

مقایسه دقت روش‌های پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی

(مطالعه موردی: حوضه سملقان)

زهرا زراعتکار^{۱*}؛ علی شهیدی^۲ و هادی معماریان خلیل‌آباد^۳

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۸ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۶)

چکیده:

برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع و کنترل و مهار تغییرات غیر اصولی در آینده، نیازمند مطالعه میزان تغییرات و تخریب منابع می‌باشد. در واقع برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی، بایستی شناخت کاملی از کاربری اراضی، آشکارسازی، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی در بلندمدت داشته باشند. این مطالعه با هدف مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا در استخراج کاربری اراضی حوضه سملقان در سه مقطع زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۹ انجام شد. نتایج نشان داد که الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان برای تصاویر سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ و شبکه عصبی برای تصویر سال ۲۰۰۲ در روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا از بیشترین مقدار صحت کلی و ضریب کاپا برخوردار می‌باشد. همچنین، واضح‌ترین تغییری که با مقایسه نقشه‌های کاربری تهیه شده مشاهده می‌شود، تغییر سطح کاربری‌ها با رشد مناطق مسکونی، دیم و جنگل است و این گسترش به صورت مستمری با کاهش کاربری مرتعی همراه بوده است. بدین‌صورت که از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۹ مساحت کاربری مسکونی بیش از ۹/۱۹۷ کیلومتر مربع و اراضی دیم در طی این سال‌ها به میزان ۱۳۰/۸۹ کیلومتر مربع و جنگل ۱۱۸/۹۲ کیلومتر مربع افزایش، اراضی کشاورزی آبی نیز ۴۴/۴۵ کیلومتر مربع افزایش و کاربری مرتع نیز به میزان ۲۷۲/۳ کیلومتر مربع کاهش یافته است. نتایج ارزیابی نشان داد که الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی نسبت به روش‌های دیگر از دقت بیشتری برخوردار است. به دلیل ماهیت مقایسه‌ای این پژوهش، نتایج آن برای شناسایی روش‌های بهینه در تولید و تهیه نقشه کاربری اراضی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

کلید واژگان: کاربری اراضی، پیکسل‌مبنا، شیء‌گرا، طبقه‌بندی نظارت شده، ضریب کاپا

۱. مقدمه

تهیه نقشه کاربری و طبقه‌بندی اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، دو رویکرد مبتنی بر پیکسل‌مبنا و شی‌گرا وجود دارد (Wang et al., 2004). روش پیکسل‌مبنا مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی پیکسل‌های تصویر است، و روش شی‌گرا که علاوه بر ارزش‌های عددی تصاویر، اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه را نیز در فرایند طبقه‌بندی تصاویر به کار می‌گیرد (Akbari et al., 1390). انتخاب مناسب‌ترین روش برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با توجه به تنوع منابع مطالعاتی، داده‌های آموزشی و عوارض زمینی، پارامترهای سگمنت‌سازی^۲ و همچنین بازتاب‌های طیفی مختلف در شرایط متفاوت از عوارض زمینی مانع از انتخاب یک رویکرد واحد با پارامترهای مشخص برای طبقه‌بندی تصاویر شده است (Li et al., 2016). از این‌رو بررسی تکنیک‌های مختلف پردازش تصاویر ماهواره‌ای در شرایط متفاوت به عنوان یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مناسب برای پژوهشگران مطرح گردیده است. نظر به اهمیت موضوع تاکنون محققین مختلفی به بررسی و مقایسه الگوریتم‌های مختلف در پردازش پیکسل‌مبنا و شی‌گرا پرداخته‌اند. Khazaei و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهش خود به مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی جهت طبقه‌بندی پوشش زمین در دشت یزد-اردکان پرداخته و نتیجه گرفتند که الگوریتم‌های حداکثر احتمال، فاصله ماهالانوبی^۳ و ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش‌های دیگر از دقت بالاتری برخوردار بودند. Li و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی با استفاده از تصاویر پهباد به مقایسه تکنیک‌های پردازش شی‌گرا تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی کاربری اراضی در یک منطقه کشاورزی پرداخته و

زمین منبع طبیعی، محدود و تجدیدناپذیری است که مستقیماً تحت تأثیر فشارهای ناشی از رشد جمعیت بوده و خواهد بود. افزایش روزافزون جمعیت، فشار بر عرصه‌های طبیعی را افزایش داده و بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از اراضی و تغییر کاربری‌ها باعث عکس-العمل‌های متفاوت اکوسیستم‌ها شده است (Lu and Weng, 2007). همچنین، بهره‌برداری بی‌رویه و ناپایدار از منابع زمین، آب و هوا موجب پیدایش تغییرات آب و هوایی و زیست‌محیطی، کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی و افزایش گرسنگی، سوء تغذیه و بیماری شده است. این موضوع با افزایش جمعیت، همچنان ادامه خواهد داشت و در صورت عدم چاره‌اندیشی، بشر را با چالش گسترده‌تری مواجه خواهد نمود (FAO, 2010). بدون شک توسعه بدون برنامه‌ریزی به معنای از دست رفتن منابع آب و خاک است. لذا دسترسی به اطلاعات به‌روز و آگاهی از روند این تغییرات از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزارهای مدیریت در هر سازمانی می‌باشد. بنابراین آگاهی از این تغییرات، با مشخص نمودن نوع کاربری میسر می‌گردد. از طرفی دیگر، به دلیل آنکه تغییرات کاربری اراضی در مقیاس وسیع صورت می‌گیرد، بی‌گمان بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در مطالعات محیطی، امکان برآورد دقیق، صحیح و سریع این تغییرات میسر نمی‌باشد. امروز علم سنجش از دور با فراهم آوردن داده‌های به‌روز و به‌هنگام به عنوان سریع‌ترین راه دسترسی به داده‌های علوم زمین شناخته می‌شود. در حال حاضر، جهت

2 -Segmentation

3- Mahalanobis Distance

جنگل تصادفی^۴، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی در روش پردازش پیکسل‌مبنا و الگوریتم نزدیکترین همسایه در پردازش شی‌گرا برای ارزیابی عملکرد آن‌ها در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای لندست حوضه سملقان است. برای انجام طبقه‌بندی های فوق بر روی تصاویر، پیش‌پردازش‌های لازم شامل تصحیحات ژئومتریکی، رادیومتریکی و اتمسفریک انجام گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی منطقه مطالعاتی

محدوده مطالعاتی سملقان با وسعتی معادل ۱۱۲۰ کیلومترمربع در حوضه آبریز اترک و در استان خراسان شمالی واقع شده است که مساحتی در حدود ۳۲۱ کیلومترمربع آن ارتفاعات و مابقی شامل محدوده دشت و آبخوان می‌باشد. این محدوده بین مختصات جغرافیایی ۲۵' - ۲۵' الی ۵۶' - ۰۶' طول شرقی و ۲۱' - ۳۷' الی ۳۹' - ۳۷' عرض شمالی واقع شده است. مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقاط از سطح دریا به ترتیب ۲۵۱۱ و ۵۱۱ متر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی سملقان در حوضه آبریز اترک در استان خراسان شمالی، در شکل ۱ نمایش داده شده است. در این تحقیق، برای بررسی کاربری اراضی حوضه سملقان، از تصاویر ماهواره لندست استفاده گردید که این تصاویر از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS^۵) قابل دسترس است. پس از بررسی تصاویر موجود، از آنجا که در پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتخاب زمان مناسب تصاویر اخذ شده برای تهیه نقشه کاربری اراضی، بسیار اهمیت دارد، بنابراین با در نظرگرفتن زمان برداشت محصولات زراعی و باغی،

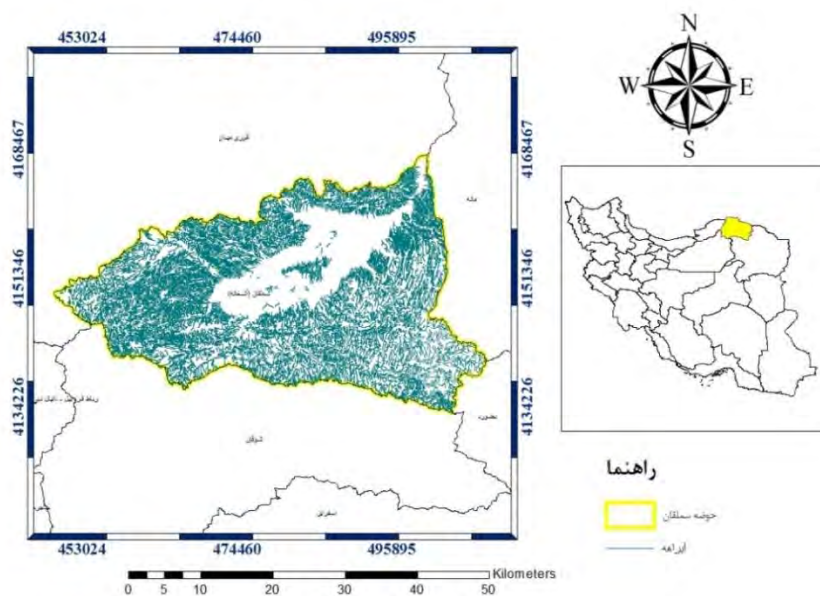
نتایج حاصل نشان دهنده دقت بسیار بالای طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان بوده است. Esetlili و همکاران (۲۰۱۸) برای تهیه نقشه‌ی تیپ‌بندی محصولات کشاورزی و پایش آن در دشت اژه ترکیه، از داده‌های ماهواره‌ای Rapid eye و سه روش طبقه‌بندی ماکزیمم شباهت، ماشین بردار پشتیبان و روش شی‌گرا استفاده کردند. بررسی ضرایب کاپا نشان داد که روش شی‌گرا نسبت به روش‌های دیگر، طبقه‌بندی دقیق‌تری ارائه داده است. Oswald و Lichtblau (۲۰۱۹)، در تحقیق خود به طبقه‌بندی مناطق غیرقابل نفوذ در زیر حوضه آبشار Black Creek در رودخانه هامبر با استفاده از روش شی‌گرا پرداختند. نتایج نشان دهنده اثربخشی استفاده از روش شی‌گرا بود. Chowdhury و همکاران (۲۰۲۰)، به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه هالدا در بنگلادش با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی طی ۴۰ سال گذشته پرداختند. آن‌ها از ۵ کلاس اراضی کشاورزی، خاک لخت، مناطق مسکونی، پوشش گیاهی و عرصه‌های آبی استفاده نمودند. نتایج نشان دهنده تغییر قابل توجهی از تبدیل پوشش گیاهی و آب به بخش کشاورزی، خاک لخت و مناطق مسکونی بود. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده به نظر می‌رسد که انتخاب روش مناسب برای طبقه‌بندی کاربری اراضی، تحت تاثیر ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و همچنین ویژگی‌های پیکسل‌های آموزش و کنترل زمینی متفاوت می‌باشد. در این پژوهش، حوضه سملقان، به دلیل تغییرات چشم‌گیری که در کاربری اراضی این حوضه رخ داده است، به منظور بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی انتخاب شده است. هدف از این مطالعه مقایسه الگوریتم‌های حداکثر احتمال،

5- <https://earthexplorer.usgs.gov>

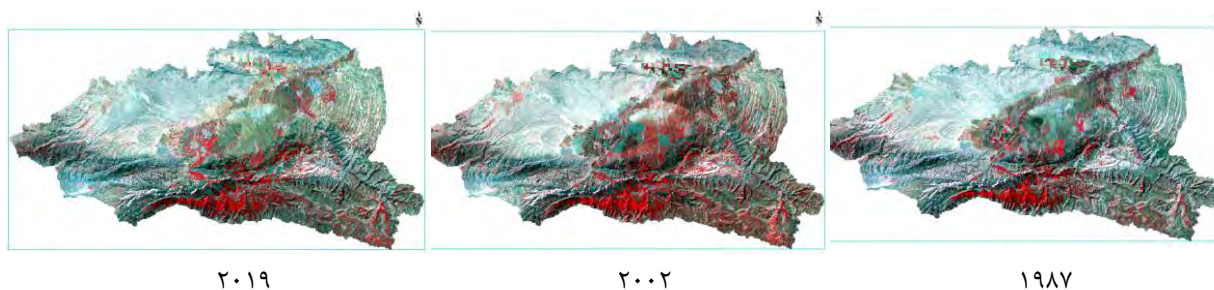
4 -Random Forest (RF)

۲۰۱۹ می‌باشد. جهت بارزسازی تصویر و تفکیک-پذیری تصویر ترکیب رنگی کاذب (FCC) استفاده شد. شکل ۲ تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق را نشان می‌دهد.

تصاویر سه دوره زمانی مربوط به ماه ژوئن سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۹ که به لحاظ میزان ابرناکی و شرایط گردوغباری مناسب بودند انتخاب گردید. همچنین تصاویر انتخاب شده مربوط سنجنده لندست ۵ برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ و لندست ۸ برای سال



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی سملقان



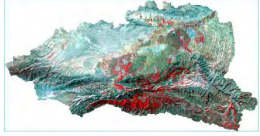

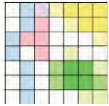

شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق (مأخذ: نگارندگان)

دشوار بود از Google Earth، کمک گرفته شد. همچنین برای افزایش دقت کار، نمونه‌های آموزشی در سطح تصویر به صورت پراکنده انتخاب گردید. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، بیش از نیمی از آن‌ها برای طبقه‌بندی اراضی و بقیه داده‌ها برای ارزیابی اختصاص داده شد. براساس ویژگی‌های طیفی طبقات انتخاب شده و سطح اراضی موجود در هر کلاس از تصاویر ماهواره‌ای، تعداد پیکسل‌های هر نمونه آموزشی و همچنین تعداد نمونه‌های آموزشی در هر فریم متفاوت بود. برای

برای انجام طبقه‌بندی‌های فوق بر روی تصاویر، پیش-پردازش‌های لازم شامل تصحیحات ژئومتریک، رادیومتریک و اتمسفریک انجام گرفته است. جهت جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی، ابتدا سه نقشه شامل نقشه کاربری موجود، نقشه شاخص گیاهی NDVI و نقشه رنگی کاذب از منطقه تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت و نقاط نمونه‌گیری برای هر تصویر به صورت جداگانه با استفاده از مشاهده و کنترل بصری و دانش کارشناسی انتخاب شد در مواردی که تشخیص نقاط

است با توجه به بررسی منطقه و مصاحبه‌های انجام شده، جمعاً هفت کلاس تعیین شد که شامل کلاس‌های مسکونی، فاقد پوشش گیاهی، باغ، جنگل، مرتع، اراضی دیم و زراعت آبی هستند. روند اجرای مراحل تحقیق به منظور تعیین کاربری اراضی در شکل ۳ قابل مشاهده است.

بدست‌آوردن مؤلفه‌های آماری مربوط به هر طبقه حداقل حدود ۱۰۰ پیکسل در هر طبقه نیاز است (Robert, 1987). بنابراین هرچه تعداد نمونه‌های آموزشی بیشتر و توزیع و پراکنش آن‌ها در سطح منطقه طرح یکنواخت‌تر باشد در برگیرنده اطلاعات طیفی دقیق‌تری از آن طبقه خواهد بود. لازم به ذکر

<p>اطلاعات ورودی</p> <p>تهیه تصاویر ماهواره‌ای بارزسازی تصاویر: پیش پردازش تصاویر شامل تصحیح رادیومتریک، ژئومتریک و اتمسفریک</p>  <p>نمونه‌برداری</p> 	<p>طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای</p> <p>Pixels</p>  <p>روش پیکسل مبنا</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ حداکثر احتمال (ML) ❖ ماشین بردار پشتیبان (SVM) ❖ شبکه عصبی (NN) ❖ جنگل تصادفی (RF) <p>Objects</p>  <p>روش شی‌گرا</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ نزدیکترین همسایه (KNN) ❖ ماشین بردار پشتیبان (SVM) 	<p>ارزیابی صحت</p> $O.A = \frac{\sum_{i=1}^C E_{ii}}{N}$ $\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$ $U.A_i = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^r X_{ij}}$ $P.A_j = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}}$
--	---	---

شکل ۳- مراحل اجرای تحقیق به منظور تعیین نقشه کاربری اراضی

۲-۲. معرفی روش‌های طبقه‌بندی تصاویر

ماهواره‌ای

روش پیکسل‌مبنا: در این روش، پیکسل به عنوان واحد اصلی محسوب شده و ارزش‌های عددی پیکسل‌ها، مبنای طبقه‌بندی را تشکیل می‌دهد که در آن پدیده-های دارای ارزش عددی یکسان در یک گروه یا کلاس قرار داده می‌شوند (Blaschke, Yan, 2003). در این تحقیق از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی در روش پیکسل‌مبنا استفاده شده است. در روش الگوریتم حداکثر احتمال، کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. الگوریتم ماشین‌های

در این پژوهش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به صورت پیکسل‌مبنا و شی‌گرا صورت پذیرفت و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی اقدام به طبقه‌بندی تصاویر شد. بدین ترتیب نقشه پوشش اراضی با استفاده از روش-های شی‌گرا و پیکسل مبنا در نرم‌افزار ENVI مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۹ در ۷ کلاس استخراج و سپس به منظور گرفتن خروجی و ساخت نقشه، به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد (اشکال ۴-۶). جهت طبقه‌بندی مبتنی بر شی‌گرا، از اطلاعات مربوط به ویژگی‌های هندسی کلاس‌های کاربری اراضی (شامل مقیاس، شکل و فشردگی) استفاده شد و با تجزیه و تحلیل نتایج قطعه‌بندی تصویر با پارامترهای مقیاس متفاوت، با آزمون و خطا مقادیر مناسب جهت قطعه‌بندی تصویر مورد نظر انتخاب شد.

تصویر براساس تفکیک مکانی و تفکیک طیفی تصویرها بوسیله گروهی از پیکسل مطابق با ویژگی‌های طیفی و هندسی که مفسر برای کلاس‌ها تعیین می‌کند، انجام می‌شود. (Agarwal et al., 2013). در مرحله بعد طبقه‌بندی، قطعات تولید شده در کلاس‌هایی با خواص یکسان انجام گردید. برای این منظور، از الگوریتم‌های نزدیکترین همسایه (KNN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) جهت طبقه‌بندی استفاده گردید. در فرآیند طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیکترین همسایه در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، بالاترین درجه عضویت، نزدیکترین فاصله از یک نمونه معین را نشان می‌دهد (Wijaya et al., 2015). در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان پس از انتخاب سطوح سگمنت‌سازی و براساس نمونه‌های زمینی انتخاب‌شده عمل کلاسه‌بندی بر اساس فرضیات موجود در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان انجام شد. سطوح سگمنت‌سازی براساس شکل هندسی، بافت، رنگ و توپولوژی اشیاء تصویر در سه مقیاس ۲، ۷ و ۱۰ بررسی شد.

۲-۳. شاخص‌های ارزیابی

در تحقیق حاضر جهت ارزیابی نتایج روش‌های مختلف کاربری اراضی از چهار آماره استفاده گردید که شامل دقت تولیدکننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی می‌باشند که در دامه نحوه محاسبه آن‌ها ارائه گردیده است.

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^N E_{ii}}{N} \quad (3)$$

که در آن C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطر اصلی ماتریس خطا و O.A دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (Richards, 1995). برآوردهای کاپا، با استفاده از عناصر ماتریس خطا عبارت است از:

بردار پشتیبان روش آماری یادگیری نظارت شده غیر پارامتریکی است که نخستین بار در سال ۱۹۶۵، Vladimir Vapnik آن را مطرح نمود. ماشین بردار پشتیبان یا SVM، در واقع طبقه‌بندی‌کننده‌ای دودویی است که در مورد دو کلاس مشخص و یا استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی در مرحله یادگیری، سعی در ایجاد فراصفح‌های (مرز تصمیم‌گیری) دارد که از هر دو کلاس بیشترین فاصله را داشته باشد (Suykens and Vandewalle, 1999). به طور کلی سه مرحله در طبقه‌بندی الگوریتم شبکه عصبی وجود دارد. مرحله اول، فرایندی آموزشی با استفاده از داده‌های ورودی است. مرحله دوم، فاز اعتبارسنجی است که موفقیت فاز آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند و مرحله آخر، طبقه‌بندی است که نقشه طبقه‌بندی شده پوشش یا کاربری اراضی را ایجاد می‌کند (Wijaya, 2005).

الگوریتم جنگل تصادفی: یک نوع مدرن از روش‌های درخت-پایه هستند که شامل انبوهی از درخت‌های کلاس‌بندی و رگرسیونی می‌باشند (Hasti, 2001). این الگوریتم براساس میانگین‌گیری از نتایج حاصل از تمامی درخت‌های تصمیم استوار است. در این تحقیق، برای طبقه‌بندی به روش جنگل تصادفی، از پارامترهای دیگر که شامل شاخص NDVI، متغیر Tasseled Cap (شاخص Greenness و Wetness) نیز استفاده گردیده است.

روش شیء‌گرا: در این روش، پیکسل‌های یک ناحیه با ویژگی‌های طیفی و مکانی یکسان؛ یک واحد مجزا می‌باشند که به این واحدها سگمنت یا قطعه اطلاق می‌گردد. به طور کلی این روش، از دو فرآیند قطعه‌بندی و طبقه‌بندی تشکیل شده است (Yan, 2003). در فرآیند سگمنت‌سازی، شیء‌های تصویری در سطح

$$\hat{R} = \frac{N \sum_{i=1}^N X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \quad (4)$$

که در آن N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند. دقت کاربر و دقت تولید کننده: دقت کاربر بیانگر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی است در واقع دقت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های یک سطر (کلاس) می‌باشد:

$$U.A._i = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^J X_{ij}} \quad (5)$$

دقت تولید کننده بیانگر دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی می‌باشد. محاسبه دقت تولید کننده برای هر کلاس به صورت زیر خواهد بود.

$$P.A._j = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^I X_{ij}} \quad (6)$$

۳. نتایج

در جدول ۱ پارامترهای ارزیابی صحت محاسبه شده برای هر کلاس کاربری اراضی و کل بر اساس چهار الگوریتم حداکثر احتمال (ML)، شبکه عصبی (NNC)، جنگل تصادفی (RF) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و الگوریتم نزدیکترین همسایه در نه مقیاس و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در سه مقیاس در روش طبقه‌بندی شی‌گرا آورده شده است. دقت کلی و ضریب کاپا در روش پیکسل‌مبنا، در سال ۱۹۸۷ با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۹۸/۴۲ و ۹۸ درصد، در سال ۲۰۰۲، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی به ترتیب ۹۵/۵۲ و ۹۴ درصد و در سال ۲۰۱۹ با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۹۶/۵۸ و ۹۵ درصد محاسبه شده است (جدول ۱). الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی شی‌گرا

در سه دوره مورد بررسی مقادیر بالاتری در مقایسه با الگوریتم نزدیکترین همسایه نشان داده است. به‌گونه‌ای بهترین الگوریتم طبقه‌بندی کاربری اراضی در روش شی‌گرا با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ با مقیاس ۱۰ و سال ۲۰۰۲ با مقیاس ۷ است که مقادیر صحت کلی و ضریب کاپای محاسبه شده توسط این الگوریتم بالاترین مقادیر است. دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و صحت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که برای کلاس‌های در نظر گرفته، تعیین و در جداول ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برای دوره‌های زمانی مورد بررسی ارائه شده است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی سال ۱۹۸۷ نشان می‌دهد که طبقه‌بندی اراضی باغی، کم‌ترین میزان صحت کاربر را در طبقه بندی به روش شی‌گرا (الگوریتم نزدیکترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان) و در طبقه‌بندی به روش پیکسل‌مبنا به ترتیب در الگوریتم‌های حداکثر احتمال، شبکه عصبی و جنگل تصادفی دارد، به عنوان مثال در الگوریتم حداکثر احتمال به‌گونه‌ای است که تنها ۳۶ درصد از پیکسل‌ها به درستی به این طبقه اختصاص یافته‌اند. مطابق نتایج حاصله، مشاهده شد که کلاس‌های مرتع، فاقد پوشش گیاهی، جنگل و دیم، در برخی از الگوریتم‌ها مانند ماشین بردار پشتیبان، دقت کاربر و دقت تولیدکننده ۱۰۰ درصد طبقه‌بندی شده است که نشان‌دهنده قابلیت تفکیک طیفی بالا برای این کلاس‌ها می‌باشد. بعلاوه اینکه کمترین دقت تولیدکننده در روش شبکه عصبی مربوط به کلاس زراعت دیم بوده است و دلیل این امر می‌تواند پیچیدگی یا نزدیکی مرزهای حاصل از مشابهت طیف

بالای آن با سایر کلاس‌ها باشد. برای دو دوره زمانی نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم- دیگر نیز به طور مشابه استخراج می‌شود. های منتخب سه دوزه زمانی در شکل‌های ۴-۶ ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف با مقیاس‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا

روش طبقه‌بندی	الگوریتم	مقیاس سگمنت‌سازی	سال ۱۹۸۷	سال ۲۰۰۲	سال ۲۰۱۹
پیکسل‌مینا	پشتیبان	بدون مقیاس	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)
			۸۱/۱۰	۰/۷۴	۹۰/۸۳
			۹۸/۴۲	۰/۹۸	۹۳/۸۹
			۸۲/۴۱	۰/۷۵	۹۵/۵۲
			۸۴/۲۵	۰/۷۸	۹۰/۶۳
			۳۹/۳	۰/۲۷	۶۷/۱۰
			۴۴	۰/۳۲	۷۱/۰۳
			۴۴/۵	۰/۳۱	۶۶/۶۱
			۴۶/۰۹	۰/۳۶	۶۲/۰۳
			۴۷/۱۴	۰/۳۵	۶۵/۱۴
شی‌گرا	پشتیبان (SVM)	مقیاس ۲	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)
			۸۱/۱۰	۰/۷۴	۹۰/۸۳
			۹۸/۴۲	۰/۹۸	۹۳/۸۹
			۸۲/۴۱	۰/۷۵	۹۵/۵۲
			۸۴/۲۵	۰/۷۸	۹۰/۶۳
			۳۹/۳	۰/۲۷	۶۷/۱۰
			۴۴	۰/۳۲	۷۱/۰۳
			۴۴/۵	۰/۳۱	۶۶/۶۱
			۴۶/۰۹	۰/۳۶	۶۲/۰۳
			۴۷/۱۴	۰/۳۵	۶۵/۱۴
ماشین بردار	پشتیبان (SVM)	مقیاس ۷	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)
			۸۱/۱۰	۰/۷۴	۹۰/۸۳
			۹۸/۴۲	۰/۹۸	۹۳/۸۹
			۸۲/۴۱	۰/۷۵	۹۵/۵۲
			۸۴/۲۵	۰/۷۸	۹۰/۶۳
			۳۹/۳	۰/۲۷	۶۷/۱۰
			۴۴	۰/۳۲	۷۱/۰۳
			۴۴/۵	۰/۳۱	۶۶/۶۱
			۴۶/۰۹	۰/۳۶	۶۲/۰۳
			۴۷/۱۴	۰/۳۵	۶۵/۱۴
ماشین بردار	پشتیبان (SVM)	مقیاس ۱۰	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)	دقت کلی (درصد)
			۸۱/۱۰	۰/۷۴	۹۰/۸۳
			۹۸/۴۲	۰/۹۸	۹۳/۸۹
			۸۲/۴۱	۰/۷۵	۹۵/۵۲
			۸۴/۲۵	۰/۷۸	۹۰/۶۳
			۳۹/۳	۰/۲۷	۶۷/۱۰
			۴۴	۰/۳۲	۷۱/۰۳
			۴۴/۵	۰/۳۱	۶۶/۶۱
			۴۶/۰۹	۰/۳۶	۶۲/۰۳
			۴۷/۱۴	۰/۳۵	۶۵/۱۴

جدول ۲- مقادیر دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی کاربری‌های مختلف در سال ۱۹۸۷

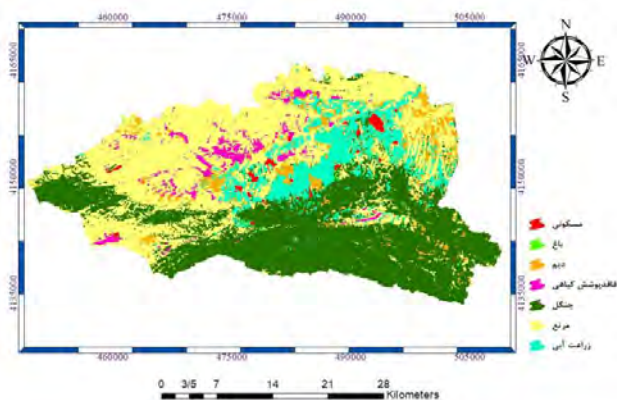
الگوریتم	روش	پارامتر آماری	باغ	مرتع	دیم	پوشش گیاهی فاقد	زراعت آبی	جنگل	صحت کلی (%)	ضریب کاپا		
حداکثر احتمال		دقت کاربر	۳۶	۸۷/۵	۶۹/۷	۱۰۰	۸۶/۸	۹۵/۶	۸۱/۱۰	۰/۷۴		
		دقت تولیدکننده	۶۶/۷	۷۱/۸	۹۷/۹	۴۴/۴	۷۸/۶	۸۵/۴				
ماشین بردار	پیکسل مبنا	دقت کاربر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۷/۵	۱۰۰	۹۸/۴۲	۰/۹۸		
پشتیبان		دقت تولیدکننده	۷۷/۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰				
شبکه عصبی		دقت کاربر	۴۷/۴	۶۹/۶	۱۰۰	۱۰۰	۷۶	۹۳/۹			۸۲/۴۱	۰/۷۵
		دقت تولیدکننده	۳۳/۳	۱۰۰	۲۱/۳	۱۰۰	۹۰/۵	۹۵/۵				
جنگل تصادفی		دقت کاربر	۴۷/۸	۷۰/۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۸	۹۱/۹	۸۴/۲۵	۰/۷۸		
		دقت تولیدکننده	۴۰/۷	۱۰۰	۷۰/۲	۱۰۰	۷۱/۴	۸۹/۹				
الگوریتم نزدیکترین همسایه	شی‌گرا (مقیاس ۱۰-فاصله ۳ واحد)	دقت کاربر	۲۱/۲	۷۳/۸	۴۵/۴	۸۸/۹	۴۹/۱	۸۹/۸	۴۶/۰۹	۰/۳۷		
	دقت تولیدکننده	۷۲/۴	۶۱/۵	۶۲/۵	۸۸/۹	۶۱/۹	۲۴/۷					
الگوریتم ماشین بردار پشتیبان	شی‌گرا (مقیاس ۱۰)	دقت کاربر	۱۵/۸	۸۷/۵	۸۲/۶	۱۰۰	۶۳/۱	۹۶/۶۳	۶۷/۴۵	۰/۵۹		
	دقت تولیدکننده	۵۱/۷	۸۹/۷	۷۹/۲	۱۰۰	۹۷/۶	۴۸/۳					

جدول ۳- مقادیر دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۰۲

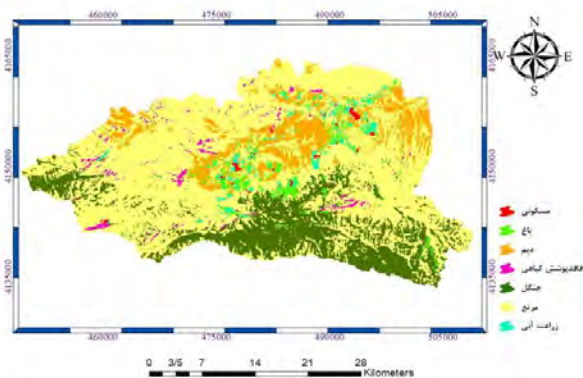
الگوریتم	روش	پارامتر آماری	باغ	مرتع	دیم	پوشش گیاهی فاقد	زراعت آبی	جنگل	صحت کلی (%)	ضریب کاپا		
حداکثر احتمال		دقت کاربر	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۶	۹۵/۵	۹۰/۸۳	۰/۸۸		
		دقت تولیدکننده	۴۳/۵	۹۶/۴	۱۰۰	۱۰۰	۸۰/۷	۹۵/۵				
ماشین بردار	پیکسل مبنا	دقت کاربر	۳۵/۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰/۲	۹۵/۲	۹۳/۸۹	۰/۹۱		
پشتیبان		دقت تولیدکننده	۲۱/۷	۹۶/۴	۱۰۰	۱۰۰	۹۲/۷	۹۹				
شبکه عصبی		دقت کاربر	۵۳/۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۵/۳	۹۵/۳			۹۵/۵۲	۰/۹۴
		دقت تولیدکننده	۳۴/۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۶	۱۰۰				
جنگل تصادفی		دقت کاربر	۲۶/۵	۹۴/۶	۹۶/۴	۹۷/۳	۹۵/۸	۹۴/۶	۹۰/۶۳	۰/۸۷		
		دقت تولیدکننده	۳۹/۱	۹۴/۶	۹۰	۱۰۰	۸۴/۴	۹۵/۵				
الگوریتم نزدیکترین همسایه	شی‌گرا (مقیاس ۲-فاصله ۷ واحد)	دقت کاربر	۱۷/۹	۸۷/۴	۱۰۰	۱۰۰	۷۸/۱	۷۲/۱	۰/۶۳	۷۱/۰۳		
	دقت تولیدکننده	۷۳/۹	۹۱/۸	۲۵	۱۰۰	۵۱/۲	۷۵/۸					
الگوریتم ماشین بردار پشتیبان	شی‌گرا (مقیاس ۷)	دقت کاربر	۲۱/۳	۹۶	۹۵/۲	۱۰۰	۱۰۰	۹۲/۸	۰/۸۳	۸۶/۹		
	دقت تولیدکننده	۶۹/۶	۹۷/۹	۹۰/۹	۱۰۰	۷۱/۹	۸۹/۸					

جدول ۴- مقادیر دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۱۹

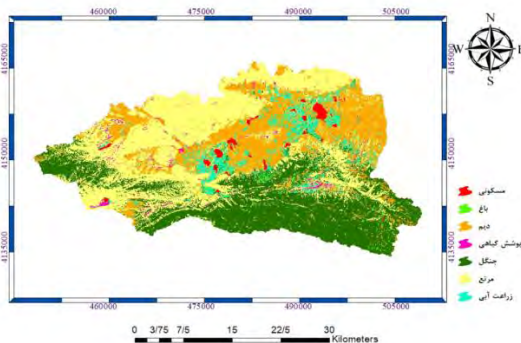
الگوریتم	روش	پارامتر آماری	باغ	مرتع	دیم	فقد پوشش گیاهی	زراعت آبی	جنگل	صحت کلی (%)	ضریب کاپا
حداکثر احتمال		دقت کاربر	۶۵/۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۹/۵	۹۹/۶	۹۶/۱۱	۰/۹۴
		دقت تولیدکننده	۸۵/۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۵/۶	۹۹/۲		
ماشین بردار پشتیبان	پیکسل مینا	دقت کاربر	۹۲/۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۶/۳	۹۷/۲	۹۶/۵۸	۰/۹۵
		دقت تولیدکننده	۴۸/۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۸	۱۰۰		
شبکه عصبی		دقت کاربر	۱۰۰	۹۸/۶	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	۹۴/۲	۹۴/۲۹	۰/۹۰
		دقت تولیدکننده	۱/۱۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۸	۱۰۰		
جنگل تصادفی		دقت کاربر	۶۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۴/۶	۹۵/۶	۹۴/۲۹	۰/۹۱
		دقت تولیدکننده	۳۳/۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۸	۹۷/۵		
الگوریتم نزدیکترین همسایه	شی‌گرا (مقیاس ۲-۷ واحد)	دقت کاربر	۳۴	۸۹/۳	۲۶/۲	۱۰۰	۱۰۰	۹۵/۸	۰/۶۱	۷۳/۰۳
		دقت تولیدکننده	۶۲/۹	۳۴/۷	۹۳/۱	۱۰۰	۴۰	۸۵/۵		
الگوریتم ماشین بردار پشتیبان	شی‌گرا (مقیاس ۱۰)	دقت کاربر	۳۵/۴	۹۶	۶۱/۷	۱۰۰	۷۷/۱	۹۹	۰/۸۰	۸۵/۵۲
		دقت تولیدکننده	۶۲/۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۰	۸۵/۹		



شکل ۵- طبقه‌بندی تصویر برای منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۲ با استفاده از روش شبکه عصبی



شکل ۴- طبقه‌بندی تصویر برای منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۸۷ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان



شکل ۶- طبقه‌بندی تصویر برای منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۹ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان

اراضی دیم در طی این سال‌ها به میزان ۱۳۰/۸۹ کیلومتر مربع افزایش (۱۱/۷۲ درصد)، اراضی کشاورزی آبی ۴۴/۴۵ کیلومتر مربع افزایش (۳/۹۳ درصد)، باغ ۲۹/۱۶ کیلومتر مربع کاهش (۲/۶ درصد)، جنگل ۱۱۸/۹۲ کیلومتر مربع افزایش (۱۰/۶۲ درصد) و کاربری مرتع نیز به میزان ۲۷۲/۳ کیلومتر مربع کاهش (۲۴/۳۳ درصد) یافته است. مطابق جدول ۵ مشاهده می‌شود در طی این سال‌ها مساحت مراتع به میزان ۲۴/۳۳ درصد کاهش یافته و جای خود را تقریباً به دیم‌زارها داده‌اند، علت این امر را می‌توان وجود اکثر اراضی کشاورزی این منطقه بر دامنه‌های شیب‌دار دانست، زیرا با گذر زمان، مواد حاصلخیز اراضی زراعی به آسانی شسته شده و به مرور زمان بازده و کارایی خود را از دست داده و رها می‌شوند و جای خود را به دیم‌زارها می‌دهند.

بعد از تولید نقشه‌ها و به دست آوردن خروجی مدنظر، مساحت هریک از طبقات طبقه‌بندی شده به بر اساس الگوریتم منتخب استخراج شد. براساس دو پارامتر آماری ضریب کاپا و دقت کلی به ترتیب بیشترین دقت، مربوط به روش‌های پیکسل‌مبنا (به ترتیب روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی) می‌باشد. در جدول ۴ وسعت و سهم طبقات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ برآورد شده است. تصاویر و آنالیز حاصل از بررسی تغییرات نشان داد که واضح‌ترین تغییری که با مقایسه، نقشه‌های کاربری تهیه شده مشاهده می‌شود، تغییر سطح کاربری‌ها با رشد مناطق مسکونی، دیم و جنگل شهری است و این گسترش به صورت مستمری با کاهش کاربری مرتعی همراه بوده است. بدین صورت که از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۹ مساحت کاربری مسکونی بیش از ۹/۱۹۷ کیلومتر مربع افزایش یافته است و در مقابل

جدول ۵- وسعت و سهم طبقات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹

سال	۱۹۸۷		۲۰۰۲		۲۰۱۹		درصد تغییرات
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد سهم	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد سهم	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد سهم	
مسکونی	۴/۸۴	۰/۴۳	۹/۸	۰/۸۸	۱۴/۰۳۷	۱/۲۵	+۰/۸۲
باغ	۳۵/۳۵	۳/۱۵	۲/۱۳	۰/۱۹	۶/۱۹	۰/۵۵	-۲/۶
دیم	۱۲۰/۲۸	۱۰/۷	۵۲/۴۱	۴/۶۸	۲۵۱/۱۷	۲۲/۴۲	+۱۱/۷۲
فاقد پوشش گیاهی	۱۷/۲۲	۱/۵۴	۳۶/۸	۳/۲۹	۱۵/۲۲	۱/۳۶	-۰/۱۸
جنگل	۲۱۲/۶۷	۱۸/۹۹	۴۲۹/۵	۳۸/۳۵	۳۳۱/۵۹	۲۹/۶۱	+۱۰/۶۲
مرتع	۷۱۱/۰۳	۶۳/۵	۴۶۸/۹۸	۴۱/۸۷	۴۳۸/۷۳	۳۹/۱۷	-۲۴/۳۳
زراعت آبی	۱۸/۶۱	۱/۷	۱۲۰/۳۸	۱۰/۷۵	۶۳/۰۶	۵/۶۳	+۳/۹۳

در حوضه سملقان با استفاده از چهار روش مبتنی بر رویکرد پیکسل‌مبنا و دو الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و نزدیکترین همسایه مبتنی بر رویکرد شی‌گرا در ۳ سال ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ارزیابی این چهار روش، از چهار

۴. بحث و نتیجه‌گیری

یکی از منابع مهم در مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت بررسی تغییرات پوشش اراضی می‌باشد. در این تحقیق، کاربری اراضی

بهبود کیفیت تصاویر در سنجنده جدید لندست است و الگوریتم‌ها و ابزارهای جدید دریافت و پردازش در ماهواره جدید می‌باشد (Akar and Güngör, 2012; Duarte et al., 2016; Ildormi et al., 2017). تحقیقات نشان داده است که روش ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های بسیار دقیق بوده که قادر است مشکلات موجود در اختلاف غیرمتعادل میان نمونه‌های تعلیمی را حل کند (Hopkins, 1988; Jensen, 2005). در بیشتر تحقیقاتی که در زمینه مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر می‌باشند روش ماشین بردار پشتیبان را به عنوان روشی قوی معرفی نموده‌اند. از آن‌جمله تحقیق Brian و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای در تایلند به مقایسه سه روش ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی در تهیه نقشه کاربری اراضی پرداختند. نتایج تحقیق نامبردگان نشان داد روش ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپا ۹۴/۱۵، دقیق‌ترین روش بوده و روش حداکثر احتمال در رده بعدی قرار داشته است. بررسی تغییرات سطح در دوره آماره ۲۰۱۹-۱۹۸۷ نشان می‌دهد که تغییر سطح کاربری‌ها با رشد مناطق مسکونی، گسترش دیم و جنگل بوده که به صورت مستمری با کاهش کاربری مرتعی همراه بوده است. بدین‌صورت که از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۹ مساحت اراضی مسکونی، اراضی دیم و زراعت آبی نیز افزایش و در مقابل کاربری مرتع کاهش یافته است. به دلیل قرار داشتن اکثر اراضی کشاورزی این منطقه بر دامنه‌های شیب‌دار، گذر زمان سبب شسته شدن مواد حاصلخیز اراضی زراعی و جنگل شده و به مرور زمان جای خود را به دیم‌زارها می‌دهند. در سال‌های اخیر اغلب تحقیقات انجام‌شده در زمینه تغییرات کاربری اراضی از جمله پژوهش‌های صورت گرفته توسط Duro و

شاخص دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد. نتایج حاصل از شاخص‌های ارزیابی دو روش نشان می‌دهد که دقت کلی و ضریب کاپا در روش پیکسل مبناء در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و در سال ۲۰۰۲، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی بالاترین مقادیر را داشته است (جدول ۱). همچنین الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی شیء‌گرا در سه دوره مورد بررسی، مقادیر بالاتری در مقایسه با الگوریتم نزدیکترین همسایه نشان داده است. به‌گونه‌ای بهترین الگوریتم طبقه‌بندی کاربری اراضی در روش شیء‌گرا با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ با مقیاس ۱۰ و سال ۲۰۰۲ با مقیاس ۷ می‌باشد. علت دقت و توانایی بالای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۹ را می‌توان این‌گونه بیان نمود که این روش از قوانین بهینه‌سازی جهت مکان‌یابی مرزهای بهینه کلاس‌های کاربری استفاده می‌نماید، در نتیجه جایگزین مناسبی برای سایر الگوریتم‌های معمول طبقه‌بندی می‌باشد. نتیجه مطالعات پیشین توسط محققان مختلف نیز، تایید کننده این مطلب بود که روش‌های پیکسل مبناء، می‌تواند نتایج مناسبی در تولید نقشه‌های کاربری اراضی داشته باشد و انتخاب مناسب‌ترین روش، بستگی به کیفیت تصاویر، نوع سنجنده ثبت کننده تصاویر، شرایط ارتفاعی و جوی منطقه و همچنین، دقت مورد نیاز کاربر دارد. مطابق جدول ۱، مقادیر الگوریتم حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۱۹، ضریب کاپا و دقت کلی دارای تفاوت بسیار کم از هم می‌باشند. همان‌طور که مشخص است کلیه سنجه‌ها برای سال ۲۰۱۹ بهبود می‌یابند و تفاوت بین ارزش‌ها در الگوریتم‌های مختلف کم می‌شود. دلیل آن

کاربری متنوع و زیاد را داشته و میزان صحت بالایی را در کالیبره نقاط با مشاهدات میدانی و نقشه واقعیت زمینی نشان داده است که نتایج تحقیق حاضر با مطالعات انجام شده توسط Md Abdullah و همکاران (۲۰۱۹) و Li و همکاران (۲۰۱۶)، هم‌خوانی دارد.

همکاران (۲۰۱۲)، Ma و همکاران (۲۰۱۵)، بیشتر بر روی تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعت متمرکز بوده است و تعداد کلاس‌های کاربری در نظر گرفته‌شده محدود بوده است. درحالی‌که امروزه کلاس‌بندی‌های مبتنی بر روش‌های یادگیری ماشین بردار نقش مؤثری در استخراج تغییرات کاربری اراضی در کلاس‌های

References

- Agarwal, S., Vailshery, LS., Jaganmohan, M., Nagendra, H., 2013. Mapping urban tree species using very high resolution satellite imagery: comparing pixel-based and object-based approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2:220-236.
- Akar, O., Güngör, O., 2012. Classification of multispectral images using Random Forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1(2): 105-112.
- Brian, W. S., C. Qi., B. Michael., 2011. A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography*, 31: 525-532.
- Breiman, L., 2001. Random forests Machine Learning 45(1), 5-32.
- Blaschke, T., 2009. Object based image analysis for remote sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/isprsjprs.pp.10-21.
- Chowdhury, M., Hasan, M. E., Abdullah-Al-Mamun, M. M., 2020. Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 63-75.
- Duarte, D.C.O., Zanetti, J., Junior, J.G., Medeiros, N.G., 2016. Comparison of supervised classification methods of Maximum Likelihood image, Minimum Distance, *Parallelepiped and Neural network in images of Unmanned Air Vehicle (UAV) in Viçosa-MG*. Proceedings XVII GEOINFO, November 27-30, Campos do Jordão, Brazil.
- Duro, DC., Franklin, SE., Dubé, MG., 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 Sensing of Environment*, 118: 259-272.
- Esetlili, M.T.; Balcik, F. B.; Sanli, F. B.; Kalkan, K.; Ustuner, M.; Goksel, C.; Kurucu, Y., 2018. Comparison of Object and Pixel-Based Classifications for Mapping Crops Using Rapideye Imagery: A Case Study of Menemen Plain, Turkey, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5(2), 231-243.
- FAO., 2012. FAO Statistical Yearbook 2012. Rome: FAO.
- Gahegan ,M., German, G., West, G., 1999. Improving Neural Network Performance on the Classification of Complex Geographic Datasets, *Journal of Geographical Systems*, No. 1, pp. 3- 22.
- Hastie, T., 2001. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction, In Springer series in statistics New York, xvi: p. 533.
- Hopkins, P.F., Maclean, A.L., Lillesand, T.M., 1988. Assessment of thematic mapper imagery for forestry application under lake states conditions, *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 54 (1): 61-68.
- Ildormi, A., Nori. H., Naderi, M., Aghabeigi, S., Zeinvand, H., 2017. Land use Change Prediction using Markov Chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 8(16): 232-240.
- Jensen, J., 2005. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 526 pp.
- Khazaei, M., Zare, M., Mokhtari, M.H., Rashtian, A., Arabi Aliabad, F., 2019. Comparison of Different Classification Methods in Terms of Accuracy for Land Use Mapping: A Case Study of

- the City of Yazd. *Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 7 (1), 165-178. (In Persian)
- Luo, G., Yin, C., Chen, X., Xu, W., Lu, L., 2010. "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.
- Li, M., Ma, L., Blaschke, T., Cheng, L., Tiede, D., 2016. A systematic comparison of different object-based classification techniques using high spatial resolution imagery in agricultural environments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 87-98.
- Lichtblau, E., Oswald, C.J., 2019. Classification of impervious land-use features using object-based image analysis and data fusion. *Computers, Environment and Urban Systems*, 75, 103-116.
- Li, M., Ma, L., Blaschke, T., Cheng, L., Tiede, D., 2016. A systematic comparison of different object-based classification techniques using high spatial resolution imagery in agricultural environments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49: 87-98.
- Ma, L., Cheng, L., Li, M., Liu, Y., Ma, X., 2015. Training set size, scale, and features in Geographic Object-Based Image Analysis of very high resolution unmanned aerial vehicle imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 102: 14-27.
- Myint, S.W., Gober, P., Brazel, A., ClarkeGrossman, S., Weng, Q., 2011. Per-pixel vs object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote sensing of environment*, 115(5), 1145-1161.
- Md Abdullah, AY., Masrur, A., Adnan, MSG., Baky, M., Al A, Hassan, QK., Dewan, A., 2019. SpatioTemporal Patterns of Land Use/Land Cover Change in the Heterogeneous Coastal Region of Bangladesh between 1990 and 2017. *Remote Sensing*, 11(7): 790.
- Robert, A.S. 1987, Techniques for Image Processing and Classification. Remote Sensing University of Arizona, Academic Press, New York, 387p.
- Richards, JA., 1995. Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction 2nd Edition, Springer, ISBN. 0-387-8.
- Strahler, AH., 1980. The use of prior probabilities in maximum likelihood classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 10:135-163.
- Suykens, JA., Vandewalle, J., 1999. Least squares support vector machine classifiers. *Neural Processing Letters* 9:293-300.
- Shalkoff, R.J., 1997. Artificial Neural Networks, McGraw-Hill Companies Pub, New yourk.
- Sabzghabaei, G., Jafarzadeh, K., Dashti, S., Khanghah, SY., Baleshti, MB., 2017. Land use change detection using remote sensing and GIS (Case study: Qhaemshahr city). *Journal of Environmental Science and Technology* 19.
- Wijaya ,A., 2005. Application of Multi-Stage Classification to Detect Illegal Logging with the Use of MultiSource Data, MSc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.
- Wijaya, A., Budiharto, R.S., Tosiani, A., Murdiyarto, D., Verchot, L.V., 2015. Assessment of Large Scale Land Cover Change Classifications and Drivers of Deforestation in Indonesia. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(7), 557-573.
- Yan, GAO., 2003. Pixel Based and Object Oriented Image for Coal Fire Research, <http://www.ITC.com> (accessed in July 2008). pp. 3-99.
- Yan, G., 2003. Pixel based and object oriented image analysis for coal fire research. Enschede Holanda.
- Yoo, C., Han, D., Im, J., Bechtel, B., 2019. Comparison between convolutional neural networks and random forest for local climate zone classification in mega urban areas using Landsat images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 157, 155-170.