۲/۷۳	کاربری	
۰/۱۴	۱/۰۲	۰/۴۹	۲/۰۶	خاک	
۰/۱۳	۰/۹۷	۰/۳۷	۲/۶۰	بارش	
۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۴۳	۱/۶۱	فاصله از رودخانه	
۰/۱۰	۰/۷۴	۰/۳۹	۱/۹۰	راه	
۰/۱۸	۱/۲۱	۰/۳۴	۳/۴۶	شیب	۲۰۱۷ با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال
۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۳۸	۲/۵۷	لیتولوژی	
۰/۱۶	۱/۰۷	۰/۴۶	۲/۳۲	کاربری	
۰/۱۴	۰/۹۷	۰/۴۹	۱/۹۶	خاک	
۰/۱۴	۰/۹۴	۰/۳۷	۲/۵۴	بارش	
۰/۰۹	۰/۶۵	۰/۴۳	۱/۵۰	فاصله از رودخانه	
۰/۱۰	۰/۶۹	۰/۳۹	۱/۷۶	راه	





شکل ۹: نقشه پهنه‌بندی فرسایش در سال ۲۰۱۷ و ۲۰۰۰

جدول ۵: اطلاعات طبقات خطر فرسایش سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۰۰ شهرستان مراغه

سال	طبقه خطر	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم خطر	بسیار کم خطر
۲۰۰۰	مساحت به کیلومتر مربع	۱۹۸/۳۵	۳۴۷/۱۲	۸۱۹/۵۲	۵۷۰/۲۳	۲۵۰/۷۸
	مساحت به درصد	۹/۰۸	۱۵/۸۸	۳۷/۴۷	۲۶/۰۹	۱۱/۴۸
۲۰۱۷	مساحت به کیلومتر مربع	۲۹۸/۷۱	۶۵۰/۵۰	۶۵۶/۲۰	۳۶۳/۱۷	۲۱۷/۴۲
	مساحت به درصد	۱۳/۶۶	۲۹/۷۶	۳۰/۰۲	۱۶/۶۱	۹/۹۵

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش در محدوده مطالعاتی می‌توان گفت که در سال ۲۰۰۰ مساحت طبقه بسیار پرخطر ۱۹۸/۳۵ کیلومتر مربع بوده است که مقدار این طبقه از خطر در سال ۲۰۱۷ به ۲۹۸/۷۱ کیلومتر مربع افزایش یافته است و مساحت طبقه پرخطر از ۳۴۷/۱۲ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰، به ۶۵۰/۵۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است. در نقشه فرسایش سال ۲۰۱۷ و ۲۰۰۰، به طور عمده مناطق با طبقه بسیار پرخطر و پرخطر در کاربری‌های اراضی کشاورزی، باغات و مسکونی قرار دارند. بنابراین، تغییرات کاربری‌های مختلف در منطقه باعث تغییر در روندهای مورفولوژیک منطقه شده است. برای مثال تغییرات در کاربری‌های مراتع و تبدیل آن به باغات و یا اراضی کشاورزی باعث تغییر در سیستم فرسایش منطقه شده و با توجه به این که مراتع نقش حفاظتی در مقابل فرسایش منطقه دارند هر گونه تغییر در میزان پوشش گیاهی و افزایش دخالت‌های انسانی (ساخت و ساز و تغییر در شرایط طبیعی زمین از جمله شخم زدن) باعث افزایش میزان فرسایش و رسوب منطقه خواهد شد. به علاوه، باید توجه داشت که تغییر کاربری اراضی مرتعی به ویژه در مناطق مناطق پر شیب کوهستانی علاوه بر فرسایش خاک، منجر به جاری شدن سیل نیز خواهد شد و کیفیت پویای خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین با مطالعه میدانی و بررسی نقشه‌های موجود دریافته شد که افزایش مساحت کاربری مسکونی، همراه با کاهش مساحت کاربری‌های بایر و باغات کم تراکم همراه بوده است که این امر نشان دهنده

ساخت‌وسازهای مسکونی بر روی کاربری‌های بایر و باغات کم تراکم می‌باشد. که تخریب باغات کم تراکم را به همراه داشته است و به تبع با دخالت انسان در محیط (مانند: ایجاد ترانژه برای جاده‌سازی و عدم رعایت اصول مکانیک خاک در احداث مناطق مسکونی و ابنیه‌ی فنی و ...) میزان پتانسیل فرسایش خاک افزایش می‌یابد. این نوع تغییرات علاوه بر این که می‌تواند تغییرات بسیار زیادی در روندهای هیدرولوژیک منطقه ایجاد بکند باعث افزایش تمرکز جریان، افزایش میزان فرسایش ناشی از تجمع جریان، کاهش نفوذ و بالاخره باعث کاهش میزان تغذیه سطح سفره‌های زیر زمینی می‌شود همچنان که نتایج محققین نشان می‌دهد غیر قابل نفوذ شدن سطح باعث تغییر اجزای مختلف پارامترهای چرخه آبی می‌گردد. همچنین با مشاهدات بصری دریافته شد که کاربری صنعتی به طور کامل بر روی کاربری بایر احداث شده است که با کاهش کاربری بایر همراه بوده است. همچنین کاربری مرتع در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ دارای روند کاهشی بوده است به طوری که در طول بازه ۱۷ ساله مساحت این کاربری، ۳۵۰/۶۵ کیلومترمربع کاهش داشته است که این کاهش همراه با افزایش کاربری کشاورزی بوده است. این امر نشان دهنده جایگزینی کاربری کشاورزی به جای مرتع می‌باشد. همچنین این تحقیق با نتایج تحقیقات محققینی همچون (فیضی‌زاده، ۱۳۸۶؛ ۱۱)، (فیضی‌زاده؛ هلالی، ۱۳۸۹؛ ۱۲)، (امیدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲)، (احدنژاد، ۱۳۷۹) مقایسه شد و این چنین برمی‌آید که روش‌های شیء‌گرا ضمن استخراج و شناسایی دقیق‌تر پدیده‌ها، می‌تواند در نتایج آشکارسازی تغییرات نیز نتایج مطلوب‌تری ارائه دهد. همچنین مطالعه نتایج به دست آمده با نتایج پژوهشگران خارجی همچون (Yamagouchi & Dewan, 2009) و Ackay, (H.G., Aksoy. S, 2008) دقیق بودن تکنیک‌های شیء‌گرا در مقایسه با دیگر روش‌های طبقه‌بندی را به اثبات می‌رساند. بنابراین با توجه نتایج به دست آمده می‌توان به اختصار بیان کرد که: (۱) تکنیک‌های شیء‌گرا در صورت رعایت تمامی موارد پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازشی دقیق‌تر از روش‌های دیگر همچون پیکسل‌مینا می‌باشند. (۲) آشکارسازی تغییرات با تکیه بر طبقه‌بندی شیء‌گرا نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهند.

### نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهمترین موارد در برنامه ریزی و سیاست گذاری می‌باشد، تغییرات کاربری اراضی یکی از مهمترین مسائل جهان اخیر است که باعث تغییرات بسیار زیادی در سیستم‌های سطح زمین از جمله سیستم‌های ژئومورفیک شده است. که می‌تواند تاثیر بسیار زیاد و بلند مدتی به همراه داشته باشد. در این مطالعه به بررسی نتایج روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا اشاره شد و همچنین به پایش تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ پرداخته شد. نتایج به دست آمده بیانگر صحت بیشتر طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا می‌باشد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های شیء‌گرا، در صورت رعایت کردن تمامی پارامترها نتایج مناسب‌تری ارائه می‌دهد. با این حال نتایج روش‌های پیکسل پایه نیز مورد قبول بوده است و در صورت فراهم نبودن روش‌های پیکسل پایه می‌توان به این روش‌ها نیز استناد کرد. با توجه به یافته‌های تحقیق، دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از روش شیء‌گرا و پیکسل‌مینا، به ترتیب ۰/۹۵ درصد و ۰/۸۹ درصد، به دست آمد. بر اساس نقشه کاربری اراضی شهرستان مراغه مربوط به سال ۲۰۰۰ که با روش حداکثر شباهت استخراج شده است، بیشترین کاربری‌ها در درجه نخست مربوط به بخش مرتع می‌باشد که مساحتی به تقریب ۴۴۲ کیلومترمربع را دارا می‌باشد. سپس کاربری باغات متراکم با مساحتی بالغ بر ۴۱۲ کیلومتر مربع و کاربری کشاورزی با مساحت ۲۲۳ کیلومتر مربع بیشترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند. این کاربری‌ها در روش شیء‌گرا نیز بیشترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند با این تفاوت که کاربری‌های مرتع، باغات متراکم و کشاورزی به ترتیب مساحتی بالغ بر ۴۷۸، ۳۶۲ و ۳۰۹ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده‌اند. مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۱۷ نیز نشان می‌دهد که بیشترین کاربری‌ها مربوط به مراتع، باغات متراکم و زراعی می‌باشد. همچنین با توجه به این که آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها در طول زمان پیش‌نیازی برای استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، از این رو استخراج نقشه‌های کاربری اراضی به عنوان مهمترین هدف در مدیریت

کاربری‌های اراضی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در حال حاضر استفاده از فناوری سنجنش از دور به دلیل صرف هزینه‌های مالی کمتر، صرفه‌جویی بیشتر در زمان و ... بهترین وسیله در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها می‌باشد. که با استفاده از این نقشه‌ها و دانش علمی، می‌توان حتی به پیش‌بینی وضع آینده نیز پرداخت. همچنین به منظور تفکیک دقیق‌تر پدیده‌ها و عوارض از یکدیگر، می‌توان از تصاویر سنجنده‌های ابرطیفی همچون Hyperion استفاده کرد و نیز به منظور تفکیک پدیده‌های با تشابه‌های طیفی بالا، می‌توان از الگوریتم‌های دانش پایه نظیر درخت‌تصمیم‌گیری استفاده نمود.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد طبق نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر فرسایش در سطح منطقه مطالعاتی، مساحت طبقه بسیار پرخطر و پرخطر به ترتیب از ۹/۰۸ و ۱۵/۸۸ درصد در سال ۲۰۰۰، به ۱۳/۶۶ و ۲۹/۷۶ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است، که کاهش میزان مراتع در سال‌های مورد بررسی می‌تواند تغییرات بسیار زیادی در میزان فرسایش و رسوب ایجاد بکند با توجه به این که مراتع نقش حفاظتی در مقابل فرسایش دارند از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی باعث کاهش مقاومت خاک و افزایش میزان فرسایش و به تبع آن رسوب خواهد شد. باید توجه داشت همچنان که نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد بر اثر تبدیل اراضی مرتعی به اراضی دیم و زمین‌های کشاورزی تلفات خاک که بر اثر شستشو و تولید رواناب در اراضی شیب دار اتفاق می‌افتد به وجود آید که باعث ایجاد فرسایش بسیار وسیع می‌گردد. همچنان که طیف وسیعی از محققین این امر را تأکید کرده‌اند همچنین تغییرات کاربری اراضی باعث تغییرات بسیار زیادی در میزان نفوذ پذیری خاک، کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی و اثرات هیدرولوژیک خود را در بلند مدت ایجاد خواهند کرد از جمله تغییر مراتع و تبدیل آن به مناطق مسکونی و انسان ساخت بیشترین میزان تأثیرات را در این مورد خواهد داشت. بنابراین با توجه نتایج مهماندوست و همکاران (۱۳۹۷) هر گونه تغییر در کاربری اراضی باعث افزایش دست‌خوردگی خاک گردیده که این امر می‌تواند باعث کاهش کیفیت خاک و افزایش حساسیت اراضی به تخریب را در پی داشته باشد.

همچنین نتیجه تطبیقی مقایسه تغییرات کاربری در بازه زمانی مورد نظر نشان می‌دهد که افزایش مساحت کاربری مسکونی نسبت به سال ۲۰۰۰ با کاهش باغات کم تراکم بوده است که نشان از تخریب باغات کم‌تراکم و ایجاد مناطق مسکونی می‌باشد. باید توجه داشت که پوشش گیاهی (طبیعی و باغات) با نگهداشت قطرات باران باعث کاهش انرژی جنبشی باران شده که باعث افزایش پایداری خاک شده و در مقابل فرسایش نیز محافظت می‌شود که با تغییر کاربری مورد نظر چنین مکانیسمی از بین می‌رود علاوه بر این که از بین رفتن پوشش گیاهی که باعث افزایش فرسایش شده باعث تمرکز جریان و شدت گرفتن فرسایش نیز خواهد شد. علاوه بر این تغییرات کاربری اراضی از کاربری‌های مراتع، زمین‌های کشاورزی و باغات به کاربری‌های صنعتی و مسکونی باعث کاهش قابل ملاحظه میزان تغذیه سفره‌های آب‌های زیرزمین خواهد داشت که در آینده می‌تواند تأثیرات بسیار مخربی بر اکوسیستم منطقه ایجاد بکند. بنابراین همانطوری که نتایج تحقیقات محققین مختلف نشان می‌دهد بهینه‌سازی کاربری اراضی علاوه بر کاهش آسیب پذیری حوضه از مخاطرات طبیعی باعث افزایش پایداری زیست محیطی مناطق خواهد شد که در امر توسعه پایدار بسیار سودمند خواهد بود و در این امر بررسی تغییرات کاربری اراضی یکی از اولین مطالعات بررسی شرایط پایداری مناطق خواهد بود.

## منابع

- احمدپور، امیر؛ سلیمانی، کریم؛ شکری، مریم؛ قربانی پاشاکلایی، جمشید؛ (۱۳۹۰). مقایسه کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی، مجله کاربرد سنجنش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، دوره ۲، شماره ۲؛ از صص ۶۹-۸۱
- آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب. (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مختلف سنجنش از دور برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (حوضه دره شهر ایلام)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۱، صص ۹۳-۷۴.

- اکبری، الهه؛ شکاری، علی. (۱۳۹۲). پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI با نمونه‌های کاربردی در علوم زمین، نقشه برداری، جغرافیا و محیط زیست، انتشارات ماهواره، جلد اول.
- پوراحمد، احمد؛ سیف‌الدینی، فرانک؛ پرنون، زیبا. (۱۳۹۰). مهاجرت و تغییر کاربری اراضی در شهر اسلامشهر، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، شماره ۵، صص ۱۵۲
- تفتی، مهدی؛ رحمانی، ابوالفضل (۱۳۹۶) تخمین برآورد تغییرات پهنه‌های فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و مدل استخراج کاربری اراضی و پوشش زمین از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: دهستان ماژان، خراسان جنوبی)، فضای جغرافیایی، شماره ۵۹، صص ۱۶۵-۱۸۵.
- جعفری، زهرا؛ نیک نهاد قره ماخر، حمید؛ قاسمی، مریم؛ جعفری، عیسی (۱۳۹۶) بررسی اثرات بهینه‌سازی کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شاخص فرسایش پذیری آن در مراتع آوراد، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۴، شماره ۱، صص ۸۸-۸۰.
- جوان، فرهاد؛ حسنی مقدم، حسن؛ (۱۳۹۶). آشکارسازی میزان تخریب جنگل‌های هیرکانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: شهرستان رضوانشهر)، استراتژی راهبردی جنگل، سال ۲، شماره ۵، بهار ۱۳۹۶ صص ۱-۱۱.
- رسولی، علی؛ محمودزاده، حسن؛ (۱۳۸۹). مبانی سنجش از دور پایه، انتشارات علمیران.
- ریاحی، محمد رضا؛ سلیمانی، کریم؛ موسوی، سید رمضان؛ بنی هاشم، معصومه (۱۳۹۶) بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر دبی رودخانه با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لکشا نکارود)، مجله پژوهش آب ایران، جلد ۱۱، صص ۳۳-۴۳.
- زاهدی فرد، ندا. (۱۳۸۱). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه آبخیز بافت، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سفیانیان، علیرضا؛ خداکرمی، لقمان؛ (۱۳۹۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی (مطالعه موردی سه زیرحوزه آبخیز کبودرآهنگ، رزن - قهاوند و خونجین - تلخاب در استان همدان)، آمایش سرزمین، ۳ (۴)، صص ۹۵-۱۱۴.
- طالبی خیروی، حسین؛ ذبیحی، محسن؛ مصطفی زاده، رئوف (۱۳۹۶) تاثیر سناریوهای مختلف مدیریت کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک با استفاده از مدل USLE , GIS در آبخیز سد یامچی اردبیل، نشریه آب و خاک، شماره ۸۰، صص ۲۲۱-۲۳۴.
- فیضی‌زاده، بختیار. (۱۳۸۶). مقایسه روش های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز مرکز سنجش از دور و GIS، استاد راهنما دکتر علی اکبر رسولی.
- فیضی‌زاده، بختیار؛ هلالی، حسین. (۱۳۸۹). مقایسه روش های پیکسل پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تاثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، نشریه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۷۱، صفحه ۷۳-۸۴
- ماهینی، رسول؛ محمدزاده، علی. (۱۳۸۹). آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی حوزه آبخیز چالوس رود با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی اولین کنفرانس ملی ژئوماتیک نوین، دانشگاه تهران.
- مختاری، محمدحسین؛ نجفی، احمد (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج کاربری‌های اراضی از تصاویر ماهواره‌های لندست TM، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۹ (۷۲)، صص ۴۴-۳۵.
- مهماندوست، فاطمه؛ اولیایی، حمید رضا؛ ادهمی، ابراهیم، نقی ها رضا (۱۳۹۷) اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی ویژگی های فیزیکی شیمیایی و زیستی خاک منطقه سروک، شهرستان یاسوج، نشریه آب و خاک، جلد ۳۲ شماره ۳، صص ۵۸۷-۵۹۹.

- Ackay, H.G., Aksoy, S. (2008), *Automatic detection of geospatial objects using multiple hierarchical segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 46(7), P 2097-2111
- Afify, H.A., (2011). *Evaluation of change detection Techniques for monitoring land-cover changes: A Case study in new Burg El-Arab area*, Vol. 50, No. 2, P 187–195.
- Al-doski, J, Shattri, M, Zulhaidi, H, (2013), *Image classification in remote sensing. Journal of Environment and Earth Science*. Vol. 3, No. 10, P 141-147
- Anil K. Jain, Farrokhnia, F, (1991), *Unsupervised texture segmentation using Gabor filters*, Vol. 24, Pages 1167-1186
- Arkhi S, Niazi Y, (2010). *Evaluation of different remote sensing methods for monitoring land use change (Basin of the valley Ilam). Journal of Nutrition and Rangeland Research*, No. 1, pp. 93-74.
- Bhagawat, R. (2013). *Application of remote sensing and Gis, land use/land cover change in kathmando metropolitan city, Nepal Journal of Theoretical and Applied Information Tech*. 3: P 2-7
- Blaschke, T., (2010). *Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, 2–16. 24
- Chandler, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment*, vol. 113(5), P 893-903
- Burges, C. J. (1998). *A tutorial on support vector machines for pattern recognition. Data mining and knowledge discovery*, Vol. 2, P 121-167.
- Fei Yuan, Kali, E. Sawaya, Brian. And Loeffelholz, C. (2005). *Marvin E. Bauer, Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing Remote Sensing of Environment*, Vol. 98, P 317-328.
- Iwasaki, A., Fujisada, H., Akao, H. Shindou, O., and Akagi, S., (2002), *Enhancement of Spectral Separation Performance for ASTER/SWIR, SPIE Proceedings*, vol. 4486, p. 42-50.
- Iwasaki, A., and Tonooka, H., (2005), *Validation of a crosstalk correction algorithm for ASTER/SWIR, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 43, Dec. 2005, p. 2747- 2751
- Jensen, J., (2005), *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (4th Edition) (Pearson Series in Geographic Information Science)*.
- Lu, D., P. Mausel, E. Brondi'zio and E. Moran (2004). *Change detection techniques, INT. J. Remote Sensing*, Vol. 25, No. 12, p 2365–2407.
- Singh A. (1989). *Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing*, 10(6): 989-1003.
- Tonooka, H., and Iwasaki, A., (2003), *Improvement of ASTER/SWIR Crosstalk Correction, SPIE Proceedings*, vol. 5234, p. 168-179