



نخستین شماره از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال سیزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.13, No. 3, Autumn 2021

۱۹-۳۲
مقاله پژوهشی

تهیه نقشه پوشش گیاهی مناطق کران رودی با استفاده از طبقه بندی پیکسل مبنا و

شیء مبنا تصاویر چندزمانه ماهواره سنتینل-۲

اردلان دریایی^۱، هرمز سهرابی^{۲*}، کلمنت آتزرگر^۳، مارکوس ایمیتزر^۴

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استاد گروه ژئوماتیک، دانشگاه منابع طبیعی و علوم زیستی (بوکو)، وین، اتریش

۴. استادیار گروه ژئوماتیک، دانشگاه منابع طبیعی و علوم زیستی (بوکو)، وین، اتریش

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶

چکیده

پوشش های گیاهی مناطق کران رودی، با وجود مساحت کم، خدمات اکوسیستمی فراوانی عرضه می کنند. نظر به اینکه برنامه های نظارتی و آماربرداری پیوسته ای برای این پوشش های گیاهی در کشور وجود ندارد، تهیه نقشه و پایگاه داده مکانی برای آنها امری ضروری است. اما آمیختگی این پوشش های گیاهی با سایر کاربری های زمین سبب ایجاد چالش ها و مشکلاتی در تهیه نقشه برای آنها شده است. بنابراین، انتخاب روش مناسب طبقه بندی بسیار حائز اهمیت است. در این زمینه و در تحقیق حاضر، دو روش پیکسل مبنا و شیء مبنا در طبقه بندی این پوشش های گیاهی، با استفاده از تصاویر رایگان ماهواره سنتینل-۲، مقایسه شده است. بدین منظور، پنج منطقه کران رودی متفاوت در استان چهارمحال و بختیاری انتخاب شد و برای آموزش مدل های طبقه بندی به کار رفت. در فرایند مدل سازی، از الگوریتم طبقه بندی جنگل تصادفی و داده های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲ استفاده شد. اعتبارسنجی مدل ها به صورت گسترده، با استفاده از نقاط صحت سنجی مستقل در سطح استان، انجام شد. نتایج نشان داد که تصاویر ماهواره سنتینل-۲ قابلیت بالایی در تهیه نقشه پوشش گیاهی در مناطق کران رودی کوه های زاگرس دارد و روش طبقه بندی پیکسل مبنا (صحت کلی ۰/۸۳۹) بهتر از روش شیء مبنا (صحت کلی ۰/۷۶۷) بوده است. در مجموع، تحقیق حاضر استفاده از روش طبقه بندی پیکسل مبنا روی تصاویر چندزمانه ماهواره سنتینل-۲ را به منزله ابزاری ارزان و مناسب در آشکارسازی این پوشش های گیاهی پیشنهاد می دهد. حائز اهمیت است که در این روش، تا جای ممکن، از پیکسل های دارای خلوص بیشتر به منزله پیکسل های آموزشی در توسعه مدل ها استفاده شود.

کلیدواژه ها: ماهواره سنتینل-۲، تصاویر چندزمانه، جنگل تصادفی، پوشش گیاهی، کران رودی.

* نویسنده مکاتبه کننده: مازندران، نور، بلوار امام رضا (ع)، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس.

۱- مقدمه

سیماهای سرزمین کران رودی^۱ یکی از متنوع‌ترین، پیچیده‌ترین و ناهمگن‌ترین محیط‌ها محسوب می‌شوند و دربرگیرنده پوشش گیاهی منحصربه‌فردی‌اند (Martín-García et al., 2016; Li et al., 2019). یکی از مهم‌ترین اجزای سیماهای سرزمین کران رودی جنگل‌های کران رودی‌اند که به‌صورت نوار باریکی از گیاهان چوبی در حاشیه رودخانه‌ها و کانال‌های آب تعریف شده‌اند (Aksoy et al., 2010). جنگل‌های کران رودی^۲، با وجود مساحت نسبتاً اندک تحت پوشش، خدمات اکوسیستمی فراوانی فراهم می‌آورند. همچنین، درختان خارج از جنگل نیز از گونه‌های مهم کاربری زمین در سطح جهانی شناخته می‌شوند. این درختان، طبق تعریف، شامل درختان قرارگرفته در خارج از عرصه‌های جنگلی مانند درختان حاشیه زمین‌های کشاورزی، حاشیه جاده‌ها و درختان واقع در مناطق مسکونی و شهری می‌شوند (FAO, 2001). همانند جنگل‌های کران رودی، این نوع پوشش‌ها نیز خدمات اکوسیستمی بسیاری در اختیار می‌گذارند. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد، با وجود اهمیت‌های فراوان این نوع پوشش‌ها، در کشور برنامه‌های نظارتی و آماربرداری پیوسته‌ای درمورد آنها وجود ندارد (Meneguzzo et al., 2013).

جمع‌آوری اطلاعات دقیق درمورد مشخصات، توزیع و پراکندگی پوشش‌های گیاهی در سطوح وسیع و تغییرات آن در دوره‌های زمانی برمبنای آماربرداری‌های زمینی کاری زمان‌بر، دشوار، پرهزینه و گاه غیرمنطقی است؛ در نتیجه، استفاده از دانش سنجش از دور، به‌ویژه داده‌های رایگان و یا ارزان‌قیمت دورسنجی، راه‌حلی مناسب برای رسیدن به این هدف است (Atzberger, 2013; Roughgarden et al., 1991). باین‌حال، به‌دلیل محدودیت‌های سنجنده‌ها و فناوری اطلاعات مانند راندمان محاسبات و پردازش‌ها و محدودیت حافظه و مهم‌تر از همه، کمبود نقاط مرجع، نقشه‌های حاصل از پردازش داده‌های دورسنجی در سطوح وسیع معمولاً تفکیک مکانی نسبتاً پایینی دارند

(Timm & McGarigal, 2012). با در دسترس قرارگرفتن سنجنده‌های دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و پیشرفت چشمگیر در قدرت پردازش و حافظه رایانه‌ها، در دهه گذشته تولید نقشه‌های با تفکیک مکانی بالاتر افزایش داشته است (Johansen et al., 2010; Michez et al., 2013). به‌رغم پیشرفت‌های مذکور، زمانی که هدف اصلی تهیه نقشه کاربری اراضی در سطوح وسیع است، آشکارسازی توده‌های کوچک و پراکنده درختی، همچون توده‌های جنگلی کران رودی و یا درختان خارج از عرصه‌های جنگلی، نادیده گرفته می‌شود.

روش‌های آشکارسازی و طبقه‌بندی اراضی در سنجش از دور به دو دسته پیکسل‌مبنا^۳ و شیء‌مبنا^۴ تقسیم‌بندی می‌شود. درحالی‌که روش پیکسل‌مبنا روش متداول‌تر طبقه‌بندی در طول زمان بوده است؛ با افزایش قدرت تفکیک مکانی سنجنده‌ها در دهه اخیر، استفاده از روش شیء‌مبنا افزایش یافته است (Duro et al., 2012). روش مناسب طبقه‌بندی با توجه به نوع داده‌های دورسنجی مورد استفاده و نوع عارضه هدف جهت آشکارسازی متفاوت بوده و انتخاب روش مناسب از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در روش پیکسل‌مبنا، از اطلاعات طیفی تک‌پیکسل‌ها در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌شود؛ درحالی‌که در روش شیء‌مبنا، ابتدا مجموعه‌ای از پیکسل‌ها به‌صورت گروهی و طی فرایند قطعه‌بندی، یک شیء را تشکیل می‌دهند و سپس مجموعه‌ای از اشیا وارد فرایند طبقه‌بندی می‌شود. برخلاف روش پیکسل‌مبنا که در آن فقط از اطلاعات طیفی پیکسل‌ها در طبقه‌بندی استفاده می‌شود؛ در روش شیء‌مبنا، متغیرهای آماری گوناگونی مانند میانگین، انحراف معیار و دهک‌ها را می‌توان از پیکسل‌های داخل هر شیء محاسبه و

1. Riparian landscapes
2. Riparian forests
3. Pixel based
4. Object based

نتایجی بهتر از طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا (با صحت کلی ۰.۷۷) نشان داده است. در خارج از کشور، منگوزو^۱ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از عکس‌های هوایی با تفکیک مکانی^۲ بالا، اقدام به آشکارسازی و تهیه نقشه درختان خارج از عرصه‌های جنگلی کردند و دو روش پیکسل و شی‌مبنا را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از هر دو روش برای تهیه نقشه درختان در سطوح وسیع مناسب است؛ با این تفاوت که، در روش پیکسل‌مبنا، مجموع سطح پوشش‌های درختی و در روش شی‌مبنا، الگوی مکانی قرارگیری درختان با صحت بیشتر نمایش داده می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، لیکنز^۴ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از عکس‌های هوایی دارای تفکیک مکانی ۵ متر و نیز روش شی‌مبنا، در آمریکا، به آشکارسازی درختان بادشکن در حاشیه مزارع پرداختند. آنها توانستند در دو منطقه، شامل حاشیه رودخانه و حاشیه زمین‌های کشاورزی، با استفاده از سه شاخص مورفولوژی، خطوط مستقیم، خطوط لاشکل و خطوط سینوسی درختان را آشکارسازی و تفکیک کنند. با وجود مطالعات صورت‌گرفته بسیار در زمینه مقایسه دو روش یادشده، کمبود مطالعه در مناطق کران‌رودی، چه در داخل و چه خارج از کشور، مشهود است.

نسل جدید ماهواره‌های با قدرت تفکیک مکانی (۶۰-۱۰ متر در باندهای متفاوت) به نام سنتینل-۲، که در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شد، دارای تفکیک زمانی^۵ پنج روز است که سبب افزایش قابلیت نظارت می‌شود. انتظار می‌رود که، با بهره‌گیری از سه باند طیفی در محدوده لبه‌قرمز^۶، صحت بیشتری را در مطالعات پوشش گیاهی فراهم آورد و در طبقه‌بندی

استخراج کرد که در فرایند طبقه‌بندی به کار می‌روند (Berhane et al., 2017). از جمله مطالعات صورت‌گرفته درباره مقایسه روش‌های پیکسل‌مبنا و شی‌مبنا در داخل کشور، می‌توان به شتایی و همکاران (۱۳۸۶) اشاره کرد که دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و شی‌مبنا را در طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی در جنگل خیرودکنار نوشهر، با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ لندست ۷، مقایسه کردند. با وجود صحت پایین طبقه‌بندی‌های انجام‌شده، نتایج آنها برتری روش شی‌مبنا را در طبقه‌بندی توده‌ها نشان داد. همچنین رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از تصاویر دوربین Ultracam، این دو روش طبقه‌بندی را در تشخیص گونه‌های درختی جنگل‌کاری‌شده در چمستان استان مازندران ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که صحت نقشه‌های حاصل از روش شی‌مبنا به شکل معنی‌داری بیشتر از روش پیکسل‌مبنا بوده است. در تحقیقی دیگر، امیدی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) این دو روش طبقه‌بندی را، در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ لندست ۷، مقایسه کردند. نتایج آنها حاکی از برتری روش شی‌مبنا در طبقه‌بندی کاربری اراضی بوده است. روستایی و همکاران (۱۳۹۸) دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و شی‌مبنا را در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲^۱، در منطقه اهر تا ورزقان، مقایسه کردند. در این مطالعه در روش پیکسل‌مبنا، از طبقه‌بندی حداکثر تشابه و در روش شی‌مبنا، از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. نتایج آنها نشان داد که روش شی‌مبنا، در مقایسه با روش پیکسل‌مبنا، صحت طبقه‌بندی را به میزان ۵.۶٪ افزایش داده است. کشاورز و همکاران (۱۳۹۹) دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و شی‌مبنا را در تهیه نقشه پوشش گیاهی مرتع مچن، در شهرستان بروجن استان چهارمحال و بختیاری، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم حداکثر تشابه مقایسه کردند. در این مطالعه، روش طبقه‌بندی شی‌مبنا (صحت کلی ۰.۸۸)

1. Sentinel 2
2. Meneguzzo
3. Spatial Resolution
4. Liknes
5. Temporal Resolution
6. Red Edge

انجام شده است. این استان با مساحت ۱۶۳۳۲ کیلومتر مربع و دارا بودن جنگل‌های کران‌رودی، اراضی جنگل کاری شده با گونه صنوبر، اراضی کشاورزی و جنگل‌های بلوط، تنوع سیمای سرزمین خوبی دارد که آن را گزینه‌ای مناسب برای انجام دادن تحقیق حاضر قرار داده است. پس از صورت دادن مطالعات و بررسی‌ها، پنج منطقه کران‌رودی براساس نوع سیمای سرزمین، ساختار توده‌های جنگلی کران‌رودی و درجه تخریب در این استان به‌منزله نواحی نماینده برای آموزش مدل‌های طبقه‌بندی انتخاب شد. شرح ویژگی‌های هریک از مناطق مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آنها به‌ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ آمده است.

۲-۲- نقاط مرجع

در مجموع، ۳۴۶ نقطه مرجع، متناسب با مساحت زیر پوشش هر طبقه در مناطق گوناگون مورد مطالعه، برداشت و مشخص شد. تمامی نقاط مرجع به‌منزله نقاط آموزشی در توسعه مدل طبقه‌بندی، با استفاده از داده‌های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲، به کار رفت. اعتبارسنجی نتایج طبقه‌بندی داده‌های چندزمانه با استفاده از نقاط اعتبارسنجی مستقل در خارج از پنج منطقه مورد مطالعه انجام شد که با نقاط سفید در شکل ۱ نمایش داده شده است. در مجموع، ۵۹۰ نقطه اعتبارسنجی با پراکنش مناسب در حواشی رودخانه‌های استان، با تفسیر چشمی تصاویر Google Earth، مشخص شد.

۲-۳- داده‌های ماهواره سنتینل-۲

به‌منظور انجام فرایند طبقه‌بندی چندزمانه با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲، پنج تصویر از این ماهواره (Level-1C) طی فصل رویش سال ۹۷ استفاده شد (جدول ۲). تصاویر از وب‌سایت کاوشگر سطح زمین سازمان زمین‌شناسی ایالات متحد (USGS)^۲ دانلود شد.

پوشش سطح زمین، با جزئیات قابل قبول و در سطوح وسیع، کارایی بیشتری داشته باشد (Korhonen et al., 2017). از آن‌جاکه تصاویر ماهواره سنتینل-۲ به‌رایگان در دسترس قرار دارد، در سال‌های اخیر، در بسیاری از مطالعات در زمینه علوم منابع طبیعی و آشکارسازی پوشش گیاهی به‌کار رفته است (Immitzer et al., 2016; Vuolo et al., 2018; Immitzer et al., 2019; Zhang et al., 2019). از شاخص‌ترین آنها می‌توان به ایمیتزر^۱ و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد که شش گونه زراعی و هفت گونه درختی خزان‌کننده و سوزنی‌برگ را، در دو منطقه مجزا و با استفاده از دو روش پیکسل و شیء‌مبنا، طبقه‌بندی و تفکیک کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان صحت کلی نقشه‌های به‌دست‌آمده برای پوشش‌های زراعی، با استفاده از روش‌های پیکسل و شیء‌مبنا، به‌ترتیب ۰.۸۳ و ۰.۷۷ و برای پوشش‌های درختی، ۰.۶۳ و ۰.۶۶ بوده است.

با توجه به بررسی‌های نگارندگان و مرور منابع، تا کنون مطالعه‌ای کارآیی دو روش پیکسل‌مبنا و شیء‌مبنا را در طبقه‌بندی پوشش گیاهی مناطق کران‌رودی کشور، با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲، مقایسه نکرده است. نظر به اهمیت‌های اکوسیستمی فراوان این نوع پوشش‌های گیاهی و فقدان پایگاه داده مکانی برای آن در کشور، نتایج تحقیق حاضر علاوه‌بر ارائه دادن اطلاعات مفید درباره روش‌شناسی استفاده از داده‌های دورسنجی در تهیه نقشه این نوع پوشش‌های گیاهی، با قرار دادن پایگاه داده مکانی در اختیار مدیران مربوطه، نقش بسزایی در مدیریت اکوسیستم‌های کران‌رودی کشور به‌ویژه منطقه زاگرس خواهد داشت. همچنین مطالعه حاضر، برخلاف سایر مطالعات، علاوه‌بر مقایسه دو روش پیکسل‌مبنا و شیء‌مبنا و انتخاب روش مناسب، شیوه عملکرد دو روش و نحوه انتخاب روش مناسب در شرایط متفاوت را شرح داده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در سطح استان چهارمحال و بختیاری

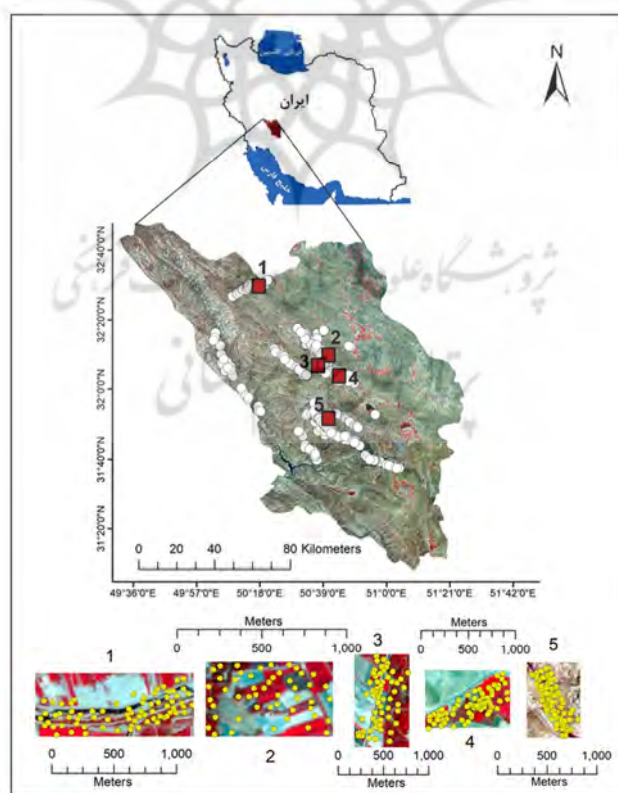
1. Immitzer

2. United States Geological Survey

تهیه نقشه پوشش گیاهی مناطق کران رودی ...

جدول ۱. ویژگی‌های هریک از پنج منطقه مورد مطالعه

منطقه	سیمای سرزمین	درجه تخریب	گونه درختی غالب	میانگین ارتفاع از سطح دریا (متر)	مساحت (هکتار)
۱	سیمای سرزمین کشاورزی شامل توده‌های جنگلی کران رودی در حاشیه رودخانه، صنوبر کاری و محصولات زراعی	کم	بید (<i>Salix alba</i>) سپیدار (<i>Populus alba</i>)	۲۱۸۳	۳۷
۲	سیمای سرزمین کشاورزی شامل صنوبر کاری و محصولات زراعی	زیاد	سپیدار (<i>Populus alba</i>)	۲۰۰۲	۳۲
۳	سیمای سرزمین کشاورزی شامل توده‌های جنگلی کران رودی تنک در حاشیه کانال آب، صنوبر کاری و محصولات زراعی	زیاد	بید (<i>Salix alba</i>) سپیدار (<i>Populus alba</i>)	۲۰۰۱	۳۷
۴	سیمای سرزمین کشاورزی شامل توده‌های جنگلی کران رودی در حاشیه کانال آب، صنوبر کاری و محصولات زراعی	متوسط	بید (<i>Salix alba</i>) سپیدار (<i>Populus alba</i>)	۱۹۹۰	۲۸
۵	جنگل طبیعی بلوط به همراه توده‌های جنگلی کران رودی در حاشیه رودخانه	بدون تخریب	بید (<i>Salix alba</i>) بلوط (<i>Quercus brantii</i>)	۱۴۲۴	۱۷



شکل ۱. موقعیت استان چهارمحال و بختیاری و هریک از پنج منطقه مورد مطالعه در استان. نقاط سفید، نقاط استفاده شده به منظور صحت‌سنجی طبقه‌بندی‌های صورت گرفته و نقاط زرد، نقاط مرجع به منظور آموزش مدل هاست

سنجش از دور و GIS ایران
سال سیزدهم = شماره سوم = پاییز ۱۴۰۰

جدول ۲. داده‌های سنجش از دور مورد استفاده (orbit 6, granule T39SVR)

تصاویر سنتینل-۲	تاریخ	تعداد باند مورد استفاده	تفکیک مکانی (متر)	زاویه عمودی خورشید	زاویه آزیموت خورشید	درصد پوشش ابر
A	18.04.2018	۱۰	۱۰	۲۶.۲	۱۴۰.۴	۲۰.۱
B	12.06.2018	۱۰	۱۰	۱۷.۳	۱۱۶.۸	۴.۹
B	12.07.2018	۱۰	۱۰	۱۹	۱۱۷.۵	۹.۳
B	11.08.2018	۱۰	۱۰	۲۳.۵	۱۳۱.۳	۰.۱
B	10.09.2018	۱۰	۱۰	۳۱	۱۴۷.۶	۱۴.۹

ماهواره سنتینل-۲ و ارتوفتوموزاییک‌های دارای تفکیک مکانی ۵ سانتی‌متر تصاویر پهپاد، که از قبل برای مناطق مورد مطالعه در دسترس قرار داشت، صورت پذیرفت. برای استخراج متغیرهای مستقل مورد استفاده در فرایند مدل‌سازی، در هر تاریخ، ده باند طیفی ماهواره سنتینل-۲ به همراه شش شاخص گیاهی از پیکسل‌های منتخب استخراج شد. در مجموع، هشتاد متغیر (پنج زمان × شانزده باند طیفی و شاخص) استخراج و در فرایند طبقه‌بندی به کار رفت. شاخص‌های گیاهی مورد استفاده و نحوه محاسبه آنها در جدول ۲ آمده است.

۲-۵- قطعه‌بندی و طبقه‌بندی شیء‌مبنای داده‌های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲

به منظور قطعه‌بندی تصاویر ماهواره سنتینل-۲، از روش قطعه‌بندی تفکیک چندگانه^۴ در محیط نرم‌افزار eCognition developer استفاده شد (Blaschke, 2010). با هدف تفکیک بهتر پوشش گیاهی از سایر اراضی و همچنین جداسازی بهتر انواع پوشش‌های گیاهی از یکدیگر، هنگام وزن‌دهی به باندها، وزن سه باند قرارگرفته در محدوده لبه‌قرمز و باند مادون قرمز نزدیک دوبرابر سایر باندهای مورد استفاده در فرایند قطعه‌بندی در نظر گرفته شد. طبق تفسیر چشمی نتایج قطعه‌بندی و با

از آن‌جا که فصل رویش در منطقه مورد مطالعه از فروردین تا شهریور است؛ به منظور پوشش تغییرات از جمله فنولوژی گیاهان، یک تصویر در هر ماه انتخاب شد. البته با توجه به در دسترس نبودن تصویر مناسب برای اردیبهشت (به دلیل پوشش ابر)، در مجموع پنج تصویر از سایر ماه‌های فصل رویش به کار برده شد.

تصحیح اتمسفری با استفاده از الگوریتم Sen2Cor، عرضه‌شده از سوی آژانس فضایی اروپا (ESA)^۱، در محیط نرم‌افزار SNAP^۲ انجام شد. به منظور روی هم‌گذاری باندهای طیفی با تفکیک مکانی واحد (۱۰ متر)، شش باند طیفی با تفکیک مکانی ۲۰ متر ماهواره سنتینل، با استفاده از درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه^۳، به باندهای ۱۰ متری تبدیل شدند و در مجموع، ده باند طیفی با تفکیک مکانی ۱۰ متر به کار رفت (باندهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۸a، ۱۱ و ۱۲). تصحیح هندسی تصاویر ماهواره سنتینل-۲، با قراردادن این تصاویر روی نقشه‌های در دسترس از منطقه، با خطای کمتر از یک متر انجام شد.

۲-۴- طبقه‌بندی پیکسل‌مبنای داده‌های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲

طبقه‌بندی پیکسل‌مبنای تصاویر ماهواره به صورت چندزمانه، براساس نقاط مرجع انجام شد. در انتخاب پیکسل‌های آموزشی برپایه نقاط مرجع، تلاش شد پیکسل‌های با حداکثر خلوص به منظور آموزش مدل انتخاب شوند و از انتخاب پیکسل‌های آمیخته خودداری شد. میزان خلوص پیکسل‌ها از روی هم‌گذاری تصاویر

1. European Space Agency
2. Sentinel Application Platform
3. Nearest Neighbor Interpolation
4. Multi-resolution

جدول ۳. شاخص‌های گیاهی مستخرج از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و نحوه محاسبه آنها. B, R, NIR1, RE1 و RE2 به ترتیب مربوط به باند آبی (باند ۲)، باند قرمز (باند ۴)، مادون قرمز نزدیک (باند ۸)، لیه قرمز ۱ (باند ۵) و لیه قرمز ۲ (باند ۶) است

منبع	فرمول	نام شاخص
Jordan, 1969	$\frac{NIR}{R}$	Ratio Vegetation Index (RVI)
Rouse et al., 1974	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
Huete, 1988	$\frac{NIR - R}{NIR + R + 1} \times 2$	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)
Huete, 1997	$2.5 \times \frac{NIR - R}{NIR + 6 \times R - 7.5 \times B + 1}$	Enhanced Vegetation Index (EVI)
Barnes et al., 2000	$\frac{NIR1 - RE1}{NIR1 + RE1}$	Normalized Difference Red-Edge Index (NDREI)
Ng et al., 2017	$\frac{NIR1 - RE2}{NIR1 - RE2}$	Sentinel Improved Vegetation Index (SVI)

استفاده از روش آزمون و خطا، پارامتر مقیاس^۱ ۲۵ به عنوان بهترین پارامتر مقیاس برای مطالعه حاضر انتخاب شد. در زمینه پارامترهای شکل^۲ و فشردگی^۳ نیز، مقادیر ۰.۱ و ۰.۵ به ترتیب به منزله بهترین مقادیر برای مطالعه حاضر انتخاب شدند. شایان ذکر است که فرایند قطعه‌بندی روی تصویر شه‌ریور انجام شد. پس از قطعه‌بندی، قطعات منطبق بر نقاط مرجع که با رنگ زرد در شکل ۱ نمایش داده شده است به منزله قطعات آموزشی برای توسعه مدل طبقه‌بندی انتخاب شدند. پس از انتخاب قطعات آموزشی، مقادیر میانگین، انحراف معیار و چندک‌های ۰.۱، ۰.۲۵، ۰.۵، ۰.۷۵ و ۰.۹۰ از مقادیر طیفی باندها و شش شاخص پوشش گیاهی برای هر قطعه استخراج شد. در مجموع، ۵۶۰ متغیر (هفت متغیر آماری × پنج زمان × شانزده باند طیفی و شاخص) از هر قطعه انتخابی استخراج شد و به منظور توسعه مدل طبقه‌بندی، به کار رفت.

استفاده این الگوریتم در مطالعات دورسنجی را می‌توان در بررسی (Belgiu & Dragut, 2016) مشاهده کرد. هنگام توسعه مدل طبقه‌بندی جنگل تصادفی، باید مقادیر دو پارامتر تعداد درختان مورد نیاز (*n*tree) و پارامتر *m*try تعیین شود. بسیاری از مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که استفاده از مقادیر پیش فرض اغلب نتایج رضایت‌بخشی دربر دارد (Diaz-Uriarte & Alvarez de Andres, 2006; Immitzer et al., 2012; Immitzer et al., 2016; Daryaei et al., 2020). بنابراین، در مطالعه حاضر مقدار پیش فرض ۵۰۰ برای *n*tree استفاده شد و مقدار *m*try نیز برابر با جذر (ریشه دوم) تعداد کل متغیرهای ورودی به مدل در نظر گرفته شد. در ادامه، به منظور کاهش تعداد متغیرهای ورودی به مدل و ارائه مدل‌های طبقه‌بندی ساده‌تر، کاهش گام‌به‌گام تعداد متغیرها^۴ براساس شاخص MDA^۵ صورت گرفت (Immitzer et al., 2018).

۲-۶- طبقه‌بندی جنگل تصادفی

جنگل تصادفی یک الگوریتم یادگیری ماشینی ناپارامتری است که در دو دهه اخیر در مطالعات دورسنجی کاربرد گسترده‌ای داشته است (Pal, 2005; Immitzer et al., 2012; Safari et al., 2017; Immitzer et al., 2018). مروری بر کاربردها و موارد

1. Scale Parameter
2. Shape
3. Compactness
4. Recursive Stepwise Feature Selection
5. Mean Decrease in Accuracy

۷-۲- ارزیابی صحت (اعتبارسنجی)

به منظور اعتبارسنجی و مقایسه نتایج طبقه‌بندی پیکسل مبنا و شیء مبنا تصاویر ماهواره سنتینل-۲، ۵۹۰ نقطه اعتبارسنجی به صورت مستقل و خارج از محدوده‌های آموزشی مدل در سطح استان چهارمحال و بختیاری استفاده شد؛ به این گونه که، درمورد طبقه‌بندی پیکسل مبنا، پیکسل‌های خالص منطبق بر نقاط و درمورد طبقه‌بندی شیء مبنا، قطعات منطبق بر نقاط به منظور اعتبارسنجی به کار رفت. در ادامه، برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌های صورت گرفته، از ماتریس خطا^۱ و معیارهای متداول مستخرج از آن شامل صحت کلی (OA)^۲، صحت تولیدکننده (PA)^۳، صحت کاربر (UA)^۴ و ضریب کاپا^۵ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج طبقه‌بندی پیکسل مبنا و شیء مبنا تصاویر چندزمانه ماهواره سنتینل-۲، با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی و با اعمال کاهش گام به گام تعداد متغیرها، در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان داد که صحت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا در روش پیکسل مبنا به مراتب یا به شکل قابل توجهی یا به شکل معناداری بیشتر از روش شیء مبنا بوده است؛ به گونه‌ای که مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا از ۷۶.۸٪ و ۰.۷۲۱ در روش شیء مبنا به ۸۳.۹٪ و ۰.۸۰۷ در روش پیکسل مبنا افزایش داشته است. تفاوت‌های بیشتر در صحت تولیدکننده و صحت کاربر طبقات آب و جنگل کران‌رودی دیده شد. میزان صحت تولیدکننده، درمورد طبقه آب، از ۷۴٪ به ۹۶٪ و درمورد طبقه جنگل کران‌رودی، از ۵۵٪ به ۷۰٪ افزایش داشته است.

جدول ۴. ماتریس خطای به دست آمده بر اساس نقاط اعتبارسنجی درمورد دو روش طبقه‌بندی پیکسل مبنا و شیء مبنا

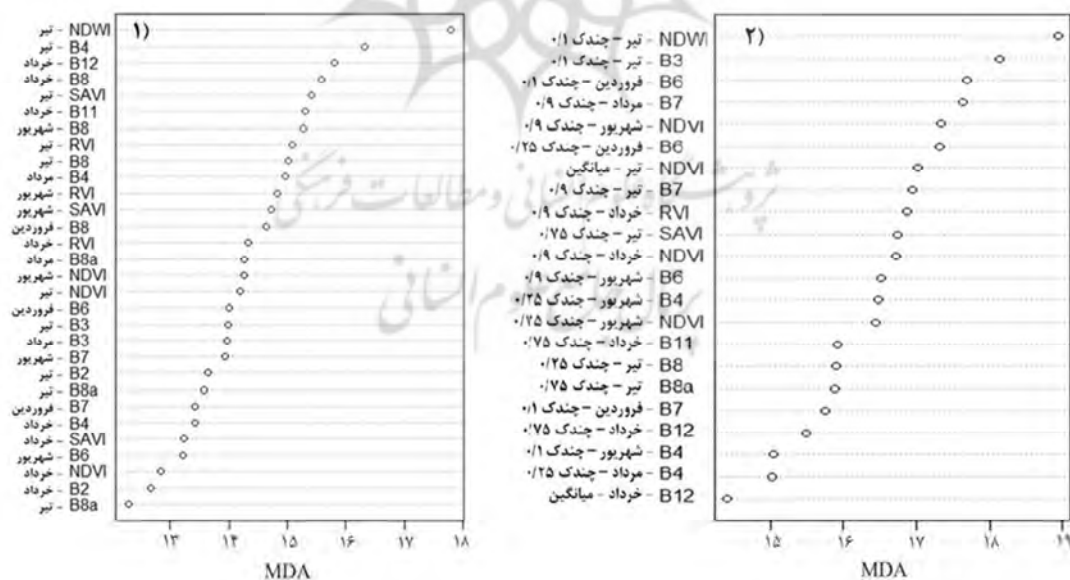
صحت کاربر (%)	صحت‌سنجی (اعتبارسنجی)							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
۷۳.۷	۷۰	۷	۱۴	۴	۰	۰	جنگل کران‌رودی (۱)	
۸۹.۷	۶	۸۷	۰	۰	۱	۳	صنوبر کاری (۲)	
۹۴.۴	۲	۱	۶۷	۰	۱	۰	بلوط (۳)	
۱۰۰.۰	۰	۰	۰	۹۶	۰	۰	آب (۴)	
۷۵.۰	۱۲	۱	۱۴	۰	۹۳	۴	خاک لخت (۵)	
۷۷.۶	۱۰	۴	۵	۰	۵	۸۳	کشاورزی (۶)	
	۷۰	۸۷	۶۷	۹۶	۹۳	۹۲.۲	صحت تولیدکننده (%)	
	صحت کلی = ۸۳.۹٪						کاپا = ۰.۸۰۷	
۶۰.۴	۵۵	۳	۶	۲۶	۱	۰	جنگل کران‌رودی (۱)	
۸۴.۶	۱۰	۸۸	۰	۰	۲	۴	صنوبر کاری (۲)	
۹۰.۳	۲	۰	۶۵	۰	۵	۰	بلوط (۳)	
۹۳.۷	۳	۰	۲	۷۴	۰	۰	آب (۴)	
۶۴.۲	۱۹	۲	۲۵	۰	۸۶	۲	خاک لخت (۵)	
۷۶.۴	۱۱	۷	۲	۰	۶	۸۴	کشاورزی (۶)	
	۵۵	۸۸	۶۵	۷۴	۸۶	۹۳.۳	صحت تولیدکننده (%)	
	صحت کلی = ۷۶.۸٪						کاپا = ۰.۷۲۱	
۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	مجموع نقاط صحت‌سنجی	

1. Confusion Matrix
2. Overall Accuracy
3. Producer's Accuracy
4. User's Accuracy
5. Kappa Coefficient

پوشش اراضی تأکید می‌کند؛ با این تفاوت که، در این پژوهش، پوشش گیاهی سیماهای سرزمین کران رودی در رشته کوه زاگرس آشکارسازی شده است که، در بسیاری موارد، مساحتی کمتر از مساحت یک پیکسل کامل ماهواره سنتینل-۲ را پوشش می‌دهد. ایمیتزر و همکاران (۲۰۱۹) نیز نتایج بسیار خوبی در زمینه طبقه بندی گونه های درختی، با استفاده از داده های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲، در منطقه اروپای مرکزی ارائه داده اند (صحت کلی ۰.۸۹). این محققان، در مطالعه خود، به قابلیت بالای داده های چندزمانه ماهواره مورد اشاره در تهیه نقشه پوشش اراضی و گونه های درختی با جزئیات فراوان اشاره کرده اند و نتایج آن را با نتایج حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره های تجاری با قدرت تفکیک مکانی بالاتر، مانند WorldView-2، درخور قیاس می دانند. فورویا^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و سه الگوریتم یادگیری ماشین درخت تصمیم،

شکل ۲ متغیرهای ورودی انتخابی در مدل طبقه بندی جنگل تصادفی و میزان اهمیت هر یک از آنها براساس معیار MDA را نشان می دهد. طبق نتایج، در روش طبقه بندی پیکسل مینا، ۳۰ متغیر از ۸۰ متغیر استخراج شده از تصاویر و در روش شیء مینا، ۲۲ متغیر از ۵۶۰ متغیر استخراجی تصاویر در فرایند طبقه بندی وارد شده اند. از بین متغیرهای انتخابی برای ورود به مدل طبقه بندی، در روش پیکسل مینا شاخص NDWI ماه تیر دارای بیشترین اهمیت بوده و باند ۸a تیرماه کمترین اهمیت را داشته است. درمورد روش شیء مینا نیز، چندک ۰.۱ شاخص NDWI تیرماه بیشترین اهمیت و میانگین باند ۱۲ خرداد کمترین اهمیت را داشته است.

مطالعه حاضر با دستیابی به صحت کلی ۰.۸۳۹ در طبقه بندی پوشش گیاهی سیماهای سرزمین کران رودی، در تأیید مطالعات پیشین، بر قابلیت بالای داده های چندزمانه ماهواره سنتینل-۲ در تهیه نقشه



شکل ۲. متغیرهای ورودی انتخاب شده در مدل طبقه بندی جنگل تصادفی و میزان اهمیت هر یک (۱) طبقه بندی پیکسل مینا و (۲) طبقه بندی شیء مینا

1. Furuya

گوناگون و با اهداف متفاوت بیانگر این است که، با توجه به نوع و اندازه کاربری مورد نظر برای آشکارسازی و تفکیک مکانی داده‌های دورسنجی به کاررفته، هر یک از دو روش طبقه‌بندی پیکسل مینا و شی‌مبنا ممکن است نتایجی با صحت بیشتر دربر داشته باشد. برای نمونه، طبق مطالعه ایمیتزر و همکاران (۲۰۱۶) که در اروپای مرکزی و با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ صورت گرفته، در طبقه‌بندی محصولات زراعی، روش پیکسل مینا و در طبقه‌بندی توده‌های جنگلی، روش شی‌مبنا نتایجی با صحت بیشتر دربر داشته است. در مطالعه آدام^۲ و همکاران (۲۰۱۶) که کاربری و پوشش اراضی مناطق نیمه‌خشک سودان را طبقه‌بندی کرده است، روش پیکسل مینا صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری داشته است. شی^۳ و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از تصاویر دریافت‌شده در فصل‌های متفاوت از ماهواره GF-1^۴ در چین، دو روش طبقه‌بندی پیکسل مینا با الگوریتم جنگل تصادفی و شی‌مبنا با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان را در آشکارسازی پوشش‌های گیاهی دایره‌ای (شبه‌دایره‌ای)^۵، مقایسه کردند. روش شی‌مبنا و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، در تصاویر خارج از فصل رویش، و روش پیکسل مینا و الگوریتم جنگل تصادفی، در تصاویر فصل رویش، عملکرد بهتری نشان دادند. رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از تصاویر دوربین Ultracam، این دو روش طبقه‌بندی را در تشخیص گونه‌های درختی جنگل کاری‌شده در چمستان استان مازندران ارزیابی کردند که طبقه‌بندی شی‌مبنا نتایج بهتری دربر داشته است. روستایی و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲، دو روش یادشده را در تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه اهر تا ورزقان، مقایسه کردند. طبق نتایج، روش شی‌مبنا صحت طبقه‌بندی را، در مقایسه با روش پیکسل مینا، به میزان ۵.۶٪ افزایش داده است.

ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی، نقشه پوشش گیاهی در جنگل‌های کران‌رودی را در بخشی از برزیل تهیه کردند. در این مطالعه، که از چهارده تصویر ماهواره سنتینل-۲ متعلق به زمان‌های متفاوت سال استفاده شد، الگوریتم درخت تصمیم بهترین نتایج را روی تصاویر زمان‌های متفاوت سال نشان داد و بهترین الگوریتم انتخاب شد. همچنین، رهیافت مطرح‌شده در این پژوهش به منزله رهیافتی مناسب در تهیه نقشه پوشش گیاهی مناطق کران‌رودی مورد مطالعه معرفی شد.

به‌منظور دستیابی به صحیح‌ترین نتایج ممکن در طبقه‌بندی پوشش اراضی، به‌ویژه در مناطق و سیماهای سرزمین بسیار ناهمگن مانند مناطق کران‌رودی، استفاده کامل از قابلیت داده‌ها و تصاویر مورد استفاده، مثل باندهای طیفی و شاخص‌های گیاهی، اهمیت بسیار زیادی دارد. برای نمونه، اخیراً سلیمان‌نژاد^۱ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی پتانسیل تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲، لندست ۸ و IRS را، در طبقه‌بندی گونه‌های درختی برخی از جنگل‌کاری‌های شمال ایران، ارزیابی کردند. در پژوهش مذکور، صرفاً از اطلاعات طیفی مربوط به چهار باند یک تصویر ماهواره سنتینل-۲، به‌منظور توسعه مدل طبقه‌بندی جنگل تصادفی، استفاده شد. در نتیجه، با وجود اینکه تعداد طبقات موجود در آن مطالعه از تعداد طبقات پژوهش حاضر کمتر بوده و منطقه مورد مطالعه نیز همگن‌تر بوده است، صحت کلی نتایج پژوهش این محققان کمتر از مطالعه در دست و برابر با ۷۷٪ گزارش شده است. این موضوع اهمیت استفاده از تمامی قابلیت‌های سنجنده و تصاویر از جمله تمامی باندهای طیفی، شاخص‌های گیاهی و داده‌های چندزمانه را برجسته می‌کند.

با هدف مقایسه دو روش طبقه‌بندی پیکسل مینا و شی‌مبنا در طبقه‌بندی و آشکارسازی کاربری‌ها و پوشش‌های متفاوت اراضی نیز، مطالعات گوناگونی انجام شده است. برخلاف پژوهش امیدپور و همکاران (۱۳۹۲) که به‌طورکلی روش طبقه‌بندی شی‌مبنا را روش برتر در تهیه نقشه کاربری اراضی معرفی کرده است، نتایج تحقیق حاضر و مطالعات متعدد در مناطق

1. Soleimannejad
2. Adam
3. Shi
4. Gaofen 1 images
5. Quasi-Circular Vegetation Patches

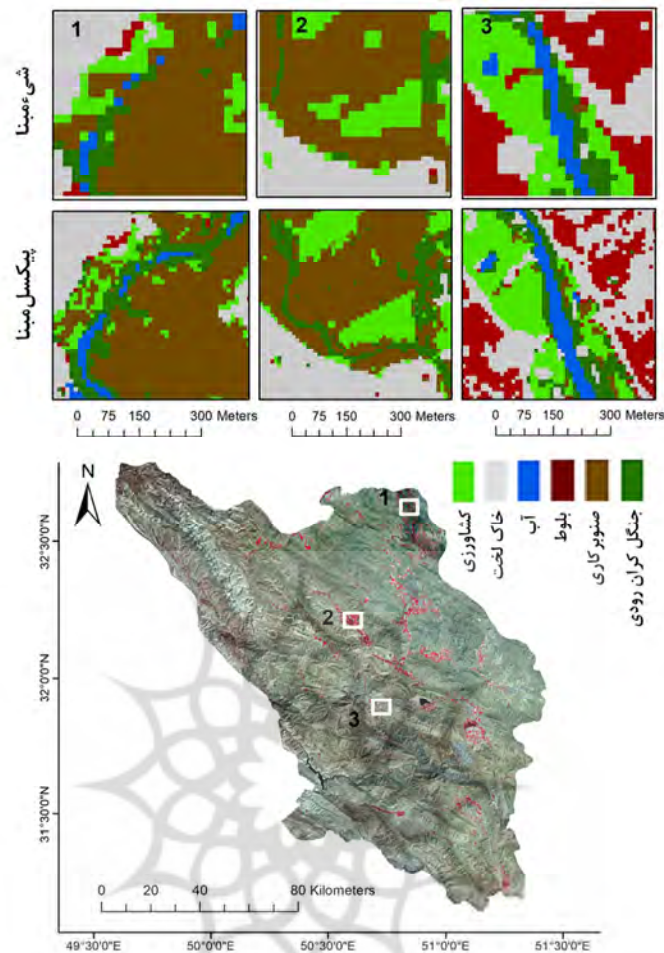
کاربری‌های اطراف را تشکیل می‌دهند و بدین ترتیب، نتایج طبقه‌بندی شیء‌مبنا به مراتب ضعیف‌تر از نتایج روش پیکسل‌مبناست. از سویی، درباره طبقاتی مانند کشاورزی یا صنوبرکاری‌ها، که مساحتشان معمولاً بیشتر از پیکسل‌های ده‌متری ماهواره سنتینل-۲ است، روش شیء‌مبنا تا حدودی موفق شده کارآیی خود را به نمایش بگذارد اما همچنان، به دلیل ناهمگنی شدید پوشش زمین در منطقه، برتری معتنابهی بر روش پیکسل‌مبنا نداشته است. نقشه خروجی حاصل از هر دو روش طبقه‌بندی برای مناطق گوناگون استان چهارمحال و بختیاری در شکل ۳ آمده است.

۴- نتیجه‌گیری

به دلیل آمیختگی پوشش‌های گیاهی کران رودی با یکدیگر و با سایر پوشش‌های اراضی در مناطق کوهستانی نیمه‌خشک، مانند کوه‌های زاگرس ایران، آشکارسازی و تهیه نقشه این قبیل کاربری‌ها کاری چالش‌برانگیز است و به تصاویر با تفکیک مکانی بالا و نیز به کارگیری روش‌های پیشرفته دورسنجی نیاز دارد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره سنتینل-۲، در مجموع، قابلیت بسیاری در آشکارسازی و طبقه‌بندی پوشش‌های گیاهی مورد نظر دارد. به علاوه، صحت کلی و ضریب کاپای روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا به مراتب بیشتر از روش شیء‌مبنا بوده است. شایان ذکر است که انتخاب روش طبقه‌بندی مناسب باید با توجه به نوع و اندازه کاربری مورد نظر برای آشکارسازی، تفکیک مکانی داده‌های دورسنجی به کاررفته و نوع منطقه مورد مطالعه صورت گیرد. بنابراین، چنانچه اندازه پیکسل تصاویر استفاده‌شده بزرگ‌تر از کاربری مورد نظر برای آشکارسازی بود، از طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا (با انتخاب پیکسل‌های دارای حداکثر خلوص به‌منزله پیکسل‌های آموزشی) و چنانچه اندازه پیکسل تصاویر استفاده‌شده از کاربری مورد نظر برای آشکارسازی بسیار کوچک‌تر بود (به‌گونه‌ای که گروه‌های بزرگ پیکسل‌های دارای خلوص بالا از یک کاربری در دسترس باشد)، از طبقه‌بندی شیء‌مبنا استفاده می‌شود.

به‌طورکلی در روش پیکسل‌مبنا، از اطلاعات طیفی هر پیکسل در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌شود؛ درحالی‌که در روش شیء‌مبنا مجموعه‌ای از پیکسل‌های یک کاربری، به‌صورت گروهی و طی فرایند قطعه‌بندی، یک قطعه (شیء) را تشکیل می‌دهند و سپس مجموعه‌ای از قطعات وارد فرایند طبقه‌بندی می‌شوند (Berhane et al., 2017). مزیت در نظر گرفتن گروهی از پیکسل‌های یک کاربری یا پوشش خاص، به‌صورت یک قطعه (شیء)، کاهش واریانس درون آن کاربری از طریق میانگین‌گیری پیکسل‌های تشکیل‌دهنده آن و تشکیل قطعات همگن از کاربری مورد نظر است (Laliberte et al., 2016; Adam et al., 2004). بنابراین، زمانی که اندازه پیکسل تصاویر مورد استفاده از کاربری مورد نظر برای آشکارسازی کوچک‌تر باشد، به‌گونه‌ای که امکان تشکیل مجموعه‌ای از پیکسل‌های یک کاربری وجود داشته باشد، نتایج روش طبقه‌بندی شیء‌مبنا صحت بیشتری خواهد داشت. اما زمانی که اندازه پیکسل تصاویر مورد استفاده از کاربری مورد نظر برای آشکارسازی بزرگ‌تر باشد، پیکسل‌های آمیخته امکان تشکیل قطعات همگن از یک کاربری را نمی‌دهند و چنانچه از روش طبقه‌بندی شیء‌مبنا استفاده شود، قطعات شکل‌گرفته شامل پیکسل‌های آمیخته از دو یا چند کاربری خواهد بود که موجب کاهش صحت طبقه‌بندی خواهد شد.

مطالعه حاضر، با اعمال دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و شیء‌مبنا روی داده‌های یکسان، درک صحیح و آسانی از کارآیی این دو روش طبقه‌بندی فراهم ساخته است. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شد، آشکارسازی طبقات آب و جنگل کران رودی در روش پیکسل‌مبنا صحت چشمگیری داشته است. در مناطق مورد مطالعه پژوهش حاضر، واقع در کوه‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری، سیماهای سرزمین کران رودی معمولاً از رودخانه‌ها یا کانال‌های باریک آب به‌همراه نوار باریک درختان (اغلب بید) در اطراف آن تشکیل شده است. عرض کاربری‌های نام‌برده کمتر از اندازه پیکسل تصاویر به‌کاررفته در مطالعه در دست (ده متر) است؛ بنابراین، طبقات یادشده در بیشتر موارد پیکسل‌های آمیخته با یکدیگر و گاه با



شکل ۳. نقشه خروجی حاصل از دو روش طبقه‌بندی پیکسل‌بندی شی‌مینا و شی‌مینا برای مناطق گوناگون استان چهارمحال و بختیاری

۵- سپاسگزاری

رفیعیان، ا.، درویش‌صفت، ع.، بابایی، س.، متاجی، ا.، ۱۳۹۰، ارزیابی طبقه‌بندی‌های پیکسل‌پایه و شی‌پایه تصاویر هوایی برای تشخیص گونه‌های درختی (مطالعه موردی: جنگل کاری چمستان نور)، مجله جنگل ایران، سال سوم، شماره ۱، صص. ۳۵-۴۷.

از دانشگاه تربیت مدرس و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) به‌منزله حامیان مالی پژوهش حاضر قدردانی می‌شود.

۶- منابع

روستایی، ش.، مختاری، د.، ولیزاده، خ.، خدائی، ل.، ۱۳۹۸، مقایسه روش پیکسل‌پایه (بیشترین شباهت) و شی‌گرا (ماشین بردار پشتیبان) در طبقه‌بندی کاربری اراضی (منطقه اهر-ورزقان)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال بیست‌ونهم، شماره ۱، صص. ۱۱۸-۱۲۹.

امیدی‌پور، ر.، مرادی، ح.ر.، آرخی، ص.، ۱۳۹۲، مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، سنجش از دور و GIS ایران، سال پنجم، شماره ۳، صص. ۹۹-۱۱۰.

- Vegetation in Semi-Arid Mountainous Areas with Focus on Riparian Landscapes Using Sentinel-2 and UAV Data**, *Comput Electron Agr*, 177, P. 105686.
- Diaz-Uriarte, R. & Alvarez De Andres, S., 2006, **Gene Selection and Classification of Microarray Data Using Random Forest**, *BMC Bioinformatics*, 7, P. 3.
- Duro, DC., Franklin, SE. & Dubé, M.G., 2012, **A Comparison of Pixel-Based and Object-Based Image Analysis with Selected Machine Learning Algorithms for the Classification of Agricultural Landscapes Using SPOT-5 HRG Imagery**, *Remote Sens. Environ.*, 118, PP. 259-272.
- FAO., 2001, **Global Forest Resources Assessment 2000**, Main Report, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Furuya, D.E.G., Aguiar, J.A.F., Estrabis, N.V., Pinheiro, M.M.F., Furuya, M.T.G., Pereira, D.R., Gonçalves, W.N., Liesenberg, V., Li, J., Marcato Junior, J. & ..., 2020, **A Machine Learning Approach for Mapping Forest Vegetation in Riparian Zones in an Atlantic Biome Environment Using Sentinel-2 Imager**, *Remote Sens.*, 12, P. 4086.
- Immitzer, M., Atzberger, C. & Koukal, T., 2012, **Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band Worldview-2 Satellite Data**, *Remote Sens.*, 4, PP. 2661-2693.
- Immitzer, M., Vuolo, F. & Atzberger, C., 2016, **First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe**, *Remote Sens.*, 8(3), P. 166.
- Immitzer, M., Böck, S., Einzmann, K., Vuolo, F., Pinnel, N., Wallner, A. & Atzberger, C., 2018, **Fractional Cover Mapping of Spruce and Pine at 1 ha Resolution Combining Very High and Medium Spatial Resolution Satellite Imagery**, *Remote Sens. Environ.*, 204, PP. 690-703.
- Immitzer, M., Neuwirth, M., Böck, S., Brenner, H., Vuolo, F. & Atzberger, C., 2019, **Optimal Input Features for Tree Species Classification in Central Europe Based on Multi-Temporal Sentinel-2 Data**, *Remote Sens.*, 11(22), P. 2599.
- شتایی، ش.، درویش‌صفت، ع.، سبحانی، ه.، ۱۳۸۶، مقایسه روش‌های طبقه‌بندی شیء‌پایه و پیکسل‌پایه تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل، منابع طبیعی ایران، سال شصتم، شماره ۳، صص. ۸۸۱-۸۶۹.
- کشاوری، ا.، ابراهیمی، ع.، نقی‌پور، ع.، ۱۳۹۹، مقایسه دقت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه تیپ‌های گیاهی (مطالعه موردی: مرجن بروجن)، نشریه علمی- پژوهشی مرتع، سال چهاردهم، شماره ۲، صص. ۲۸۵-۲۷۲.
- 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*, 37, P. 012061.
- Aksoy, S., Akçay, H.G. & Wassenaar, T., 2010, **Automatic Mapping of Linear Woody Vegetation Features in Agricultural Landscapes Using Very High Resolution Imagery**, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 48, PP. 511-522.
- Atzberger, C., 2013, **Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs**, *Remote Sens.*, 5, PP. 949-981.
- Belgiu, M. & Drăguț, L., 2016, **Random Forest in Remote Sensing: A Review of Applications and Future Directions**, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 114, PP. 24-31.
- Berhane, TM., Lane, CR., Wu, Q., Anenkhonov, OA., Chepinoga, VV., Autrey, BC. & Liu, H., 2017, **Comparing Pixel- and Object-Based Approaches in Effectively Classifying Wetland-Dominated Landscapes**, *Remote Sens.*, 10, P. 46.
- Blaschke, T., 2010, **Object Based Image Analysis for Remote Sensing**, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 65, PP. 2-16.
- Daryaei, A., Sohrabi, H., Atzberger, C. & Immitzer, M., 2020, **Fine-Scale Detection of**

- Johansen, K., Arroyo, L.A., Armston, J., Phinn, S. & Witte, C., 2010, **Mapping Riparian Condition Indicators in a Sub-Tropical Savanna Environment from Discrete Return LiDAR Data Using Object-Based Image Analysis**, *Ecol. Indic.*, 10, PP. 796-807.
- Korhonen, L., Packalen, P. & Rautiainen, M., 2017, **Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 in the Estimation of Boreal Forest Canopy Cover and Leaf Area Index**, *Remote Sens. Environ.*, 195, PP. 259-274.
- Laberte, A.S., Rango, A., Havstad, K.M., Paris, J.F., Beck, R.F., McNeely, R. & Gonzalez, A.L., 2004, **Object-Oriented Image Analysis for Mapping Shrub Encroachment from 1937 to 2003 in Southern New Mexico**, *Remote Sens. Environ.*, 93, PP. 198-210.
- Li, N., Sun, Y., Chu, H., Qi, Y., Zhu, L., Ping, X., Li, C. & Jiang, Z., 2019, **Bird Species Diversity in Altai Riparian Landscapes: Wood Cover Plays a Key Role for Avian Abundance**, *Ecol. Evol.*, 9, PP. 9634-9643.
- Liknes, G.C., Meneguzzo, D.M. & Kellerman, T.A., 2017, **Shape Indexes for Semi-Automated Detection of Windbreaks in Thematic Tree Cover Maps from the Central United States**, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 59, PP. 167-174.
- Martín-García, J., Jactel, H., Oria-de-Rueda, J.A., Diez, J.J., 2016, **The effects of poplar plantations on vascular plant diversity in riparian landscapes**, *Forests*, 7(3), 50.
- Meneguzzo, D.M., Liknes, G.C. & Nelson, M.D., 2013, **Mapping Trees Outside Forests Using High-Resolution Aerial Imagery: A Comparison of Pixel- and Object-Based Classification Approaches**, *Environ. Monit. Assess.*, 185, PP. 6261-6275.
- Michez, A., Piégay, H., Toromanoff, F., Brogna, D., Bonnet, S., Lejeune, P. & Claessens, H., 2013, **LiDAR Derived Ecological Integrity Indicators for Riparian Zones: Application to the Houille River in Southern Belgium/Northern France**, *Ecol. Indic.*, 34, PP. 627-640.
- Pal, M., 2005, **Random Forest Classifier for Remote Sensing Classification**, *Int. J. Remote Sens.*, 26, PP. 217-222.
- Roughgarden, J., Running, S.W. & Matson, P.A., 1991, **What Does Remote Sensing Do for Ecology?** *Ecology*, 72, PP. 1918-1922.
- Safari, A., Sohrabi, H., Powell, S. & Shataee, S., 2017, **A Comparative Assessment of Multi-Temporal Landsat 8 and Machine Learning Algorithms for Estimating Aboveground Carbon Stock in Coppice Oak Forests**, *Int. J. Remote Sens.*, 38, PP. 6407-6432.
- Shi, L., Liu, Q., Huang, C., Li, H. & Liu, G., 2020, **Comparing Pixel-Based Random Forest and the Object-Based Support Vector Machine Approaches to Map the Quasi-Circular Vegetation Patches Using Individual Seasonal Fused GF-1 Imagery**, *IEEE Access.*, 8, PP. 228955-228966.
- Soleimannejad, L., Ullah, S., Abedi, R., Dees, M. & Koch, B., 2019, **Evaluating the Potential of Sentinel-2, Landsat-8, and Irs Satellite Images in Tree Species Classification of Hyrcanian Forest of Iran Using Random Forest**, *J. Sustain. For.*, 38, PP. 615-628.
- Timm, B.C. & McGarigal, K., 2012, **Fine-Scale Remotely-Sensed Cover Mapping of Coastal Dune and Salt Marsh Ecosystems at Cape Cod National Seashore Using Random Forests**, *Remote Sens. Environ.*, 127, PP. 106-117.
- Vuolo, F., Neuwirth, M., Immitzer, M., Atzberger, C. & Ng, W.T., 2018, **How Much Does Multi-Temporal Sentinel-2 Data Improve Crop Type Classification?** *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 72, PP. 122-130.
- Zhang, W., Brandt, M., Wang, Q., Prishchepov, A.V., Tucker, C.J., Li, Y., Lyu, H. & Fensholt, R., 2019, **From Woody Cover to Woody Canopies: How Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Advance the Mapping of Woody Plants in Savannas**, *Remote Sens. Environ.*, 234, P. 111465.



نسخه از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال سیزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰
Vol.13, No. 3, Autumn 2021

19-32

Mapping Vegetation in Riparian Areas Using Pixel-Based and Object-Based Classification of Sentinel-2 Multi-Temporal Imagery

Daryaei A.¹, Sohrabi H.^{2*}, Atzberger C.³, Immitzer M.⁴

1. Ph.D. Student, Dep. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University
2. Associate Prof., Dep. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University
3. Prof. of Institute of Geomatics, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU)
4. Assistant Prof., Institute of Geomatics, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU)

Abstract

Despite the low area coverage, riparian vegetation presents several ecosystem services. But there is no precise spatial information on these ecosystems in Iran. Considering the lack of such information, mapping and providing a spatial database is essential. Due to the mixture of these vegetation types and other land covers, the detection of these types of vegetation is challenging, and choosing an appropriate classification method is of great significance. This study examines the performance of pixel-based and object-based classification approaches for the detection of these vegetation types using freely available Sentinel-2 imagery. Five different riparian areas in Chaharmahal-va-Bkhtiari province were selected and used for training the classification models. We used random forest algorithm and multi-temporal Sentinel-2 data to perform the classification models. The validation of classification models was based on independent validation points spread across the province. Our results showed that multi-temporal Sentinel-2 imagery has a high capability to map riparian vegetation in the Zagros Mountains. Moreover, the pixel-based classification approach (overall accuracy of 83.9%) represents more accurate results compared to the object-based classification approach (overall accuracy of 76.7%). Overall, this study recommends a pixel-based classification approach to map these vegetation types using freely available multi-temporal Sentinel-2 imagery. Note that it is important to use pure pixels for training the classification models.

Keywords: Sentinel-2, Multi-temporal imagery, Random forest, Vegetation, Riparian.

* Correspondence Address: Dep. of Forestry, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, 46417-76489, Nur, Mazandaran.

Email: hsohrabi@modares.ac.ir