

ارزیابی و تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز نیرچای با استفاده از روش شیء گرا

موسی عابدینی*^۱، امیرحسام پاسبان^۲، بهروز نظافت تکلہ^۳

۱. استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

Abedini@uma.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

۳. دانشجوی دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸

چکیده

طبقه‌بندی جهت استخراج کاربری‌های اراضی همیشه یکی از مهم‌ترین کاربردهای سنجش از دور بوده و به همین دلیل روش‌های متفاوتی ایجاد شده‌اند. با گذشت زمان روش‌های پیشرفته‌تر و با دقت بالاتری به وجود آمدند که باعث افزایش دقت شده و در استخراج کلاس‌هایی که از نظر طیفی به هم نزدیک‌تر بودند بهتر عمل کرده‌اند. الگوریتم‌های شناسایی تغییرات در تصاویر سنجش از دور به دو دسته پیکسل پایه و شیء گرا بر پایه حداقل واحد پردازش تقسیم می‌شوند. هدف از این پژوهش ارزیابی و تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز نیرچای در استان اردبیل با استفاده از روش شیء گرا می‌باشد. طبقه‌بندی کاربری اراضی شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویر با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چند مقیاسه در محیط نرم افزار eCognition انجام شد. سپس این قطعات انتخاب شده و با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه شیء گرا طبقه‌بندی و ارزیابی صحت انجام شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیء گرا با صحت کلی ۹۹ و ضریب کاپای ۰/۸۸ درصد که نشان‌دهنده صحت بالای روش شیء گرا در طبقه‌بندی است. همچنین نقشه کاربری اراضی نشان داد که کاربری مناطق آبی و مراتع ضعیف به ترتیب کم‌ترین (۷۰ هکتار) و بیش‌ترین (۸۰۶۹ هکتار) مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. **کلید واژه‌ها:** کاربری اراضی، پوشش زمین، شیء گرا، نزدیک‌ترین همسایه، نیرچای.

مقدمه

افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش نیازهای جوامع بشری، موجب استفاده بی‌رویه و نادرست از منابع طبیعی شده است به طوری که در اثر توسعه جوامع بشری و فعالیت‌های کشاورزی، تخریب اراضی جنگلی و مرتعی و تبدیل آن‌ها به زمین‌های زراعی و مسکونی بسیار محسوس بوده است. این موضوع، موجب افزایش دبی اوج و حجم رواناب حوزه‌های آبخیز شده است (Pappas et al., 2021). تغییرات کاربری اراضی به منظور تأمین غذا و افزایش مناطق مسکونی، یکی از مهمترین تأثیرات انسان در محیط زیست جهانی و همچنین، تغییرات در چرخه آب و هوا و فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه است (Luo et al., 2019). بنابراین، با توجه به اثرات تغییرات کاربری اراضی در زندگی انسان و محیط زیست، شناخت کامل از کاربری اراضی، تغییرات گذشته آن و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده، نقش مهمی در مدیریت پایدار منابع و مطالعات زیست محیطی دارد (Hietal et al., 2020). به عبارتی دیگر کاربری اراضی بازتاب کنش‌های میان انسان و محیط زیست و نیز توصیف‌کننده نحوه بهره‌برداری متنوع انسان از مکان است (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲). استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند شناخت مناسبی نسبت به چگونگی تغییرات کاربری اراضی و مدیریت بهینه آن توجیه نماید اطلاعات ماهواره‌ای با توجه به توانایی پوشش سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه، فرآیند تکرارپذیری پردازش داده‌ها، به‌روزرسانی آن‌ها و زمان و هزینه اندک می‌تواند در تهیه نقشه‌ها و مدیریت آن مناطق کاربرد بهتری داشته باشد. در این راستا تصاویر دوره‌ای ماهواره لندست، یکی از مهم‌ترین منابع داده‌ای برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش زمین و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به وسیله طبقه‌بندی است (اسمعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). انتخاب روش و الگوریتم مناسب جهت بازیابی و کشف این تغییرات اقدامی مهم و اساسی است (کاظمی‌نیا، ۱۳۹۶). روش‌های طبقه‌بندی، به‌عنوان روش‌هایی با ضریب اطمینان بالا نسبت به روش‌های دیگر استخراج اطلاعات استفاده می‌شوند هم‌چنین اخیراً روش تقسیم‌بندی و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای تکنولوژی شی‌اگرا است (خضری و سلیمانی، ۱۳۹۶). طبقه‌بندی شی‌اگرا، فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویر ارتباط می‌دهد و در آن علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به بافت، شکل و تن رنگ در فرآیند طبقه‌بندی استفاده می‌شود (Lillesand et al., 2015). هم‌چنین با اطلاع از روند تغییرات کاربری زمین می‌توان در راستای جلوگیری از فرسایش خاک و هدایت اکوسیستم، به سمت تعادل و پایداری قدم برداشت (Zhang et al., 2020; Han et al., 2020). تاکنون پژوهش‌های زیادی در مورد تهیه و طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌اگرا در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است برای مثال، Stehman (۲۰۰۴)، از روش شی‌اگرا برای ارزیابی تغییرات اراضی استفاده و این روش را یک روش کارآمد در این ارتباط عنوان کرده است. Myint و همکاران (۲۰۱۲)، با مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شی‌اگرا اقدام به بررسی و تفکیک پوشش اراضی شهری با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک بالا با برتری روش شی‌اگرا نموده است. Sundarakumar و همکاران (۲۰۲۰)، تغییرات پوشش زمین و تحلیل پراکندگی شهری در شهر ویجیواوا در هند را با اسووتفاده از داده‌های لندست در طول ۳۶ سال بررسی کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه، مناطق شهری ۳۷/۲۸ درصد افزایش و زمین‌های کشاورزی و جنگلی هرکدام به ترتیب

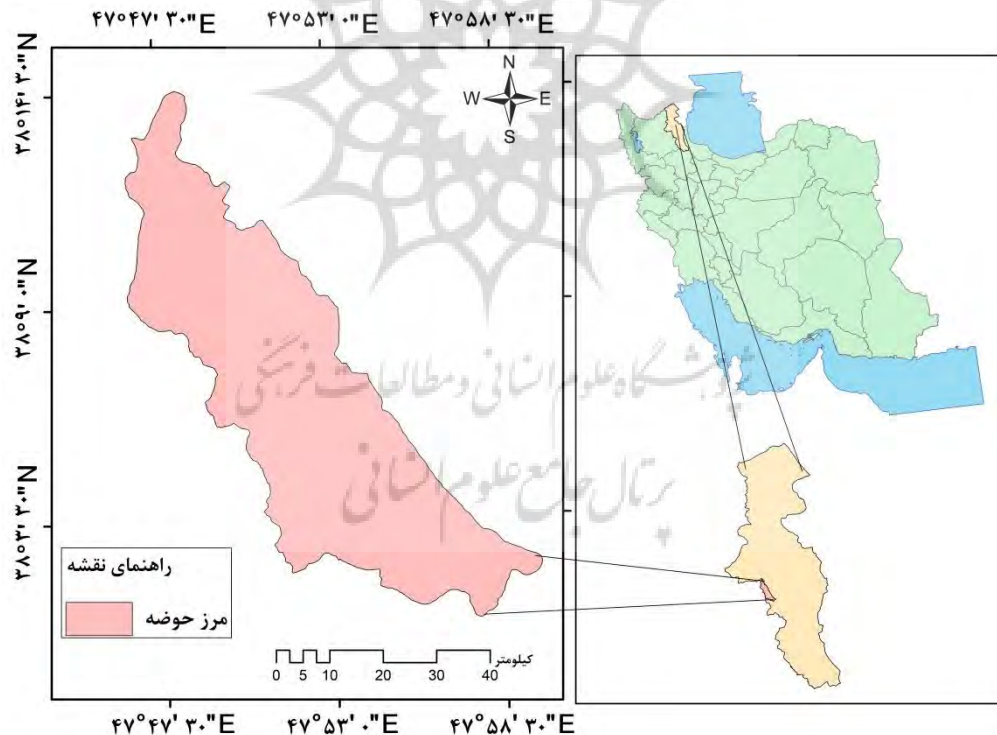
۱۶/۶۵ و ۶۰/۹۸ درصد کاهش پیدا کردند. Mackie (۲۰۲۰)، در پژوهشی به تحلیل ساختار روش شیء‌گرا پرداخته و نشان داد که در این روش داده‌ها با هم ترکیب شده و قطعاتی را ایجاد می‌کنند که این قطعات کمک بسیاری به حل مشکلات طبقه‌بندی و افزایش دقت تصویر نهایی می‌کند. Batar و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی و تقسیم جنگل در منطقه هیمالیان گاروال هند پرداختند. برای تجزیه و تحلیل تغییرات مشاهده شده در پوشش اراضی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۴ در منطقه هیمالیان گاروال از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که فعالیت‌های انسانی علل اصلی از دست دادن پوشش جنگل و تکه تکه شدن جنگل هستند، در حالی که عوامل طبیعی کمک به بهبود زمین‌های از دست رفته و غیرجنگلی می‌کنند. Igue و همکاران (۲۰۲۲) نقشه کاربری اراضی حوزه اویم و اونین را با استفاده از روش شیء‌گرا انجام دادند که با صحت کلی ۸۷ درصد به عنوان کارآمدترین روش بیان نمودند. در ایران نیز آرخی (۱۳۹۴)، با هدف آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرا در منطقه آبدانان پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که ضرایب ارزیابی صحت کل و شاخص کاپا به ترتیب برابر با ۹۵ و ۹۴ درصد نشان دهنده صحت بالای این روش طبقه‌بندی است. فتحی‌زاد و همکاران (۱۳۹۴)، در مقایسه کارایی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ به این نتیجه رسیدند که روش شیء‌گرا، با دقت کل ۹۵/۳۰ و ضریب کاپای ۹۰/۸۸ درصد نسبت به روش‌های دیگر از دقت بالاتری برخوردار است. امیدپور و همکاران (۱۳۹۷)، به تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرا در شهر ملکشاهی استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که ۰/۱۱ درصد و کاربری جنگل کم تراکم با ۵۲/۶ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین کاربری منطقه را تشکیل می‌دهند. ضریب کاپا و صحت کلی تصویر طبقه‌بندی شده به ترتیب برابر با ۹۳ و ۹۶ درصد است که دقیق بودن روش شیء‌گرا را به اثبات می‌رساند. غفاری و همکاران (۱۳۹۷)، به مقایسه عملکرد روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان پرداختند. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیء‌گرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. عابدینی و همکاران (۱۴۰۰)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های شیء‌گرا و پیکسل پایه در حوضه مردق چای را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که بر اساس نتایج حاصله از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، بیشترین میزان تغییر حادث شده مربوط به کاربری مرتع متراکم به مرتع متوسط با مقدار ۳۵/۴۴۸، کاربری خاک به مرتع متوسط با مقدار ۲۷/۶۸۶ و مرتع متوسط به مناطق مسکونی با مقدار ۲۱/۳۴۷ کیلومتر مربع می‌باشد. همچنین کمترین تغییرات حادث شده مربوط به کاربری کوهستان به خاک با مقدار ۰/۰۱۵، مناطق مسکونی به مرتع متراکم با مقدار ۰/۰۲۳ و مرتع متراکم به خاک با مقدار ۰/۰۸۱ کیلومتر مربع می‌باشد نتایج ایشان نشان از دقت بالای روش شیء‌گرا در طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی را نشان می‌دهد. حاجی و همکاران (۱۴۰۱)، به ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای در حوزه آبخیز روضه‌چای ارومیه پرداختند. نتایج نشان‌دهنده صحت بالای روش شیء‌گرا در طبقه‌بندی است.

مددی و همکاران (۱۴۰۱)، به منظور بررسی ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین در شهرستان کوثر پرداختند. نتایج نشان داد که روش شیء‌گرا از دقت قابل توجهی در طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی دارد. هدف از این پژوهش ارزیابی و تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز نیرچای در استان اردبیل با استفاده از روش شیء‌گرا می‌باشد.

روش تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی حوضه آبخیز نیرچای با مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی در محدوده شهرستان‌های نیر و سرعین در استان اردبیل و سراب در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. آبراه اصلی این حوضه، رودخانه نیرچای به طول تقریبی ۴۲ کیلومتر می‌باشد که از زمین‌های پوشیده از برف توده آتشفشانی سبلان سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از زهکشی قسمت‌هایی از دامنه‌های جنوبی توده آتشفشانی سبلان و دریافت چندین انشعاب فرعی پس از عبور از شهر نیر به رودخانه بالخلی‌چای منتهی می‌شود. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز نیرچای ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز نیرچای در سطح استان اردبیل، منبع: نویسندگان ۱۴۰۱.

مواد و روش‌ها

در پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتخاب زمان مناسب تصاویر اخذ شده جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، بسیار مهم می‌باشد بنابراین در پژوهش حاضر تصاویر سری لندست شامل لندست ۸ با سنجه OLI در شرایط بدون ابرناکی (پاسبان و همکاران، ۱۴۰۱؛ Basukala et al., 2017) با گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۴ برای سال ۲۰۲۰/۰۶/۲۱ تیر ۱۳۹۹ می‌باشد. این تصویر به فرمت GeoTiff از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) تهیه گردید. در انجام این مطالعه از نرم افزارهای Google Earth، Arc GIS 10.8، Envi 5.6 و جهت طبقه‌بندی از نرم افزار eCognition استفاده گردید.

تصحیحات اتمسفری و تصحیح رادیومتریک

دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی (Coppin et al., 2004). کاهش تیرگی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی است که بطور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (Chavez, 1996). در این پژوهش از روش کاهش تیرگی جهت تصحیح رادیومتریک استفاده شد.

طبقه‌بندی شیء‌گرا

در این روش اساس تجزیه و تحلیل‌ها به جای پیکسل، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها با عنوان پدیده‌های تصویری است که در نتیجه فرایند قطعه‌بندی حاصل می‌شوند. در مرحله بعد براساس نمونه‌های تعلیمی بر مبنای منطق فازی طبقه‌بندی انجام می‌گیرد. مهم‌ترین مرحله در طبقه‌بندی شیء‌گرا قطعه‌بندی تصویر است (فیضی‌زاده، ۱۳۹۶).

قطعه‌بندی

قطعه‌بندی، فرایند یکپارچه‌سازی پیکسل‌ها براساس همگنی پدیده‌های تصویری است و براساس سه شاخص رنگ، شکل، فشردگی، همواری و شاخص مقیاس کنترل می‌شود (Baatz and Schape, 1999). قطعات باید در داخل خود همگن بوده و تنها نماینده یک طبقه باشند، نه ترکیبی از چند طبقه و در عین حال باید در کل تصویر، ناهمگنی و اختلاف بین پدیده‌های مجاور وجود داشته باشد (Definiens, 2006). ایجاد شبکه سلسله مراتب قطعه‌بندی با استفاده از شاخص مقیاس امکان‌پذیر است که در آن سطوح مختلفی از قطعات ایجاد می‌شوند. در این سلسله مراتب قطعات کوچک‌تر همواره محاط در قطعات سطوح بالاتر هستند. قطعه‌بندی با استفاده از شاخص مقیاس امکان‌پذیر است که در آن سطوح مختلفی از قطعات ایجاد می‌شوند.

ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی

به منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی شده به صورت کمی می‌توان آن را به صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر دقت کاربر، صحت تولیدکننده، صحت کلی و ضریب کاپا را برای بیان دقت محاسبه نمود. صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند) به کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به دست آمد. همان‌طور که از اسم آن مشخص است صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هر کدام از طبقات را به طور مجزا محاسبه کند. صحت کلی با رابطه (۱)، قابل بیان می‌باشد.

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N N_{kk}}{n} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه OA صحت کلی $\sum_{k=1}^N N_{kk} = 1$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و n کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده می‌باشد.

با توجه به این که برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش‌های آماری می‌باشد که با رابطه (۲) قابل بیان است (کنگلتون، ۱۹۹۹).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه K شاخص کاپا، r تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، X_{ii} تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس)، X_{io} مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری)، X_{oi} مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری) و N مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی می‌باشد.

در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند، از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج

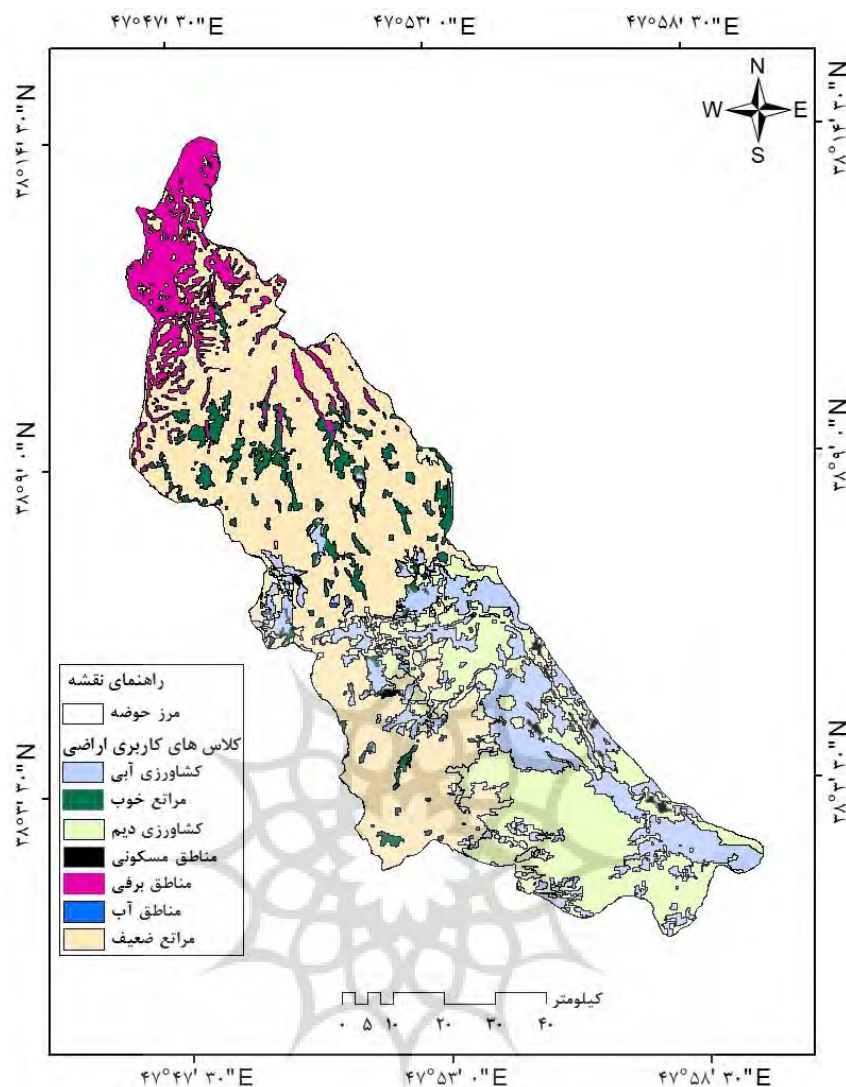
پس از انجام تصحیحات رادیومتریک بر روی تصویر که در نرم افزار Envi 5.6 انجام گرفت اقدام به طبقه‌بندی تصویر بر اساس روش شیء‌گرا در نرم افزار eCognition شد. مرحله اول در طبقه بندی به روش شیء‌گرا قطعه بندی تصویر بر اساس چهار فاکتور پهنای پنجره، تفرانس تشابه، میانگین وزنی، و فاکتور واریانس وزنی می باشند که نرم افزار بر اساس این چهار ویژگی تصویر را به قطعات همگن تقسیم می کند (معمولا بهترین میزان این فاکتورها با آزمون و خطا به دست می آید). در مرحله بعد بر مبنای تصویر قطعه بندی شده و براساس نمونه تعلیمی انتخاب شده از میان آنها تصویر را با یکی از روش های طبقه بندی پیکسل پایه طبقه بندی می کند (معمولا از روش حداقل فاصله از میانگین).

در نهایت نرم افزار بر اساس تصویر قطعه بندی شده و طبقه بندی پیکسل پایه انجام شده بر روی تصویر، تصویر را با روش شیء گرا طبقه بندی می کند. پس از طبقه بندی تصویر مساحت هر کاربری بر حسب هکتار به دست آمد (جدول ۱). برای ارزیابی میزان دقت تصویر تولید شده با استفاده از شاخص های ضریب کاپا و صحت کل دقت تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل (۲) نقشه کاربری اراضی (سال ۱۳۹۹) حوضه آبخیز نیر چای استخراج شده با روش شیء گرا ارائه شده است.

جدول ۱: مساحت کاربری اراضی های موجود در منطقه و دقت نقشه تولید شده، منبع: نویسندگان ۱۴۰۱.

نوع کاربری	مساحت (بر حسب هکتار)	دقت کلی (بر حسب درصد)	ضریب کاپا (بر حسب درصد)
کشاورزی آبی	۲۳۴۳	۹۹	۰/۸۸
مراعات خوب	۸۷۶		
کشاورزی دیم	۳۵۱۱		
مناطق مسکونی	۷۰		
مناطق برفی	۱۳۳۵		
مناطق آبی	۷		
مراعات ضعیف	۸۰۶۹		
مجموع	۱۶۲۱۱		

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی (سال ۱۳۹۹) حوضه آبخیز نیرچای، منبع: نویسندگان ۱۴۰۱.

نتیجه گیری

در این تحقیق طبقه‌بندی تصویر منطقه مورد مطالعه جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از شیء‌گرا انجام شد. پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای تصحیحات لازم و پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر و انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب انجام شد تا از نظر وجود خطاهای هندسی و اتمسفری بررسی و تصحیح شود. همچنین این روش به علت استفاده از زمینه قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی پیکسل پایه دارای هیچ‌گونه نویز و اختلال در تصویر نیست و نیازی به استفاده از فیلتر ندارد که نشان از برتری این روش نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه‌بندی نشان از دقت بالای این روش دارد که با صحت کلی ۹۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۸ درصد است. با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که روش شیء‌گرا روشی مطمئن و دقیق در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد. لذا ضروری می‌باشد برای

استفاده در پژوهش های دیگر این روش با سایر روش های متداول و عمومی از قبیل شبکه عصبی، فازی و یا روش های پیکسل پایه مقایسه گردد. نتایج این مطالعه مشابه نتایجی است که سایر محققین انجام داده اند برای مثال، فتحی زاد و همکاران (۱۳۹۴) در مقایسه کارایی روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا با استفاده از داده های ماهواره لندست ۸ به این نتیجه رسیدند که روش شیء گرا، با دقت کل ۹۵/۳۰ و ضریب کاپای ۹۰/۸۸ درصد نسبت به روش های دیگر از دقت بالاتری برخوردار است. Igue و همکاران (۲۰۲۲) نقشه کاربری اراضی حوزه اویم و اونین را با استفاده از روش شیء گرا انجام دادند که با صحت کلی ۸۷ درصد به عنوان کارآمدترین روش بیان نمودند.

منابع

- آرخی، ص. ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای با استفاده از نرم افزار Idrisi selva در منطقه آبدانان، اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۴(۹۵): ۵۱-۶۲.
- اسمعیل پور، ف.، سرائی، م.ح.، رضایی، م.ر.، اسمعیل پور، ن. ۱۳۹۸. پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و تعیین الگوی رشد شهری با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف و تصاویر ماهواره ای چندزمانه (مورد پژوهی: شهر اراک)، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۷(۱): ۱۱۳-۱۴۷.
- امیدی پور، ر.، آزاد، ب.، یوسفی، ع.، شریفی مقدم، ا.، محمدی، ع. ر. ۱۳۹۷. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از طبقه بندی شیء گرا، اطلاعات جغرافیایی، ۳۶(۱۲): ۲۰۵-۲۱۵.
- حاجی، خ.، اسمعیل عوری، ا.، مصطفی زاده، ر. ۱۴۰۱. ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای (۱۹۸۵-۲۰۱۵) در حوزه آبخیز روضه چای ارومیه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۶): ۱۷۱-۱۸۹.
- خضری احمدآباد، م.، سلیمانی، ک. ۱۳۹۶. کاربرد تصاویر ماهواره ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز قزل اوزن با استفاده از تکنیک فیوژن و پردازش شیء گرا، کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی، ۸(۳): ۱۳-۲۱.
- رضایی مقدم، م.ح.، ولی زاده، خ.، اندریانی، ص.، الماس پور، ف. ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره ای لندست، حوضه صوفه چای، مراغه، ۱۶(۵۵): ۸۵-۶۵.

- سلمانی، س.، ابراهیمی، ح.، محمدزاده، ک.، ولی زاده، ک.خ. ۱۳۹۸. ارزیابی تکنیک های مختلف طبقه بندی شی گرا در استخراج کاربری اراضی از تصاویر ماهواره آیكونوس، اطلاعات جغرافیایی، ۲۸(۱۱۱): ۲۱۵-۲۰۵.
- عابدینی، م.، بهرام نیا، ف.، مصطفی زاده، ر.، پاسبان، ا. ح. ۱۴۰۲. بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی چای، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۲(۴۵): ۱۳۳-۱۱۴.
- عابدینی، م. ۱۴۰۰. بررسی کمی فرسایش خندقی و رسوبدهی با استفاده از شاخص های فرساینده باران، مورفومتری و رگرسیون خطی در حوضه آبخیز هرزند چای، نشریه تخریب و احیاء اراضی طبیعی، ۲(۳): ۱۱۱-۱۰۰.
- غفاری، ص.، مرادی، ح.ر.، مدر، ر. ۱۳۹۴. مقایسه روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی مطالعه موردی: دشت های اصفهان- برخوار، نجف آباد و چادگان، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۱) ۴۰-۵۷.
- فتحی زاد، ح.، تازه، م.، کلانتری، س. ۱۳۹۴. مقایسه کارآیی روش های طبقه بندی پیکسل پایه (روش های شبکه عصبی آرتمپ فازی و تصمیم گیری درختی) و شیء گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه خشک و نیمه خشک میمه، استان ایلام). خشک بوم، ۵(۲): ۶۹-۸۲.
- فیضی زاده، ب. ۱۳۹۶. مدل سازی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر سیستم فرسایش در حوضه سد علویان با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS، هیدروژئومورفولوژی، ۳(۱۱): ۲۱-۳۸.
- کاظمی نیا، ع.ر. ۱۳۹۶. کاربرد سنجش از دور و GIS در بررسی پوشش گیاهی، مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، ۹(۱): ۷۵-۸۵.
- مددی، ع.، قلعه، ا.، عبادی، ا.، نظافت تکل، ب. ۱۴۰۱. بررسی ارتباط کاربری های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی موران با استفاده از داده های تصاویر ماهواره ای لندست مطالعه موردی: شهرستان کوثر، فضای جغرافیایی، ۲۲(۷۷): ۹۹-۱۱۹.
- پاسبان، ا.ح.، عابدینی، م.، فروتن، م. ۱۴۰۱. ارزیابی و تحلیل میزان تاثیر کاربری اراضی بر فرسایش خاک با استفاده از مدل تجربی RUSLE مطالعه موردی: حوضه آبخیز بالیخوچای، استان اردبیل، جغرافیا و روابط انسانی، ۵(۳): ۲۳۸-۲۵۸.

- Baatz, M., Ursula, B., Seyed, D., Markus, H., Astrid, H., Peter, H., Iris, L., Matthias, M., Malte, S., Michaela, W. and Gregor, W., 2004. eCognition User Guide, Definiens Imaging GmbH, München Germany.

- Batar, A.K., Watanabe, T., and Kumar, A. (۲۰۲۲), Assessment of land-use/land-cover change and forest fragmentation in the Garhwal Himalayan Region of India. *Environments*, 4(34):1-16.
- Borri.D., M. Caprioli, E. Tarantino, 2005, Spatial Information Extraction from VHR Satellite Data to Detect Land Cover Transformations, Polytechnic University of Bari, Italy, pp.105.
- Chavez, P. S., Berlin, G. L. and L. B. Sowers. (1982) Statistical methods for selecting Landsat MSS ratio. *Journal of Applied Photogrammetric Engineering*, 8(1):23-30.
- Congalton, R.G., and K. Green. (2009) *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. 2nd Ed, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton Florida. 179P.
- Definiens Imaging GmbH, 2006. *Defines Professional5 User Guide*, <http://www.definiens.com/Userguide.pdf> 249 pp.
- Han, J., Ge, W., Hei, Z., Cong, C., Ma, C., Xie, M., Liu, B., Feng, W., Wang, F., Jiao, J. 2020. Agricultural land-use and management weaken the soil erosion induced by extreme rainstorms, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301: 107047.
- Hietel, E., R. Waldhardt and A. Otte. 2020. Analyzing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse Germany. *Landscape Ecology*, 19: 473–489.
- Igué A.M., Houndagba C. J., Gaiser T. and K. Stahr. (۲۰۲۲) Accuracy of the Land Use/Cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa), *International Journal of AgriScience*, 2(2): 174-184.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R.W. and J. W., Chipman. (2008) *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, Inc., 6th Ed., 812p.
- Luo, G., Ch. Yin, X. Chen, W. Xu and L. Lu. 2019. Combining system dynamic model and CLUE-s model to improve land use scenario analyses at regional scale, a case study of Sangong Watershed in Xinjiang, China. *Ecological Complexity*, 7: 198–207.
- Mackie, R.I. (۲۰۲۰), Dynamic analysis of structures on multicore computers-achieving efficiency through object oriented design. *Advances in Engineering Software*, 66: 3-9.
- Myint, S. W., Gober P., Brazel A., Grossman-Clarke, S., Q., Weng. (2012) Per-pixel vs. object-based classification of urban land covers extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115: 1145–1161.
- Pappas, E.A., D.R. Smith, C. Huang, W.C. Shuster and J.V. Bonta. 2021. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation. *Catena*, 72(1): 146-152.
- Stehman, S. V. (2004) A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 70: 743– 751.
- Sundarakumar, K., Harika, M., Begum, S.A., Yamini, S., and Balakrishna, K. (۲۰۲۰), Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada City using a Landsat data. *Engineering Science & Technology*, 4: 170-178.
- Zhang, Y., Zhang, X., Bi, Z., Yu, Y., Shi, P., Ren, L., & Shan, Z. 2020. The impact of land-use changes and erosion process on heavy metal distribution in the hilly area of the Loess Plateau, China, *Science of The Total Environment*, 718: 137305.