

استفاده از تکنیک‌های پردازش شی‌پایه در مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حاصل از رشد شهری در محدوده شهر مراغه

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۵/۰۷/۱۴

بختیار فیضی زاده (عضو هیئت علمی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)
علیرضا طاهری* (کارشناس ارشد، سنجش از دور و GIS دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)

چکیده

کاربری اراضی می‌تواند به عنوان مفهومی ترکیبی از نظر فیزیکی اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و اطلاعاتی از هر کشوری مورد توجه قرار گیرد. در حقیقت نقشه‌های کاربری اراضی دربرگیرنده روش استفاده از سطح زمین برای نیازهای مختلف انسانی هستند. با توجه به اینکه آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان، پیش‌نیازی برای استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، از این‌رو استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و تغییرات مربوط به آنها به عنوان مهم‌ترین هدف در مدیریت اراضی می‌تواند مورد توجه قرار گیرند. در حال حاضر استفاده از فناوری سنجش‌از‌دور، بهترین وسیله در استخراج نقشه‌های مربوط به کاربری‌هاست. در این تحقیق با پردازش رقومی تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT مربوط به سال ۲۰۰۵ م. و همچنین تصاویر سنجنده AVNIR ماهواره AIOS مربوط به سال ۲۰۱۱ م. نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بر مبنای روش‌های پردازش شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. در این ارتباط مرحله پیش‌پردازش، بر روی تصاویر اعمال شد و در مرحله پردازش، بعد از آشکارسازی تصاویر براساس الگوریتم‌های شی‌گرا طبقه‌بندی گردید. در این راستا در فرایند طبقه‌بندی از قابلیت تابع نزدیکترین همسایه و نیز الگوریتم طبقه‌بندی سلسله مراتبی بر مبنای روش پردازش شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای و در محیط نرم‌افزار دانش پایه eCognition استفاده شده و طبقه‌بندی پس از طی مراحل مختلف پیاده گردید. برای ارزیابی نتایج نسبت به استخراج پارامترهای ارزیابی دقت اقدام شده و دقت نقشه کاربری اراضی برای تصویر سال ۲۰۰۵ معادل ۸۴ و برای تصویر سال ۲۰۱۱ معادل ۸۱ درصد برآورد شد. نتایج تحقیق حاضر برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در راستای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و برنامه‌ریزی برای توسعه منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پوشش/کاربری اراضی، سنجش‌از‌دور، پردازش شی‌گرایی تصاویر، مراغه

مقدمه

کاربری زمین یک موضوع مهم برای برنامه‌ریزان شهری جهت تخصیص صحیح و بهینه زمین و طرح‌های توسعه شهری است تا بتوانند گسترش و سازماندهی فضایی شهر را در راستای توسعه پایدار به نحو صحیح انجام دهند. در صورت عدم وجود برنامه‌ریزی صحیح شهری بر مبنای اطلاعات کاربری‌ارزی، پیامدهای آن نظیر آلودگی و تخریب منابع زیست‌محیطی و رشد نامتوازن و نامطلوب محیط‌های شهری را با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد ساخت (کیوانلو، ۹۱، ۲). نرخ سریع توسعه شهری موجب تغییرات وسیعی در الگوی کاربری‌اراضی پیرامون شهرها شده است و تأثیرات رشد شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته محسوس بوده است. با این حال، در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، این نرخ رشد سریعتر بوده و در نتیجه به تغییرات وسیعی در کاربری‌اراضی منجر شده است (رهنما، ۹۲، ۱۱۵). کاربری‌اراضی در واقع یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بیوفیزیک و اقتصادی-اجتماعی بشمار می‌آید (قربانی و همکاران، ۸۹، ۱). بنابراین اطلاع از تغییر کاربری‌اراضی جهت بررسی عوامل و علل آنها در یک دوره زمانی می‌تواند مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران باشد (براتی قهفرخی و همکاران، ۸۸، ۳۶۳). زیرا با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی نموده و اقدامات مقتضی را انجام داد. نقشه‌های پوشش و کاربری‌اراضی در مدیریت محیط‌زیست و شناخت توان و استعداد اراضی کاربرد دارند و به عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه به شمار می‌آید (قربانی و همکاران، ۸۹، ۲).

با رشد و گسترش شهرها، مشکلاتی چون تخریب و تغییر اراضی پیرامون شهر به کاربری‌های شهری، مسائل زیست‌محیطی، انواع آلودگی‌ها، ادغام روستاهای پیرامون شهری به محلات شهری و نظایر آن به وجود آمده است (واحدیان بیگی، ۹۰، ۳۰). بنابراین دسترسی به اطلاعات به هنگام و سریع از کاربری‌های اراضی و تغییرات آن در طی زمان از موارد مهم در برنامه‌ریزی است (قربانی و همکاران، ۸۹، ۱). در این راستا استفاده از روش‌های سنتی جهت بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش اراضی مانند نقشه‌برداری زمینی، عموماً وقت‌گیر و پرهزینه است. در این راستا استفاده از تکنولوژی سنجش‌ازدور و محصولات آن نظیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای در بازه‌های زمانی متفاوت امکان ارزیابی تغییرات کاربری‌اراضی را ممکن ساخته است. تصاویر ماهواره‌ای با توجه به اینکه امکان مقایسه چند زمانه را فراهم آورده و اطلاعات به روز را در اختیار قرار می‌دهند در زمینه آشکارسازی تغییرات نتایج مطلوبی را ارائه می‌دهند. اما استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌هایی مانند دید وسیع و یکپارچه،

استفاده از قسمت‌های مختلف طیف گسترده انرژی الکترومغناطیسی جهت ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش تکراری و امکان به کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها، در دنیا با استقبال زیادی روبه‌رو بوده است (براتی قهفرخی و همکاران، ۸۸، ۳۵۱). در سنجش‌ازدور آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چندزمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در زمان‌های مختلف تصویربرداری تغییراتی داشته‌اند. این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش در کوتاه مدت مانند برف، سیلاب، تغییرات، کاربری چون توسعه شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی و صنعتی باشد (ریعی، ۸۹، ۲). در راستای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های سنجش‌ازدور برای شناسایی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی تکنیک‌های متعددی وجود دارد که یکی از مهمترین آنها تکنیک‌های پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای است. انتخاب روش برای بازیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است؛ زیرا که روش انتخاب شده جهت بازیابی و کشف تغییرات و تفسیر و تحلیل آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر نتایج دارد (براتی قهفرخی و همکاران، ۸۸، ۳۵۴). در روش شیء‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی عوارض و پدیده‌های زمینی از سایر علائم تصویری (نظیر: بافت، الگو و شکل) در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود. بنابراین، در روند استخراج نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی زیاد از دقت بالائی برخوردار خواهد بود. تابع نزدیکترین همسایه^۱ و نیز الگوریتم طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی^۲ از جمله توابع و الگوریتم‌های مفید در روش شیء‌گرا هستند و نتایج خوبی در زمینه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ارائه می‌دهند (لطفی و همکاران، ۱۳۸۹). این روش بر اساس منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند. این روش طبقه‌بندی فرآیندی است که کلاس‌های کاربری اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط داده پس از طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء را به یکی (یا هیچکدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌دهد (Blaschke, 2010). فازی بودن این روش موجب برتری این روش نسبت به روش‌های پیکسل پایه شده است. چراکه در روش‌های پیکسل پایه، هر پیکسل با توجه به ارزش عددی و بر اساس تئوری باینری (صفر و یک) در محدوده‌های هم‌پوشانی عوارض تنها در یک کلاس طبقه‌بندی می‌شوند در حالیکه این پیکسل‌ها با سایر کلاس‌ها دارای همبستگی هستند و این همبستگی یکی از عوامل مهم کاهش دقت طبقه‌بندی پیکسل پایه است (فیضی زاده و هلالی، ۸۸). علاوه بر این تکنیک امکان تلفیق داده‌ای

^۱-Nearest Neighborhood

^۲-Hierarchical Classification

سنجش‌ازدور و GIS را فراهم می‌آورد که قابلیت این تکنیک‌ها را در مدل‌سازی سطح زمین افزایش می‌دهد. هدف اصلی تحقیق جاری پردازش تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج تغییرات کاربری و پوشش اراضی در یک دوره زمانی ۶ ساله با استفاده از روش‌های شیء‌گرا در محدوده شهر مراغه را مدنظر قرار داده است.

پیشینه تحقیق

استفاده از داده‌های حاصل از سنجش از دور و قابلیت‌های GIS می‌تواند در موقعیت‌هایی که در آنها چشم‌انداز در طول زمان سریعاً تغییر می‌کنند و دریافتن تنوع الگوهای مکانی، تجزیه و تحلیل علت تغییرات، ارزیابی و پیش‌بینی آثار ناشی از این تغییرات و مدل‌سازی آنها مؤثر واقع شود (ربیعی، ۸۹). در این زمینه محققان بسیاری با استفاده از روش‌های متعدد پردازش تصویر به آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی مناطق مختلف جهان پرداخته‌اند. ربیعی و همکارانش در مورد شهر اصفهان در یک دوره هشت ساله (۱۹۹۰-۱۹۹۸ م) با استفاده از تصاویر سنجنده TM^۱ و با اتکا به روش‌های پیکسل‌پایه به این نتیجه رسیده‌اند که در این دوره هشت ساله، عمده تغییرات پوشش زمین مربوط به اراضی کشاورزی بوده است که به اراضی ساخته شده شهری تبدیل شده‌اند (ربیعی، ۱۳۸۹). در یک تحقیق دیگر محمودزاده با استفاده از روش پیکسل‌پایه و با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ به ارزیابی تغییرات فضای سبز شهر تبریز در یک دوره ۱۲ ساله (۱۳۸۰-۱۳۶۸ ش) پرداخته است (۸). فیضی زاده و حاجی میررحیمی در یک دوره ۱۸ ساله از ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۴ و با استفاده از تصاویر لندست (TM) و SPOT با اتکا به روش شیء‌گرا به این نتیجه رسیده‌اند که فضای سبز شهر تبریز در این دوره، ۴۶٪ کاهش را نشان می‌دهد (فیضی زاده و حاجی میری، ۲۰۰۷). فیضی‌زاده و هلالی در یک تحقیق مقایسه‌ای، به جهت طبقه‌بندی و نمایش کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، با استفاده از تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT 5 دو روش پیکسل‌پایه و شیء‌گرا را مورد ارزیابی قرار داده‌اند که سرانجام دقت حاصل از این دو روش ۷٪ بیشتر به سود روش شیء‌گرا بوده است (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۸). والتر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیء‌گرا، نقشه آشکارسازی تغییرات را به‌دست آورد. وی در کار خود نقشه‌های کاربری اراضی را برای دو دوره با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیء‌گرا به‌دست آورده و سپس نقشه تغییرات را تهیه کرده است. این محقق با تشریح روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیء‌گرا، مزایا و معایب این روش‌ها را به تفصیل بیان نموده و در نهایت

^۱ - Thematic Mapper

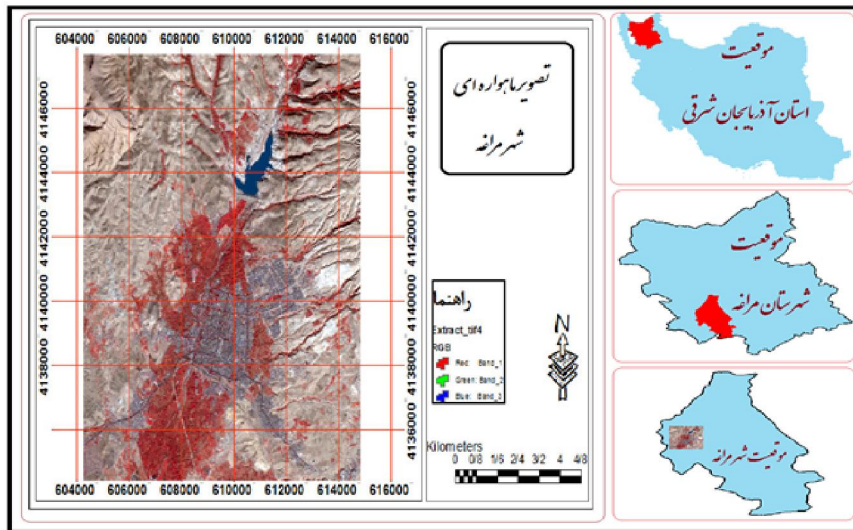
نتیجه می‌گیرد که برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی روش شیء‌گرا در مقایسه با روش پیکسل پایه نتایج بهتری را ارائه می‌نماید (Blaschke, 2010). بوری و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس تغییرات پوشش اراضی پارک ملی آلتامیورگا واقع در ایتالیا را مطالعه نمودند. این محققین بر اساس اختلاف در توزیع مکانی و الگوهای شکل کاربری اراضی، تبدیلات کاربری اراضی را در محدوده مورد نظر مطالعه نمودند. آنها برای طبقه‌بندی تصویر از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا استفاده نموده و نتیجه می‌گیرند که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در مقایسه با روش‌های سنتی نتایج بهتری را به دست می‌دهد. (Borri, D., M. Caprioli, E. Tarantino, 2005) زو و همکارانش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به مطالعه فضای سبز شهرهای بالتیمور و مرلند پرداخته و مساحت آنها را به دست آوردند. آنها در کار خود از تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک بالا و عکسهای هوایی رقومی استفاده نمودند و پس از اعمال مراحل پیش‌پردازش و پردازش در مرحله طبقه‌بندی تصویر از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا استفاده و تصویر ماهواره‌ای را در محیط نرم‌افزار طبقه‌بندی نمودند. این محققین پس از تحلیل نتایج، بر کارآمدی روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در کار eCognition خود تأکید می‌کنند. (Weiqi Zh, Troy A, Grove M, 2005). گودین و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی خود از قابلیت روش‌های شیء‌گرای برای طبقه‌بندی پوشش اراضی استفاده کرده و با تغییرات کاربری اراضی را مدل‌سازی نمودند. آنها در این تحقیق از ویژگی‌های بافت برای هریک از کلاس‌های کاربری استفاده کرده و در نهایت بر کارایی این الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی کاربری اراضی تأکید می‌کنند (Goodin et al. 2015). گالیتی و ماینتی (۲۰۱۴) در تحقیق خود از روش‌های شیء‌گرای برای طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی شهری بر مبنای تصاویر استر استفاده کرده و با تحلیل روش‌های شیء‌گرا به اهمیت کیفیت سگمنت‌سازی در طبقه‌بندی شیء‌گرا و نتایج آن تأکید می‌کنند. این محققین تلفیق روش‌های فازی با الگوریتم‌های شیء‌گرا را به عنوان راه‌حلی مناسب بای افزایش دقت نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی پیشنهاد می‌دهند. در تحقیقی که توسط لندیوست و آنزیو (۲۰۱۶) انجام شده است، تکنیک‌های شیء‌گرا در مطالعات مربوط به ارزیابی تغییرات جنگل مورد استفاده قرار گرفته است. این محققین بر پایه تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای تغییرات زمانی و مکانی جنگل مخصوصاً جنگل‌زدایی را مدل‌سازی نمودند. در این راستا از الگوریتم‌های بافت و هندسی برای شناسایی انواع درختان استفاده کرده و در نهایت تغییرات جنگل را با دقت ۸۸ درصد مدل‌سازی نمودند (Lindusit and Annuzio, 2016). ویزیکی و همکارانشان (۲۰۱۶)، در تحقیق خود از تکنیک‌های فیوژن تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های GIS استفاده کرده و با استفاده از الگوریتم‌های شیء‌گرا نقشه کاربری پوشش اراضی را تهیه نمودند.

آنها در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای لندست را با تصاویر RapidEye تلفیق نموده و بر کارآمدی روش‌های شیء‌گرا در تلفیق داده‌های GIS و تصاویر ماهواره‌ای تأکید می‌کنند (Wezyk et al., 2016).

جمع‌بندی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد در راستای استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور برای شناسایی تغییرات کاربری‌اراضی روش‌های مختلفی استفاده شده است و اخیراً روش‌های شیء‌گرا به دلیل ارائه دقت بالا بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در تحقیق حاضر با بهره‌گیری از نتایج تحقیقات قبلی از تحلیل‌های شیء‌گرا برای مدل‌سازی تغییرات کاربری‌اراضی استفاده می‌شود. در این راستا با شناسایی الگوهای کاربری‌اراضی و لحاظ ویژگی‌های هندسی و طیفی هر یک از کلاس‌های کاربری‌اراضی شرایط متفاوت طبقه‌بندی شیء‌گرا برای هر کلاس تعیین می‌شود. در نهایت با استخراج الگوهای کاربری‌اراضی روند تغییرات آن در بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ مدل‌سازی می‌شود.

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شهر مراغه می‌باشد (شکل شماره ۱) که یکی از شهرهای استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود. این شهر به دلیل برخورداری از آب‌وهوای مطبوع، و منابع آب مناسب، و استقرار در دامنه‌های جنوبی رشته کوه سهند دارای مناظر زیبای طبیعی بوده و به باغ‌شهر شمال غرب کشور معروف شده است (<http://maragheh.ac.ir>). شهرستان مراغه ۴,۸ درصد مساحت استان آذربایجان شرقی را به خود اختصاص داده و به دلیل قابلیت‌های فراوان توسعه و تأثیراتی که در حوزه منطقه‌ای جنوب غرب استان دارد از جمعیت‌پذیری بالایی برخوردار است و بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰، جمعیت مرکز این شهرستان ۱۶۲۲۷۵ نفر برآورد شده است. فعالیت غالب صنعتی در این شهرستان بر صنایع تبدیلی کشاورزی و دامی استوار است (<http://ostan-as.gov.ir>) با توجه به این که شهر مراغه با تغییر پوشش‌اراضی گیاهی به سود اراضی ساخته‌شده شهری مواجه می‌باشد، بدیهی است که مطالعه و پایش این تغییرات جهت امور مدیریتی و برنامه‌ریزی ضروری خواهد بود. در تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه، این تغییرات بر مبنای روش‌های شیء‌گرا مورد بررسی و آشکارسازی قرار گرفته است.



شکل شماره ۱: معرفی منطقه مورد مطالعه؛ منبع: نگارندگان

روش بررسی

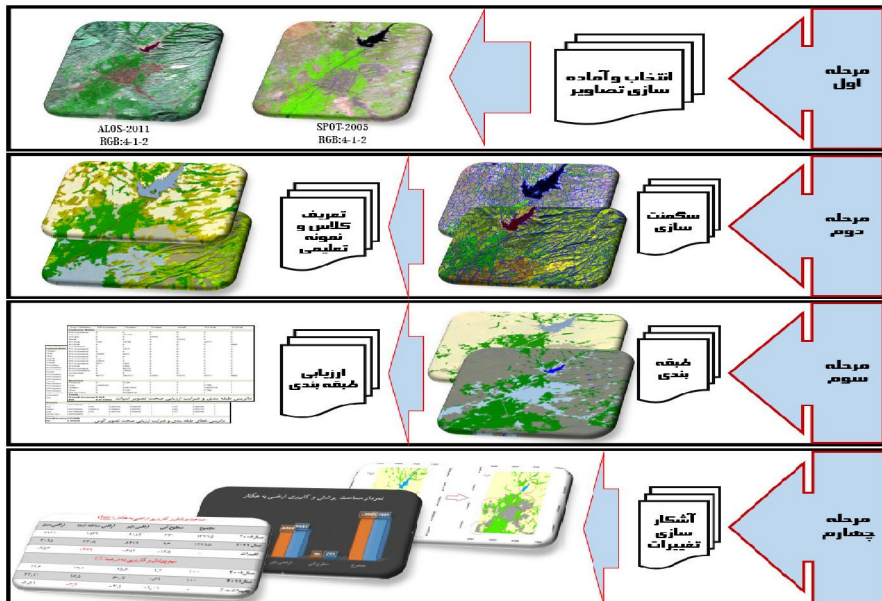
برای انجام این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده HDR ماهواره SPOT مربوط به سال ۲۰۰۵ در چهار باند و همچنین تصاویر سنجنده AVNIR^۱ متعلق به ماهواره AIOS^۲ مربوط به سال ۲۰۱۱ که هر دو دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر می‌باشند، مورد استفاده قرار گرفت. در راستای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج نتایج از نرم‌افزارهای ArcGIS و eCognition Developer بهره کافی برده شد. هدف از این مطالعه تعیین کاربری‌های اراضی مربوط به شهر مراغه در زمان دو تصویر اخذ شده از منطقه و آشکارسازی تغییرات آنها در این بازه زمانی ۶ ساله می‌باشد. برای رسیدن به این نتایج از قابلیت تابع نزدیکترین همسایه^۳ و نیز الگوریتم طبقه‌بندی سلسله مراتبی^۴ بر مبنای روش پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. شکل شماره ۲ مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

^۱- Advanced Visible and Near Infrared Radiometer

^۲- Advanced Land Observation Satellite

^۳- Nearest Neighborhood

^۴-Hierarchical Classification



شکل شماره ۲: مراحل انجام تحقیق؛ منبع: نگارندگان

طبقه بندی شیء گرا

آن دسته از روش های طبقه بندی که علاوه بر اطلاعات طیفی حاصله از یک سنجنده، از سایر منابع متعدد اطلاعاتی نیز در فرآیند پردازش تصاویر استفاده می کنند تحت عنوان روش های دانش پایه شناخته می شوند. انواع روش های دانش پایه شامل روش مبتنی بر عارضه^۱، روش قطعه بندی^۲، روش مشروط^۳ و روش های مجموعه شروط است.

روش های کلاسیک طبقه بندی، تصویر را پیکسل به پیکسل و با توجه به خصوصیات طیفی آنها طبقه بندی می نمایند. در نتیجه یک پیکسل تنها می تواند در یک کلاس قرار گیرد. به همین دلیل این گونه روش ها را طبقه بندی سخت می نامند. اما در روش تحلیل شیء گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و محتوا نیز در طبقه بندی استفاده می شود (فیضی زاده و حاجی میری، ۲۰۰۷). در این روش کاربر قبلاً می داند که چه چیزی را بایستی استخراج کند و با مدل سازی از اشیاء مورد نظر سعی دارد تا بهترین روش پردازش جهت استخراج اطلاعات را بیابد. عمده ترین واحدهای پردازش در تحلیل های شیء گرا از تصاویر، اشیاء یا خوشه هایی از

^۱-Object Based

^۲-Semantic Net

^۳-Rule Based

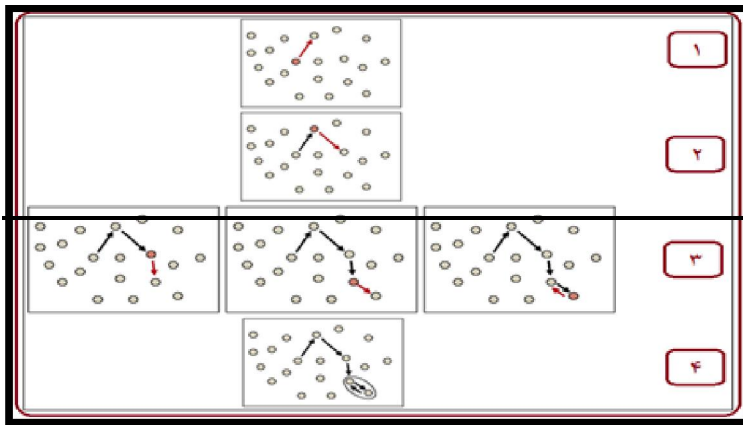
پیکسل‌ها هستند. با این دیدگاه، در تحلیل تصاویر نخستین مرحله همیشه تشکیل واحدهای پردازش به وسیله سگمنت‌سازی تصویر است. مراحل تحلیل شیء‌گرایی تصاویر به قرار زیر است:

مرحله اول: سگمنت‌سازی تصویر

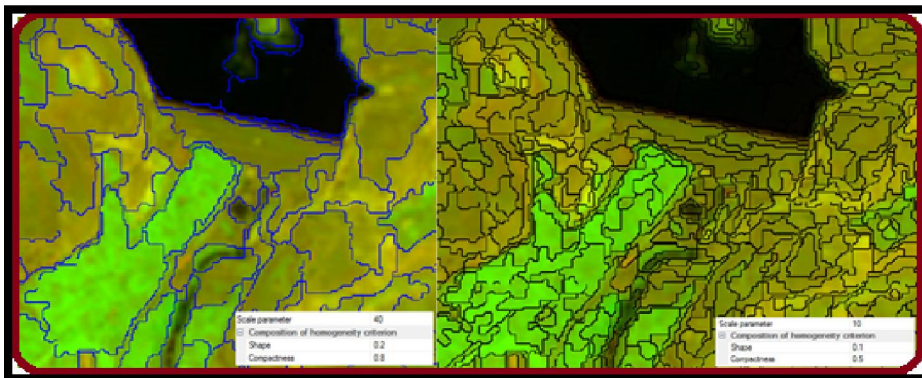
در اصل سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه اطلاق می‌شود که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آنهاست (فیضی زاده، ۱۳۸۶). تصاویر موضوعی در سنجش‌ازدور تصاویری هستند که اغلب همگن بوده، به وسیله سگمنت‌ها مشخص می‌شوند. بنابراین تعداد عناصری که برای طبقه‌بندی تصویر نیاز است، به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. کیفیت طبقه‌بندی مستقیماً به وسیله کیفیت سگمنت‌سازی ارزیابی می‌شود؛ چرا که سگمنت‌سازی مرحله مهمی در تحلیل شیء‌گرایی تصاویر است. الگوریتم سگمنت‌سازی تصاویر با تفکیک مکانی چندگانه با استفاده از نرم‌افزار eCognition تصاویر اشیاء همگن با تفکیک مکانی متفاوت را بصورت سطوح سلسله‌مراتبی استخراج می‌کند. برای هر کدام از سگمنت‌ها سطوح شیء به صورت پایگاه اطلاعاتی محاسبه و ذخیره می‌شود که در مراحل بعدی مبنایی برای طبقه‌بندی شیء‌گرا فراهم می‌آورد.

سگمنت‌سازی تصاویر با تفکیک مکانی چندگانه

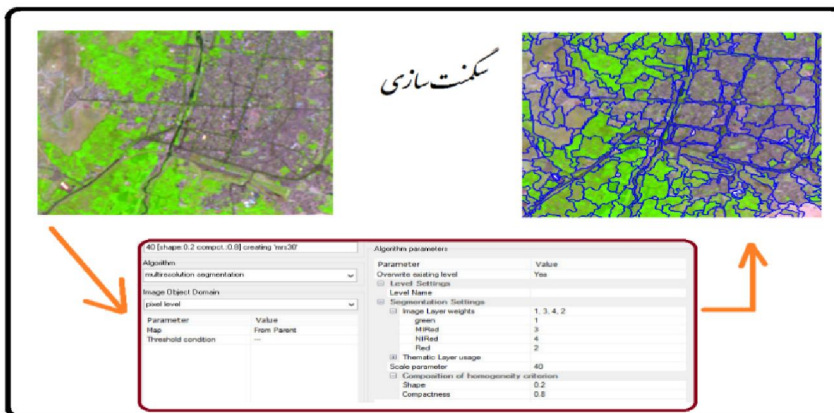
این نوع از سگمنت‌سازی با تقسیم‌بندی عوارض تصویر واحد و بصورت ادغام جفت‌جفت پیکسل‌هایی که در یک محدوده آستانه‌ای قرار دارند آغاز می‌شود که معیارهای همگنی در آن، ترکیبی از همگنی در طیف و همگنی در شکل تعریف می‌شود که مقادیر آستانه همگنی توسط کاربر قابل تغییر می‌باشد. در مرحله اول اتصالات بالقوه، اصطلاحاً به صورت دانه‌به‌دانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و عوارض متناسب برای اتصال گزینش می‌شوند و سپس ادغام انجام می‌گیرد. و این ادغام تا جایی که هیچ ادغام دیگری مقدور نباشد صورت می‌گیرد به این صورت سگمنت‌ها براساس آستانه‌هایی که مفسر برای رنگ، ضریب فشردگی و همچنین مقیاس سگمنت‌سازی تعیین شده است شکل می‌گیرند (شکل ۳). در فرآیند سگمنت‌سازی، چنانچه مقادیر مربوط به پارامترهای تقسیم‌بندی تغییر داده شود، سگمنت‌های ایجاد شده در اندازه متفاوت و با بافتهای مختلف حاصل می‌شوند که البته این مقادیر نیز با توجه به هدف کاربر و موضوع مورد بررسی و همچنین ویژگیهای تصویر متغیر خواهد بود (شکل ۴ و شکل ۵).



شکل شماره ۳: Multi Resolution segmentation؛ منبع: راهنمای نرم افزار eCognition

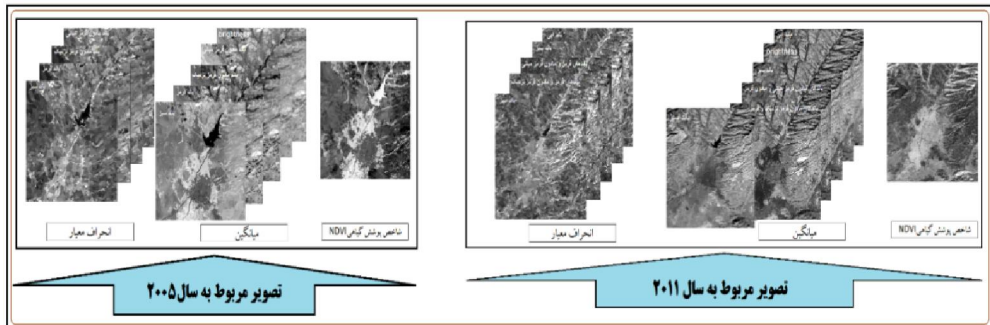


شکل شماره ۴: مقایسه سگمنتهای ایجاد شده با ضرایب متفاوت؛ منبع: نگارندگان



شکل شماره ۵: سگمنت سازی؛ منبع: نگارندگان

مرحله دوم: محاسبه پارامترهای مختلف برای هر قطعه نظیر میانگین گیری در باندهای مختلف و یا محاسبه انحراف معیار در باندهای مختلف و یا همچنین نسبت طول به عرض عوارض و غیره؛ در تحقیق حاضر با توجه به ویژگی‌های تصاویر و همچنین موضوع مورد بررسی، مقادیر میانگین و انحراف معیار برای باندهای مختلف تصویر و در سطح سگمنت‌ها انجام گرفت که نتایج حاصل از این مرحله در شکل زیر قابل مشاهده است. (شکل ۶)



شکل شماره ۶: الگوریتم‌های اعمال شده بر روی تصاویر؛ منبع: نگارندگان

مرحله سوم: توصیف مجموعه مشروط به طبقه‌بندی از طریق اعمال منطق فازی، منطق شبیه‌ترین همسایه؛ که در این مرحله، پارامترهای محاسبه شده برای هر قطعه بر روی تصویر اعمال می‌شود. نرم‌افزار به منظور کاربرد روش فازی نوعی از طبقه‌بندی نزدیکترین همسایه را ارائه می‌دهد که از این طریق تابع عضویت چند بعدی به طور اتوماتیک تولید می‌شود. اصول نزدیکترین همسایه عبارتند از: ارائه مجموعه‌ای از شیء‌های نمونه برای هر کدام از کلاس‌ها؛ و الگوریتمی که عملیات جستجو برای شیء‌های مشخص را در فضای عوارض سطوح برای هر کدام از شیء‌های تصویری انجام دهد. دلایل کاربرد تابع نزدیکترین همسایه این است که: الف) برقراری ارتباط بین عوارض شیء به صورت مطلوب قابل ارزیابی است؛ ب) هم‌پوشانها در فضای عوارض از نظر ابعاد گسترش پیدا کرده، می‌توانند کنترل شوند. ج) این الگوریتم امکان کنترل سریع سلسله‌مراتب کلاسی برای طبقه‌بندی را فراهم می‌آورد و اگر تعداد معقولی از شیء‌های نمونه برای هر کدام از کلاس‌ها موجود باشد، فضای عوارض بایستی کوچکتر از حد امکان برای نزدیکترین همسایه باشد (رسولی و محمودزاده، ۸۹).

مرحله چهارم: اجرای طبقه‌بندی نهایی؛ در فرآیند طبقه‌بندی، تابع نزدیکترین همسایه نیز همچون روش‌های پیکسل پایه نیازمند نمونه‌های آموزشی (تعلیمی) می‌باشد که در این مرحله از کار پس از تعیین طبقات و یا کلاس‌هایی که مد نظر ما می‌باشد، نمونه‌های تعلیمی که مناسب

برای هر کلاس می‌باشند به صورت نمونه^۱ برای نرم‌افزار معرفی می‌گردد (لطفی و دوستان، ۸۹). که این مرحله از کار در افزایش دقت طبقه‌بندی نقش بسیار مهمی را عهده‌دار است؛ چرا که معرفی نمونه‌های دقیقتر و نزدیکتر با کلاس‌های مرتبط با آن در نهایت دقت بالای طبقه‌بندی را در پی خواهد داشت. طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی^۲ از جمله الگوریتم‌هایی است که جهت طبقه‌بندی نهایی در نرم‌افزار پیش‌بینی شده است که این الگوریتم از مشخصات و ساختار سلسله‌مراتبی کلاس‌ها استفاده می‌کند و برای طبقه‌بندی سلسله کلاس‌های پیچیده در سطوح شیء‌های^۳ تصاویر مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌توان آن را در مورد مجموعه‌ای کامل از کلاس‌های سلسله‌مراتبی مرتب شده اعمال کرد (eCognition Developer 8.7 help).

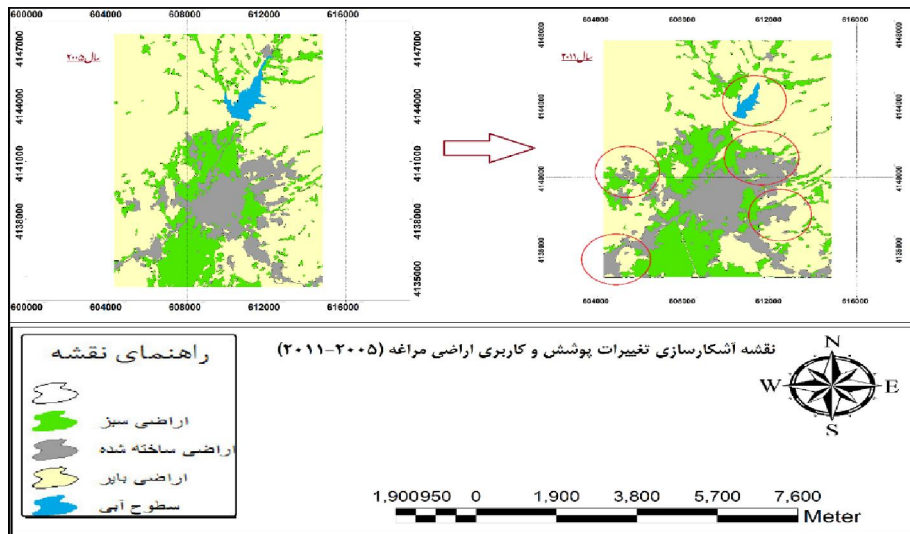
استخراج نتایج و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی

در این تحقیق برای استخراج نسبت تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای دو دوره زمانی با اعمال طبقه‌بندی شیء‌گرا بر روی تصاویر، نقشه نهایی استخراج شد. در تهیه این نقشه با توجه به هدف تحقیق که عبارت از آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی است، کلاس‌های کاربری در نظر گرفته شده با توجه به سطح^۱ از طبقه‌بندی میشیگان (David P & etc, 2012) و تعدیل آن برای منطقه مورد مطالعه شامل: اراضی ساخته شده، اراضی سبز (اعم از باغ و فضای سبز و زمین‌های دایر در زمان تصویربرداری)، سطوح آبی، اراضی بایر (اعم از مراتع ضعیف و زمین‌های زراعی غیر دایر در زمان تصویربرداری) می‌باشد. پس از انجام طبقه‌بندی بر روی تصاویر اسپات ۲۰۰۵ و آلو س ۲۰۱۱، خروجی کار در قالب وکتور به محیط نرم‌افزار Arc GIS منتقل گردید تا فرآیند تولید نقشه‌های نهایی و پایگاه داده‌های مربوط به هر دو نقشه جهت مقایسه نتایج انجام پذیرد که نتایج آن در قالب تصویر ذیل ارائه گردیده است. با توجه به نتایج کار، روند تغییر پوشش و کاربری اراضی به نحوی بوده است که اراضی ساخته شده در سال ۲۰۰۵ مساحتی برابر ۱۸۳۹ هکتار بوده که این میزان در سال ۲۰۰۱ به ۲۳۰۸ هکتار رسیده است. نمایش گرافیکی این تغییرات نیز در تصاویر زیر (شکل ۷، ۸ و جدول ۱) ارائه شده است.

^۱-Sampe

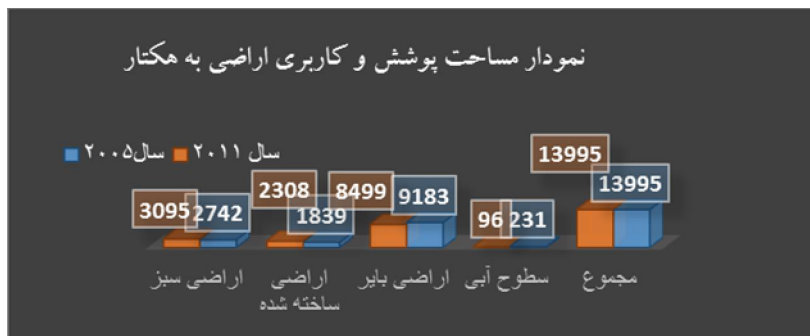
^۲-Hierarchical Classification

^۳-Object Levels



شکل شماره ۷: آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی؛ منبع: نگارندگان

مناطقى که در شکل ۷ با دایره‌های قرمز رنگ مشخص شده‌اند نمونه‌هایی از تغییرات محسوس در منطقه می‌باشند. نتایج نشان می‌دهند که ۳,۴٪ یعنی مساحتی معادل ۴۶۹ هکتار به میزان اراضی ساخته‌شده افزوده شده است که غالباً این پیشروی در اراضی بایر انجام گرفته است و این مورد را از کاهش ۴,۹ درصدی اراضی بایر می‌توان مشاهده نمود. همچنین کاهش سطوح آبی منطقه از دیگر تغییرات مهمی است که در این دوره ۶ساله محسوس بوده و قابل تأمل می‌باشد. شکل ۸ نمودار و جدول ۱، مساحت و تغییرات پوشش و کاربری‌ها را ارائه می‌دهد. نقشه تغییرات کاربری‌های اراضی حادث شده در فاصله زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ نیز در شکل ۹ ارائه شده است.

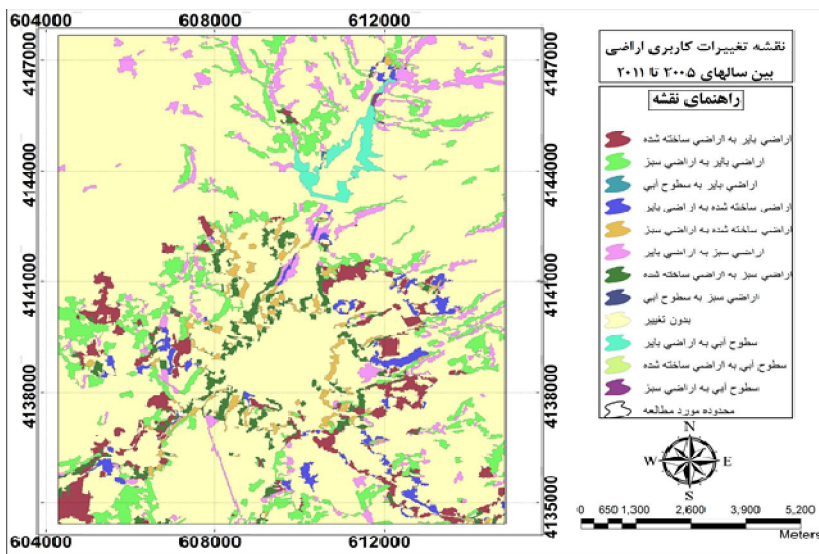


شکل ۸: مساحت پوشش/کاربری اراضی به هکتار؛ منبع: نگارندگان

جدول شماره ۱: روند تغییرات پوشش/کاربری اراضی در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱

مجموع	سطوح آبی	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	اراضی سبز
سال ۲۰۰۵	۱۳۹۹۵	۲۳۱	۹۱۸۳	۱۸۳۹
سال ۲۰۱۱	۱۳۹۹۵	۹۶	۸۴۹۹	۲۳۰۸
تغییرات	-	-۱۳۵	-۶۸۴	+۴۶۹
سهم پوشش و کاربری به درصد (%)				
سال ۲۰۰۵	۱۰۰	۱,۷	۶۵,۶	۱۳,۱
سال ۲۰۱۱	۱۰۰	۰,۶۹	۶۰,۷	۱۶,۵
تغییرات به %	-	-۱,۰۱	-۴,۹	+۳,۴

منبع: نگارندگان



شکل شماره ۹: نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱؛ منبع: نگارندگان

از منظر دیگر، بررسی تغییرات در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد (جدول ۲)، گذشته از تغییر "اراضی بایر" به سود "اراضی سبز" به مساحت ۳۴۳,۴۴ هکتار، بیشترین تغییرات مربوط به تغییر "اراضی سبز" به سود "اراضی بایر" یعنی مساحتی بالغ بر ۶۱۰,۰۴ هکتار می‌باشد و همچنین تغییر "اراضی بایر" به "اراضی ساخته شده" با ۵۶۲,۷۳ هکتار، در رتبه بعدی قرار دارد. کمترین میزان تغییرات مربوط به تغییر در "اراضی سبز" به "سطوح آبی" (۰,۵۳ هکتار) و "اراضی بایر" به "سطوح آبی" (۲,۱۵۷ هکتار) و همچنین "سطوح آبی" به "اراضی ساخته شده" (۸,۱۲ هکتار) می‌باشد.

جدول شماره ۲: تغییرات کاربری به تفکیک نوع تغییرات

مساحت هر کلاس (ha)	کلاس تغییرات
۳۴۳,۴۴	اراضی سبز به اراضی ساخته شده
۶۱۰,۰۴	اراضی سبز به اراضی بایر
۰,۵۳	اراضی سبز به سطوح آبی
۲۱۷,۴	اراضی ساخته شده به اراضی سبز
۲۲۰,۸۳	اراضی ساخته شده به اراضی بایر
۱۰۸۴,۴۸	اراضی بایر به اراضی سبز
۵۶۲,۷۳	اراضی بایر به اراضی ساخته شده
۲,۱۵۷	اراضی بایر به سطوح آبی
۵,۰۱	سطوح آبی به اراضی سبز
۸,۱۲	سطوح آبی به اراضی ساخته شده
۱۳۳,۴۵	سطوح آبی به اراضی بایر
۱۰۸۱۴,۶	بدون تغییر
۱۴۰۰۲,۷۸۷	جمع

منبع: نگارندگان

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

تا زمانی که طبقه‌بندی مورد ارزیابی قرار نگرفته باشد، تکمیل نیست و برای سنجش صحت نتایج باید اقدام به ارزیابی نقشه‌های تولید شده کرد. دقت طبقه‌بندی بیانگر اعتماد به نقشه استخراج شده می‌باشد (رسولی و محمودزاده، ۸۹) برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌های انجام شده با روش شیء‌گرا، مدل‌های ارزیابی چندی همچون ضریب کیا، دقت کلی و ماتریس خطا وجود دارد. در راستای ارزیابی صحت طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا، به دو روش کلی می‌توان اقدام کرد: الف) تابع Error Matrix based on TTA Mask؛ که در این روش با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که بعد از طبقه‌بندی از منطقه مورد مطالعه تهیه شده می‌توان اقدام به ارزیابی صحت طبقه‌بندی نمود. ب) تابع Error Matrix based on Sample؛ که در این روش خروجی طبقه‌بندی با استفاده از نمونه‌های تعلیمی اولیه که در هنگام تهیه نقشه استفاده شده است، ارزیابی می‌شود (eCognition Developer help 8.7). بنابراین، در این مرحله از پژوهش، برای کسب اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی شده و به طور تصادفی نقاط کنترل از طریق محیط نرم‌افزار گوگل ارث و همچنین تهیه پرسشنامه (از

افراد آشنا به ویژگیها و مشخصات محدوده تحقیق) برداشت شده و پارامترهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی شامل ماتریس خطای طبقه‌بندی، خطای کلی و ضریب کاپا استخراج شد. پس از انجام طبقه‌بندی، جهت ارزیابی صحت کار با توجه به روش TTA Mask برای نقشه پوشش و کاربری اراضی "اسپات"، عدد دقت کلی برابر ۰,۸۴ و ضریب کاپا برابر با ۰,۸۱ محاسبه شد و همچنین برای نقشه پوشش و کاربری اراضی "آلوس"، این مقادیر به ترتیب ۰,۸۱ و ۰,۷۸ حاصل گردید. (جدول ۳ و جدول ۴) همانطور که دقت ارزیابی شده نشان می‌دهد، نقشه‌های تهیه شده از دقت قابل قبول و خوبی برخوردار هستند. دقت بالای نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده با روش شیء‌گرا به این دلیل است که این روش طبقه‌بندی، علاوه بر استفاده از اطلاعات طیفی در قالب ارزش عددی پیکسل‌ها، از اطلاعات مربوط به محتوا، شکل، بافت و الگو نیز در طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید. بنابراین در این روش پدیده‌هایی با ماهیت متفاوت اما با ارزش‌های عددی یکسان بر روی تصاویر ماهواره‌ای که موجب کاهش دقت در دیگر روش‌ها همچون روش پیکسل پایه را ایجاد می‌نماید به شکل فزاینده‌ای حذف شده و با بهره‌گیری از اطلاعاتی غیر از ارزش‌های عددی در طبقه‌بندی تصاویر، موجبات افزایش دقت طبقه‌بندی را فراهم می‌آورد. علاوه بر موارد فوق تعیین توابعی متناسب با خصوصیات فیزیکی و طیفی هر یک از طبقات، دقت طبقه‌بندی را به مراتب افزایش خواهد داد (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۸).

جدول شماره ۳: ماتریس خطای طبقه‌بندی (تصویر سال ۲۰۰۵)

User \ Rates...	5/9/Was...	1/Garden	3/W...	4/bulk	4/1/bulk	4/...	5...	5/1/Was...	5/2...	5/3/Was...	5/4...	5/5/Was...	5/6/Was...	5/7/Was...	4/3/bulk	5/9/Was...	5/10/W...	Sum
Confusion M...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5/9/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Garden	0	251430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251430
3/Water	0	0	21876	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21876
4/bulk	0	0	0	74312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74312
4/1/bulk	1185	10190	0	0	44711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56026
4/2/bulk	0	0	0	0	0	8666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8666
5/4/Wasteland	0	0	0	0	0	0	7805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7805
5/1/Wasteland	0	1627	0	0	0	0	0	81606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82233
5/2/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	12646	0	0	0	0	0	0	0	0	12646
5/3/Wasteland	15458	6621	0	0	0	0	0	0	0	63001	0	0	0	0	0	0	0	85980
5/4/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17963	0	0	0	0	0	0	17963
5/5/Wasteland	518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35767	0	0	0	0	0	36285
5/6/Wasteland	23453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61392	0	0	0	0	84845
5/7/Wasteland	5577	3351	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27620	0	0	0	36548
4/3/bulk	0	2358	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13272	0	0	15630
5/9/Wasteland	0	56272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31613	0	87885
5/10/Wasteland	0	14495	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8095	22950
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sums	46171	346314	21876	74312	44711	8666	7805	81606	12646	63001	17963	35767	61392	27620	13272	31613	8095	
Accuracy																		
PosClass	0	0.726	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
User	undefined	1	1	1	0.798	1	1	0.9798638	1	0.7432077	1	0.9657241	0.7225783	0.7957185	0.8491363	0.3597087	0.359	
Hidden	0	0.8412631	1	1	0.8876778	1	1	0.9898295	1	0.8526898	1	0.9928187	0.8396234	0.8608852	0.9184148	0.529	0.5283800	
Shot	0	0.726	1	1	0.798	1	1	0.9798638	1	0.7432077	1	0.9657241	0.7225783	0.7957185	0.8491363	0.3597087	0.359	
KIA Per Class	0	0.6204114	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Totals																		
Overall Accu...	0.844																	
KIA	0.8172552																	

منبع: نگارندگان

جدول شماره ۴: ماتریس خطای طبقه‌بندی (تصویر سال ۲۰۱۱)

Use \ Refere...	1/Garden	2/Fam	3/Bult	3/1/Bult	3/2...	3/3...	4/Wastel...	4/1...	4/2...	5/Water	4/3/Wat...	4/4...	4/5...	3/...	4/6...	4/7...	4/8...	4/9...	4/1...	Sun
Confusion M...																				
1/Garden	8946	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8946
2/Fam	236476	252196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	488672
3/Bult	35	0	130751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130796
3/1/Bult	2595	0	0	30184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32779
3/2/Bult	0	0	0	0	33217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33217
3/3/Bult	5489	0	0	0	0	14618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20107
4/Wasteland	27054	0	0	0	0	0	269568	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	296622
4/1/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	15267	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15267
4/2/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	63351	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63351
5/Water	435	0	0	0	0	0	0	0	0	10466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10901
4/3/Wasteland	814	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53128	0	0	0	0	0	0	0	0	53942
4/4/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25097	0	0	0	0	0	0	0	25097
4/5/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71948	0	0	0	0	0	0	71948
3/4/Bult	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1102	0	0	0	0	0	1102
4/6/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36680	0	0	0	0	36680
4/7/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31819	0	0	0	31819
4/8/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52791	0	0	52791
4/9/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47011	47011
4/10/Wasteland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34795
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sun	281844	252196	130751	30184	33217	14618	269568	15267	63351	10466	53128	25097	71948	1102	36680	31819	52791	47011	34795	
Accuracy																				
Producer	0.03174096309	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
User	1	0.516	0.9997324	0.5208335	1	0.727	0.9087300	1	0.96	0.985	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Holden	0.06152893841	0.6808122	0.998662	0.9587853	1	0.842	0.9522175	1	1	0.9796415	0.9922975	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sheet	0.03174096309	0.516	0.9997324	0.5208335	1	0.727	0.9087300	1	1	0.96	0.985	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KJA Per Class	0.02575428993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totals																				
Overall Accu...	0.8125486																			
KJA	0.7878430																			

Alos 2011

منبع: نگارندگان

نتایج و بحث

نتایج تحقیق بیانگر قابلیت بالای روش‌های پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهری می‌باشد. بر اساس نتایج تحقیق استفاده از الگوریتم‌های بافت و همین‌طور ترکیب الگوریتم‌های طیفی با اطلاعات مکانی می‌تواند به شکل قابل توجهی دقت نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا را افزایش دهد. براساس نتایج تحقیق الگوریتم‌های بافت شامل تن تصویر و همچنین تیرگی ناشی از تراکم پوشش گیاهی و انعکاس آن در تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به عنوان الگوریتم مناسبی برای طبقه‌بندی اراضی سبز و مخصوصاً باغات مورد استفاده قرار گیرد. نتایج تحقیق همچنین بیانگر قابلیت بالای الگوریتم‌های مکانی شامل شکل، ضریب نزدیکی به اشکال منظم هندسی، تراکم اشکال و همچنین نزدیکی به الگوهای خطی برای کلاس اراضی ساخته‌شده می‌باشد. بدیهی است که استفاده از این الگوریتم‌ها در تصاویر با دقت مکانی بالا می‌تواند راهگشای تحقیقات آتی باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که استفاده از شاخص‌های طیفی نظیر ضریب روشنایی می‌تواند به عنوان مهمترین عامل در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی بایر باشد. در این راستا ترکیب اطلاعات مکانی نظیر اشکال منظم

هندسی و ضریب روشنایی می‌تواند شناسایی اراضی با پوشش خاک نظیر اراضی کشاورزی تحت آیش و اراضی بایر با رخنمون‌های خاکی را فراهم آورد. در مورد اراضی با پوشش آب نیز اطلاعات طیفی و جذب طیفی مرئی توسط توده‌های آبی نیز بر اساس الگوریتم اطلاعات طیفی و انحراف معیار مهمترین الگوریتم‌های شناسایی و طبقه‌بندی توده‌های آبی شناخته شد.

نتایج تحقیق بیانگر وقع تغییرات گسترده در کاربری‌های اراضی شهری مراغه و رشد چشم‌گیر شهر در طی سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ می‌باشد. همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد حدود ۹۱۴ هکتار (۳۴۳،۴۴ هکتار از اراضی سبز، ۵۶۲،۷۳ هکتار از اراضی بایر و ۸،۱۲ هکتار از اراضی مربوط به کاربری‌های آبی) به مساحت شهر افزوده شده که بیانگر تغییرات گسترده در بازه زمانی ۶ سال هست. نتایج تحقیق همچنین بیانگر گسترش اراضی باغی محدوده‌های اطراف شهر مراغه و وجود تغییرات گسترده در تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی باغی می‌باشد به شکلی که حدود ۱۰،۸۴۴ هکتار از زمین‌های کشاورزی تحت آیش به اراضی باغی تبدیل شده‌اند که با تزریق منابع آبی از سد علویان به محدوده‌های زیرحوضه در ارتباط بوده و در راستای سیاست‌های سازمان جهاد کشاورزی برای گسترش اراضی باغی در این منطقه بوده است. با توجه به مطالب فوق، تغییرات انجام گرفته در شهر مراغه در چهار جهت جغرافیایی اصلی وجود دارد که تغییرات در سه سمت شرق و غرب و جنوب شهر مربوط به پیشروی در اراضی بایر و کشاورزی می‌باشد و تغییرات سمت شمالی شهر مربوط به پیشروی در اراضی باغات است (شکل شماره ۷). افزایش ساخت و سازها بیشتر در جهت افزایش اراضی مسکونی و شهرک سازی در سمت شرقی و شمال‌شرقی بوده و همچنین افزایش سطح اراضی نظامی نیز در جهت جنوب‌غربی کاملاً مشهود است که افزایش اراضی مسکونی همزمان با افزایش حدوداً دوازده هزار نفری جمعیت (سالنامه آماری استان، ۹۱) در طی دوره مورد بررسی رابطه مستقیمی را نشان می‌دهد (شکل شماره ۸).

نتیجه‌گیری

با لحاظ اهمیت داده‌های صحیح و به هنگام در مدل‌سازی تغییرات کاربری‌های اراضی و استفاده از آنها برای مباحث مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نتایج تحقیق حاضر از اهمیت به‌سزایی برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در این منطقه برای برنامه‌ریزی صحیح و توسعه پایدار منطقه برخوردار است. با توجه به اهمیت تغییرات پوشش و کاربری اراضی در امور برنامه‌ریزی، تحقیقاتی اینچنین در جهت راهنمایی و جهت‌دهی برنامه‌ریزان و کارشناسان مربوطه می‌تواند مفید واقع شده و در امور برنامه‌ریزی مربوط به ارگانها و سازمان‌هایی همچون شهرداری و راه و شهرسازی و حتی جهاد کشاورزی استفاده نمایند. در این خصوص خاطر نشان

می‌سازد که در مباحث مربوط به برنامه‌ریزی شهری، موضوع مطالعه وضع موجود، از مراحل اصلی و تعیین کننده در فرآیند برنامه‌ریزی می‌باشد. که این مهم امروزه با استفاد از تکنولوژی سنجش‌ازدور میسر شده است. در راستای استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور نیز روش‌های متعدد پردازش تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که تکنیک‌های شیء‌گرا مهم‌ترین و جدیدترین نوع آنها محسوب می‌شود. با توجه به اینکه این تکنیک‌ها روش‌های نوینی هستند و برای هر کلاس کاربری به شکل خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بدیهی است که مطالعه کارایی این تکنیک‌ها و الگوریتم‌ها در شناسایی انواع کاربری‌های اراضی و معرفی روش‌های مؤثر از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در این راستا، نتایج تحقیق حاضر با معرفی الگوریتم شیء‌گرا و کارایی آنها برای طبقه‌بندی پوشش اراضی از اهمیت بسزایی برای تحقیقات آتی برخوردار است. چرا که در این تحقیق کارایی هر یک از الگوریتم‌های شیء‌گرا نیز در طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای منطقه مراغه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

منابع و مآخذ

- ۱- براتی قهفرخی، س؛ سلطانی کوپایی، س؛ خواجه الدین، س ج؛ رایگانی، ب؛ ۱۳۸۸؛ بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوضه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور؛ مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی؛ سال ۱۳؛ شماره ۴۷ الف؛ بهار؛ صص ۳۴۹-۳۶۵.
- ۲- رهنما، م ر؛ روستا، م؛ ۱۳۹۲، تحلیل تغییر کاربری و چگونگی حفظ و نگهداری فضای سبز (باغها) شهر جهرم در راستای توسعه پایدار؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۲ تابستان؛ شماره پیاپی ۱۰۹؛ صص ۱۱۳-۱۲۶.
- ۳- اکبری، ا؛ ابراهیمی، م؛ امیراحمدی، ا؛ ۱۳۹۲؛ تهیه نقشه کاربری اراضی شهر سبزوار با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه؛ آمایش محیط؛ ۶(۲۳)؛ ۱۲۷-۱۴۸.
- ۴- فیضی زاده، ب؛ هلالی، ح؛ ۱۳۸۸؛ مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی؛ مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی شماره ۷۱؛ بهار.
- ۵- لطفی، ص؛ محمودزاده، ح؛ عبداللهی، م؛ سالک فرخی، ر؛ ۱۳۸۹؛ کاربرد تصاویر ماهواره‌ای اسپات برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان مرند با رویکرد شیء‌گرا، مجله کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی؛ سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳.
- ۶- ابراهیم‌زاده، ع؛ قادرمرزی؛ ج؛ ۱۳۹۶؛ ارزیابی کمی و کیفی کاربری اراضی شهری با تأکید بر پایداری کاربری مسکونی؛ نمونه موردی: شهر دهگلان در استان کردستان؛ آمایش محیط؛ ۱۰(۳۸)؛ ۱-۷.
- ۷- واحدیان بیکی، ل؛ پورا احمد، الف؛ سیف الدینی، ف؛ ۱۳۹۰؛ اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵؛ فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی؛ سال چهارم؛ شماره اول؛ زمستان صص ۲۹-۴۶.
- ۸- نیکخو، ن؛ ایلدرمی، ع؛ نوری، ح؛ ۱۳۹۴؛ تحولات کاربری اراضی شهر ملایر با بهره‌گیری از سنجش از دور؛ آمایش محیط؛ ۸(۳۰)؛ ۶۳-۶۸.
- ۹- محمود زاده، ح؛ ۱۳۸۴؛ کشف تغییرات رقومی با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی برای مانیتورینگ تخریب فضای سبز شهر تبریز؛ همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی؛ کد مقاله: GIS84_11

- ۱۰- ربیعی، ح ر؛ ۱۳۸۹؛ بررسی روند تغییرات پوشش اراضی و رشد جمعیت در محدوده شهر اصفهان با استفاده از سنجش از دور طی سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷؛ همایش ملی GIS & sdi؛ دی
- ۱۱- کیوانلو، الف؛ ۱۳۹۱؛ مدل سازی کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل Cellular Automata؛ چهارمین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت شهری (۲۰ و ۲۱ اردیبهشت- مشهد)
- ۱۲- فیضی زاده، ب؛ حاجی میر رحیمی، س م؛ ۲۰۰۷؛ آشکارسازی تغییرات فضای سبز تبریز با استفاده از روش های شیء گرا؛ اولین کنفرانس GIS شهری؛ دانشگاه شمال (آمل، ۲۶- ۲۷ آگوست ۲۰۰۷)
- ۱۳- قربانی، م؛ نظری سامانی، ع الف؛ کوهینانی، ح ر؛ اکبری، ف؛ جلیلی پروانه، ز؛ ۱۳۸۹؛ ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان؛ مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام (ICIWG2010).
- ۱۴- شکویی، ح؛ ۱۳۸۳؛ دیدگاه های نو در جغرافیای شهری؛ جلد اول؛ سمت؛ چاپ ۱۴؛ فصل هفتم.
- ۱۵- فاطمی، س ب؛ رضایی، ی؛ مبانی سنجش از دور؛ نشر آزاده؛ چاپ سوم ۹۱.
- ۱۶- رسولی، ع الف؛ محمودزاده، ح؛ مبانی سنجش از دور دانش پایه؛ انتشارات علمیران؛ چاپ اول ۸۹.
- ۱۷- سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی؛ سال ۱۳۹۱؛ سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان آذربایجان شرقی.
- ۱۸- سایت استانداری آذربایجان شرقی (<http://ostan-as.gov.ir>)
- ۱۹- سایت دانشگاه مراغه (<http://maragheh.ac.ir>).
- ۲۰- راهنمای نرم افزار eCognition Developer 8.7 موجود در پکیج خود نرم افزار.

- 21- Blaschke T, (2010), Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 , 2_16
- 22- Goodin, D.G., Anibas, K.L., Bezyennyi, M., (2015), Mapping land cover and land use from object-based classification: an example from a complex agricultural landscape, International Journal of Remote Sensing, 36, 4702-4723.

- 23- Galletti, C.S., Myint,S.W., (2014), Land-Use Mapping in a Mixed Urban-Agricultural Arid Landscape Using Object-Based Image Analysis: A Case Study from Maricopa, Arizona, Remote Sensing. 2014, 6, 6089-6110;
- 24- Lindquist,E.J., Annunzio, D.A., (2016), Assessing Global Forest Land-Use Change by Object-Based Image Analysis, Remote Sensing. 2016, 8, 678; - Borri.D, M. Caprioli, E. Tarantino, (2005), Spatial Information Extraction from VHR Satellite Data to Detect land Cover Transformations, Polytechnic University of Bari, Italy20
- 25- Weiqi, Zh., Troy, A., Grove, M., (2005) Measuring Urban arcel Lawn Greenness by Using an Object-oriented Classification Approach, Rubenstein School of Environment and Natural Resources,University of Vermont, George D. Aiken Center, 81 Carrigan Drive.
- 26- Walter,V., (2004) Object-based classification of remote sensing data, w.elsevier.com/locate/isprsjprs for change detection,
- 27- Wezyk, P., Hawrlo, P., Szostak, M., Pierzchalski, N., Kok, R.D., (2016), Using Geobia and data fusion data approach for land use and land cover mapping, Questions Geograpicae 35 (1), doi: 10.1515/ quageo-2016-0009.