

شناسایی و طبقه‌بندی نیمه‌اتوماتیک بافت‌های مدرن و فرسوده شهری بر اساس الگوهای طیفی و مکانی در محیط سنجش‌ازدور شی‌اگرا (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

بختیار فیضی‌زاده - استادیار گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز
صالحه کاظمی* - کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز
سمیرا شرفی - کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز

تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۷/۲۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۴

چکیده

الگوی توسعه محله‌های شهری به موازات رشد و گسترش شهر، دستخوش تحولات زیادی در گذر زمان شده است. این تغییرات در شهرهایی که پیشینه تاریخی دارند مشهودتر است؛ به گونه‌ای که می‌توان تفاوت بارزی میان محله‌های قدیمی که بدون برنامه ایجاد و پس از شکل‌گیری مشمول طرح و برنامه شده‌اند با محله‌های جدید از پیش برنامه‌ریزی شده مشاهده کرد. یکی از فنونی که می‌تواند در بررسی این تفاوت و مقایسه تطبیقی الگوی محله‌ها قدیمی و جدید در مطالعات شهری استفاده شود، فناوری سنجش‌ازدور و پردازش شی‌اگرا^۱ است. پردازش شی‌اگرا نوعی پردازش تصویر است که به دلیل استفاده از اطلاعات هندسی، محیطی و محتوای تصاویر می‌تواند دستیابی به دقت بالا را در فرایند طبقه‌بندی شی‌اگرا میسر کند. هدف از این مطالعه، مقایسه تطبیقی الگوهای بافت مدرن و سنتی شهر اصفهان با استفاده از فرایند پردازش شی‌اگرا و نرم‌افزار eCognition است. برای نیل به این هدف دو محله شهری انتخاب شد و مراحل پژوهش روی آن‌ها صورت گرفت. در راستای استخراج الگوهای بافت شهری، انواع تکنیک‌های پردازش شی‌اگرا شامل اطلاعات هندسی، بافت، ضریب تراکم، نامنظمی اشکال و... به کار گرفته شد تا الگوهای شی‌ایه تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی بافت سنتی و مدرن استخراج شود. پس از شناسایی الگوهای مناسب، طبقه‌بندی فازی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه اعمال شد سپس ارزیابی نتایج با مطالعات میدانی صورت گرفت. ارائه روش‌هایی نوین برای شناسایی و طبقه‌بندی بافت شهری در نتایج پژوهش حاضر می‌تواند راهگشای انواع مطالعات باشد تا الگوهای بافت در محیط‌های شهری به سرعت شناسایی شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های مکانی و طیفی، الگوهای بافت شهری، پردازش شی‌اگرا، شهر اصفهان، قطعه‌تصویر^۲.

مقدمه

بافت شهری در بسیاری از شهرهای ایران، به‌ویژه شهرهایی با پیشینه تاریخی، با تغییرات بسیاری در طول زمان مواجه بوده است؛ به‌گونه‌ای که تفاوت چشمگیری میان بخش‌های سنتی و جدید وجود دارد. تا آنجا که الگوی ارائه شده در بافت‌های جدید، مدرن، منظم، از پیش طراحی شده و متشکل از شبکه‌های شطرنجی و موازی است. این ویژگی‌ها با ویژگی‌های بافت سنتی و مرکزی شهر که به‌صورتی خودجوش و بدون طرح و برنامه شکل گرفته‌اند، متضاد است. بافت سنتی مجموعه‌ای به‌هم‌پیوسته از اجزا و عناصر شهری شامل واحدهای مسکونی فرسوده، مرمتی و تخریبی، آثار ارزشمند تاریخی، بازار، تأسیسات، شبکه معابر، فرم معماری و کالبدی ویژه‌ای است و از نظر کارکرد و سیما ساخت فضایی متمایزی از بخش‌های جدید شهری دارد (ادیبی‌سعدی‌نژاد، ۱۳۸۹: ۴). بافت‌های تاریخی و قدیمی در محدوده‌های مرکزی شهرها، عنصر اصلی وحدت‌بخشی به پیکره شهر محسوب می‌شوند. این بافت‌ها با ارزش‌های کالبدی، تاریخی و فرهنگی نهفته در خود، بهترین نشانه هویت شهری هستند. همچنین تجدید حیات و رشد این‌گونه بافت‌ها، مانع از فرسودگی درونی شهر می‌شود و توسعه بی‌رویه آن را محدود می‌کند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲۰). بافت‌های قدیمی شهری همگام با گذر زمان و تغییرات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، نقش و عملکرد قدیمی خود را از دست داده‌اند و دستخوش دگرگونی شده‌اند. ابنیه ناپایدار، معابر کم‌عرض و ریزدانگی بافت از ویژگی‌های این نواحی شهری است که ممکن است مانعی در راه ارائه خدمات شهری و حیات مطلوب شهری باشد. چنانچه محله‌های قدیمی و مرکزی شهر با تغییرات زمان همراه نشوند، رنگ و بوی فرسودگی به خود می‌گیرد و نقش و اهمیت خود را از دست می‌دهند.

تأکید بر توقف فرسودگی از مسائل مهم مدیریت شهری است که با مداخله در بافت‌های قدیمی به شکلی کالبدی امکان‌پذیر می‌شود. مداخله در بافت‌های سنتی باید به‌صورت جدی با شناخت ظرفیت‌ها و تنگناهای اقتصادی و اجتماعی، همچنین کالبدی صورت بگیرد. ابزار این مداخله طرح‌های بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده است. این طرح‌ها از نوع طرح‌های تفصیلی اجرایی است که محتوای اصلی آن‌ها طراحی شهری است. با مداخله در بافت باید بتوان به‌صورت موضعی، حیات تازه‌ای را به مرکز شهر بخشید و ساختار اقتصادی-اجتماعی مطلوبی برای مرکز شهر ایجاد کرد. به‌علاوه می‌توان کمبودهای خدماتی مرکز شهر را به شکلی تأمین کرد که علاوه بر ایجاد مطلوبیت شهری، نیازهای ساکنان هم برآورده شود (اسحاقیان و همکاران، ۱۳۹۱). به بیان دیگر، این امر باید به‌گونه‌ای همه‌جانبه و سیستماتیک صورت بگیرد و به تمام جنبه‌های مطلوبیت شهری توجه کند.

امروزه اطلاعات دقیق از نسبت بافت‌های سنتی، فرسوده و مدرن، مبنای اصلی برنامه‌ریزی‌های شهری است. بدون شک برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران شهری، نیازمند اطلاعات به‌روز از نحوه گسترش بافت‌های شهری و توزیع مکانی آن‌ها هستند. روش‌های معمول در این زمینه، مطالعات میدانی و بازبینی است که با هزینه‌های زیادی همراه است و سرعت و دقت لازم را به شکل مطلوب ارائه نمی‌کند. درحالی‌که فناوری سنجش‌ازدور و کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات شهری، به دلیل قابلیت‌های پردازشی بالای این تصاویر، این مسئله را در سطح بالایی تسهیل می‌کند. به‌روزرسانی تصاویر، ویژگی مهمی است که بر اهمیت کاربرد آن‌ها در مطالعات شهری می‌افزاید؛ در صورتی که به‌روزرسانی نقشه‌های کاربری اراضی بدون استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بسیار مشکل و نیازمند تکرار برداشت‌های میدانی است. به این ترتیب، می‌توان فناوری سنجش‌ازدور را یکی از تکنیک‌های کارآمد و مهم در مطالعات بافت شهری، استخراج و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی دانست که می‌تواند با صرفه‌جویی در هزینه و زمان، اطلاعات باارزشی را به‌دست دهد.

به‌منظور استفاده از قابلیت‌های فناوری سنجش‌ازدور در شناسایی و طبقه‌بندی بافت‌های شهری، روش‌های پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای کارآمد محسوب می‌شود (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵). بررسی منابع و مروری بر پژوهش‌ها

در این زمینه نشان می‌دهد پردازش شیء‌گرا می‌تواند بهتر از پردازش پیکسل پایه در مطالعات شهری جابگویی نیازهای کاربران باشد (القریشی و همکاران^۱، ۲۰۱۶؛ گری و همکاران^۲، ۲۰۱۶؛ فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵).

پردازش شیء‌گرا از جمله موضوعات مهم در حیطه پردازش تصویر است که در سال‌های اخیر به آن توجه شده است. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان تبریز، در یک دوره پنج‌ساله» با استفاده از تصاویر سنجده HDR ماهواره SPOT و تصاویر ماهواره‌ای ASTER، به شیوه پردازش شیء‌گرا، به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در فاصله سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ پرداختند.

فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹، به مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/ کاربری اراضی استان آذربایجان غربی پرداختند و نتیجه گرفتند که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با افزایش دقت معادل ۷ درصد در هر دو شاخص صحت کلی و کاپا، در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از دقت بالاتری برخوردار است. آن‌ها از نتایج پژوهش خود در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی استان آذربایجان غربی و آشکارسازی تغییرات کاربری ۳۰ ساله محدوده بالادست سد ستارخان استفاده کردند.

رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با عنوان «طبقه‌بندی پوشش اراضی/ کاربری اراضی استان آذربایجان غربی براساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای»، نقشه کاربری اراضی استان مذکور را براساس پردازش رقومی و با روش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای سنجده HDR ماهواره اسپات ۵ تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که در روش شیء‌گرا ضمن امکان تشخیص تعداد طبقات بیشتر، نقشه تولیدشده در مقایسه با روش پیکسل پایه، دقت بالاتری دارد.

بلشکه^۳ (۲۰۱۰) در پژوهشی به بررسی اهمیت روش‌های شیء‌گرا در پردازش تصاویر ماهواره‌ای پرداخت و مزایای استفاده از این تکنیک‌ها را در مقابل روش‌های پیکسل پایه تحلیل کرد. وی از روش‌های شیء‌گرا به‌عنوان رویکردی نوین و تغییر پارادایم در پردازش تصاویر ماهواره‌ای یاد می‌کند که پیشرفت عمده‌ای را در سنجش‌ازدور رقم زد.

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از نتایج پژوهش‌های قبلی، استفاده از قابلیت‌های روش‌های شیء‌گرا را در شناسایی بافت مدرن و سنتی شهر اصفهان مدنظر قرار داد تا با بررسی قابلیت‌های هریک از الگوریتم‌های شیء‌گرا، کارایی آن‌ها در شناسایی بافت‌های شهری آزموده شود.

مبانی نظری

بافت شهری

بافت طرز قرارگرفتن اجزا و عناصر در مقابل یکدیگر، ساختار و روابط قانون‌مند درونی اجزاست. بافت هر شهر کمیته پویا و در حال تغییر است که وضع کالبدی شهر و چگونگی شکل‌گیری آن را در طول زمان نمایان می‌کند. بافت هر شهر، نخست دانه‌بندی فضای کالبدی شهر یعنی فضاهای خالی و پر و مقدار آن‌ها را نسبت به یکدیگر و چگونگی رابطه و حد نزدیکی بین آن‌ها را مشخص می‌کند. علاوه بر این، شبکه ارتباطات و نحوه دسترسی‌ها و خصوصیات کلی راه‌ها و معابر را آشکار می‌کند. همچنین گویای چگونگی و نحوه توزیع فضایی فعالیتهای و شکل‌گیری و مراحل رشد و توسعه شهر در طی تاریخ است (سلطان‌زاده، ۱۳۶۵: ۲۹۹).

پردازش شیء‌گرا

پردازش شیء‌گرا با گروه‌بندی پیکسل‌های تصویر، اشیاء تصویری همگن و معناداری را ایجاد می‌کند که از نظر بافت و هندسه قابل طبقه‌بندی هستند. در پردازش شیء‌گرا، به‌جای اینکه عوارض و کاربری‌ها متشکل از پیکسل‌ها دانسته شود، اطلاعات مکانی با اطلاعات طیفی ادغام می‌شود و به کمک شکل، رنگ، بافت، تن خاکستری و سایر کلیدهای تفسیر، همچنین با مقیاس قطعه‌بندی‌شده مشخص، عوارض تصویر شناخته خواهند شد و طبقه‌بندی تصویر براساس این قطعات انجام می‌شود. یکی از دلایل کاربرد پردازش شیء‌گرا در مطالعات شهری این است که بازتاب طیفی عوارض به‌دلیل شباهت‌های انعکاسی، ناشی از رفتار طیفی یکسان پدیده‌ها به‌عنوان عامل محدودکننده مطرح است که نمی‌تواند اطلاعات دقیقی را در طبقه‌بندی و استخراج کاربری‌های شهری ارائه کند (ویزیک و همکاران، ۲۰۱۶؛ فیضی‌زاده و طاهری، ۱۳۹۶). در صورتی که در مطالعات شهری، علاوه بر پوشش گیاهی، آب و سایر عوارض طبیعی، عوارض انسان‌ساخت نیز اهمیت دارند؛ درحالی‌که پردازش پیکسل‌پایه، تمام عوارض انسانی مانند ساختمان‌ها و خیابان‌ها را در یک گروه قرار خواهد داد. همچنین در مواردی آن‌ها را از نظر بازتاب طیفی با خاک که عارضه‌ای طبیعی است هم‌گروه در نظر می‌گیرد؛ بنابراین توانایی روش‌های کلاسیک در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای هنگامی که اشیای متفاوت اطلاعات طیفی مشابهی دارند محدود است. نکته دیگری که باید به‌عنوان نقاط ضعف پردازش پیکسل‌پایه در مطالعات شهری به آن توجه کرد، تعداد باندها و قدرت تفکیک پایین تصاویر ماهواره‌ای است. هنگامی که در پردازش تصویر، تعدد باندها وجود نداشته باشد، توانایی پردازشگر در مورد مسائل شهری و روستایی و استفاده از شاخص‌ها و کلیدهای تفسیر کاهش می‌یابد. در روش‌های پیکسل‌پایه، طبقه‌بندی براساس ارزش عددی هر یک از پیکسل‌ها انجام می‌شود که نتیجه بازتاب طیفی عوارض سطح زمین است. با توجه به تراکم بالا و پیچیدگی ناشی از تعدد انواع کاربری‌های اراضی در محیط‌های شهری، روش‌های پردازش پیکسل‌پایه در شناسایی و طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی شهری با محدودیت مواجه می‌شوند (طیب محمودی و همکاران، ۲۰۱۵).

منطقه مورد مطالعه

شهر اصفهان، مرکز استان اصفهان در بخش مرکزی ایران و در جلگه حاشیه زاینده‌رود واقع شده است که براساس آمارها، سومین شهر پرجمعیت ایران محسوب می‌شود (سرشماری عمومی نفوس و مسکن ایران، ۱۳۹۰). ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۵۰۰ متر است. در سال‌های اخیر، به‌موازات گسترش مراکز تولیدی و صنعتی، و تحولات سیاسی و جمعیتی، این شهر دستخوش تغییرات فراوانی شده و جمعیت آن نیز افزایش پیدا کرده است. نتیجه این افزایش جمعیت، رشد مناطق مسکونی و تبدیل اراضی بایر و در مواردی اراضی با کاربری فضای سبز به کاربری‌های مسکونی و صنعتی بوده است. این تغییرات به‌قدری وسیع و بارز است که تأثیرات ملموسی بر چهره شهر گذاشته است. اصفهان شهری تاریخی دارای محله‌های کهن و سنتی فراوان است که در کنار این بافت کهن، بافت مدرن شهری را در خود جای داده است. با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر ارزیابی روش‌های شیء‌گرا در ارائه فرایند نیمه‌اتوماتیک برای استخراج بافت‌های شهری براساس الگوهای شیء‌پایه است، دو منطقه با ساختار و بافت متفاوت بررسی شدند تا عملکرد هر یک از تکنیک‌های شیء‌گرا در این مناطق ارزیابی شود.

الف) محله مرداوین اصفهان به‌عنوان بافت مدرن و جدید: این محله در جنوب شهر قرار دارد و جزء منطقه شش شهرداری اصفهان محسوب می‌شود. همچنین حفاصل دروازه شیراز (میدان آزادی) تا چهارراه فرایبورگ و کوی

استادان و خیابان کارگر است. در قدیم خانه‌های کارمندی در این محله قرار داشت. در حال حاضر، سیستم شهرسازی مدرن و نوین در تمام قسمت‌های این محله رعایت شده است و شبکه‌های ارتباطی و طراحی شهری از الگوی منظمی پیروی می‌کند.

(ب) محله نوخاجو به‌عنوان بافت سنتی و تاریخی: یکی از محله‌های قدیمی شهر و جزء منطقه سه شهرداری، محله خواجه‌وست که بافت ریز و نسبتاً متراکمی دارد و نقش غالب آن مسکونی است. این محله در حدفاصل خیابان‌های شریف‌واقفی، مشتاق، ابوالحسن اصفهانی و چهارباغ خواجه قرار دارد و آثاری را در خود جای داده که به ثبت ملی رسیده است. شکل ۱ موقعیت و ساختار هریک از این دو منطقه را نشان می‌دهد.



(ب)

(الف)

شکل ۱. موقعیت محله‌های مورد مطالعه

محله مرداویج (ب)

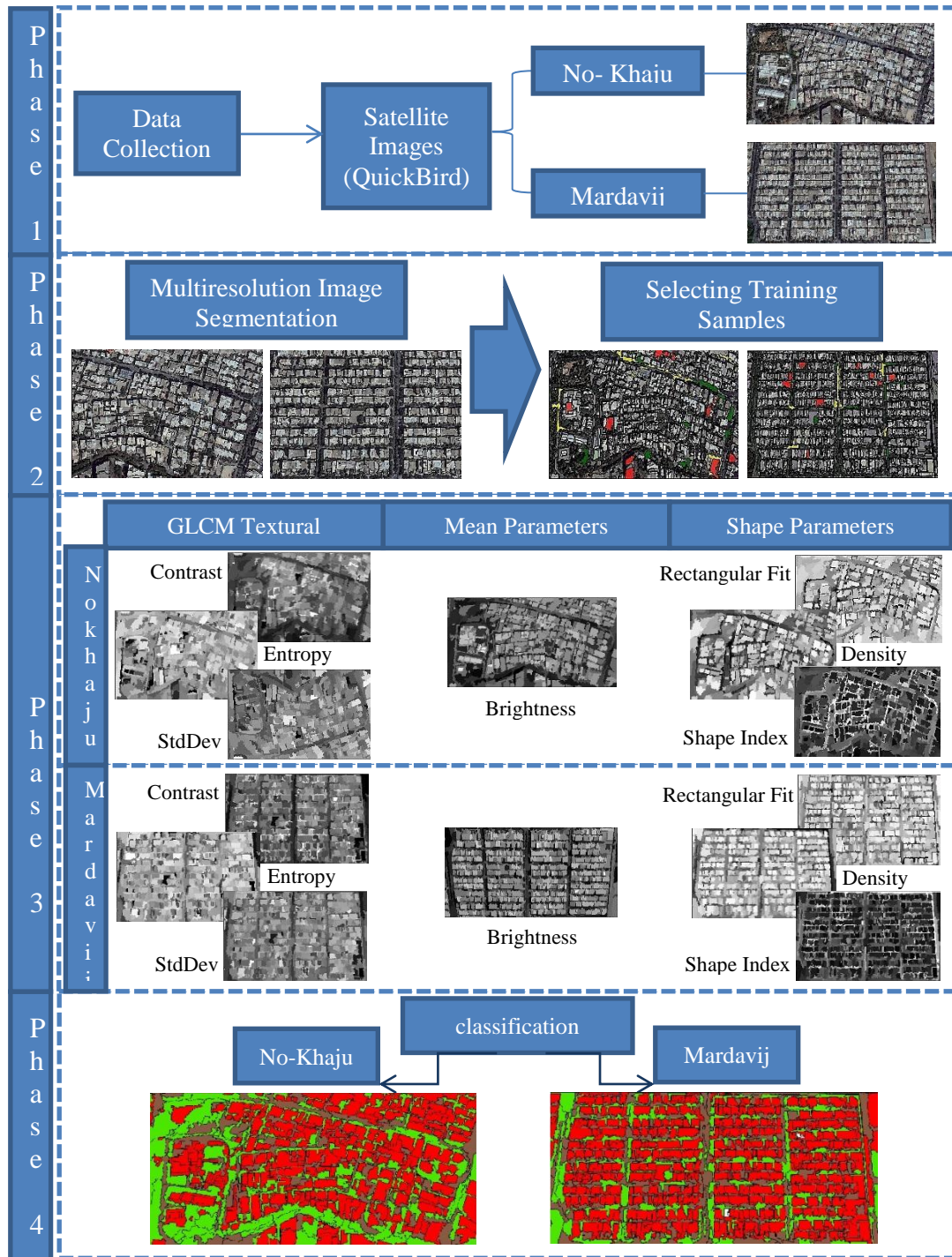
محله نوخاجو (الف)

روش پژوهش

برای بررسی الگوی بافت مدرن و سنتی شهری، از تصاویر ماهواره‌ای QuickBird با دقت مکانی ۶۰ سانتی‌متر استفاده شد. همچنین طبقه‌بندی شیء‌گرا و استخراج کاربری‌های مورد نظر، با نرم‌افزار تخصصی eCognition صورت گرفت. به‌منظور انجام پژوهش و شناسایی الگوریتم‌های مناسب در استخراج ویژگی‌های بافت سنتی و مدرن، سه کلاس اصلی مسکونی، فضای سبز و شبکه معابر در هر منطقه، متناسب با کاربری‌های موجود در هریک از مناطق تعیین شد تا عملکرد هریک از تکنیک‌های شیء‌گرا در استخراج این کلاس‌ها در بافت‌های سنتی و مدرن ارزیابی شود. در شکل ۲، مراحل پژوهش نشان داده شده است.

قطعه‌بندی گامی مهم در فرایند پردازش شیء‌گراست و انتخاب مقیاس مناسب برای آن، بسیار مهم است. در این میان، انتخاب مقیاس کوچک، اشیای کوچک، و انتخاب مقیاس عددی بزرگ شیء‌های بزرگ ایجاد می‌کند؛ بنابراین، مقیاس باید متناسب با مقیاس اجزای تصویر انتخاب شود. هر قطعه تصویری به معنای گروهی از پیکسل‌هاست که ارزش عددی مشابه و بافتی یکسان دارند. مبنای اصلی پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، ارزش‌های محاسبه‌شده برای هریک از قطعات در الگوریتم‌هاست. بدیهی است اندازه قطعات تولیدشده نقشی مهم در این محاسبه دارد؛ بنابراین، در

این پژوهش ابتدا مقیاس‌های مختلف قطعه‌بندی بررسی، و بهترین مقیاس انتخاب شد (شکل ۳ و ۴: نمایش مقیاس‌های متفاوت قطعه‌بندی). سپس با تجزیه و تحلیل نتایج قطعه‌بندی تصویر با پارامتر مقیاس^۱ متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، مقیاس ۷۵ برای محله نوحواجو و مقیاس ۶۰ برای محله مرداویج، همچنین ضریب شکل ۰/۷ و ضریب فشردگی^۲ ۰/۴ انتخاب شد.



شکل ۲. الگوریتم مراحل پژوهش

1. Scale Parameter
2. Compactness



ب) پارامتر مقیاس ۳۵



الف) پارامتر مقیاس ۶۰

شکل ۳. قطعه‌بندی محله مرداویج



ب) پارامتر مقیاس ۳۵



الف) پارامتر مقیاس ۷۵

شکل ۴. قطعه‌بندی محله نوخاجو

اشیای تصویری به‌دست‌آمده از فرایند قطعه‌بندی، اطلاعات زیادی را از اشیای تصویری متناظر زمینی خود دربرگرفته‌اند که می‌توان این اطلاعات را به کمک نرم‌افزار eCognition استخراج کرد. بدین ترتیب، برای اجرای فرایند طبقه‌بندی، پس از تعیین کلاس‌های عارضه و رنگ آن‌ها، همچنین عملگرهای مورد نظر، اطلاعات مربوط به قطعه‌های کلاس‌های تصویری استخراج شد. سپس نمونه‌های آموزشی که اساس طبقه‌بندی را تشکیل می‌دهند، با توجه به برداشت‌های میدانی بر روی تصویر ایجاد می‌شوند. در این پژوهش از عملگرهای منطق فازی برای طبقه‌بندی استفاده شد. روش طبقه‌بندی، مبتنی بر استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی است. برای اجرای این الگوریتم، ابتدا کلاس‌ها، سپس نمونه‌های آموزشی برای آن‌ها تعیین شد. به‌منظور طبقه‌بندی شیء‌گرا، متناسب با شرایط طیفی، فیزیکی و مشخصات هندسی، هریک از کلاس‌ها، الگوریتم‌های شیء‌گرای مناسب شناسایی شد. بدین‌منظور، پارامترهای بافت^۱، شکل^۲ و میانگین^۳ بر پایه الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه به کار رفت. در مرحله بعد، عملگرهای منطق فازی استفاده، و درجه عضویت و آستانه‌های عددی برای هریک از شیء‌های تصویری بر مبنای پارامترهای تعیین شده محاسبه شد. ارزش‌های عضویت محاسبه‌شده، به‌عنوان مبنایی برای طبقه‌بندی قرار گرفت و درنهایت فرایند طبقه‌بندی کاربری اراضی انجام شد.

بافت

بافت تصویر همراه با رنگ، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ماده است که سیمای سطح آن را تعریف می‌کند. برای توصیف ویژگی‌های بافت، روش‌های متفاوتی مطرح شده است (گیبیس و هورتاس^۴، ۲۰۱۳: ۳۷۵). در مطالعات و اندازه‌گیری‌های

1. Texture
2. Shape
3. Mean
4. Gebejes and Huertas

مربوط به بافت چندین پارامتر مؤثر است. این پارامترها می‌تواند شامل اندازه پنجره^۱، روش آماری استفاده‌شده^۲، جابه‌جایی بردار^۳ و تعداد سطوح خاکستری^۴ مورد استفاده برای محاسبه شاخص‌ها باشد. تمام این پارامترها به قدرت تفکیک طیفی و مکانی تصویر وابسته هستند و از طریق ویژگی‌های مکانی بافت‌های مختلف تصویر مانند ابعاد و شکل تشخیص داده می‌شوند. تجزیه و تحلیل بافت در پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، تصویری با تن خاکستری و ارزش‌های عددی مشخص تولید می‌کند که مبنای شاخص GLCM^۵ قرار می‌گیرد. این ماتریس خاکستری متقارن $n \times n$ شامل فراوانی نسبی دو پیکسل مرتبط با رابطه فضایی در دامنه محلی از تصویر است که یکی از پیکسل‌ها با شدت خاکستری i و دیگری با شدت خاکستری j روی تصویر ظاهر می‌شود. i و j عضو مجموعه ۰ تا $n-1$ است که n تعداد سطح خاکستری کدگذاری شده در تصویر محسوب می‌شود. از این ماتریس برای محاسبه و استخراج جهات مختلف پارامترهای بافت استفاده می‌شود (بلشکه و همکاران، ۲۰۱۴: ۱).

ماتریس هم‌رخدادی تصاویر (GLCM) ماتریسی است که اطلاعاتی را درباره ارتباط میان مقادیر پیکسل‌های مجاور در یک تصویر دارد و براساس هم‌بستگی و مقادیر پیکسل‌های تصویر ایجاد می‌شود. مقدار درایه z و i در این ماتریس بدین معنی است که چند پیکسل با رنگ i وجود دارد که رنگ پیکسل سمت راست آن، z است؛ پیکسلی با اندازه i در فاصله مشخص از پیکسلی با اندازه z (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۷۰). اگر فاصله ۱ باشد، چهار جهت ممکن مقدور است. این ماتریس تابعی از رابطه زاویه‌ای میان دو پیکسل مجاور است. زاویه‌های ممکن بین دو پیکسل می‌توانند با ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه بیان شوند (هارل و اسمیت^۶، ۱۹۹۷؛ حسینی و همکاران، ۱۳۸۵). هرچه مقادیر پیکسل‌های تصویر به یکدیگر نزدیک‌تر باشند، تجمع زیادتری روی قطر اصلی ماتریس به‌وجود خواهد آمد. مزیت استفاده از این ماتریس این است که در آن موقعیت مکانی پیکسل‌ها در نظر گرفته می‌شود؛ به‌طوری‌که هرچه توزیع مقادیر خاکستری گسترده‌تر باشد، واریانس زیادتری در ماتریس دیده می‌شود. پس از تشکیل ماتریس هم‌رخداد باید به دنبال استخراج ویژگی‌های مناسبی بود که متمایزکننده یک کلاس از دیگری باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵). در واقع ماتریس هم‌رخداد خاکستری، حاوی اطلاعاتی در مورد فراوانی وقوع دو ترکیب پیکسل همسایه در یک تصویر است (گیس و هوئرتاس، ۲۰۱۳: ۳۷۵). نخستین بار هارلیک^۷، از ماتریس هم‌رخداد برای استخراج ویژگی بافتی از تصویر استفاده کرد. در این مطالعه سه ویژگی ماتریس مذکور بررسی شد که شامل کنتراست^۸، آنتروپی^۹ و انحراف معیار^{۱۰} است.

– **کنتراست:** به تغییرات مکانی سطوح خاکستری در ماتریس GLCM گفته می‌شود که می‌توان آن را وابستگی خطی سطوح خاکستری پیکسل‌های همسایه دانست. کنتراست اندازه‌گیری مقدار تنوع مکانی در تصویر است. فرمول محاسبه ویژگی مذکور به شیوه زیر است:

$$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (i-j)^2 \quad (1)$$

i و j : عدد ردیف و ستون سلول، P ارزش سلول و N تعداد ردیف‌ها و ستون‌هاست. اگر پیکسل‌های همسایه در

1. Windows Size
2. Statistical Method Used
3. Vector Displacement
4. Number of Gray Levels
5. Gray Level Co-Occurrence Matrices
6. Harel and Smith
7. Haralick
8. GLCM Contrast
9. GLCM Entropy
10. GLCM Std.Dev

مقادیر سطح خاکستری بسیار شبیه باشند، کنتراست در تصویر بسیار پایین است. همچنین تغییرات سطوح خاکستری، نشان‌دهنده تغییر در بافت هستند. برای بافت‌های سنگین (متراکم) مقادیر بالای کنتراست و برای سطوح نرم و بافت‌های سبک (نامتراکم) مقادیر پایین انتظار می‌رود (گیس و هوئرتاس، ۲۰۱۳: ۳۷۶). مقدار مناسب این شاخص ۰ - ۶۵۰۲۵ است.

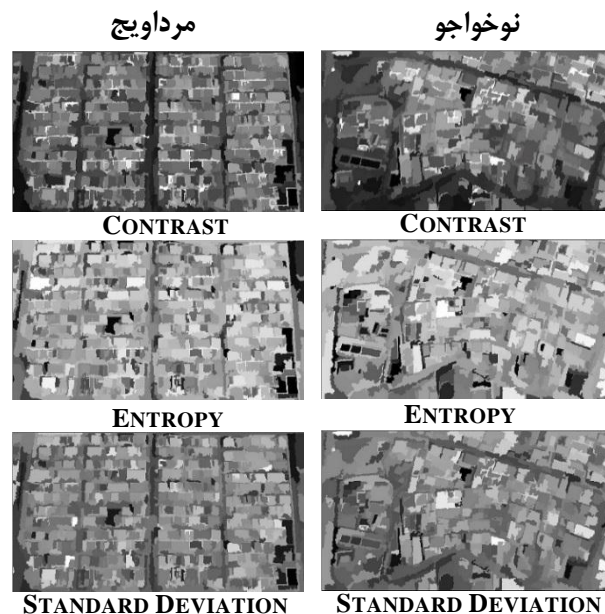
- **آنتروپی:** نشان‌دهنده بی‌نظمی و اختلال در هر سیستم است. در تجزیه و تحلیل‌های بافت، بی‌نظمی‌های فضایی آن را مدنظر دارد. آنتروپی، در توزیع کاملاً تصادفی بسیار بالاست؛ زیرا نشان‌دهنده هرج‌ومرج و بی‌نظمی کامل است (همان: ۳۷۶). اگر عناصر ماتریس GLCM به صورت برابر توزیع شده باشند، مقدار آنتروپی بالا، و اگر عناصر نزدیک به صفر یا ۱ باشد مقدار آنتروپی پایین است. مقدار مناسب تعیین شده برای این شاخص ۰ - ۱۰۴۰۴ است. نحوه محاسبه این ویژگی به صورت زیر است:

$$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (-\ln(P_{i,j})) \quad (2)$$

- **انحراف معیار:** این ویژگی، شبیه به کنتراست و عدم تجانس^۱، و براساس ارزش سلول در داخل ماتریس GLCM است. همچنین ارزش سلول‌های داخل ماتریس را به کار می‌برد؛ بنابراین به شکلی ویژه با ترکیبی از پیکسل‌های مرجع و همسایه سروکار دارد (پزارسی^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). انحراف معیار، معیار پراکندگی و انحراف مقادیر از میانگین است که همواره مقداری بین ۰ - ۲۵۵ دارد. ویژگی مذکور به شیوه زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{i,j}^2} \rightarrow \sigma_{i,j}^2 = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (i, j - \mu_{i,j}) \rightarrow \mu_{i,j} = GLCMmean = \frac{\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}}{N^2} \quad (3)$$

ارزش ویژگی‌های مذکور محاسبه شده در شکل ۵ و جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۵. تصاویر حاصل از استخراج پارامترهای ماتریس GLCM

جدول ۱. حدود آستانه استخراج شده کلاس‌های کاربری

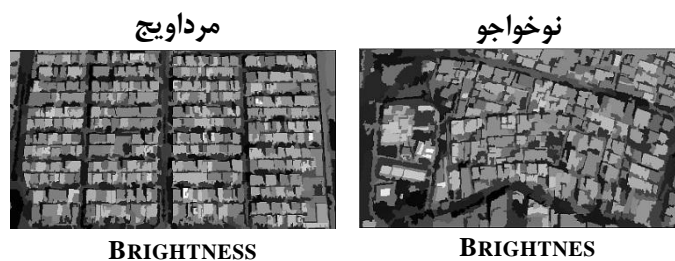
انحراف معیار	نوخاجو		مرداویج		انحراف معیار	کنتراست	فضای سبز
	آنتروپی	کنتراست	انحراف معیار	آنتروپی			
۱۱/۹۳ - ۳۲/۵	۷/۰۶ - ۸/۶۸	۱۱۶/۹ - ۵۰۶/۸۷	۱۱/۷۸ - ۲۹/۷	۶/۰۱ - ۸/۳	۹۴/۹۲ - ۵۲۳/۳۸		
۱۴/۶۱ - ۴۲/۶۸	۶/۶۹ - ۸/۹۶	۶۷/۹۵ - ۶۶۰/۳	۷/۰۶ - ۳۵/۱۲	۵/۵۵ - ۸/۷۶	۳۹/۱۳ - ۱۳۸۸/۷۸		
۱۰/۱۷ - ۲۸/۱۵	۶/۵۸ - ۸/۵۳	۵۹/۰۱ - ۴۵۸/۲۶	۱۱/۳۱ - ۳۴/۸۹	۶/۷۵ - ۸/۵	۶۴/۵۲ - ۶۷۰/۳		

میانگین

پارامتر دیگر برای فرایند طبقه‌بندی، میانگین است. ویژگی‌های این گروه، به متوسط مقدار شدت لایه‌های تصویر اشاره می‌کند. شاخصی که برای هدف پژوهش مناسب تشخیص داده شد و مورد بررسی قرار گرفت، **شاخص روشنایی تصویر**^۱ است. این شاخص مقدار عدد روشنایی قطعه مورد نظر بر روی تصویر و جزء ویژگی‌هایی از تصویر است که با اطلاعات حاصل از خواص طیفی شیء‌های تصویر سروکار دارد. نحوه محاسبه شاخص فوق به صورت زیر است:

$$\bar{C}(v) = \frac{1}{W^B} \sum_{k=1}^K w_k^B \bar{C}_k(v) \quad (4)$$

در فرمول شماره ۴، w_k^B وزن روشنایی لایه تصویر k با مقدار بین ۰ تا ۱ است. K تعداد لایه‌های تصویر، k مورد استفاده برای محاسبه است. w^B مجموع وزن‌های روشنایی تمام لایه‌های تصویر k به کار برده شده برای محاسبه با $\bar{C}_k(v)$ میانگین شدت لایه تصویر k از قطعه تصویر v ، $w^B = \sum_{k=1}^K w_k^B$ ارزش شدت احتمال تاریکی لایه تصویر k و C_k^{\max} ارزش شدت احتمال روشنایی لایه تصویر k است. ارزش ویژگی محاسبه شده مذکور در شکل ۶ و جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۶. تصویر حاصل از استخراج شاخص روشنایی تصویر

جدول ۲. حدود آستانه استخراج شده کلاس‌های کاربری

نوخاجو	مرداویج	
۷۰/۷۰ - ۲۵/۱۰	۳۴/۰۵ - ۶۱/۱۴	فضای سبز
۱۰۵/۸۷ - ۲۱۵/۶۶	۱۱۴/۵۷ - ۱۸۰/۷۱	مسکونی
۷۱/۲۳ - ۱۲۱/۳۹	۷۱/۲۳ - ۱۲۱/۳۹	شبکه معابر

شکل

در این پژوهش، از سه ویژگی پارامتر شکل استفاده شد. این پارامتر عمل طبقه‌بندی را براساس شکل شیء‌های تصویر انجام می‌دهد. ویژگی‌های بررسی شده شامل چگالی^۱، ضریب نزدیکی به مستطیل^۲ و شاخص شکل^۳ است.

- **چگالی:** این ویژگی توزیع فضایی پیکسل‌ها را در قطعه‌های تصویر توصیف می‌کند. در نرم‌افزار مورد استفاده پژوهش، متراکم‌ترین شکل مربع است. هرچه قسمت‌های بیشتری از یک قطعه به صورت رشته‌ای شکل گرفته باشد، چگالی آن پایین‌تر است. چگالی، محاسبه تعداد پیکسل‌های تشکیل‌دهنده قطعه‌های تصویر تقسیم بر شعاع تقریبی آن، بر پایه ماتریس کوواریانس است. مقدار مناسب این شاخص، وابسته به شکل شیء‌های تصویر و مساوی یا بزرگ‌تر از صفر است. فرمول محاسباتی شاخص فوق به صورت زیر است:

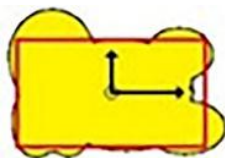
$$\frac{\sqrt{\#P_v}}{1 + \sqrt{\text{Var}(X) + \text{Var}(Y)}} \quad (5)$$

$\sqrt{\#P_v}$ قطر یک شیء مربع‌شکل، با $\#P$ پیکسل و $\sqrt{\text{Var}(X) + \text{Var}(Y)}$ قطر بیضی است.

- **ضریب نزدیکی به مستطیل:** این ویژگی میزان تناسب شیء‌های تصویر را با یک مستطیل از نظر اندازه و نسبت توصیف می‌کند. مقدار صفر نشان‌دهنده عدم تناسب و مقدار ۱ نشان‌دهنده تناسب کامل است. محاسبه روی یک مستطیل، به همان اندازه شیء تصویر استوار است. نسبت مستطیل (شکل منظم) برابر است با نسبت طول به عرض شیء تصویری. مساحت آن قسمت از شیء تصویری که خارج از مستطیل قرار می‌گیرد، با مساحت داخل آن مقایسه می‌شود. حد مناسب شاخص مذکور بین ۰ و ۱ است. مقدار ۱ نشان‌دهنده مستطیل کامل (شکل کاملاً منظم) است و هرچه شکل شیء تولیدشده از مستطیل فاصله داشته باشد، نسبت این عدد کمتر خواهد بود. چگونگی محاسبه این شاخص به صورت زیر است:

$$\frac{\{\#(x, y) \in P_v : \rho_v(x, y) \leq 1\}}{\#P_v} \quad (6)$$

در فرمول فوق $\rho_v(x, y)$ فاصله بیضوی در یک پیکسل (x, y) است.



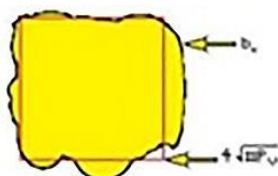
شکل ۷. نحوه محاسبه شاخص نزدیکی به شکل منظم

- **شاخص شکل:** این شاخص میزان همواری لبه قطعه‌های تصویر را توصیف می‌کند و مقدار آن در لبه‌های هموارتر کمتر است. این ویژگی با تقسیم طول لبه شیء‌های تصویر بر چهار برابر ریشه دوم مساحت آن‌ها به دست می‌آید. مقدار عددی این شاخص همواره بین ۱ تا بی‌نهایت است و مقدار ۱ حالت ایده‌آل برای آن محسوب می‌شود. محاسبه این شاخص به شیوه زیر صورت می‌گیرد:

1. Density
2. Rectangular Fit
3. Shape Index

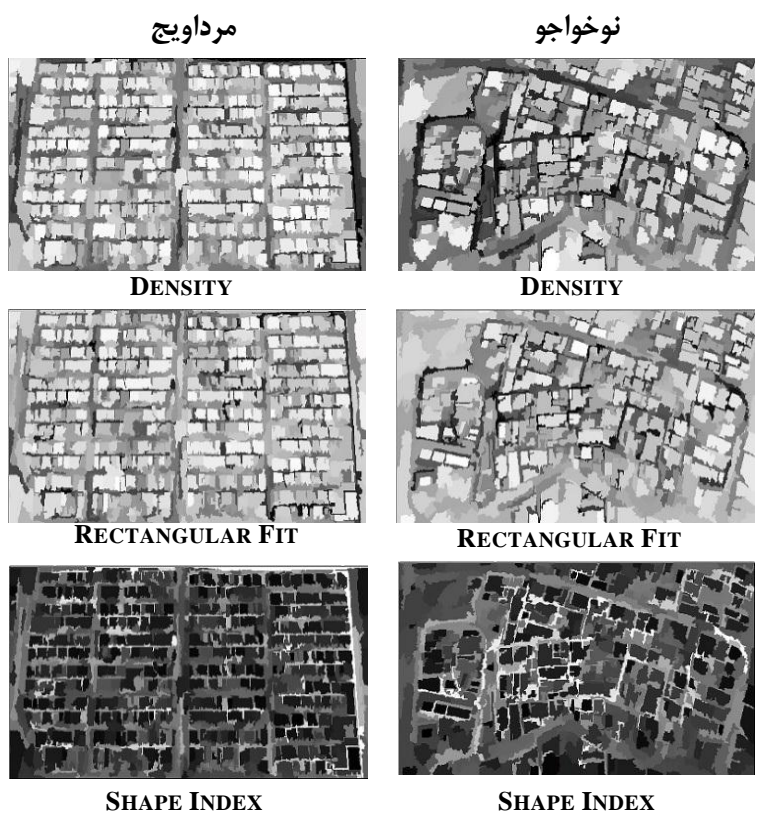
$$\frac{b_v}{4\sqrt{\#P_v}} \tag{۷}$$

b_v طول لبه (مرز) قطعه تصویر و $4\sqrt{\#P_v}$ لبه (مرز) مربعی با مساحت $\#P$ است.



شکل ۸. نحوه محاسبه شاخص شکل

ارزش ویژگی‌های محاسبه‌شده مذکور، در شکل ۹ و جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۹. تصاویر حاصل از استخراج پارامترهای شکل

جدول ۳. حدود آستانه استخراج شده کلاس‌های کاربری

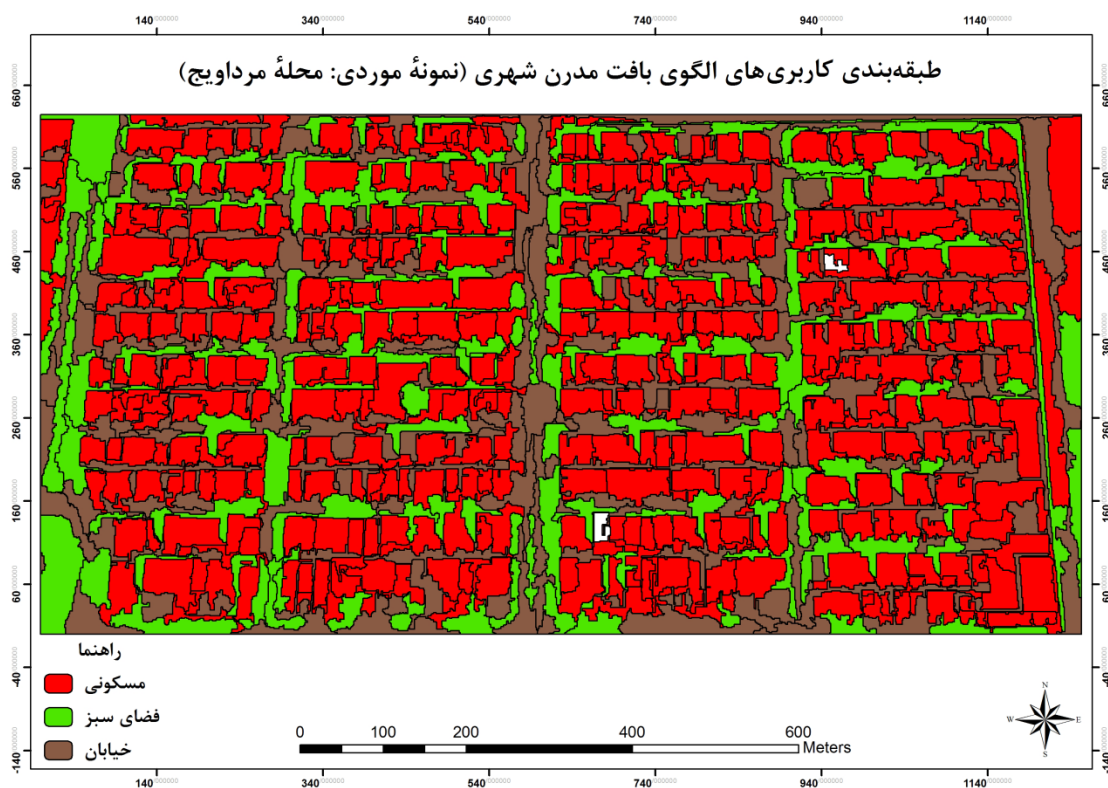
نوخواجو		مرداوایج		چگالی	فضای سبز
شاخص شکل	نزدیکی به شکل منظم	شاخص شکل	نزدیکی به شکل منظم		
۱/۳۴ - ۳/۴۵	۰/۲۲ - ۰/۸۸	۰/۵۹ - ۲/۲۵	۱/۳۸ - ۳/۳۴	۰/۴۹ - ۰/۹۱	۰/۳۳ - ۲/۱۴
۱/۱ - ۳/۲۹	۰/۵۶ - ۰/۹۶	۱/۱۴ - ۲/۳۵	۱/۱۴ - ۳/۷۹	۰/۰۴۴ - ۰/۹۵	۰/۶۸ - ۲/۳۰۴
۰/۹۳ - ۴/۷۱	۰/۲۸ - ۰/۸۳	۰/۶۹ - ۱/۸۲	۱/۱۴ - ۵/۲۸	۰/۱۸ - ۰/۸۵	۰/۵۳ - ۲/۲۰

تصاویر حاصل از ویژگی‌های یادشده، به همراه حدود آستانه‌های آن‌ها برای کلاس‌های مورد نظر بررسی شد تا تفکیک‌پذیری مناسب صورت بگیرد. براساس نتایج، این ویژگی‌ها قابلیت تفکیک‌پذیری مناسبی دارد. درنهایت در فرایند طبقه‌بندی بافت محله‌ها، از ویژگی‌های مذکور استفاده شد. در ادامه، برای ارزیابی صحت و دقت طبقه‌بندی، ضریب کاپا و دقت کلی برای هر تصویر استخراج شد. (جدول ۴)

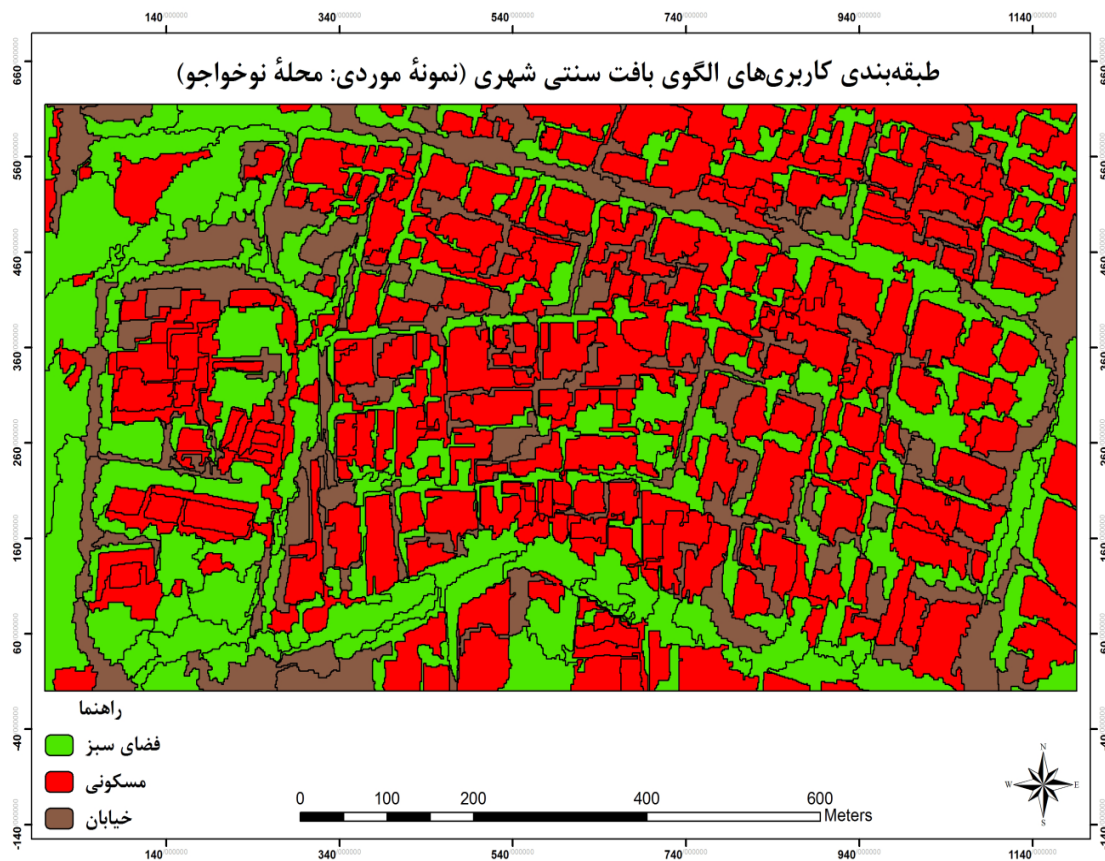
جدول ۴. محاسبه دقت طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا

پارامتر آماری	نوخواجه	مرداویج
ضریب کاپا	۰/۸۹	۰/۹۱
دقت کلی	۰/۹۷	۰/۹۸

پس از استخراج کاربری‌های مورد نظر، طبقات ایجادشده به محیط GIS منتقل شد و تحلیل‌های مربوط به مساحت بر روی آن‌ها صورت گرفت. نتایج حاصل در جدول ۵ و نمودار ۱ نشان داده شده است.



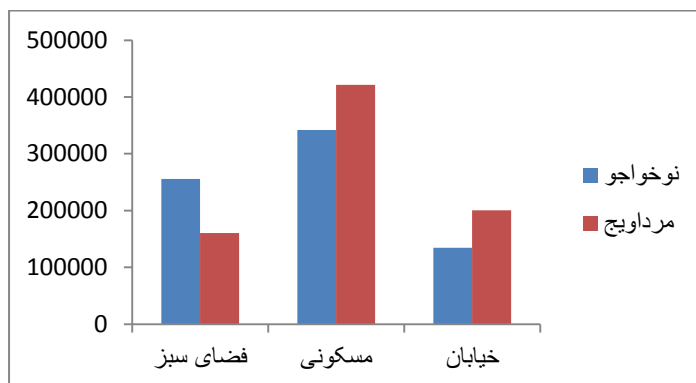
شکل ۱۰. طبقه‌بندی کاربری‌های الگوی بافت مدرن شهری (نمونه موردی: محله مرداویج)



شکل ۱۱. طبقه‌بندی کاربری‌های الگوی بافت سنتی شهری (نمونه موردی: محله نوحواجو)

جدول ۵. مساحت کاربری‌های بافت محله‌های نوحواجو و مرداویج

مرداویج	نوحواجو	
۱۶۰۱۹۷	۲۵۵۹۰۴	فضای سبز
۴۲۱۴۰۵	۳۴۲۰۵۱	مسکونی
۲۰۰۵۸۳	۱۳۴۵۱۰	شبکه معابر



نمودار ۱. کاربری‌های بافت محله‌های نوحواجو و مرداویج

بحث و یافته‌ها

در پژوهش حاضر کارایی روش‌ها و الگوریتم‌های شیء‌گرا برای شناسایی و طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی شهری در دو بافت قدیمی و مدرن ارزیابی شد. با توجه به گفته‌های پیشین، شیء‌های به‌دست‌آمده از فرایند قطعه‌بندی، اطلاعات زیادی از اشیای زمینی متناظر خود را ارائه می‌کنند که در فرایند مدل‌سازی شیء‌گرا، استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر ویژگی‌های طیفی و مکانی اشیای زمینی با استفاده از انواع الگوریتم‌های طیفی و مکانی، ارزیابی و سنجش شد تا استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و شناسایی نوع بافت شهری امکان‌پذیر شود. نتایج پژوهش بیانگر قابلیت زیاد روش‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای در مدل‌سازی کاربری اراضی شهری است. براین اساس، استفاده از الگوریتم‌های بافت و ترکیب الگوریتم‌های طیفی با اطلاعات مکانی می‌تواند دقت نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا را افزایش دهد. بررسی شاخص‌های GLCM، نشان می‌دهد این شاخص‌ها کارایی زیادی در شناسایی اراضی شهری دارند و دقت بالای به‌دست‌آمده کاملاً مؤید این امر است. با وجود دستیابی به دقت مطلوب در هر دو فرایند طبقه‌بندی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد ویژگی‌های ذاتی تصویر، مهم‌ترین عامل در عملکرد الگوریتم‌های شیء‌گراست؛ زیرا الگوها و ساختار منظم در بافت‌های مدرن شهری، عملکرد بهتر شاخص‌های شکل، تراکم و ضریب نزدیکی را به اشکال منظم فراهم می‌کند و طبقه‌بندی کلاس‌های شهری را با دقت ۹۸ درصد صورت می‌دهد. درحالی‌که همین الگوریتم‌ها در بافت‌های سنتی، دستیابی به دقت ۹۷ درصد را امکان‌پذیر کردند که در مقایسه با نقشه کاربری استخراج‌شده اراضی برای بافت مدرن، ۱ درصد کمتر است. نتایج درباره شاخص نزدیکی به اشکال منظم هندسی نشان می‌دهد که این شاخص در شناسایی بافت‌های مدرن، عملکرد زیادی دارد؛ زیرا این بافت‌ها به دلیل طراحی اصولی و داشتن اشکال منظم هندسی، در فرایند تولید قطعات ارزش بیشتری برای شاخص‌های شکل و نزدیکی به اشکال منظم هندسی دارند. همچنین طبقه‌بندی بر مبنای آن‌ها امکان تفکیک این کلاس‌ها را میسر می‌کند. علاوه بر این در خصوص شناسایی و استخراج شبکه‌های ارتباطی نیز اعمال شاخص نسبت طول به عرض می‌تواند پارامتری تأثیرگذار در افزایش دقت طبقه‌بندی باشد؛ زیرا شبکه ارتباطی که در بافت‌های مدرن از الگویی منظم پیروی می‌کند، با الگوریتم نسبت طول به عرض قابل استخراج است. در صورتی که براساس نتایج، این شاخص در بافت‌های سنتی و قدیمی عملکرد مناسبی ندارد.

براساس نتایج پژوهش، استفاده از اطلاعات طیفی، به‌ویژه اطلاعات باندهای مادون قرمز همچنان بهترین تکنیک در شناسایی و طبقه‌بندی کلاس فضای سبز شهری است؛ زیرا به دلیل عدم تجانس در نوع پوشش گیاهی فضاهای سبز و یکدست نبودن آن‌ها، همچنین تعدد گونه‌ها در سطح فضاهای سبز شهری هر دو منطقه، شاخص‌های بافت و شکل الگوی خاصی را بازتاب نمی‌دهند، اما در خصوص استفاده از اطلاعات طیفی، این کلاس از سایر کلاس‌ها قابل تفکیک است که در این پژوهش اطلاعات باند ۳ و ۴ (مادون قرمز نزدیک) مبنایی برای شناسایی و طبقه‌بندی کلاس فضای سبز در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، براساس نتایج، مهم است که ویژگی‌های بصری، هندسی و ژئومتری کلاس‌های کاربری اراضی در مناطق شهری باید به‌عنوان مهم‌ترین معیار در طبقه‌بندی شیء‌گرا به کار رود و الگوریتم‌های شیء‌گرای متناسب با این ویژگی‌ها تعیین شود. لازم است این فرایند برای کلاس‌های مختلف تصویر از سایر کلاس‌ها متمایزتر باشد و بتواند منطقه مورد مطالعه را به‌شکلی واقع‌بینانه‌تر نمایش دهد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی روش پردازش شیء‌گرا در شناسایی و استخراج نیمه‌اتوماتیک بافت‌های مدرن و سنتی شهری انجام شد. براساس نتایج می‌توان گفت پارامترهای شیء‌گرای استفاده‌شده می‌توانند به‌خوبی امکان شناسایی و

طبقه‌بندی کاربری اراضی و مقایسه الگوهای بافت شهری را فراهم کنند. مقایسه میان دو الگوی مدرن و سنتی نشان می‌دهد بافت جدید، شبکه معابر منظم، یکپارچه و بلوک‌های دارای مرز و محدوده مشخصی دارد؛ به گونه‌ای که سلسله‌مراتب معابر شهری به خوبی در آن رعایت شده و به سهولت دسترسی ساکنان به خدمات شهری توجه شده است. نظم موجود نشان‌دهنده طراحی شهری مطابق با اصول شهرسازی مدرن و فکر و برنامه برای ایجاد آن است. در صورتی که در بافت سنتی خبری از نظم و یکپارچگی در شکل‌گیری شبکه معابر مانند آنچه در بافت مدرن مشاهده می‌شود، نیست.

از سوی دیگر، مساحت فضای سبز شهری در بافت سنتی که هسته شکل‌گیری آن بدون طرح و برنامه بوده بیشتر مشاهده شده است. نتایج این پژوهش، بیانگر قابلیت روش‌های شیء‌گرا در طبقه‌بندی بافت‌های شهری است. با توجه به اینکه در عصر حاضر دستیابی به اطلاعات دقیق در کمترین زمان و بیشترین سرعت یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌هاست، بدیهی است نتایج این پژوهش برای استخراج سریع‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای و ارائه متدولوژی چنین فرایندهایی اهمیت دارد. نتایج این پژوهش در ارزیابی کارایی هریک از الگوریتم‌های شیء‌گرا، اهمیت زیادی دارد و می‌تواند راهگشای پژوهش‌های آتی برای به‌کارگیری اصولی روش‌های شیء‌گرای پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی بافت‌های شهری و استخراج نقشه‌های کاربری اراضی باشد. همچنین می‌تواند در برنامه‌ریزی شهری کاربردهای متعددی داشته باشد و اطلاعات ارزشمندی را برای برنامه‌ریزان ارائه کند. بر مبنای نتایج دیگر پژوهش، پژوهش‌های آتی نویسندگان مبتنی بر بهینه‌سازی الگوریتم‌های شیء‌گرا برای طبقه‌بندی بافت‌های شهری خواهد بود.

منابع

- اسحاقیان، فرانک، حسنی، عاطفه و سید مسلم سیدالحسینی، ۱۳۹۱، **ارزیابی طرح بهسازی و نوسازی قطاع ۲ بافت پیرامون حرم مطهر با تأکید بر حوزه کالبدی-عملکردی**، چهارمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد، دانشگاه مشهد.
https://www.civilica.com/Paper-URBANPLANING04-URBANPLANING04_027.html، COI: URBANPLANING04_027.
- ادیبی‌سعدی‌نژاد، فاطمه، ۱۳۸۹، **مفهوم بافت فرسوده و ویژگی‌های آن**، ماهنامه شوراها، سال پنجم، شماره ۵۴، صص ۴-۹.
- حیبی، کیومرث، پوراحمد، احمد و ابوالفضل مشکینی، ۱۳۸۶، **بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری**، انتشارات دانشگاه کردستان.
- حسینی، سید مهدی، نجار اعرابی، بابک و حمید سلطانیان‌زاده، ۱۳۸۵، **طبقه‌بندی تصاویر رنگی عنیبه به کمک ماتریس هم‌اتفاقی تصویر Hue: یک لایه از ساختار سلسله‌مراتبی برای شناسایی مقاوم افراد**، چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین و همکاران، ۱۳۸۹، **طبقه‌بندی پوشش اراضی / کاربری اراضی براساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی**، فصلنامه پژوهش‌های آبخیزداری، دوره بیست و سوم، شماره ۸۷، صص ۲۰-۳۵.
- سلطان‌زاده، حسین، ۱۳۶۵، **مقدمه‌ای بر تاریخ شهرنشینی در ایران**، نشر آبی.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰، **سرشماری عمومی نفوس و مسکن ایران**.
- فیضی‌زاده، بختیار و علیرضا طاهری، زیر چاپ، **استفاده از تکنیک‌های پردازش شیء‌پایه در مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حاصل از رشد شهری در محدوده شهر مراغه**، فصلنامه آمایش محیط، مقاله پذیرفته‌شده و در حال چاپ.
- فیضی‌زاده، بختیار و سعید سلمانی، ۱۳۹۵، **مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به‌کارگیری روش‌های شیء‌پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه**، مجله آمایش سرزمین، دوره هشتم، شماره ۲، صص ۱۷۷-۲۰۲.

۱۰. فیضی‌زاده، بختیار، عزتی، سودابه و شهرام ملکی، ۱۳۹۴، کاربرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)، بیست و دومین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
۱۱. فیضی‌زاده، بختیار و حسین هلالی، ۱۳۸۹، مقایسه روش‌های پیکسل‌پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش / کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره چهل و دوم، شماره ۷۱، صص ۷۳-۸۴.
۱۲. قنبری، صدیقه و همکاران، ۱۳۹۰، پنهان‌شکنی در تصاویر با استفاده از ماتریس هم‌رخدادی و شبکه عصبی، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال نهم، شماره ۳، صص ۱۶۹-۱۷۴.
13. Alqurashi, A. F., Kumar, L. and Sinha, P., 2016, **Urban Land Cover Change Modelling Using Time-Series Satellite Images: A Case Study of Urban Growth in Five Cities of Saudi Arabia**, Journal of Remote Sensing, Vol. 8, No. 10, PP. 838-852; DOI: 10.3390/rs8100838.
14. Adibi Sadinejad, F., 2010, **The Concept of Worn-out Texture and its Features**, Journal of Shoraha, Vol. 5, No. 54, PP. 4-9. (In Persian)
15. Blaschke, T., Feizizadeh, B. and Hölbling, D., 2014, **Object-Based Image Analysis and Digital Terrain Analysis for Locating Landslides in the Urmia Lake Basin- Iran**, Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 7, No. 12, PP. 4806-4817; DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2350036.
16. Blaschke, T., 2010, **Object based image analysis for remote sensing**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 65, No. 1, PP. 2-16.
17. Eshaghian, F., Hasani, A. and SeyedAlhoseini, M., 2012, **Evaluation of the Improvement and Renovation of the Sector No. 2 Surrounding the Shrine Haram with Emphasis on the Physical and Functional Field**, 4th Urban Planning and Management Conference, Mashhad University, Mashhad, Iran, 10 and 11 May; COI: URBANPLANING04_027. (In Persian)
18. Feizizadeh, B., and Taheri, A., (Under Print), **Use of Object-Based Processing Techniques in Modeling of Land-Use Changes from Urban Growth in the Maragheh City**, Journal of Environmental Based Territorial Planning. (In Persian)
19. Feizizadeh, B., and Salmani, S., 2016, **Modeling Agricultural Destruction Lands Resulted by Urban Growing in Suburb of Urmia City by Applying an Object Based Image Analysis Approach**, Journal of Town and Country Planning, Vol. 8, No. 2, PP. 177-202. (In Persian)
20. Feizizadeh, B., Ezati, S. and Maleki, S., 2015, **Application of Object-Oriented Classification Algorithms Satellite Image to Assess the Land Use Change Process (Case Study: Tabriz)**, 22th National Geomatics Conference, Iran National Cartographic Center, 17-19 May. (In Persian)
21. Feizizadeh, B., and Helali, H., 2010, **Comparison Pixel-Based, Object-Oriented Methods and Effective Parameters in Classification Land Cover/ Land Use of West Province Azerbaijan**, Journal of Physical Geography Research, Vol. 42, No. 71, PP. 73-84. (In Persian)
22. Grebby, S., Field, E., and Tansey, K., 2016, **Evaluating the Use of an Object-Based Approach to Lithological Mapping in Vegetated Terrain**, Journal of Remote Sensing, Vol. 8, No. 10, PP. 843-863; DOI: 10.3390/rs8100843.
23. Gebejes, A., and Huertas, R., 2013, **Texture Characterization based on Grey-Level Cooccurrence Matrix**, Conference of Informatics and Management Sciences, Slovakia, Zilina, 25-29 March.
24. Ghanbari, S. et al., H., 2011, **Image analysis Method Based on Co-Occurrence Matrix and Neural Network**, Journal of Electrical Engineering and Computer Engineering of Iran, Vol. 9, No. 3, PP. 169-174. (In Persian)
25. Habibi, K., PoorAhmad, A., and Meshkini, A., 2007, **Improvement and Renovation of Olden Urban Texture**, Kurdistan University Publication, Kurdistan, Iran. (In Persian)
26. Hoseini, M., Najjar Arabi, B., and Soltanianzadeh, H., 2007, **The Classification of Iris Color Images with the Co-Occurrence Matrix of Hue Image: A Layer of Hierarchical Structure for the Identification of Resistant Individuals**, 4th Iranian Conference on Machine Vision and Image

- Processing, Mashhad University, Mashhad, Iran, 14 and 15 Feb, 2007. (*In Persian*)
27. Harel, N. and Smith, T., 1997, **A Texture Based Approach to Defect Analysis of Grapefruits**, Georgia Institute of Technology, CS7321 Winter.
 28. Haralick, R. M., Shanmugam, K. and Dinstein, I., 1973, **Textural Features of Image Classification**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 6, PP. 610-621.
 29. Pesaresi, M., Gerhardinger, A., and Kayitakire, F., 2008, **A Robust Built-Up Area Presence Index by Anisotropic Rotation-Invariant Textural Measure**, Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 1, No. 3, PP. 180-192; DOI: 10.1109/JSTARS.2008.2002869.
 30. Rezaeimogadam, M. H. et al. 2010, **Land Use/ Land Cover Classification Based on Object-Oriented Technique and Satellite Image (Case study: West Azerbaijan Provinces)**, Journal of Watershed Management Research, Vol. 23, No. 87, PP. 20-35. (*In Persian*)
 31. Statistical Center for Iran, 2011, **Population and Housing Census of Iran**. (*In Persian*)
 32. Soltanzadeh, H., 1986, **Introduction to Urban History in Iran**, Abi Publication, Iran. (*In Persian*)
 33. TabibMahmoudi, F., Samadzadegan, F., and Reinartz, P., 2015, **“Context Aware Modification on the Object Based Image Analysis”**, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 43, No. 4, PP. 709-717; DOI:10.1007/s12524-015.
 34. Wezyk, P. et al., 2016, **Using Geobia and Data Fusion Approach for Land Use and Land Cover Mapping**, Journal of Questions Geographica, Vol. 35, No. 1, PP. 93-104; DOI: <https://doi.org/10.1515/quageo-2016-0009>.