

## مقایسه قابلیت تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸ در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی پایه

الهام دلفان<sup>۱</sup>، حامد نقوی<sup>۲\*</sup>، رحیم ملک‌نیا<sup>۳</sup>، احمدرضا نورالدینی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۱

### چکیده

داشتن اطلاعات دقیق و بهنگام از وضعیت کاربری اراضی و پوشش زمین، یک نکته کلیدی برای حفاظت و مدیریت پایدار منابع طبیعی است. به‌رغم اینکه ماهواره سنتینل ۲ اخیراً به فضا پرتاب شده تاکنون پژوهش‌های کافی در زمینه به‌کارگیری تصاویر این ماهواره صورت نگرفته است. به همین دلیل در تحقیق حاضر سعی شد قابلیت تصاویر این ماهواره در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین منطقه بسطلام، استان لرستان با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی پایه بررسی و با تصاویر ماهواره لندست ۸ مقایسه شود. به‌منظور انجام این پژوهش در طبقات رودخانه، کشاورزی، جنگل، باغ، مسکونی، بایر و مرتع به‌ترتیب ۹۰، ۲۸۰، ۶۸۰، ۵۹، ۱۸۰، ۸۵ و ۷۰ نمونه آموزشی توسط بازدید میدانی، استفاده از نقشه‌های موجود، ایجاد تصاویر رنگی کاذب و نرم‌افزار گوگل ارث جمع‌آوری شد. تصاویر پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم، با استفاده از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله و فاصله ماهالانویس روش پیکسل پایه و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه روش شی پایه طبقه‌بندی شد. میزان صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال، فاصله ماهالانویس و حداقل فاصله به‌ترتیب ۸۵/۲٪، ۸۷/۷٪ و ۸۸/۷۷٪ و ۸۱/۰٪، ۷۱/۱٪ و ۵۶/۰٪ برای تصاویر ماهواره لندست ۸ به‌ترتیب ۸۴/۱۰٪ و ۷۶/۰٪، ۸۲/۸۳٪ و ۷۳/۰٪، ۶۳/۵۰٪ و ۴۸/۰٪ محاسبه شد. همچنین نتایج طبقه‌بندی شی پایه به روش نزدیک‌ترین همسایه نشان داد که تصاویر سنتینل ۲ با صحت کل ۸۹/۷۰٪ و ضریب کاپا ۰/۸۳ عملکرد بهتری نسبت به تصاویر لندست ۸ با صحت کل ۸۸/۹۰٪ و ضریب کاپا ۰/۸۰ داشته است. در نهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ و روش طبقه‌بندی شی پایه باعث بهبود نتایج طبقه‌بندی پوشش زمین و کاربری اراضی شده، اما میزان صحت نتایج استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش پیکسل پایه نیز قابل قبول است.

**کلیدواژه‌ها:** سنتینل ۲، لندست ۸، نزدیک‌ترین همسایه، حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فاصله ماهالانویس.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. استادیار گروه مهندسی جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد؛ [naghavi.ha@lu.ac.ir](mailto:naghavi.ha@lu.ac.ir)

۳. دانشیار گروه مهندسی جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۴. دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشگاه گیلان، رشت

## مقدمه

شوارز<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). طبقه‌بندی شی‌پایه در اواخر دهه ۱۹۹۰ به‌منظور برطرف کردن نقاط ضعف طبقه‌بندی پیکسل‌پایه ارائه شد (کیم<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۹). در این روش، علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات دیگری همچون بافت، شکل، اندازه و جهت نیز در طبقه‌بندی استفاده می‌شود (بالاسک و استروبل<sup>۱۴</sup>، ۲۰۰۱؛ کیم و همکاران، ۲۰۰۹).

در زمینه تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در ایران پژوهش‌هایی صورت گرفته است. فیضی‌زاده و هلالی (۲۰۱۰) به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، از روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه و تصاویر ماهواره اسپات ۵ استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که روش طبقه‌بندی شی‌پایه با افزایشی معادل ۰/۰۷ در هر دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپا، از دقت بیشتری برخوردار است. فتحی‌زاد و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی کارایی تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه، شبکه عصبی مصنوعی و تصمیم‌گیری درختی و روش طبقه‌بندی شی‌پایه برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه میمه استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد طبقه‌بندی شی‌پایه نسبت به روش‌های تصمیم‌گیری درختی و شبکه عصبی مصنوعی، از دقت بیشتری برخوردار است. اسلمی و همکاران (۲۰۱۵) برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی شهرستان اردبیل، از تصاویر ماهواره لندست ۸ استفاده نمودند. در این پژوهش از روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین‌بردار پشتیبان و شی‌پایه استفاده شد. صحت کلی برای روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین‌بردار پشتیبان و شی‌پایه به ترتیب ۰/۸۹/۹۱، ۰/۸۵/۶۸ و ۰/۹۴/۳۷ و میزان ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۸۲ و ۰/۹۳ برآورد شد. غفاری و همکاران (۲۰۱۸) به مقایسه عملکرد روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه در تهیه نقشه کاربری اراضی دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان پرداختند.

داشتن اطلاعات دقیق و بهنگام از وضعیت کاربری اراضی<sup>۱</sup> و پوشش زمین<sup>۲</sup> یک نکته کلیدی برای حفاظت از منابع طبیعی، مدیریت پایدار اراضی کشاورزی و توسعه مناطق شهری است (هوث<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). تهیه نقشه پوشش زمین و کاربری اراضی به روش‌های سنتی معمولاً زمان‌بر بوده و نیاز به صرف هزینه زیادی دارد درحالی‌که امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، امکان تهیه این نقشه‌ها را در زمان کمتر و با دقت بیشتری فراهم آورده است (آدام<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در بیشتر کشورهای در حال توسعه، امکان دسترسی رایگان محققان به تصاویر ماهواره‌ای امری مهم است. در سال‌های اخیر، ماهواره‌هایی مانند لندست ۸<sup>۵</sup> و سنتینل ۲<sup>۶</sup> به فضا پرتاب شده که امکان استفاده رایگان از تصاویر این ماهواره‌ها برای محققان فراهم آمده است. ماهواره لندست ۸ که حاصل همکاری ناسا و سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده است، در سال ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد (توپالوگلو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). ماهواره سنتینل ۲ نیز توسط آژانس فضایی اروپا طراحی و در سال ۲۰۱۵ در مدار زمین قرار گرفت (وفایی و همکاران، ۲۰۱۸).

به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، از روش‌های مختلف طبقه‌بندی استفاده می‌شود (مارانگوز<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان این روش‌ها را به دو دسته پیکسل‌پایه<sup>۹</sup> و شی‌پایه<sup>۱۰</sup> تقسیم کرد. روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای بر اساس خصوصیات و ارزش‌های طیفی پیکسل‌ها استوار است (دکوک<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۹؛ شتایی و همکاران، ۲۰۰۷؛

1. Land use
2. Land cover
3. Huth
4. Adam
5. Landsat
6. Sentinel
7. Topaloglu
8. Marangoz
9. Pixel based
10. Object based
11. De Kok

12. Schwarz

13. Kim

14. Blascke &amp; Strobl

تصاویر داشته است. لیما<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۹) عملکرد تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸ را در تعیین مناطق جنگلی بهره‌برداری شده کشور برزیل مقایسه کردند. نتایج نشان داد که تصاویر دو ماهواره عملکرد نسبتاً مشابهی داشتند. مرسیر<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۹) به تهیه نقشه پوشش زمین (جنگل - کشاورزی) در کشورهای اسپانیا و برزیل با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ اقدام کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تلفیق تصاویر این دو ماهواره موجب افزایش صحت نتایج طبقه‌بندی می‌شود.

همان طور که از مرور منابع فوق پیداست به‌رغم اینکه ماهواره سنتینل ۲ در سال ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شده و تصاویر این ماهواره به‌طور رایگان در اختیار کاربران قرار گرفته، تاکنون پژوهش‌های کافی در زمینه به‌کارگیری این تصاویر در تهیه نقشه پوشش زمین و کاربری اراضی در کشور ایران صورت نگرفته است. به همین دلیل در تحقیق حاضر سعی شد کارایی تصاویر این ماهواره در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه بررسی و با قابلیت تصاویر ماهواره لندست ۸ مقایسه شود.

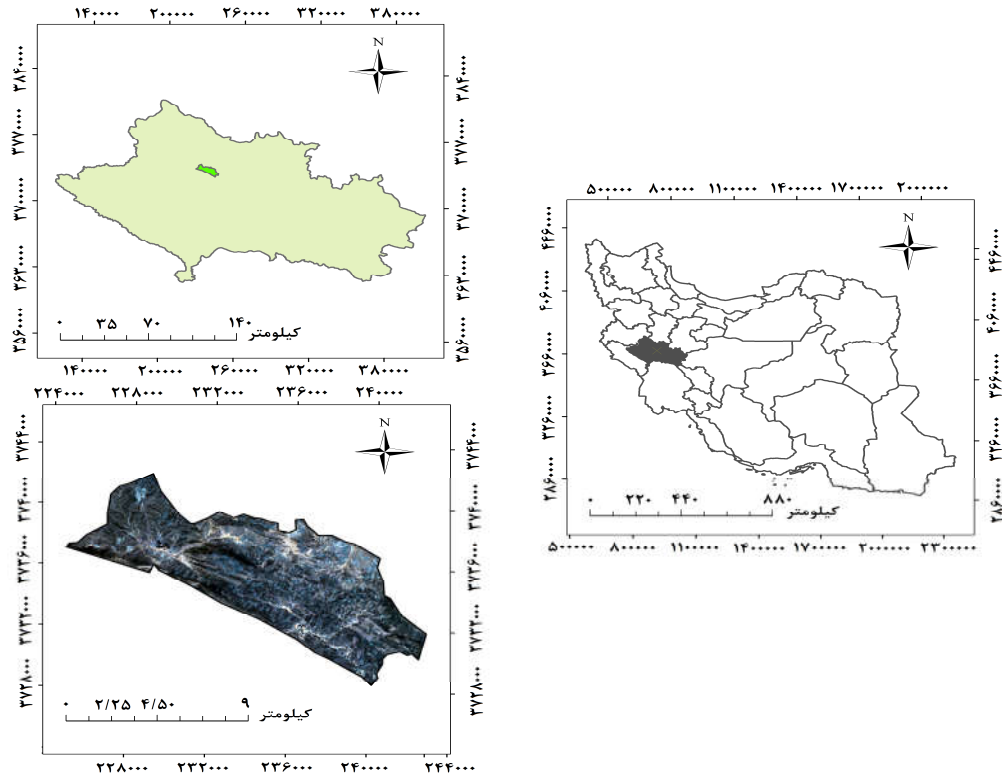
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه بسطام به مساحت تقریبی ۹۴۸۸ هکتار در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان خرم‌آباد در محدوده ۳۳° ۳۹' ۵۴" تا ۳۳° ۴۷' ۰۱" عرض شمالی و ۴۸° ۰۱' ۴۴" تا ۴۸° ۱۳' ۱۶" طول شرقی واقع شده است. منطقه دارای متوسط بارش سالانه ۴۵۰ میلی‌متر بوده و طبق روش دومارتن در اقلیم مدیترانه‌ای قرار دارد؛ همچنین میانگین دمای سالانه منطقه ۱۲/۷ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱) (یعقوب‌زاده، ۲۰۱۴).

در پژوهش ایشان از تصاویر سنجنده‌های TM و OLI ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ استفاده شد. نتایج نشان داد که روش طبقه‌بندی شی‌پایه با میزان صحت کل بالای ۹۰٪ از دقت بیشتری نسبت به روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه برخوردار بوده است. در خارج از ایران نیز، آدام و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی عملکرد روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه در تهیه نقشه کاربری اراضی مناطق نیمه‌خشک سودان با استفاده از تصاویر سنجنده استر<sup>۱</sup> پرداختند. نتایج نشان داد که روش پیکسل‌پایه با میزان صحت کلی ۷۲/۹۲٪ و ضریب کاپا ۰/۶۲ عملکرد بهتری نسبت به روش شی‌پایه با صحت کلی ۵۴/۱۷٪ و ضریب کاپا ۰/۳۸ داشته است. توپالوگلو و همکاران (۲۰۱۶)، قابلیت تصاویر دو ماهواره سنتینل ۲ و لندست ۸ را برای طبقه‌بندی پوشش زمین و کاربری اراضی در استان بول ترکیه بررسی کردند. نتایج نشان داد که تصاویر سنتینل ۲ با صحت کلی ۷۶/۴۰٪ و ضریب کاپای ۰/۷۲ برای روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و صحت کلی ۸۴/۱۷٪ و ضریب کاپای ۰/۸۱ برای روش ماشین‌بردار پشتیبان نسبت به تصاویر لندست ۸ قابلیت بیشتری در تهیه نقشه پوشش زمین داشته است. مارانگز و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی امکان تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین منطقه ژانگولداک<sup>۲</sup> کشور ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل ۲ پرداختند. نتایج نشان داد تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با ضریب کاپا ۰/۸۵ از قابلیت بیشتری نسبت به تصاویر لندست ۸ با ضریب کاپا ۰/۷۸ برخوردار است. شارما<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۷) اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی کشور ژاپن با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس<sup>۴</sup> و ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل ۲ نمودند. در پژوهش ایشان، برای مدل‌سازی بین داده‌های زمینی و طیفی از روش مدل‌سازی جنگل تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد که تصاویر سنجنده مودیس با صحت کلی ۸۰٪ و ضریب کاپا ۰/۷۷ عملکرد بهتری نسبت به سایر

1. Aster
2. Zonguldak
3. Sharma
4. Modis



شکل (۱): موقعیت منطقه مطالعه در استان لرستان و کشور ایران

Figure (1): Location of study area in Lorestan province and Iran

مرتع به ترتیب ۹۰، ۲۸۰، ۶۸۰، ۵۹، ۱۸۰، ۸۵ و ۷۰ نمونه برداشت شد. از ۷۰٪ کل نمونه‌ها به عنوان نمونه‌های آموزش و از ۳۰٪ باقی‌مانده به عنوان نمونه‌های آزمون استفاده شد.

### پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

داده‌های ماهواره سنتینل ۲ در سطح LIC تهیه شد. به منظور تصحیح هندسی تصویر باندهای مورد نظر (باندهای ۱۰ متری) این ماهواره در نرم‌افزار SNAP فراخوانی و زمین مرجع شد. فرایند تصحیح اتمسفری روی تصاویر ماهواره سنتینل ۲ تا حدودی صورت گرفته اما ارزش رقومی این تصاویر بین ۰ تا ۲۸۰۰۰ متغیر است که برای پردازش تصویر، ارزش رقومی پیکسل‌ها در تصویر به بازه ۰ تا ۱ تبدیل شد. تصاویر ماهواره لندست ۸ در سطح تصحیح LIT تهیه شد. در این سطح از تصحیح، تصاویر از نظر هندسی دارای مختصات قابل قبول و از نظر رادیومتریک به طور نسبی مورد تصحیح قرار گرفته است. به منظور تصحیح اتمسفری تصاویر اقدام به انجام تصحیح اتمسفری با استفاده از روش FLAASH در نرم‌افزار ENVI 5.3 شد.

### تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

تصاویر مورد استفاده در این پژوهش تصاویر رقومی سنجنده OLI<sup>۱</sup> ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۳۹۵/۴/۱۴ و تصاویر رقومی سنجنده MSI<sup>۲</sup> ماهواره سنتینل ۲ به تاریخ ۱۳۹۵/۴/۲۰ است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین از باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک این سنجنده‌ها استفاده شد. قدرت تفکیک مکانی باندهای ذکر شده در سنجنده OLI، ۳۰ متر و در سنجنده MSI، ۱۰ متر است.

### روش انجام پژوهش

#### عملیات میدانی

در این تحقیق با توجه به شناخت از منطقه، نمونه‌های تعلیمی به صورت تصادفی در ۷ طبقه کاربری (رودخانه، کشاورزی، جنگل، باغ، مسکونی، بایر و مرتع) با استفاده از بازبازدیدهای میدانی، ایجاد ترکیب رنگی کاذب تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از تصاویر گوگل ارث تهیه شد. در طبقات رودخانه، کشاورزی، جنگل، باغ، مسکونی، بایر و

1. Operational Land Imager  
2. Multi Spectral Instrument

## پردازش تصاویر

## بررسی تفکیک پذیری طبقات

وزن،  $h_{color}$  ناهمگنی طیفی،  $h_{shape}$  ناهمگنی مکانی،  $\sigma$  انحراف معیار مربوط به پیکسل‌های دو شی،  $h_{compactness}$  و  $h_{smoothness}$  نشان‌دهنده ناهمگنی محاسبه شده با میزان فشردگی و همواری هستند.

با توجه به اهمیت باند مادون قرمز در شناسایی مناطق دارای پوشش گیاهی، این باند با ارزش دو برابر در فرایند قطعه‌بندی وارد شد. به منظور دستیابی به میزان بهینه فاکتورهای مقیاس، رنگ، شکل، فشردگی و همواری، مقادیر مختلف آزمون و در نهایت مقدار بهینه این شاخص‌ها جهت انجام فرایند قطعه‌بندی انتخاب شد. برای طبقه‌بندی قطعات به روش شی پایه نمونه‌های آموزشی برای طبقات وارد محیط نرم‌افزار eCognition شد و طبقه‌بندی به روش نزدیک‌ترین همسایه<sup>۱۲</sup> انجام گرفت. به منظور طبقه‌بندی تصاویر از شاخص‌های آماری انحراف از معیار و میانگین طیفی نمونه‌ها در هر کدام از باندها استفاده شد.

## طبقه‌بندی پیکسل پایه

برای طبقه‌بندی تصاویر به روش پیکسل پایه از روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال<sup>۲</sup>، حداقل فاصله<sup>۳</sup> و فاصله ماهالانویس<sup>۴</sup> استفاده شد.

## طبقه‌بندی شی پایه

صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی، با استفاده از نمونه‌های آزمون و معیارهای صحت کل<sup>۱۳</sup>، ضریب کاپا<sup>۱۴</sup>، صحت کاربر<sup>۱۵</sup> و صحت تولیدکننده<sup>۱۶</sup> انجام شد.

## نتایج

نتایج طبقه‌بندی پیکسل پایه پوشش زمین و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸

بررسی نتایج طبقه‌بندی پیکسل پایه تصاویر ماهواره سنتینل ۲ نشان داد که الگوریتم ماهالانویس با صحت کلی ۸۸/۷۷٪ و ضریب کاپای ۰/۸۱ دارای بیشترین میزان صحت و الگوریتم حداقل فاصله با صحت کلی ۷۱/۱٪ و کاپای ۰/۵۶ دارای کمترین میزان صحت در طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین هستند (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که در روش طبقه‌بندی ماهالانویس (مناسب‌ترین روش) کاربری جنگل دارای بیشترین میزان صحت کاربر و تولیدکننده بوده است.

طبقه‌بندی شی پایه شامل دو مرحله اصلی قطعه‌بندی<sup>۵</sup> و طبقه‌بندی<sup>۶</sup> است. در این تحقیق برای انجام عملیات قطعه‌بندی از الگوریتم قطعه‌بندی چندتفکیکی<sup>۷</sup> استفاده شد (دیفاینس<sup>۸</sup>، ۲۰۰۶). استفاده از این الگوریتم نیازمند به تعریف سه عامل مقیاس<sup>۹</sup>، نسبت رنگ به شکل<sup>۱۰</sup> و نسبت فشردگی به همواری<sup>۱۱</sup> می‌باشد (کیم، ۲۰۰۹). معادلات الگوریتم قطعه‌بندی چندتفکیکی استفاده شده در نرم‌افزار eCognition در روابط ۱ تا ۳ نشان داده شده است (کیم، ۲۰۰۹؛ دیفاینس، ۲۰۰۶).

$$H = w \cdot h_{color} + (1 - w) \cdot h_{shape} \quad (1)$$

$$h_{color} = \sum w \cdot \sigma \quad (2)$$

$$h_{shape} = w \cdot h_{compactness} + (1 - w) \cdot h_{smoothness} \quad (3)$$

در روابط بالا  $H$  ناهمگنی محاسبه شده برای دو قطعه،  $w$

1. Bhattacharya
2. Maximum likelihood
3. Minimum distance
4. Mahalanobis distance
5. Segmentation
6. Classification
7. Multi Resolution Segmentation
8. Definiens
9. Scale
10. Ratio of color and shape
11. Ratio of compactness and smoothness

12. Nearest neighbor
13. Overall accuracy
14. Kappa coefficient
15. User accuracy
16. Producer accuracy

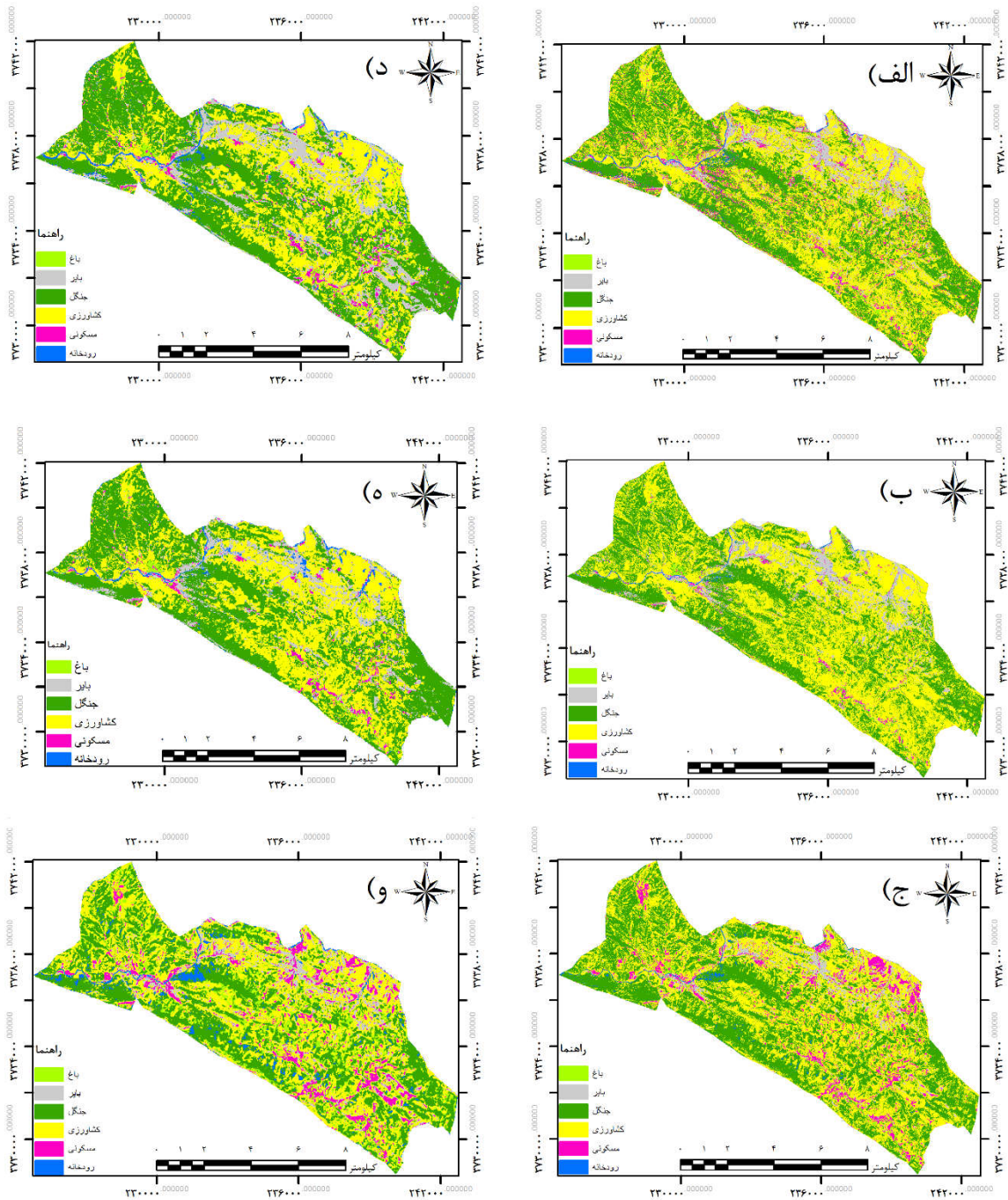
طبقه‌بندی پیکسل پایه، کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸ نشان داد که تصاویر سنتینل ۲ عملکرد نسبی مناسب‌تری در مقایسه با تصاویر لندست ۸ داشته است اما عملکرد تصاویر ماهواره لندست ۸ نیز مناسب بود و اختلاف کمی با تصاویر سنتینل ۲ داشت. شکل (۲) نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سنتینل ۲ و لندست ۸ با استفاده از روش‌های پیکسل پایه حداکثر احتمال (الف و د)، حداقل فاصله (ب و ه) و فاصله ماهالانویس (ج و و) را نمایش می‌دهد.

نتایج طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف روش پیکسل پایه و تصاویر ماهواره لندست ۸ نشان داد که الگوریتم حداکثر احتمال با صحت کلی ۸۴/۱٪ و ضریب کاپای ۰/۷۶ و الگوریتم حداقل فاصله با صحت کلی ۶۳/۵٪ و ضریب کاپای ۰/۴۸ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان صحت در طبقه‌بندی پوشش زمین و کاربری اراضی هستند. همچنین بررسی میزان صحت کاربر و تولیدکننده طبقات مختلف نشان داد که در هر سه روش، کاربری جنگل دارای بیشترین میزان صحت کاربر و تولیدکننده است (جدول ۱). مقایسه نتایج

جدول (۱): صحت‌سنجی طبقه‌بندی پیکسل پایه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸

Table (1): Accuracy assessment of land cover and land use classification using Sentinel 2 and Landsat 8 satellites imagery and pixel-based methods							روش مورد استفاده
کاربری			نوع ماهواره	معیار آماری	صحت تولیدکننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	حداکثر احتمال
رودخانه	مسکونی	کشاورزی					
۹۶	۷۲	۷۹	۹۲	۷۶	۸۷	۲	صحت تولیدکننده (درصد)
۸۵	۷۶	۸۱	۸۹	۷۸	۷۵	۸	
۵۹	۵۴	۹۳	۹۶	۴۵	۵۲	۲	صحت کاربر (درصد)
۴۳	۶۹	۹۱	۹۴	۶۰	۳۸	۸	
		۸۵/۲۰				۲	صحت کلی (درصد)
		۸۴/۱۰				۸	
		۰/۷۷				۲	ضریب کاپا
		۰/۷۶				۸	
۹۳	۵۹	۸۹	۹۳	۷۰	۸۴	۲	صحت تولیدکننده (درصد)
۶۸	۷۴	۸۳	۸۷	۵۹	۷۵	۸	
۶۶	۶۶	۹۱	۹۵	۶۱	۵۹	۲	صحت کاربر (درصد)
۲۹	۷۰	۸۸	۹۳	۵۶	۴۲	۸	
		۸۸/۷۷				۲	صحت کلی (درصد)
		۸۲/۸۳				۸	
		۰/۸۱				۲	ضریب کاپا
		۰/۷۳				۸	
۹۰	۶۲	۵۰	۹۴	۵۸	۸۲	۲	صحت تولیدکننده (درصد)
۷۰	۷۰	۵۳	۷۶	۴۱	۴۳	۸	
۴۹	۱۲	۸۵	۸۴	۵۰	۷۲	۲	صحت کاربر (درصد)
۱۷	۲۷	۷۷	۸۸	۳۲	۱۶	۸	
		۷۱/۱۰				۲	حداقل فاصله
		۶۳/۵۰				۸	
		۰/۵۶				۲	ضریب کاپا
		۰/۴۸				۸	





شکل (۲): نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین حاصل از طبقه‌بندی پیکسل پایه تصاویر ماهواره سنتینل ۲: الف. حداکثر احتمال؛ ب. فاصله ماھالانوبیس؛ ج. حداقل فاصله و لندست ۸؛ د. حداکثر احتمال؛ ه. فاصله ماھالانوبیس؛ و. حداقل فاصله  
 Figure (2): The land use and land cover maps derived from pixel based classification of Sentinel 2 satellite imagery: a. Maximum likelihood; b. Mahalanobis distance; c. Minimum distance and Landsat 8; d. Maximum likelihood; h. Mahalanobis distance; v. Minimum distance

بهبود یافته برای طبقه‌بندی تصاویر این ماهواره هستند. در نهایت طبقه‌بندی شی‌پایه تصاویر ماهواره لندست ۸ با صحت کلی ۸۸/۹٪ و ضریب کاپای ۰/۸۰ انجام شد. بررسی نتایج نشان داد که کاربری جنگل دارای بیشترین صحت تولیدکننده و صحت کاربر است (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که تصاویر ماهواره سنتینل ۲ عملکرد نسبی بهتری در قیاس با تصاویر ماهواره لندست ۸ در طبقه‌بندی شی‌پایه کاربری اراضی و پوشش زمین داشته است اما صحت نقشه‌های تهیه شده با استفاده از تصاویر لندست ۸ نیز قابل قبول بود و اختلاف کمی با تصاویر سنتینل ۲ داشت. شکل (۳) نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین تهیه شده با استفاده از طبقه‌بندی شی‌پایه تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ (الف) و لندست ۸ (ب) را نمایش می‌دهد.

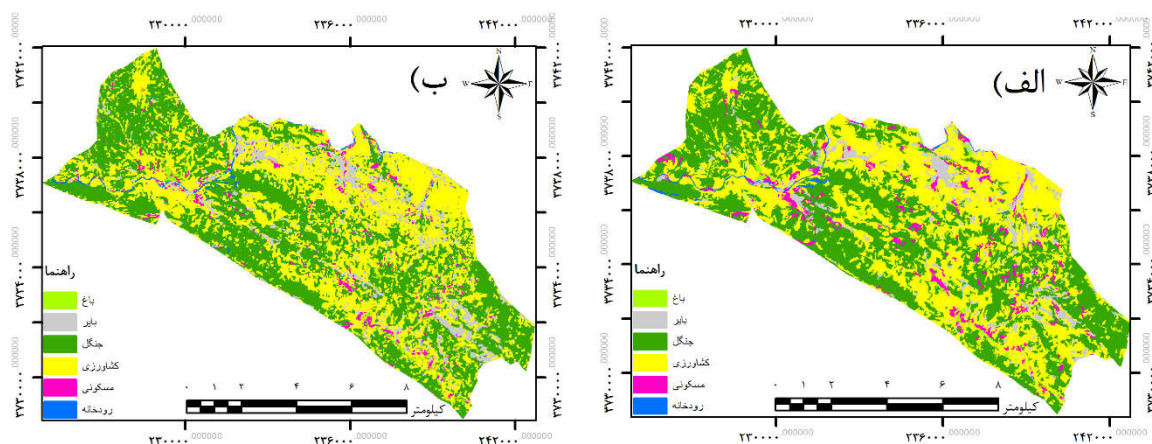
نتایج طبقه‌بندی شی‌پایه پوشش زمین و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸

بررسی شاخص‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر نشان داد که مقیاس ۳۰، ضریب شکل ۰/۲، رنگ ۰/۸، فشردگی ۰/۸ و همواری ۰/۲ مقادیر بهینه برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره سنتینل ۲ هستند. میزان صحت کلی و ضریب کاپا طبقه‌بندی قطعات با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه به ترتیب ۸۹/۷٪ و ۰/۸۳ برآورد شد. بررسی صحت تولیدکننده و صحت کاربر کاربری‌های مختلف نشان داد که کاربری جنگل دارای بیشترین مقدار صحت تولیدکننده و صحت کاربر است (جدول ۲). بررسی معیارهای مختلف مؤثر در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست ۸ نشان داد که مقیاس ۱۰، ضریب شکل ۰/۴، رنگ ۰/۶، فشردگی ۰/۶ و همواری ۰/۴ مقادیر

جدول (۲): صحت‌سنجی طبقه‌بندی شی‌پایه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۲ و لندست ۸

Table (2): Accuracy assessment of land cover and land use classification using Sentinel 2 and Landsat 8 satellites imagery and object-based method

نوع کاربری	صحت تولیدکننده (%)		صحت کاربر (%)		صحت کلی (%)		ضریب کاپا
	سنتینل ۲	لندست ۸	سنتینل ۲	لندست ۸	سنتینل ۲	لندست ۸	
باغ	۸۱	۶۴	۷۴	۷۰			
بایر	۵۹	۶۶	۶۶	۷۴			
جنگل	۹۵	۹۳	۹۶	۹۳	۸۸/۹	۰/۸۰	۰/۸۳
کشاورزی	۸۹	۹۰	۹۱	۸۸			
مسکونی	۸۴	۷۶	۵۹	۷۰			
رودخانه	۹۶	۷۹	۶۷	۶۲			



شکل (۳): نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین تولید شده با استفاده از طبقه‌بندی شی‌پایه تصاویر ماهواره سنتینل ۲ (الف) و لندست ۸ (ب)

Figure (3): The land cover and land use maps prepared by object base classification of Sentinel 2 (a) and Landsat 8 (b) satellites imagery



## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه قابلیت استفاده رایگان از تصاویر یک ماهواره، نقطه قوت در راستای به‌کارگیری این تصاویر توسط محققان است. ماهواره سنتینل ۲ در سال ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شده و تصاویر این ماهواره با قدرت تفکیک مناسبی به‌صورت رایگان در اختیار کاربران قرار گرفته است. به همین دلیل در تحقیق حاضر سعی شد تا قابلیت تصاویر ماهواره سنتینل ۲ در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه بررسی و با قابلیت تصاویر ماهواره لندست ۸ مقایسه شود.

در بین کاربری‌های بررسی شده در این تحقیق، تداخل طیفی شدیدی بین دو کاربری مرتع و کشاورزی مشاهده شد؛ بنابراین این دو کاربری با یکدیگر ادغام شد. به نظر، دلیل این امر شباهت بازتاب طیفی پوشش مرتعی و زراعی در زمان مطالعه و همچنین سطح کم کاربری مرتع نسبت به سایر کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه بود. مختاری و نجفی (۲۰۱۵) و همچنین آرخی و ادیب‌نژاد (۲۰۱۱) نیز در پژوهش‌های خود به مسئله تداخل طیفی این دو کاربری اشاره کردند. در اکثر روش‌های طبقه‌بندی استفاده‌شده بیشترین میزان صحت کاربر و تولیدکننده مربوط به طبقه جنگل بود؛ به نظر می‌رسد دلیل این امر به سطح زیاد پوشش جنگل در منطقه تحقیق و در نتیجه افزایش تعداد نمونه‌های تعلیمی برداشت‌شده در مناطق جنگلی برمی‌گردد.

نتایج طبقه‌بندی پیکسل‌پایه تصاویر ماهواره لندست ۸ نشان داد که روش حداکثر احتمال از دقت بیشتری برخوردار است. این یافته‌ها با نتایج فتحیان و همکاران (۲۰۱۳)، احمدپور و همکاران (۲۰۱۴)، سفانیان و مدنیان (۲۰۱۱) و الاحمدی و هامس<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) همخوانی دارد. این در حالی است که در طبقه‌بندی پیکسل‌پایه با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ روش ماهاالانویس نسبت به دو روش دیگر نتایج بهتری را ارائه کرده است.

مقایسه نتایج طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه تصاویر هر دو ماهواره نشان داد که روش شی‌پایه (الگوریتم نزدیک‌ترین

همسایه) عملکرد بهتری در مقایسه با روش پیکسل‌پایه داشته است. قلوبی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، آریا و هرگاترن<sup>۳</sup> (۲۰۰۸)، فیضی‌زاده و هلالی (۲۰۱۰)، اسلمی و همکاران (۲۰۱۵)، فتحی‌زاد و همکاران (۲۰۱۵) و غفاری و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهش‌های خود به عملکرد مناسب‌تر روش طبقه‌بندی شی‌پایه به پیکسل‌پایه در طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین اشاره کرده‌اند. دلیل عملکرد بهتر روش طبقه‌بندی شی‌پایه نسبت به پیکسل‌پایه این نکته است که در مرحله قطعه‌بندی روش طبقه‌بندی شی‌پایه، مقادیر مختلف شاخص‌های مقیاس، رنگ، شکل، فشردگی و همواری آزمون شده و در نهایت مقادیر بهینه این شاخص‌ها برای طبقه‌بندی مناسب و در نهایت طبقه‌بندی انتخاب می‌گردد؛ که این امر در نهایت باعث افزایش دقت نتایج طبقه‌بندی شی‌پایه نسبت به پیکسل‌پایه می‌شود. البته ذکر این نکته ضروری است که روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه نیز نتایج قابل قبولی ارائه داد.

مقایسه عملکرد تصاویر دو ماهواره سنتینل ۲ و لندست ۸ در طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین نشان داد که تصاویر ماهواره سنتینل ۲ عملکرد نسبی بهتری در مقایسه با تصاویر ماهواره لندست ۸ داشته است. به نظر، دلیل این امر قدرت تفکیک مکانی بیشتر ماهواره سنتینل ۲ (اندازه پیکسل ۱۰ متری در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک) در مقایسه با ماهواره لندست ۸ (اندازه پیکسل ۳۰ متری در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک) است. توپالوگلو و همکاران (۲۰۱۶)، مارانگز و همکاران (۲۰۱۷) و سکرته‌کین<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهش‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

در نهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تصاویر ماهواره سنتینل ۲ عملکرد نسبی بهتری نسبت به تصاویر ماهواره لندست ۸ در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین در منطقه مطالعه داشتند. مقایسه عملکرد دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه نشان داد استفاده از روش طبقه‌بندی شی‌پایه باعث بهبود

2. Gholoobi  
3. Araya & Hergatren  
4. Sekertekin

1. Al Ahmadi & Hames

نشان داد که تصاویر ماهواره لندست ۸ و همچنین روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه نیز از دقت قابل قبولی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین برخوردار بودند.

نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین شده است. در انتها شایان ذکر است که به‌رغم عملکرد بهتر تصاویر ماهواره سنتینل ۲ نسبت به تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش طبقه‌بندی شی‌پایه نسبت به پیکسل‌پایه، نتایج به‌دست‌آمده

## منابع

- Adam, H.E., Csaplovics, E., Elhaja, M. E., 2016. A comparison of pixel-based and object-based approaches for land use land cover classification in semi-arid areas, Sudan. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, pp. 1-10.
- Ahmadpour, A., Solaimani, K., Shokri, M., Ghorbani, J., 2014. Comparison of three common methods in supervised classification of satellite data for vegetation studies. RS and GIS journal for natural resources 5, 77-89 (in Persian).
- Al-Ahmadi, F.S., Hames S.A., 2009. Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Image for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia, JKAU. Earth Science 20, 167-191.
- Araya Y. H., Hergatren. C., 2008. A comparison of pixel and object-based land cover classification: a case study of the Asmara region, Eritrea. Geo Environment and Landscape Environment 100, 233-243.
- Arekhi, S., Adibnejad, 2011. Efficiency assessment of the of Support Vector Machines for land use classification using Landsat ETM+ data (Case study: Ilam Dam Catchment). Iranian Journal of Rangeland and Desert Research 18, 420-440 (in Persian).
- Aslami, F., Ghorbani, A., Sobhani, B., Panahandeh, M., 2015. Comparing artificial neural network, support vector machine and object-based methods in preparation land use/cover maps using landSat-8 images. RS and GIS journal for natural resources 6, 1-14 (in Persian).
- Blaschke, T., Strobl, J., 2001. What's wrong with pixels? some recent developments interfacing remote Sensing and GIS. GIS-Zeitschrift für Geoinformations systeme 6, 12-17.
- Definiens., 2006. Definiens Professional 5 Reference Book, Definiens AG, Germany. 240 pp.
- De Kok, Schneider, R.T, Baatz, M, Ammer, U., 1999. Object based image analysis of high-resolution data in the Alpine forest area, Proceeding of Joint WSFISPRS WG I/1, I/3, and IV/4: Sensors and Mapping from Space, Hanover, pp. 27-30.
- Fathian, F., Morid, S., Arshad, S., 2013. Trend Assessment of Land Use Changes Using Remote Sensing Technique and its Relationship with Streamflows Trend (Case Study: The East Sub Basins of Urmia Lake). Journal of Water and Soil 27, 642-655 (in Persian).
- Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, M., 2015. Assessment of pixel-based classification (ARTMAP fuzzy Neural Networks and Decision Tree) and Object-Oriented methods for land use mapping (Case study: Meymeh, Ilam province). Arid biome 5, 69-82 (in Persian).
- Feizizadeh, B., Helali, H., 2010. Comparison Pixel-Based, Object-Oriented Methods and Effective Parameters in Classification Land Cover/ Land Use of West Province Azerbaijan. Physical Geography Research Quarterly 42, 73-84 (in Persian).
- Ghafari, S., Moradi. H.R., Modarres, R., 2018. Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 9, 40-57.
- Gholoobi, M., Tayyebi, A., Taleyi, M., Tayyebi, A.H., 2010. Comparing pixel based and object based approaches in land use classification in mountainous areas. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan, pp.1-6.
- Huth, J., Kuenzer, C., Wehrmann, T., Gebhardt, S., Tuan, V.Q, Dech, S., 2012. Land Cover and Land Use Classification with TWOPAC: towards Automated Processing for Pixel- and Object-Based Image Classification. Remote sensing 4, 2530-2553.

16. Kim, M., Madden, M., Warner, T., 2009. Forest type mapping using object-specific texture measures from multispectral IKONOS imagery: segmentation quality and image classification issues. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 75, 819-829.
17. Kim, M., 2009. Object-based Spatial Classification of Forest Vegetation with IKONOS Imagery. A dissertation Ph.D thesis. University of Georgia, Athens, Georgia, 133 pp.
18. Lima, T.A., Beuchle, R., Langner, A., Grecchi, R. C., Griess, V.C., Achard, F., 2019. Comparing Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI Imagery for Monitoring Selective Logging in the Brazilian Amazon. *Remote sensing* 11, 1-21.
19. Marangoz, A.M., Sekertekin, A., Akcin, H., 2017. Analysis of land use land cover classification results derived from Sentinel-2 image. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, pp. 3-8.
20. Mercier, A., Betbeder, J., Rumiano, F., Baudry, J., Gond, V., Blanc, L., Bourgoin, C., Cornu, G., Ciudad, C., Marchamalo, M., Pocard-Chapuis, R., Hubert-Moy, L., 2019. Evaluation of Sentinel-1 and 2 Time Series for Land Cover Classification of Forest-Agriculture Mosaics in Temperate and Tropical Landscapes. *Remote sensing*, 11, 1-20.
21. Mokhtari, M., Najafi, A., 2015. Comparison of Support Vector Machine and Neural Network Classification Methods in Land Use Information Extraction through Landsat TM Data. *Journal of Water and Soil Science* 19, 35-45 (in Persian).
22. Schwarz, M., Steinmeier, C., Waser, L., 2002. Detection of storm losses in Alpine forest areas by different methodical approaches using high-resolution satellite data. In G. Bégni (Ed.), *Observing our environment from space: New solutions for a new millennium*, pp. 251-257.
23. Sekertekin, A., Marangoz, A.M., Akcin, H., 2017. Pixel-based classification analysis of land use land cover using Sentinel-2 and Landsat 8 data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-4/W6, 2017 4th International GeoAdvances Workshop, Safranbolu, Karabuk, Turkey, pp. 91-93.
24. Sharma, R.C., Hara, K., Tateishi, R., 2017. High-Resolution Vegetation Mapping in Japan by Combining Sentinel-2 and Landsat 8 Based Multi-Temporal Datasets through Machine Learning and Cross-Validation Approach *Land*, 6, 1-11.
25. Shataee, Sh., Darvishsefat, A.A., Sobhani, H., 2007. Comparison of pixel-based and object-based approaches for forest type mapping using satellite data. *Journal of the Iranian Natural Resources* 60, 869-881 (in Persian).
26. Soffianian, A., Madanian, M.A., 2011. Comparison of Maximum Likelihood and Minimum Distance to Mean Classifiers in Preparing Land Cover Map (A Case Study: Isfahan Area). *Journal of Water and Soil Science* 15, 253-264 (in Persian).
27. Topaloglu, R. H., Sertel, E., Musaoglu, N., 2016. Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover/use mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, pp. 1055-1059.
28. Vafaei, S., Soosani, J., Adeli, K., Fadaei, H., Naghavi, H., Pham, T.D., Bui, D.T., 2018. Improving Accuracy Estimation of Forest Aboveground Biomass Based on Incorporation of ALOS-2 PALSAR-2 and Sentinel-2A Imagery and Machine Learning: A Case Study of the Hyrcanian Forest Area (Iran). *Remote Sensing* 10, 1-21.
29. Yaghoub Zadeh, B., 2014. Climate analysis of Aleshtar region, Selseleh division, Lorestan. *Proceedings of the Meteorological Services of Lorestan Province*, pp. 1-17 (in Persian).

## Comparing the Capability of Sentinel 2 and Landsat 8 Satellite Imagery in Land Use and Land Cover Mapping Using Pixel-based and Object-based Classification Methods

Elham Delfan<sup>1</sup>, Hamed Naghavi<sup>2\*</sup>, Rahim Maleknia<sup>3</sup>, Ahmadreza Nouredini<sup>4</sup>

Received: 08/03/2019

Accepted: 02/09/2019

### Extended Abstract

**Introduction:** Having accurate and up-to-date information on the status of land use and land cover change is a key point to protecting natural resources, sustainable agriculture management and urban development. Preparing the land cover and land use maps with traditional methods is usually time and cost consuming. Nowadays satellite imagery provides the possibility to prepare these maps in less time and with greater accuracy. In order to prepare land use and land cover maps using satellite imagery, different classification methods are used. In a general division, these methods can be divided into two groups of pixel-based and object-based classification methods. Despite the fact that the Sentinel 2 satellite has recently been launched and its images have been freely available to users, there has not been enough research on the use of this satellite imagery in land use and land cover mapping. Therefore, in present research, we tried to investigate the capability of Sentinel 2 satellite imagery in land use and land cover mapping of Bastam basin in Lorestan province, using pixel-based and object-based classification methods and compare it with Landsat 8 satellite imagery.

**Material and methods:** In order to conduct this research, training samples were collected by field survey, using existing maps, creation of false color images and Google Earth software in six classes including garden, bare land, forest, agriculture, residential and river. The 90, 280, 680, 59, 180, 85 and 70 training samples were collected in the river, agriculture, forest, garden, residential, bare land and pasture classes, respectively. The 70% of collected samples were used as training samples and 30% of the rest were used as test samples. After performing the necessary preprocessing, images classified using the Maximum likelihood, Minimum distance, Mahalanobis distance algorithms of pixel-based method and the Nearest neighbor algorithm of object-based method. The object-based classification method consists of two main stages of segmentation and classification. In this research, Multi Resolution Segmentation algorithm was used for segmentation. Classification was done by the Nearest Neighbor method in eCognition software. Accuracy assessment of classification results was performed using test samples and overall accuracy, Kappa coefficient, user accuracy and producer accuracy indices.

**Results:** The overall accuracy and Kappa coefficient for Sentinel 2 satellite images were classified using Maximum likelihood, Mahalanobis distance and Minimum distance were calculated (85.2% and 0.77), (88.77% and 81.8) and (71.1% and 0.56) respectively. For Landsat 8 satellite images were classified using Maximum likelihood, Mahalanobis distance and Minimum distance the overall accuracy and kappa coefficient were observed (84.10% and 76%), (82.83% and 0.73) and (63.50% and 48.3%) respectively, which indicates a relatively higher potential Sentinel 2 image compared to Landsat 8 images in the pixel classification of land use and land cover. In addition, the results of the object-based classification by the Nearest neighbor method showed that the Sentinel 2 images with overall accuracy 89.70% and kappa coefficient 0.83 had better performance than Landsat 8 images with overall accuracy 88% and Kappa coefficient 0.81.

**Discussion and conclusion:** According to the results, it can be concluded that of Sentinel 2 satellite images have a better relative performance than Landsat 8 satellite imagery in the preparation of land use and land cover maps, this seems to be due to the higher spatial resolution of the Sentinel 2 satellite (10-meter pixel in near infrared and visible bands) compared to Landsat 8 (30-meter pixel in near infrared and visible bands). The highest level of user and producer accuracy were observed in the forest land cover, it seems that the reason for this is the vast forest area in the study area and as a result of increasing the number of training samples in this land cover. Comparison of the performance of the pixel-based and object-based classification methods showed that the use of the object-based classification method improves the results of land use and land cover classification. Finally, it is important to note that, despite the better performance of Sentinel 2 satellite imagery and object-based classification method than Landsat 8 satellite images and pixel-based classification method, but the results of Landsat 8 satellite imagery, and pixel-based method was acceptable as well.

**Keywords:** Sentinel 2, Landsat 8, Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Minimum Distance, Mahalanobis Distance.

1. M.Sc. in Forestry Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2. Assistant Professor in Forestry Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: naghavi.ha@lu.ac.ir

3. Associate Professor in Forestry Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

4. Ph.D. in Forestry Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran

DOI: 10.22052/deej.2018.7.24.25