

## ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا در آشکارسازی و پهنه‌بندی اراضی فرسایشی با استفاده از داده‌های سنجش از دور سنتینل ۲ (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ليقوان)

پناه محمدی<sup>۱\*</sup>، عباس احمدی<sup>۲</sup>، بختیار فیضی‌زاده<sup>۳</sup>، علی اصغر جعفرزاده<sup>۴</sup>، مهدی رحمتی<sup>۵</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲)

(تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۲۷)

### چکیده

فرسایش خاک بر اثر آب، یکی از مهمترین عوامل ویرانی زمین به شمار رفته و امروزه به عنوان یک خطر زیست محیطی جدی در سراسر جهان تلقی می‌گردد. امروزه به‌کارگیری سنجش از دور در پروژه‌های حفاظت و فرسایش خاک مرسوم است که در بیشتر آنها از عکسهای هوایی استفاده می‌شود که با وجود مزایای فراوان، دارای محدودیت‌هایی نیز هستند. در پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا مربوط به ماهواره سنتینل-۲ و تلفیق آن با عکسهای هوایی و نقشه‌های پایه، و اجرای روش‌های مختلف طبقه‌بندی اعم از پیکسل پایه و شیء گرا، با هدف آشکارسازی و پهنه‌بندی سطوح فرسایشی خاک، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. پس از انجام عملیات ستادی، تصحیح‌های اتم سفری و هندسی، انجام پیش پردازش و پردازش‌های اولیه روی تصاویر سنتینل-۲، در نهایت اقدام به آشکارسازی و پهنه‌بندی سطوح فرسایش در حوزه آبخیز ليقوان گردید. به منظور ارزیابی صحت و دقت هر کدام از روش‌های به کار رفته در این تحقیق، معیارهای ارزیابی دقت تولید کننده و کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا بررسی و مقایسه شدند. بر اساس نتایج حاصله، روش طبقه‌بندی نظارت شده با به کارگیری الگوریتم نقشه زاویه طیفی و فاصله ماهالانویی، به ترتیب با دقت تولیدکننده ۷۷/۷۸ و ۳۳/۳۳ دارای بیشترین و کمترین دقت برای طبقه‌بندی برخوردار هستند. همچنین، به طور کلی معیار صحت کلی و ضریب کاپا نیز به ترتیب با مقادیر حداکثر ۷۲ و ۶۲ در صد، بیانگر دقت و صحت متوسط نقشه‌های تولیدی الگوریتم‌های پیکسل پایه می‌باشند. در حالیکه نتایج حاصله از پردازش شیء گرا نشان می‌دهد که بر اساس هر دو معیار دقت تولید کننده و دقت کاربر، روش‌های شیء گرا باعث افزایش ۱۲ درصدی دقت نسبت به روش‌های پیکسل پایه شده است. نتایج طبقه‌بندی با الگوریتم‌های شیء گرا و بر اساس صحت کلی برابر ۸۸ و ۸۴ درصد به ترتیب برای الگوریتم‌های ضریب رو شنایی و تلفیق ضریب رو شنایی و شیب و بر اساس معیار ضریب کاپا نیز برای این دو الگوریتم به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۷۹ بدست آمد که نشان‌دهنده افزایش قابل قبول صحت طبقه‌بندی در استفاده از الگوریتم‌های شیء گرا در مقایسه با الگوریتم‌های پیکسل پایه است.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم‌های شیء گرا، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، فرسایش خاک، قطعه‌بندی تصاویر

محمدی پ.، احمدی ع.، فیضی‌زاده ب.، جعفرزاده ع.، رحمتی م. ۱۴۰۰. ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا در آشکارسازی و پهنه‌بندی اراضی فرسایشی با استفاده از داده‌های سنجش از دور سنتینل ۲ (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ليقوان). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۱. صفحه: ۲۸-۴۰.

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه سنجش‌از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز

۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۵- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

\* پست الکترونیک: [Panah.m83@gmail.com](mailto:Panah.m83@gmail.com)

## مقدمه

(Rasouli, 2007). ولی در مورد تفکیک تغییرات پو یا و جزئی‌تر سطح زمین مانند اشکال فرسایشی، اگر تنها بر اساس بازتاب‌های طیفی سطح زمین در باندهای طیفی تصاویر ماهواره‌ای صورت گیرد، در بسیاری از موارد به دلیل همپوشانی بالای طیفی نتایج قابل قبولی در پی نداشته و وضعیت پیچیده‌ای به لحاظ جدا سازی بر روی تصاویر بوجود می‌آید. در چنین مواردی استفاده از داده‌های غیرطیفی موثر بر توزیع و پراکنش تغییرات و اشکال آن به همراه داده‌های طیفی، می‌تواند در فرآیند طبقه‌بندی مفید باشد (Brockhaus et al., 1992).

امروزه توسعه و گسترش ماهواره‌های با توان تفکیک مکانی بالا، امکان شناسایی و پایش اشکال مختلف فرسایش با اندازه‌های کوچک را نیز میسر کرده است. با این وجود، پیشرفت‌های اخیر سبب پیچیده شدن تحلیل‌ها و افزایش تغییرات درون طبقه‌ای و در نتیجه کاهش دقت و صحت نتایج شده است. بنابراین، انتخاب و اجرای روش بهینه طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات مفید از این داده‌ها بسیار مهم می‌باشد. روش‌های طبقه‌بندی را می‌توان از نظر واحد محاسباتی به دو دسته کلی پیکسل پایه<sup>۲</sup> یا مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی پیکسل-های تصویر و روش شیء‌گرا<sup>۳</sup> که علاوه بر ارزش‌های عددی، از اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه نیز در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید، تقسیم نمود. مهمترین مزیت این روش استفاده از قطعات<sup>۴</sup> به عنوان اشیاء تصویری می‌باشد که این قطعات ضمن حفظ ویژگی همگنی تصویر، باعث می‌شوند تمامی پیکسل‌ها طبقه‌بندی شوند (Oruc et al., 2004). به عبارت دیگر، کاربر می‌تواند با تعیین شرایط طبقه‌بندی، یک یا مجموعه‌ای از پارامترها را بر اساس ویژگی‌های هر کلاس برای کلاس هدف تعریف نماید (Martha et al., 2010). شتایی (Shetaii, 1382) تیپ‌های جنگل را در منطقه جنگلی آموزشی- پژوهشی خیرودکنار نوشهر با داده‌های ETM با روش پیکسل پایه و طبقه‌بندی کننده حداکثر تشابه با دقتی معادل ۴۹/۶۸ درصد و با روش شیء‌گرا با دقت ۶۰/۸۷ درصد طبقه‌بندی نمود. چن و همکاران (Chen et al., 2012) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SPOT نسبت به مقایسه روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در

خاک یکی از مهمترین عناصر طبیعت و با ارزشترین بستر تولید برای بشر است که امروزه با پیشرفت دانش و فن و با ماشینی شدن جهان، بیش از هر زمان دیگر در معرض تهدید و به‌ویژه فرسایش خاک و تولید رسوب است (Khosraviaqdam et al., 2019). لذا، بررسی و مطالعه شدت فرسایش و تولید رسوب به منظور نگهداری منابع آب و خاک در زیرحوضه‌های آبخیز احساس می‌شود. چرا که با برنامه‌ریزی دقیق می‌توان شدت فرسایش و تولید رسوب را تا حد قابل قبولی کاهش داد. روش‌های سنتی و متداول انجام چنین مطالعاتی ضمن اینکه مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی به‌ویژه در سطوح وسیع هستند، اغلب در قالب طرح‌های نقشه‌برداری خاک و به صورت داده‌های نقطه‌ای بوده و لذا برای انجام یک تحقیق اصولی، استفاده از فناوری‌های نوین سنجش از دور و تکنیک‌های جدید پردازش و آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای ضروری است (Feizizadeh & Blaschke, 2013). از طرف دیگر، تفکیک پدیده‌های موضوعی نظیر اشکال فرسایش سطحی از طریق روش‌های متداول طبقه‌بندی مانند روش‌های آماری، به دلیل انعطاف‌پذیری پایین و انواع پارامتریک آن مانند روش حداکثر احتمال، به دلیل وابستگی به مدل توزیع آماری گوسی و عدم قابلیت در بکارگیری داده‌های منابع چندگانه با مقیاس‌ها و توزیعات آماری مختلف، نمی‌تواند به نتایج مطلوب منجر شود (Paola et al., 1995). در سال‌های اخیر، تهیه این نقشه‌ها از طریق طبقه‌بندی رقومی داده‌های سنجش از دور با توجه به شرایط ساختاری سطح زمین به عنوان جایگزینی مناسب مورد توجه قرار گرفته و در این میان، توسعه روش‌های طبقه‌بندی و قابلیت بالای آنها بر اهمیت به‌کارگیری آنها افزوده است. در علم سنجش از دور برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، روش‌های طبقه‌بندی مختلفی ارائه شده است که با توجه به نوع روش مورد استفاده، نتایج متفاوتی حاصل می‌شود (Tso & Mather, 2001). استفاده از داده‌های طیفی به تنهایی به نتایج قابل قبولی منجر می‌شود (Feizizadeh &

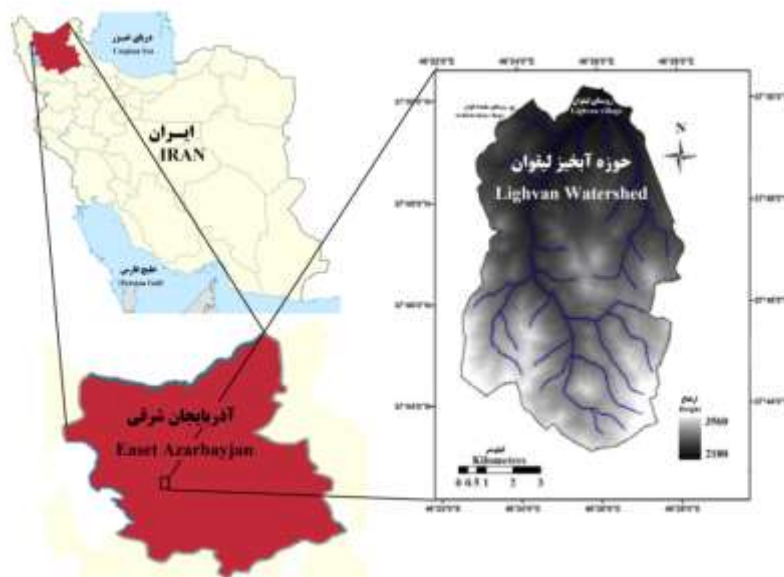
با توجه به مطالب ارائه شده در بالا و با در نظر گرفتن مزایای روش شیء گرا، تحقیق حاضر به ارزیابی کارایی این روش به عنوان یکی از روش‌های پیشرفته طبقه‌بندی، که با انعطاف‌پذیری بالا امکان به کارگیری انواع مختلف داده‌ها را در تفکیک اشکال فرسایشی دارند، در آشکارسازی، شناسایی و طبقه‌بندی سطوح فرسایشی پرداخته و نتایج آن را با نتایج حاصل از روش پیکسل پایه (به عنوان یکی از روش‌های سنتی طبقه‌بندی) مقایسه کرده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در حوضه ليقوان با وسعتی معادل ۷۶ کیلومتر مربع و محیط ۴۲/۱۳ کیلومتر در استان آذربایجان شرقی، در دامنه شمالی کوه سهند، ما بین طول‌های شرقی ۲۵' ۴۶° تا ۲۶' ۴۶° و عرض‌های شمالی ۴۵' ۳۷° تا ۵۰' ۳۷° انجام شده است (شکل ۱). بلندترین نقطه حوضه با ارتفاع ۳۶۲۰ متر از سطح دریای آزاد در جنوب شرقی ارتفاعات سهند و پایین‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۱۴۰ متر در محل ایستگاه هیدرومتری ليقوان (طول جغرافیایی " ۴۵/۵۶' ۲۵' ۴۶° شرقی و عرض جغرافیایی " ۰۹/۵۷' ۴۹' ۳۷° شمالی) واقع شده است.

استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای اقدام نمودند. این محققین در پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای از مدل رقومی ارتفاع اطلاعات مکانی شامل بافت و شکل به عنوان عاملی به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی شیء گرا استفاده نمودند و پس از انجام طبقه‌بندی با دو روش پیکسل پایه و شیء گرا، نتیجه گرفتند که الگوریتم طبقه‌بندی فازی در روش طبقه‌بندی شیء گرا با دقت کلی ۹۶/۴۲ درصد در مقایسه با الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه با دقت کلی ۷۷/۷۹ درصد، از دقت بالاتری برخوردار است. فیضی‌زاده و هلالی (Fazizadeh & Helali, 2010) روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا را در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی جلگه شرقی دریاچه ارومیه مورد مقایسه قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله، این محققین گزارش دادند که طبقه‌بندی شیء گرا به علت استفاده از اطلاعات مکانی در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی در مقایسه با روش‌های پیکسل-پایه از دقت بالاتری برخوردار است. متین‌فر و همکاران (Matinfar et al., 1386) با روش‌های طبقه‌بندی پیکسل-پایه و شیء گرا، پوشش ارضی منطقه کاشان را با استفاده از شش باند تصاویر لندست ETM<sup>+</sup> مورد مطالعه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش طبقه‌بندی شیء گرا با صحت کلی ۹۱ درصد، نسبت به روش پیکسل-پایه با صحت کلی ۸۱ درصد، نتایج صحیح‌تری را ارائه می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان آذربایجان شرقی

Figure 1. Geographical location of study area in Iran and East Azarbayjan province

## داده‌ها و تصاویر مورد استفاده

در این پژوهش، تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ مربوط به تاریخ ۲ شهریورماه سال ۱۳۹۵ (۲۳ آگوست ۲۰۱۶) از سایت Copernicus در یافت و پس از انجام پیش-پردازش‌های اولیه (تصحیحات هندسی، رادیومتری و اتمسفری)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ماهواره سنتینل-۲ یک ماهواره خورشید آهنگ است که بصورت پوش یروم تصویربرداری می‌کند. این ماهواره در محدوده طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک و میانی، بصورت چند

طیفی، با قدرت تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متری، قدرت تفکیک طیفی ۱۳ بانندی، قدرت تفکیک رادیومتری ۱۲ بیتی و قدرت تفکیک زمانی ۱۰ روزه ماموریت تصویربرداری از سطح زمین را بر عهده دارد (جدول ۱). همچنین به منظور برر سی میزان تاثیرگذاری نقشه‌های بافت، مدل رقومی ارتفاع، جهت و میانگین شیب نیز بعنوان لایه‌های تکمیلی و کمکی مورد استفاده قرار گرفته و همراه باندهای منتخب تصاویر سنتینل به نرم‌افزار وارد شدند.

جدول ۱- مشخصات باندهای ماهواره سنتینل ۲ -  
Table 1. Specifications of Sentinel Satellite -2 Bands

Band	Property	Resolution (m)	Wavelength of Central Band (micrometer)	Band width (nm)
1	Coastal aerosol	60	0.443	20
2	Blue	10	0.490	65
3	Green	10	0.560	35
4	Red	10	0.665	30
5	Vegetation Red Edge	20	0.705	15
6	Vegetation Red Edge	20	0.740	15
7	Vegetation Red Edge	20	0.783	20
8	NIR	10	0.842	15
8A	Vegetation Red Edge	20	0.865	20
9	Water vapour	60	0.945	20
10	SWIR-Cirrus	60	1.375	30
11	SWIR	20	1.610	90
12	SWIR	20	2.190	180

## طبقه‌بندی تصاویر

در این پژوهش، کارآیی روش‌های پیکسل پایه (نظارت شده و نظارت نشده) و شیء‌گرا برای تولید نقشه طبقه‌بندی فرسایش اراضی مورد مقایسه قرار گرفته است. به منظور طبقه‌بندی تصاویر، ابتدا اقدام به تهیه نمونه‌های کنترل زمینی<sup>۱</sup> (۱۲۰ نمونه) که نمایانگر سطوح فرسایش یافته در سطح منطقه مورد مطالعه بود، گردید که این کار با پیمایش و بازدید میدانی طی عملیات صحرائی در سطح منطقه و با استفاده از دستگاه GPS انجام گرفت. مختصات و طول و عرض جغرافیایی سطوح فرسایشی انتخاب شده

بعنوان نمونه‌های کنترل زمینی ثبت شده و بخشی از آنها (۶۰ درصد نمونه‌ها) توسط سیستم پردازش تصویر ماهواره‌ای و بخش دیگر نیز (۴۰ درصد نمونه‌ها) برای آزمایش و برآورد صحت نتایج حاصل از دو روش طبقه‌بندی استفاده شده در این پژوهش به کار گرفته شده است. به منظور مقایسه دقیق‌تر روش‌های مورد بحث، نقاط آموزشی و آزمایشی یکسانی برای هر دو روش در نظر گرفته شد. روند کلی مراحل انجام شده در این پژوهش در قالب شکل ۲ نشان داده شده است.

1. Ground control data



شکل ۲- مراحل انجام شده در این پژوهش

Figure 2. Research process flowchart

فاصله ماهالانوبی<sup>۳</sup>، نقشه زاویه طیفی<sup>۴</sup> و نقشه همبستگی اطلاعات طیفی<sup>۵</sup> استفاده گردید. برای انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده، پس از تعیین نمونه‌های کنترل زمینی معرف هر کلاس، پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی مربوط به آنها در لایه ورودی باندهای طیفی جهت تفکیک سطوح فرسایشی و غیر فرسایشی استفاده گردید. برای این منظور، نمونه‌های کنترل زمینی برای دو طبقه سطوح فرسایش یافته و سطوح غیرفرسایشی با پراکنش مناسب از سطح تصویر انتخاب شد.

تعیین محل کنترل زمینی با شناخت از منطقه و با استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب، آنالیز مولفه‌های اصلی، یکنواخت‌سازی هیستوگرام و نیز تصاویر هوایی منطقه انجام شد. در مرحله بعد و پس از اعمال تصحیحات لازم روی تصاویر ماهواره‌ای، نمونه‌های آموزشی در نرم‌افزار ERDAS نسخه ERDAS

#### طبقه‌بندی پیکسل پایه

در روش پیکسل پایه، پیکسل‌های تصویر بر اساس رفتار طیفی مشابه طبقه‌بندی می‌شوند. جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با روش پیکسل پایه، الگوریتم‌های مختلفی وجود دارد که بسته به هدف تحقیق، وضعیت کلاس طیفی و دقت مورد نظر هر کدام از الگوریتم‌ها، قابل استفاده است (Feizizadeh & Blaschke, 2013). در این پژوهش، به منظور استخراج سطوح فرسایشی زمین، از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده استفاده شد.

#### طبقه‌بندی نظارت‌شده

روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده به دو گروه الگوریتم‌های پارامتریک و غیرپارامتریک تقسیم می‌شوند که در این تحقیق، از روش‌های نظارت‌شده شامل الگوریتم‌های پارامتریک حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین<sup>۱</sup>

4 Spectral Angle Mapper  
5 Spectral Correlation Mapper

1 Maximum Likelihood  
2 Minimum Distance  
3 Mahalanobis Distance

پدیده‌های ایجاد شده در دو سطح با روش نزدیکترین همسایه و توابع فازی انجام گرفت. برای این منظور، ابتدا قطعه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی و با هدف استخراج مجموعه‌ای از پیکسل‌های مشابه به صورت پدیده‌های نسبتاً همگن انجام شد که این کار با اعمال وزن مناسب بر اساس میزان اهمیت باندها در تفکیک‌پذیری تیپ‌ها و تعیین پارامترهای رنگ، شکل، مقیاس (جدول ۲) در نرم‌افزار eCognition صورت گرفت.

پس از قطعه‌بندی و تعیین تعداد کلاس‌های موجود در محدوده مورد مطالعه، با استفاده از روش نزدیکترین همسایه و تعیین نمونه‌های کنترل زمینی مناسب، اقدام به طبقه‌بندی تصویر و شناسایی سطوح فرسایش یافته به صورت سلسله مراتبی و نظارت شده گردید. برای این منظور در محیط نرم افزار eCognition و با ورود تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه، ابتدا نمونه‌های کنترل زمینی بر روی تصویر قطعه‌بندی شده مورد شناسایی قرار گرفته و ضمن بررسی آنها، شاخص‌های مختلف مربوط به هر کدام از اشیاء متناظر با نمونه سطوح آموزشی، جهت انتخاب بهترین شاخص برای طبقه‌بندی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در نهایت با به کارگیری شاخص‌های منتخب، فرآیند طبقه‌بندی بر اساس آستانه‌های تعیین شده برای هر شاخص انجام گرفت.

با توجه به اهمیت انتخاب مناسب این اطلاعات و ویژگی‌ها و همچنین به دلیل اینکه استفاده از تمام ویژگی‌های طیفی، فیزیکی، هندسی بخاطر وابستگی آماری این ویژگی‌ها، صحت طبقه‌بندی را کاهش می‌دهد، بنابراین تشکیل فضای ویژگی بهینه با استفاده از ابزار FSS<sup>۲</sup> قبل از مرحله طبقه‌بندی، یکی از مراحل مهم در انتخاب ویژگی‌ها است. با تشکیل فضای ویژگی بهینه، ابتدا تمام ویژگی‌های منتخب مانند ویژگی‌های هندسی، شکل، بافت، میانگین لایه‌ها و غیره استخراج و سپس ویژگی بهینه از بین آنها انتخاب گردید. بر این اساس، دو فاکتور ضریب روشنایی و میانگین شیب با حدود آستانه به ترتیب برابر  $1400 \geq$  و  $4.2 \geq$  بعنوان شاخص‌های بهینه آشکار سازی جهت طبقه‌بندی اراضی فرسایشی مورد استفاده قرار گرفتند.

IMAGINE 2015-v15 بر سطوح تصویر پیاده شدند. جهت اطمینان از تفکیک‌پذیری طبقه‌ها با استفاده از این نمونه‌های کنترل زمینی تعریف شده، آزمون تفکیک-پذیری طیفی با استفاده از شاخص جفریس ماتوسیتا انجام و نسبت به تصحیح مجدد نمونه‌ها و انتخاب بهترین ترکیب باندی اقدام شد. در انتخاب بهترین ترکیب باندی، علاوه بر تحلیل ویژگی‌های آماری طبقه‌ها، از روش گرافیکی شامل تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی طبقه‌های فرسایشی و همچنین ارزیابی همبستگی باندها نسبت به یکدیگر نیز استفاده گردید. در طبقه‌بندی نظارت‌شده معمولاً به داده‌های کنترل زمینی نیاز نیست و طبقه‌بندی صرفاً بر اساس شباهت رفتار طیفی پیکسل‌ها انجام می‌شود.

### طبقه‌بندی نظارت‌نشده

طبقه‌بندی نظارت‌شده نیاز به دانش محقق از منطقه مورد نظر دارد. در صورتی که دانش محقق از منطقه مورد مطالعه زیاد نباشد و یا اینکه محقق با کلاس‌های موجود در منطقه آشنایی نداشته باشد، باید از طبقه‌بندی نظارت‌نشده استفاده شود. در طبقه‌بندی نظارت‌نشده الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای توزیع پیکسل‌ها در فضای چند بعدی و ایجاد دسته پیکسل‌های مختلف استفاده می‌شوند. روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی نظارت‌نشده وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های ISO Data<sup>۱</sup> و K-Means اشاره کرد که هدف اصلی آنها دسته‌بندی اطلاعات طیفی متفاوت به بهینه‌ترین شکل ممکن است. در این روش، طبقه‌بندی طیفی به صورت خودکار و تنها بر اساس اختلاف ریاضی ارزش‌های طیفی محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب که ابتدا برای تمامی کلاس‌های داده‌های آموزشی، یک مقدار میانگین طیفی محاسبه می‌شود. سپس، فواصل طیفی تک تک نمونه‌های آموزشی با این نمونه به دست می‌آیند. این کار طی چندین تکرار انجام گرفته و طبقه‌بندی را بر اساس کمترین فاصله از میانگین انجام می‌دهد.

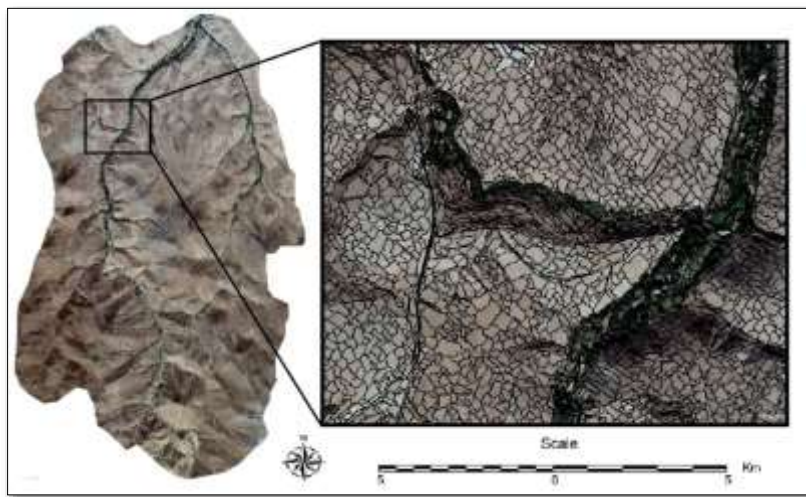
### طبقه‌بندی شیء‌گرا

طبقه‌بندی شیء‌گرا در دو مرحله اصلی شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویر به صورت پدیده‌های اولیه و طبقه‌بندی

جدول ۲ - مقادیر و وزن پارامترها برای قطعه‌بندی تصاویر

Table 2. Parameters values and weights for Segmentation

Parameter	Bands 2 to 8 of Sentinel-2	DEM	Slope	Compactness	Shape	Scale
Layer weight	1	0	0	0.3	0.7	50



شکل ۳- نمایش تصویر قطعه‌بندی شده

Figure 3. Display the segmentation image

در صد کل پیکسل‌های صحیح پیش‌بینی شده می‌باشد. در مقابل، ضریب کاپا تکنیک چند متغیره گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Singh *et al.*, 2014).

### نتایج و بحث

با تحلیل ویژگی‌های آماری طبقه‌ها با استفاده از شاخص جغری ماتوسیتا و استفاده از روش گرافیکی شامل تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی طبقه‌های فرسایشی و همچنین ارزیابی همبستگی باندها نسبت به یکدیگر، ترکیب باندی ۲، ۳، ۴ و ۸ تصاویر سنیتینل-۲ به‌عنوان ترکیب باندی جدا کننده سطوح فرسایشی انتخاب شدند. همچنین، برای بهبود نتایج طبقه‌بندی، از داده‌های بافت، مدل رقومی ارتفاع، جهت و شیب نیز به همراه داده‌های طیفی در هر دو روش پیکسل‌پایه و شیء‌گرا استفاده گردید. نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه شامل اراضی فرسایشی و اراضی غیرفرسایشی تهیه شده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیء‌گرا و با کاربرد الگوریتم‌های مختلف نظارت‌شده (حداکثر احتمال،

### ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. بنابراین، بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از داده‌های کنترل زمینی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند، استفاده کرده و اقدام به ارزیابی صحت فرآیند طبقه‌بندی می‌گردد. در این تحقیق، به منظور بررسی دقت و صحت طبقه‌بندی، برداشت زمینی موقعیت نمونه‌های آزمایشی با GPS انجام گرفت که به عنوان داده‌های مرجع برای مقایسه با تصویر طبقه‌بندی شده بکار گرفته شدند. در نهایت با تشکیل ماتریس خطا، صحت و دقت روش‌های طبقه‌بندی مورد نظر با محاسبه معیارهای دقت تولیدکننده و کاربر، صحت کلی<sup>۳</sup> و ضریب کاپا<sup>۴</sup> (Singh *et al.*, 2014) بررسی شدند. دقت تولیدکننده، احتمال اینکه طبقه‌بندی‌کننده پیکسلی را به یک کلاس خاص نسبت داده باشد در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد را بیان می‌کند. در صورتی که دقت کاربر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی را بیان می‌کند. بر خلاف دقت تولیدکننده و کاربر، صحت کلی بیانگر

3 Overall accuracy  
4 Kappa coefficient

1 Error Matrix  
2 Producers and Users Accuracy

روش نظارت‌نشده کمترین دقت کاربر (۶۰/۷۱) را داشته است. همچنین معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا نیز به ترتیب با مقادیر پایین‌تر از ۷۲ و ۶۲ درصد بیانگر متوسط بودن صحت نقشه‌های تولیدی می‌باشند. از مهمترین دلایل پایین بودن صحت نقشه‌های حاصل از بکارگیری الگوریتم‌های پیکسل پایه، می‌توان به ساختار ناخالص، ناهمسان و بسیار متنوع سطح زمین و انعکاسات طیفی از سوی هر کدام از این ساختارها و ترکیبات اشاره نمود. چرا که این تنوع ساختاری سطح زمین، بر روی ارزش طیفی پیکسل‌ها و میزان بازتاب یک ساختار و ترکیب معین در نقاط مختلف تأثیر گذاشته و در نتیجه باعث تداخل بالای طیفی و عدم تفکیک دقیق آنها از یکدیگر و ایجاد خطا در طبقه‌بندی پیکسل‌های متعلق به آنها می‌شود (Paola & Showengerdt, 1995).

حداقل فاصله از میانگین، فاصله ماهالانویی، نقشه زاویه طیفی و نقشه همبستگی طیفی) و نظارت‌نشده در شکل ۴ آورده شده است و دقت و صحت نتایج نیز در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۳، از بین روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های پیکسل پایه، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با به کارگیری الگوریتم نقشه زاویه طیفی دارای بیشترین دقت تولید کننده (۷۷/۷۸) بوده و بعد از آن روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده با دقت تولید کننده ۶۰/۸۳ در رتبه دوم قرار دارد. در حالی که بر اساس همین معیار، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با به کارگیری الگوریتم فاصله ماهالانویی با دقت تولید کننده ۳۳/۳۳ از کمترین میزان دقت برای طبقه‌بندی برخوردار است. همچنین در خصوص معیار دقت کاربر نیز، الگوریتم نقشه زاویه طیفی به همراه الگوریتم حداقل فاصله از میانگین دارای بیشترین دقت کاربر (۷۷/۷۸) و

جدول ۳- ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی اراضی فرسایشی مبتنی بر روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا

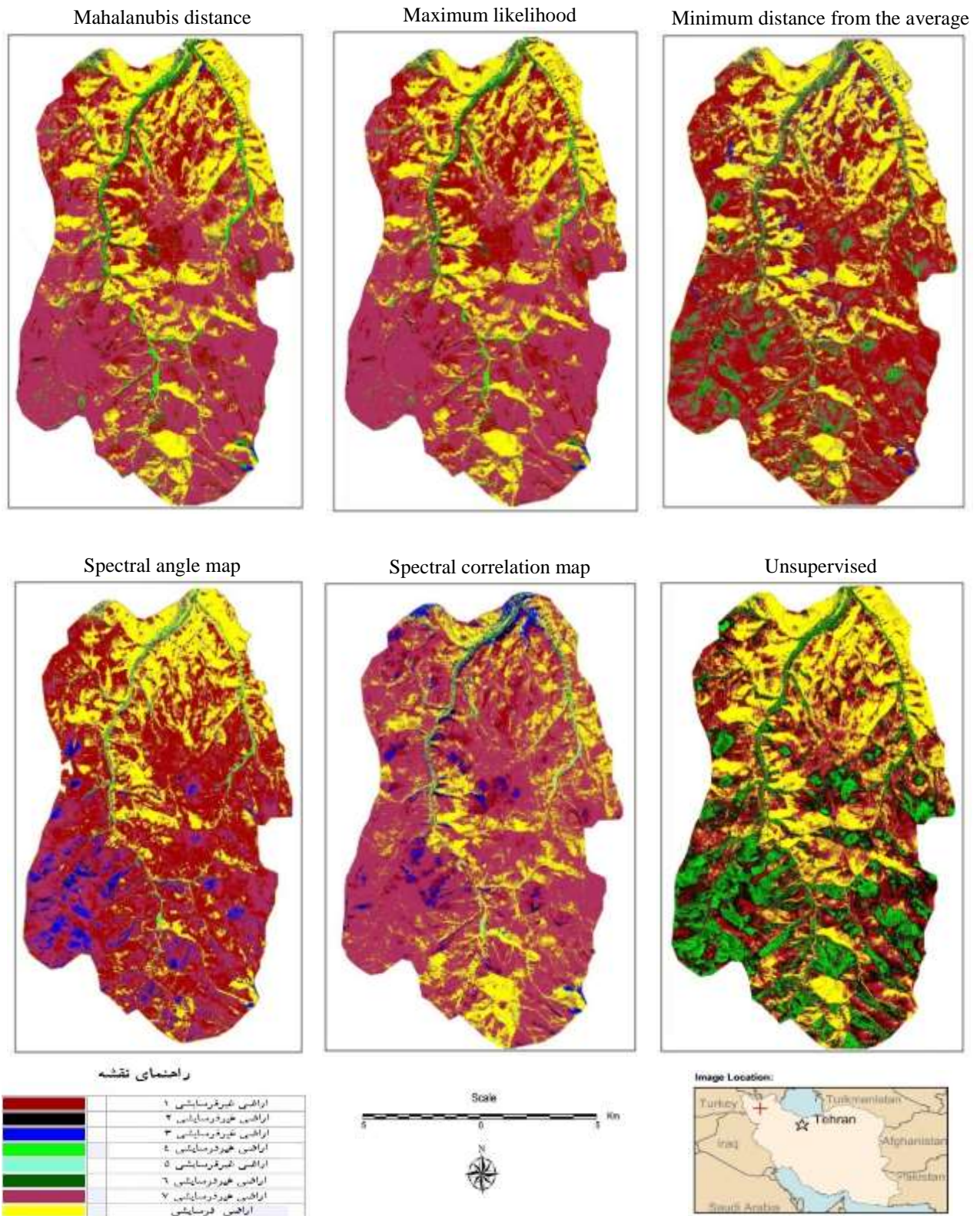
Table 3. Evaluation of the accuracy of different classification algorithms based on the pixel-base and object-oriented method

Applied Algorithm	User accuracy		Producer's accuracy		Overall accuracy	Kappa Coefficient	
	Erosion lands	Non-erosion lands	Erosion lands	Non-erosion lands			
Pixel basic method	Maximum likelihood	75	82.35	52.94	87.50	69.23	0.53
	Minimum distance from the average	77.78	71.33	53.85	62.67	58.97	0.45
	Mahalanubis distance	66.67	64.95	33.33	75.37	47.00	0.47
	Spectral angle map	77.78	85.00	77.78	83.65	71.79	0.62
	Spectral correlation map	62.5	63.66	35.71	87.50	52.50	0.34
	Unsupervised	60.71	30.00	60.83	51.65	36.59	0.26
Object oriented method	brightness	100	XX	87.95	XX	88.00	0.86
	Brightness and Slope	100	XX	83.52	XX	84.00	0.79

شیب نیز استفاده شده و با شرکت دادن آنها در طبقه‌بندی شیء‌گرا، اقدام به آشکارسازی و طبقه‌بندی سطوح فرسایشی با استفاده از نرم‌افزار eCognition کرده و صحت نتایج حاصل از الگوریتم‌های شیء‌گرا با الگوریتم‌های پیکسل پایه مقایسه گردید (جدول ۳).

صحت‌های پایین به دست آمده برای روش‌های پیکسل پایه، ضرورت به کارگیری داده‌های غیرطیفی به همراه داده‌های طیفی را بیش از پیش نمایان می‌نماید (Rafieyan & Darvishsefat, 2011). برای این منظور و در ادامه تحقیق حاضر، از داده‌های مدل رقومی ارتفاع و

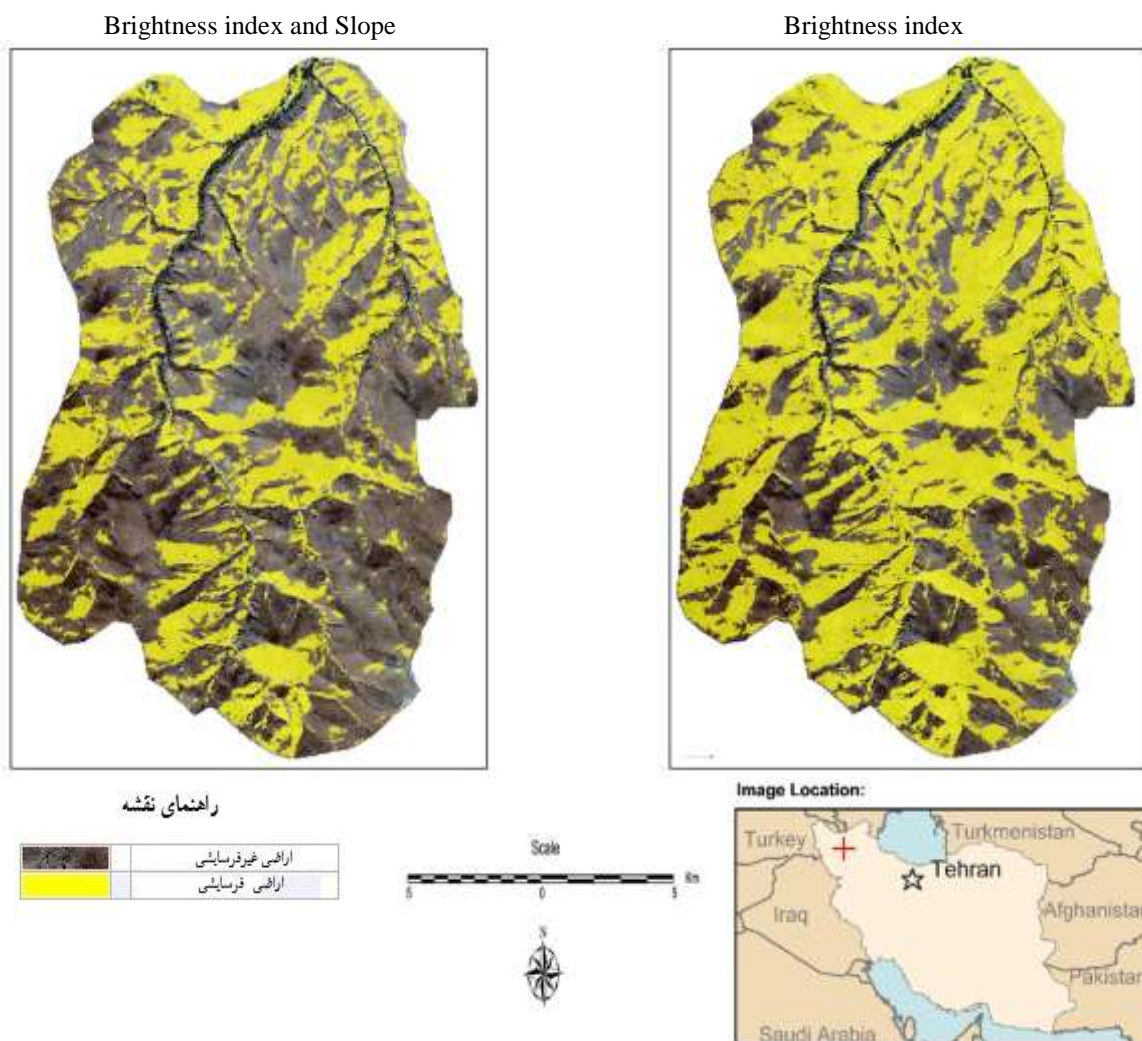




شکل ۴- نقشه‌های پهنه‌بندی اراضی فرسایشی تهیه شده بر اساس الگوریتم‌های پیکسل پایه  
Figure 4. Zoing maps of Erosion lands based on pixel base algorithms

روش‌های شیء‌گرا منجر به بهبود دقت کاربر گشته و از ۷۷/۷۸ به ۱۰۰ رسیده است که این نشان دهنده برتری روش‌های شیء‌گرا در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی فرسایشی نسبت به روش‌های پیکسل پایه (براساس دو معیار دقت تولید کننده و دقت کاربر) می‌باشد.

نتایج حاصله نشان از افزایش چشمگیر میزان دقت بر اساس هر دو معیار دقت تولید کننده و دقت کاربر دارد. بطوری که میزان دقت تولید کننده با افزایش حدود ۱۲ درصدی نسبت به حداکثر دقت تولید کننده در روش‌های پیکسل پایه (۷۷/۷۸)، به دقت ۸۷/۹۵ در روش‌های شیء‌گرا رسیده است. همچنین، به لحاظ دقت کاربر نیز



شکل ۵ - نقشه‌های پهنه‌بندی اراضی فرسایشی تهیه شده بر اساس الگوریتم‌های شیء‌گرا  
Figure 5. Zoning maps of Erosion lands based on Object Oriented Algorithms

پایین روش‌های پیکسل پایه با استفاده از داده‌های طیفی و بدون استفاده از داده‌های کنترل زمینی در طبقه‌بندی سطوح فرسایش منطقه است. به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی در روش شیء‌گرا، نمونه‌های آزمایشی به صورت TT AMASK<sup>1</sup> بر روی تصویر پیاده شده و نتیجه ارزیابی طبقه‌بندی بر اساس صحت کلی ۸۸ و ۸۴ درصد

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳، به کارگیری داده‌های طیفی در روش پیکسل پایه در بهترین حالت منجر به صحت کلی حدوداً ۷۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۲ (هر دو مربوط به الگوریتم نقشه زاویه طیفی) شده است که این دو معیار ارزیابی در الگوریتم نظارت‌نشده به ترتیب به ۳۷ درصد و ۰/۲۶ کاهش یافته است که نشانگر قابلیت

1 Training & Test Area MASK

### نتیجه‌گیری کلی

روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه به دلیل استفاده از داده‌های طیفی و با توجه به شباهت پیکسل‌ها و هم‌پوشانی بالای انعکاسات طیفی عوارض مختلف سطح زمین، از پتانسیل کمتری برای طبقه‌بندی سطوح فرسایشی بویژه زمانی که تغییرات بسیار جزئی و پویا هستند، برخوردار است. بنابراین، ضرورت به کارگیری داده‌های غیرطیفی موثر در آشکارسازی پدیده‌ها و همچنین روش‌های نوین طبقه‌بندی مانند روش شیء‌گرا، امری اجتناب‌ناپذیر است (Hussaina et al., 2013). استفاده هم‌زمان داده‌های طیفی و غیرطیفی در روش شیء‌گرا در این تحقیق، باعث افزایش چشمگیر در صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی در روش شیء‌گرا در مقایسه با به روش پیکسل پایه شده که این می‌تواند به دلیل کارایی بالای روش‌های شیء‌گرا در به‌کارگیری و دخالت موثر داده‌های منابع مختلف در شناسایی و استخراج اطلاعات از آنها در فرآیند طبقه‌بندی باشد. ضمناً، با توجه به حساسیت بالای صحت طبقه‌بندی در روش‌های شیء‌گرا به فرآیند قطعه‌سازی تصاویر که به عنوان اولین گام طبقه‌بندی محسوب می‌شود، و همچنین به منظور تفکیک دقیق‌تر عوارض و پدیده‌های سطح زمین و دستیابی به نقشه‌هایی با صحت بالاتر، استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا مانند تصاویر ماهواره‌ای سنتینل، کوئیک‌برد، ایکنوس و غیره می‌تواند در قطعه‌بندی هرچه بهتر و دقیق‌تر تصاویر مفید باشد.

به ترتیب برای الگوریتم‌های ضریب روشنایی و تلفیق ضریب روشنایی و شیب حاصل گشت. همچنین، ضریب کاپا نیز برای این دو الگوریتم به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۷۹ بدست آمد که این اعداد نشان‌دهنده افزایش قابل قبول صحت طبقه‌بندی در استفاده از الگوریتم‌های شیء‌گرا در مقایسه با الگوریتم‌های پیکسل پایه است (Puissant et al., 2014). در تحقیق انجام گرفته توسط علی محمدی و همکاران (Alimohamadi et al., 1388)، به کارگیری داده‌های طیفی در روش پیکسل پایه منجر به صحت کلی ۵۲/۰۴ درصد و ضریب کاپای ۰/۳۹ بود که نشان‌دهنده قابلیت پایین داده‌های طیفی و روش پیکسل پایه در کلاسه‌بندی بود. در حالیکه بر اساس نتایج حاصله در تحقیق حاضر و با استفاده از روش شیء‌گرا، صحت کلی به ۶۳/۳ درصد و ضریب کاپا به ۰/۵۴ افزایش یافته است. همچنین، در تحقیقات صورت گرفته، روش طبقه‌بندی شیء‌گرا دارای صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی است (Karami et al., 2012; Petropoulos et al., 2012). یکی از علت‌های اصلی افزایش دقت طبقه‌بندی روش‌های شیء‌گرا به این دلیل است که این روش علاوه بر ارزش‌های عددی، از اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه نیز در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید (Faziza & Helali., 2010). روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، بر خلاف روش پیکسل پایه، قادر است از پتانسیل اطلاعات نهفته در تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا استفاده کرده و با کاهش تغییرات طیفی درون طبقه‌های و ایجاد قطعات همگن، امکان لحاظ کردن هم‌زمان ویژگی‌های طیفی و هندسی در طبقه‌بندی را فراهم آورد (Rafieyan et al., 2011).

### References

- Alimohamadi A., Metkan A.A., Ziyaiian P., and Tabatabayi H. 2009. comparison of pixel basic, object base and decision tree classification methods in forest types mapping using remote sensing data (case study: Astara forest). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 10(13): 7-26.
- Brockhaus J.A., Khorram S., Bruck R.I., and Campbell M. V. 1992. a comparison of landsat TM and spot HRV data for use in the development of forest defoliation models. *International journal of remote sensing*, 13: 3235- 3240.
- Chen G., Hay G.J., Carvalho L.M., and Wulder M.A. 2012. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14): 4434-4457.
- Fazizadeh B., and Helali H. 2010. Comparison of pixel-based and object-oriented and parameters affecting the on land use/cover West Azerbaijan province. *Geography Studies*, 71:73-84. (In Persian)
- Feizizadeh B., and Blaschke T. 2013. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *J. Environ. Plan. Manag*, 56: 1–23.

- Hussaina M., Chen D., Cheng A., Wei H., and Stenle D. 2013. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, International Conference on Object based Image Analysis (OBIA 2006), university of Salzburg, pp. 91–106.
- Karami A., Khorani A. A., Falahshamsi S. R., Mosavi V., and Khosravi GH. 2012. Object-oriented application of remote sensing to map gully erosion. *20<sup>th</sup> Conference of Geomatics of Iran*, 8p. (In Persian)
- Khosraviqdam K., Momtaz H.R, and Asadzadeh A. 2019. Estimation of soil erodibility factor of USLE model and its relation to landscape features in some parts of Nazlou-chai basin, Iran. *Applied Soil Research*, 7(1): 31 -43.
- Martha T.R., Kerle N., Jetten J., van Westen C.J., and Vinod K.K. 2010. Characterising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi automatic detection using object oriented methods. *Geomorphology*, 116: 24–36.
- Matinfar H.R., Sarmadian F., Alavi panah S.K., Recharad Heck. 2007. Characterizing land use/land cover types by Landsat7 data based upon object oriented approach in Kashan region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 12(4): 589-602.
- Oruc M., Marangoz A.M., and Buyuksalih G. 2004. Comparison of pixel-based and object oriented classification approaches using Landsat-7 ETM spectral bands. *ZKU, Engineering Faculty*, 67100 Zonguldak, Turkey.
- Paola J., and Showengerdt R. 1995. A detailed comparison of back-propagation neural network and maximum likelihood classifiers for urban land use classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33: 981-996.
- Petropoulos G. P., Kalaitzidis C., and Vadrevu K. P. 2012. Support vector machines and object-based classification for obtaining land use/cover cartography from Hyperion hyperspectral imagery. *Computers and Geosciences*, 41: 99–107.
- Puissant A., Rougier S., and Stumpf A. 2014. Object-oriented mapping of urban trees using Random Forest classifiers. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26: 235–245.
- Rafieyan O., Darvishsefat A. A., Babaii S., and Mataji A. 2011. Evaluation of pixel-based and object-based classification methods for tree identification using aerial images (Case study: a forestation in Chamestan-Nur). *Iranian Journal of Forest*, 3 (1): 35-47. (In Persian)
- Singh P., Gupta A., and Singh M. 2014. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(2): 111-121.
- Tso B., and Mather P.M. 2001. Classification methods for remotely sensed data. *Taylor and Francis Inc.* ISBN: 0-415-25909-6.

## Evaluation of Pixel and Object-Oriented Classification Techniques for Detection and Zoning of Erosion Lands Using Sentinel-2 Remote Sensing Data (Case Study: Lighvan Watershed)

Panah Mohamadi<sup>1\*</sup>, Abbas Ahmadi<sup>2</sup>, Bakhtiyar Feyzizadeh<sup>3</sup>, Ali Asghar Jafarzadeh<sup>4</sup>, Mehdi Rahmati<sup>5</sup>

(Received: January 2019

Accepted: April 2020)

### Abstract

Water erosion is one of the most important causes of soil destruction, and it is considered a serious environmental hazard all over the world. Recently, remote sensing is customarily used in conservation and erosion projects that most of them use air photography which, despite the many benefits, bot have limitations. The present study was aimed to detect and zoning soil erosion levels using high resolution of Sentinel-2 satellite image, its integration with aerial photographs, base maps, and implementation of various classification methods, including pixel-based and object-oriented techniques. After the staff operations, atmospheric and geometric corrections, pre-processing, and processing done on images of Sentinel-2 for detecting the area of erosion in the Lighvan watershed. In order to evaluate the correctness and accuracy of each method in this study, the criterions of user and producer accuracy, accuracy and kappa coefficient were compared. Based on the results, the supervised tuning method with user accuracy equal 77.78 and 33.33, has the highest and lowest accuracy for classification using spectral angle map algorithm and Mahalanubis distance, respectively. The maximum of overall accuracy and kappa coefficients, 72 and 62 percent, respectively, indicate the medium accuracy of the produced maps with pixel based algorithms. The results of object-oriented processing show that based on user and producer accuracy, object-oriented methods have increased accuracy (12%) compared to pixel-based methods. Classification results with object-oriented algorithms and based on overall accuracy, 88 and 84 percent, respectively, for the brightness and the combination of brightness and slope, and the kappa coefficient for these two algorithms was 0.86 and 0.79, respectively. This result represents an acceptable increase in classification accuracy in the use of object-oriented algorithms compared to pixel base algorithms.

**Keywords:** Object-Oriented Algorithms, Image Processing, Soil Erosion, Image Segmentation

Mohamadi P., Ahmadi A., Feyzizadeh B., Jafarzadeh A.A and Rahmati M. 2021. Evaluation of pixel and object-oriented classification techniques for detection and zoning of erosion lands using sentinel-2 remote sensing data (case study: Lighvan watershed). *Applied Soil Research*. 9(1): 28-40.

1. Ph D. student, Department of Soil Science, University of Tabriz

2. Associated Professor, Department of Soil Science, University of Tabriz

3. Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, University of Tabriz

4. Professor, Department of Soil Science, University of Tabriz

5. Assistant Professor, Department of of Soil Science, University of Maragheh

\* Corresponding Author Email: [Panah.m83@gmail.com](mailto:Panah.m83@gmail.com)