

مدل سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به کارگیری روش های شیء پایه پردازش تصاویر ماهواره ای در محدوده شهری ارومیه

بختیار فیضی زاده^۱، سعید سلمانی^{۲*}

۱. استادیار، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۵)

چکیده

مطالعه حاضر، مدل سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر ارومیه را به منظور آشکار سازی تغییرات انجام گرفته در اراضی کشاورزی مد نظر قرار داده است. در این زمینه تصاویر ماهواره ای لندست به کار گرفته شد. سپس، پردازش شیء پایه تصاویر ماهواره ای با اعمال فرایند سگمنت سازی انجام گرفت و در مرحله بعدی با بهینه سازی مقیاس سگمنت سازی و تجزیه تصویر به عناصر تشکیل دهنده آن، از انواع الگوریتم های شیء پایه متناسب با شرایط فیزیکی و هندسی هر یک کلاس های کاربری اراضی به کار گرفته شد. در طول فرایند پردازش تصاویر علاوه بر اطلاعات طیفی، از اطلاعات مربوط به شکل، همگنی و بافت (GLCM) برای استخراج کاربری ها استفاده شد. نتایج پژوهش نشان می دهد شهر ارومیه در طی ۳۱ سال گذشته گسترش فیزیکی زیادی داشته، به طوری که مساحت آن از ۷،۴۳ درصد کل منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۳، به ۳۰،۷۵ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. این افزایش با کاهش زمین های کشاورزی جبران شده، به طوری که حجم وسیعی از اراضی کشاورزی مستعد مورد ساخت و ساز قرار گرفته است که به معنای تخریب اراضی حاصل خیز به ویژه اراضی باغی در این منطقه به خصوص در محدوده مسیر رودخانه شهرهای چای، بند، محور مهاباد، محور سرو، محور دریا، و محور سلماس بوده است. همچنین، نتایج این تحقیق در شناسایی قابلیت الگوریتم های شیء گرا برای مطالعات شهری اهمیت زیادی دارد و می تواند راهگشای تحقیقات آتی در به کارگیری الگوریتم های کارآمد شیء گرا در پردازش تصاویر سنجش از دور برای مطالعات شهری باشد.

کلیدواژگان

اراضی کشاورزی، تخریب اراضی زراعی، تغییرات کاربری اراضی، شهر ارومیه، مدل سازی شیء پایه.

* نویسنده مسئول، رایانامه: said.salmani@yahoo.com

مقدمه و بیان مسئله

کاربری اراضی شامل انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش شرط‌های اصلی برای به‌کارگیری بهینه زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و دانستن تغییرات هر یک از کاربری‌ها در طول زمان است (فیضی‌زاده و حاجی میرحیمی، ۱۳۸۶). آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چندزمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آن‌ها در تاریخ‌های مختلف تصویربرداری، تغییراتی داشته‌اند. این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش در کوتاه‌مدت مانند برف، سیلاب، تغییرات، کاربری مانند توسعه شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی و صنعتی باشد (ریبسی و همکاران، ۱۳۸۳، ص ۱۹). داشتن آمار و اطلاعات بهنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است. اطلاع از نسبت کاربری‌ها در یک محیط و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌ها بوده و هست. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی کرد و اقدامات مقتضی را انجام داد. با توجه به هزینه بالا و بهنگام‌نبودن تهیه این نقشه‌ها به وسیله عملیات زمینی، در سال‌های اخیر، به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی کارآمد برای ارزیابی تغییرات محیطی مطرح شده است (شربانی، ۱۳۸۰). در حال حاضر تکنولوژی سنجنش‌ازدور (RS) بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری‌های اراضی است که بیشترین سرعت و دقت را دارد. با به‌کارگیری داده‌های چندزمانه سنجنش‌ازدور با کمترین زمان و هزینه، می‌توان نسبت کاربری‌های اراضی را استخراج کرده و سپس، با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد. طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود. در حال حاضر طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای با دو روش کلی پردازش پیکسل‌پایه و شیء‌پایه انجام می‌شود. روش پیکسل‌پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است، و روش جدید شیء‌گرا که علاوه بر ارزش‌های عددی اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه را نیز در فرایند

طبقه‌بندی تصاویر به کار می‌گیرد (اکبری و همکاران، ۱۳۸۹). بلسشکه (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان «پردازش شیء‌گرا تصاویر برای سنجش‌ازدور» اشاره می‌کند که برای استخراج اطلاعات کاربری اراضی از تصاویر رقومی ماهواره‌ای روش‌های متفاوتی مطرح شده است که هر یک نقاط ضعف و برتری خاص خود را دارند. در این زمینه روش‌های شیء‌گرا به دلیل بهره‌مندی از الگوریتم‌های دانش‌پایه توانسته است بر ضعف روش‌های پیکسل‌پایه غلبه کند (Blaschke, 2010, p.4). تکنیک‌های شیء‌پایه برخلاف روش‌های پیکسل‌پایه انواع الگوریتم‌های هندسی، ژئومتری، شکل، طیفی و مکانی را به کار می‌گیرد و انتخاب مؤثرترین الگوریتم‌ها در این فرایند به تجربه زیادی در پردازش تصاویر نیاز دارد. علاوه بر آن، در بسیاری از موارد الگوریتم‌های متعدد نتایج متفاوتی را ارائه می‌دهند و این موضوع در بسیاری از موارد انتخاب الگوریتم‌های کارآمد را با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین، هر تحقیقی در زمینه به‌کارگیری و ارزیابی قابلیت الگوریتم‌های شیء‌گرا می‌تواند نقشی مؤثر در بهبود نتایج مدل‌سازی‌های شیء‌پایه داشته باشد (Goodin et al. 2015; Lindqist & Annuzio, 2016). در زمینه موضوع تحقیق و به‌کارگیری تکنیک‌های شیء‌گرا، طبیب محمودی و همکاران (۲۰۱۴) با به‌کارگیری روش‌های پردازش شیء‌گرا تصاویر ماهواره‌ای در مناطق شهری و همچنین توابع GLCM اقدام به استخراج عارضه کردند و به این نتیجه رسیدند که به‌کارگیری اطلاعات بافتی همراه با تلفیق سایر لایه‌های اطلاعاتی (چندمنظره‌ای) باعث کاهش ابهام در تشخیص عارضه‌های تصویر می‌شود و دقت کلی و کاپا را افزایش می‌دهد (Tabib Mahmoudi et al., 2014). فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی (۱۳۸۶) تصاویر TM لندست و HDR ماهواره اسپات را به‌کار گرفته، تغییرات فضای سبز شهر تبریز را با روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مطالعه کردند (فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۶). طبیب محمودی و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان «یک روش ادغام چندتصمیمه برای تشخیص عوارض با به‌کارگیری تصاویر چندزاویه‌ای» عارضه‌های شهری را به روش شیء‌گرا استخراج کردند (Tabib Mahmoudi et al., 2013). رضایی مقدم و همکارانش (۱۳۸۹) با به‌کارگیری تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT5 و با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات کاربری اراضی این تصاویر را در محیط نرم‌افزار eCognition با روش

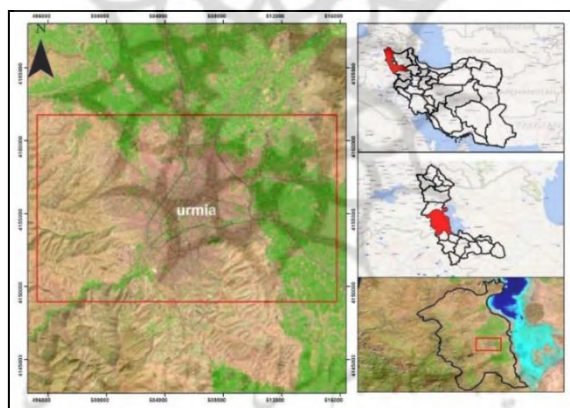
پردازش شیء گرا نقشه کاربری های استان آذربایجان غربی تهیه کردند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). فیضی زاده (۱۳۸۶) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا را در تهیه نقشه های کاربری اراضی جلگه شرقی دریاچه ارومیه مقایسه کرده است (فیضی زاده، ۱۳۸۶). چن و همکارانش (۲۰۰۹) با به کارگیری تصاویر ماهواره ای SPOT روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا را در استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای مقایسه کردند (Chen et al., 2009). متین فر و همکاران (۱۳۸۶) در مقاله ای با عنوان تعیین نوع کاربری و پوشش اراضی به وسیله داده های لندست ۷ (ETM+) با روش شیء گرا در منطقه کاشان و با نرم افزار eCognition پوشش هایی از قبیل پوسته های نمکی، تپه های ماسه ای، خاک های شور و غیرشور را تفکیک کرده و بعد با به کارگیری نمونه های آموزشی صحت طبقه بندی را ارزیابی کردند (متین فر و همکاران، ۱۳۸۶). جمع بندی پیشینه تحقیق نشان می دهد روش های پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای به گستردگی در پردازش تصاویر ماهواره ای برای اهداف متعدد به کار گرفته می شود. همچنین، با مرور تحقیقات انجام گرفته، مشخص می شود پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای انواع الگوریتم های مکانی، هندسی، ژئومتری، طیفی، آماری و محاسباتی را در فرایند پردازش تصاویر به کار گیرند. در واقع، این فرایند نوعی مدل سازی براساس رفتارهای طیفی و ویژگی های ژئومتری عوارض سطح زمین است. بدیهی است گستردگی الگوریتم های شیء گرا و تعدد آنها، انتخاب الگوریتم های مناسب و کارآمد را با مشکل مواجه می کند. تحقیق حاضر با بهره گیری از نتایج تحقیقات قبلی، مدل سازی روند تغییرات کاربری اراضی اطراف شهر ارومیه را براساس روش های شیء گرا مد نظر قرار داده است. نتایج این تحقیق در زمینه ارزیابی قابلیت الگوریتم های شیء گرا و شناسایی کارآمدترین آنها برای مدل سازی روند تخریب اراضی اهمیت زیادی دارد، زیرا در این تحقیق الگوریتم های، بافت تصویر، شکل، ژئومتری، آماری و طیفی در ترکیب باهم برای هر یک از کلاس های کاربری به کار گرفته شده اند و این رویکرد تلفیقی الگوریتم های شیء گرا در ترکیب باهم روش و متدولوژی کارآمدی را برای مدل سازی عوارض سطح زمین فراهم کرده است. علاوه بر این، نتایج این تحقیق در شناسایی محدوده های باغی و کشاورزی

تخریب‌شده بر اثر رشد شهری بسیار ارزشمند است و می‌تواند اطلاعات دقیق را برای برنامه‌ریزی و توسعه پایدار شهر ارومیه فراهم کند.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه و داده‌های تحقیق

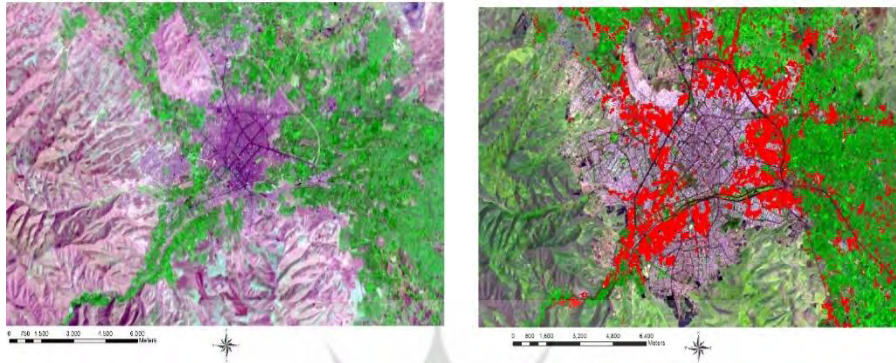
شهر ارومیه مرکز شهرستان ارومیه و استان آذربایجان غربی با وسعت ۸۵۷۷٫۳ هکتار و در جلگه‌ای به طول ۷۰ و عرض ۳۰ کیلومتر در کنار دریاچه‌ای ارومیه واقع شده است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۳۱۳ متر است (رهنما و آفتاب، ۱۳۹۳، ص ۱۵۷). محدوده مطالعه شهر ارومیه و محدوده اطراف آن را شامل می‌شود که در مجموع، مساحت ۲۶۲۸۷ هکتار را شامل می‌شود. محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

شهر ارومیه به دلیل واقع شدن در یکی از دشت‌های حاصل‌خیز منطقه و وجود آب کافی یکی از قطب‌های تولیدات کشاورزی به‌ویژه در تولید سیب، انگور، گیلاس، گردو، زردآلو و... است. این شهر در ۳۰ سال گذشته گسترش قابل توجهی داشته است و بسیاری از محدوده‌های اطراف را تحت پوشش قرار داده است. شکل ۲ تصاویر ماهواره‌ای شهر ارومیه را در سال‌های بین ۱۹۸۴ و

۲۰۱۵ نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد نسبت توسعه شهری طی ۳۱ سال گذشته با تخریب وسیع اراضی حاصلخیز کشاورزی و باغی همراه بوده است.



شکل ۲. نمونه‌هایی از تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۹۸۴ و ۲۰۱۵ منطقه مورد مطالعه

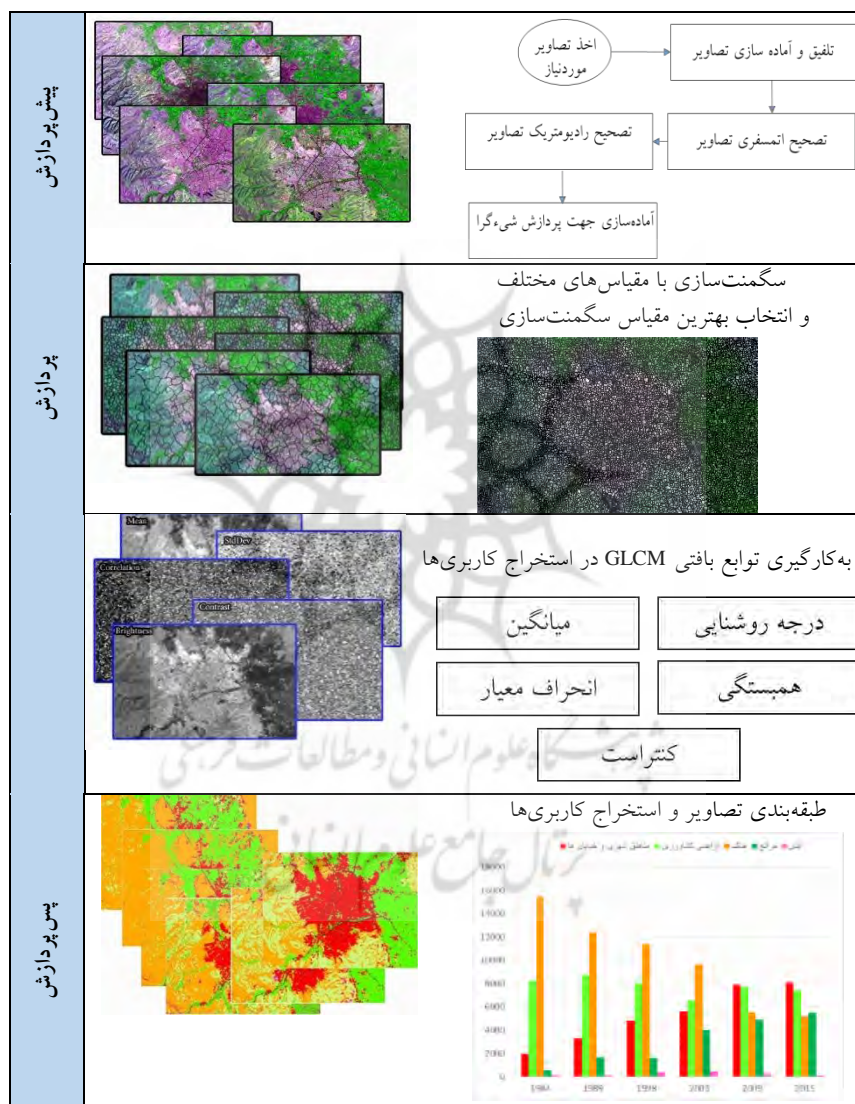
در راستای اهداف اصلی پژوهش، تصاویر ماهواره‌ای طی یک دوره ۳۱ ساله و در دوره زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ به کار گرفته شد. جدول ۱ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده

R	تاریخ میلادی	سنجنده	تاریخ شمسی	ماهواره	تعداد باندها	قدرت تفکیک	قدرت راديو متریک
۱	۱۹۸۴/۰۹/۰۳	TM	۱۳۶۳/۶/۱۶	Landsat 5	۷	۳۰	Abit
۲	۱۹۸۹/۰۸/۲۴	TM	۱۳۶۸/۶/۲	Landsat 5	۷	۳۰	Abit
۳	۱۹۹۸/۱۰/۱۲	TM	۱۳۷۷/۷/۲۰	Landsat 5	۷	۳۰	Abit
۴	۲۰۰۳/۰۵/۱۱	ETM	۱۳۸۲/۲/۲۱	Landsat 7	۸	۳۰	Abit
۵	۲۰۰۹/۰۷/۲۲	TM	۱۳۸۸/۴/۳۱	Landsat 5	۷	۳۰	Abit
۶	۲۰۱۵/۰۷/۰۷	OLI	۱۳۹۴/۴/۲۶	Landsat 8	۹	۳۰	۱۲Bit

برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج نتایج فرایند تحقیق در محیط نرم‌افزارهای Arc GIS 10.3 و eCognition انجام گرفته است. شکل ۳ نیز مراحل اصلی انجام دادن تحقیق را

نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، پژوهش حاضر در چهار مرحله اصلی، شامل آماده‌سازی، سگمنت‌سازی، پیاده‌سازی الگوریتم‌های شیء‌گرا و طبقه‌بندی و استخراج نتایج انجام گرفته است که در بخش‌های بعدی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۳. فلوجارت و روند کلی پژوهش

آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای

پیش‌پردازش داده‌ها معمولاً به منظور آماده‌سازی آن‌ها برای ورود به طبقه‌بندی انجام می‌گیرد. پیش‌پردازش‌های اصلی تصاویر در طبقه‌بندی عبارت‌اند از تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری، تصحیح هندسی، تفکیک باندها، انجام دادن محاسبات تصویری، و اعمال فیلتر.

نرمال‌سازی رادیومتریکی (تصحیح رادیومتریکی)

تصحیح‌های رادیومتریکی شامل آن دسته از تصحیح‌ها می‌شوند که فقط روی درجات خاکستری اعمال می‌شوند و با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل)، سعی در جبران بعضی خطاهای موجود دارند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). تصحیح‌های رادیومتریکی در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی و نویز سنجنده باید انجام گیرند. هر یک از این شرایط به خصوصیات سنجنده‌ها و شرایط زمان اخذ داده‌ها بستگی دارند و شامل تصحیح‌ها یا روش‌های حذف می‌باشند (دلاور و حسنلو، ۱۳۹۲)، که در زیر تشریح شده‌اند:

با توجه به اینکه تصاویر به کار گرفته شده در این پژوهش مربوط به سال‌های مختلف می‌باشند و علاوه بر آن، نوع سنجنده‌ها هم متفاوت می‌باشد، بنابراین، باید تصحیح‌های رادیومتریکی برای هماهنگ‌سازی تصاویر انجام گیرد. بنابراین، باید ارزش رقومی (DN) ثبت شده از یک پیکسل معین که در سال‌های مختلف، تحت تأثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط اتمسفری قرار می‌گیرند، خطاهای آن رفع شود (فرزادمهر و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۳۴۲). برای انجام دادن تصحیح رادیومتری با توجه به ماهیت جداگانه تصاویر به کار گرفته شده، فرمول‌های جداگانه‌ای ارائه شده است. برای تصحیح رادیومتری تصاویر سنجنده TM لندست ۵، در اولین گام ارزش‌های رقومی به تابش طیفی^۱ تبدیل می‌شود که این عمل با به کارگیری ضرایب کالیبراسیون سنجنده و با رابطه ۱ انجام می‌گیرد (Gyanesh et al., 2009, p.897).

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Qcalmax - Qcalmin} \right) (Qcal - Qcalmin) + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

L_{λ} تابش طیفی ($m^2 \text{ sr}^{-1} \text{ m}^{-1}$)، $LMAX_{\lambda}$ و $LMIN_{\lambda}$ ضرایب کالیبراسیون سنجنده، $Qcal_{max}$ و $Qcal_{min}$ حداقل و حداکثر گام کالیبره مقدار پیکسل متناظر کالیبره ارزش رقومی پیکسل (۰-۲۵۵) است. همچنین، برای تبدیل ارزش‌های DN به تابش طیفی در تصاویر لندست ۷ برای سنجنده ETM فرمول ۲ به‌کار گرفته می‌شود.

$$L = (\text{Gain} \cdot \text{DN}) + \text{Bias} \quad (2)$$

که در آن Gain و Bias ضرایب کالیبراسیون و DN ارزش رقومی پیکسل است. در مرحله بعد مطابق با رابطه ۳ مقدار تابش طیفی به بازتاب طیفی^۱ تبدیل می‌شود.

$$P_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_{\lambda}} \quad (3)$$

P_{λ} : بازتاب طیفی بدون واحد بین صفر تا یک، $3.14 \cdot \pi$ ، L_{λ} : تابش طیفی در دریچه سنجنده، d^2 : مجذور فاصله زمین و خورشید براساس واحد نجومی، $ESUN_{\lambda}$: ارتفاع خورشید، θ : زاویه خورشید در هنگام تابش در زمان ضبط تصویر ماهواره‌ای. برای تصحیح رادیومتری تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، مرحله اول برای تبدیل DN به ارزش‌های طیفی فرمول ۴ به‌کار گرفته شده است.

$$L_{\varphi} = ML \times Qcal + AL \quad (4)$$

که در این فرمول، L_{φ} رادیانس، ML ضریب چندگانه مخصوص هر باند، $Qcal$ ارزش رقومی پیکسل (۰-۴۰۹۵) و AL ضریب تجمعی هر باند است. همچنین، برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی فرمول ۵ به‌کار گرفته شده است.

$$P_{\lambda} = M_{\rho} Qcal + A_{\rho} \quad (5)$$

= مقدار بازتاب طیفی، M ضریب چندگانه مخصوص هر باند و A ضریب تجمعی هر باند است (Mischra et al., 2014, p.12625). با تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی، آثار مربوط به تغییر شرایط نوردهی، فصل، عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی روی تصاویر حذف می‌شود و نتیجه نسبتاً استاندارد شده است که به طور مستقیم برای مقایسه بازتاب پدیده‌ها بین تصاویر مختلف و یک تصویر در زمان‌های متفاوت کاربرد دارد. فرایند تصحیح‌های رادیومتریک روی همه تصاویر به کار گرفته شده در این پژوهش انجام گرفت و تصاویر از نظر رادیومتریکی برای اقدامات بعدی آماده‌سازی شد.

تصحیح اتمسفری

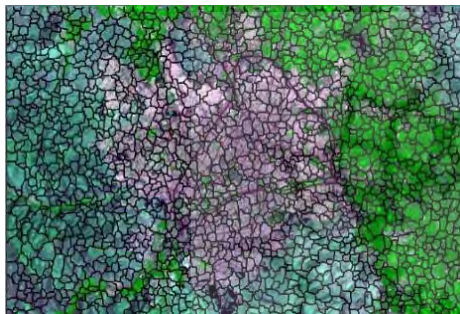
تصحیح اتمسفری یکی از مهم‌ترین موارد در مرحله پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای است که در مواردی که به مقادیر انرژی ساطع شده از اشیا نیاز است یا هنگامی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیا از اثرات اتمسفری کمتر باشد، ضروری است (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵). این تصحیح به‌ویژه در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چندزمانه مد نظر است، اهمیت بالایی دارد (Hadjimitdis et al., 2010, p.115). به‌طور کلی اتمسفر یکی از عوامل سنجش‌ازدور است که بر دستگاه‌های تصویربرداری چندطیفی مانند اسکنرهای سنجنده‌های ماهواره‌های لندست که در بخش طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک اطلاعات را ثبت می‌کنند، تأثیر دارد و طی فرایند جذب اتمسفر پیغام‌های طیفی ساطع شده از سطح زمین را به‌خصوص در باندهای مرئی و مادون قرمز متأثر می‌کند (Tyagi & Bhosle, 2011, p.568). در مواردی مانند به‌کارگیری تصاویر سنجش‌ازدور برای آشکارسازی تغییرات، انجام دادن تصحیح‌های اتمسفری یکی از مهم‌ترین مراحل در پیش‌پردازش محسوب می‌شود. در تحقیق حاضر برای تصحیح‌های اتمسفری تصاویر روش Flat Field به‌کار گرفته شده است تا با حذف اثرات اتمسفر فرایند طبقه‌بندی صحت بالایی داشته باشد. با به‌کارگیری این نوع تصحیح اتمسفری، می‌توان تصاویر را نرمال کرد تا قابلیت مقایسه با یکدیگر را داشته باشند. در این تحقیق همه تصاویر به‌کار گرفته شده یک‌به‌یک تحت تصحیح اتمسفری قرار گرفتند.

سگمنت‌سازی تصاویر

سگمنت به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (مانند ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین اشتراک معیار آن‌هاست (فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷). شیء‌های تصویری فرایند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آن‌ها حجم زیادی از مشخصات و ویژگی‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر را دارند و هر قدر این فرایند با دقت بیشتری انجام گیرد، به‌طور مستقیم در کیفیت طبقه‌بندی شیء‌گرا تأثیر خواهد گذاشت (Chaudhuri & Sarkar, 1995, p.75). این مرحله یکی از اساسی‌ترین مراحل طی پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای است زیرا شیء‌های تصویری مورد نظر برای پردازش را تولید می‌کند. دقت طبقه‌بندی شیء‌گرا تابعی از دقت سگمنت‌سازی است زیرا با ایجاد سگمنت‌های مناسب زمینه برای اجرای بهتر الگوریتم‌های شیء‌گرا فراهم می‌شود. رویه سگمنت‌سازی در eCognition در این پژوهش سگمنت‌سازی چندتفکیکه^۱ است. تکنیک سگمنت‌سازی مالتی رزولوشن نواحی فرایندی از بالا به پایین است که با شیء‌های یک‌پیکسل آغاز می‌شود. در مراحل بعدی، شیء‌های تصویری کوچک در داخل یک شیء تصویری بزرگ‌تر ادغام می‌شود، همه این زوج‌های هوشمند، در فرایند خوشه‌سازی و بهینه‌سازی براساس وزن ناهمگنی تقلیل می‌یابند و شیء‌های تصویری را نتیجه می‌دهند. در هر مرحله که زوجی از شیء‌های تصویری ادغام می‌شود، به‌صورت رندهای کوچک با ناهمگنی معین نشان داده می‌شود. اگر این رندهای کوچک از آستانه‌ای که به‌وسیله پارامتر مقیاس تعریف شده است، تجاوز کند، فرایند سگمنت‌سازی متوقف می‌شود. در طول فرایند سگمنت‌سازی، همه تصاویر سگمنت‌سازی شده و شیء‌های تصویری براساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند (فیضی‌زاده، ۱۳۸۶).

پارامترهای تأثیرگذار در سگمنت‌سازی عبارت‌اند از تعیین مقیاس مناسب که به‌طور غیرمستقیم از اندازه اجسام تأثیر می‌پذیرد، ضریب رنگ یا شکل که به یکنواختی رنگ و شکل اجسام بستگی

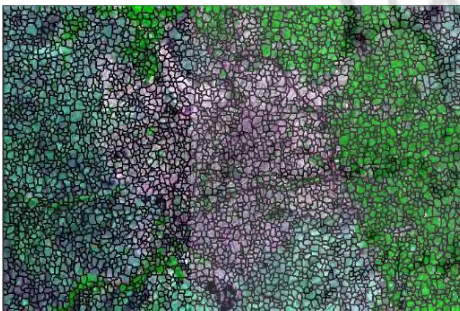
دارد و هر چه مقدار بیشتری برای آن انتخاب شود، دامنه آن بزرگتر و اجسام بیشتری انتخاب می‌شود و ضریب فشردگی یا نرمی که متناسب با بافت و ویژگی‌های هندسی عوارض زمینی تعیین می‌شود (Oruc et al., 2004, p.1). در پژوهش حاضر، برای سگمنت‌سازی اطلاعات مربوط به ویژگی‌های مختلف کلاس‌های کاربری اراضی (شکل، اندازه، بافت، میانگین، انحراف استاندارد، همبستگی و درجه روشنایی) به کار گرفته شد و این فرایند با اعمال الگوریتم سگمنت‌سازی Multiresolution Segmentation انجام گرفت. شکل ۴ نتایج سگمنت‌سازی با مقیاس متفاوت را نشان می‌دهد.



مقیاس: ۷، ضریب شکل ۰/۶، فشردگی ۰/۴



تصویر اصلی ۲۰۱۵



مقیاس: ۴، ضریب شکل ۰/۶، فشردگی ۰/۴

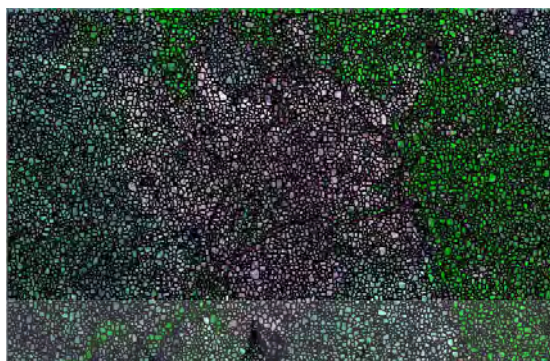


مقیاس: ۶، ضریب شکل ۰/۵، فشردگی ۰/۵

شکل ۴. نمایش تصویر اصلی و سگمنت‌سازی در مقیاس، ضریب شکل و فشردگی مختلف

این الگوریتم با انتخاب یک پیکسل شروع شده و با ادغام کردن^۱ دوتایی و متوالی پیکسل‌ها در قالب یک حلقه به تدریج بزرگتر می‌شود تا جایی که این حلقه همگن باقی بماند و از حد همگنی مجاز، تجاوز نکند. این همگنی براساس معیارهایی که از ابتدا تعریف شده، تعیین می‌شود (از قبیل مقیاس) و می‌توان با تعریف مقیاس‌های مختلف نتایج مختلفی را کسب کرد. به‌طوری که با انتخاب اعداد بزرگتر برای مقیاس نتیجه سگمنت‌سازی شامل Object‌های بزرگتری خواهد بود و با انتخاب اعداد کوچک‌تر Object‌های کوچکتری ایجاد می‌شود. اگر در اطراف پیکسل اولیه پیکسل مناسب برای ادغام شدن پیدا نشود، الگوریتم به قسمت دیگر تصویر می‌رود و پیکسل اولیه دیگری در قسمت دیگری از تصویر انتخاب کرده و اطراف آن پیکسل برای پیدا کردن پیکسل مناسب برای ادغام شدن بررسی می‌کند. ارزش عددی معیار شکل در ارتباط با شکل و رنگ تصویر قرار دارد، به‌طوری که با انتخاب ضریب شکل ۱ میزان تأثیرگذاری رنگ صدمدرصد می‌شود. ارزش عددی این معیار، حداکثر باید ۰/۹ باشد. با کاهش عددی این معیار میزان تأثیرگذاری عوامل مکانی افزایش، و میزان تأثیرگذاری عوامل طیفی کاهش می‌یابد. شاخص ضریب شکل در تصاویری که نسبتاً فشرده‌اند، به‌کار گرفته می‌شود. در مواقعی که تصویر فشردگی نداشته باشد و کنتراست ضعیف داشته باشد، باید میزان تأثیرگذاری این عامل کاهش یابد. مجموع عددی معیارهای شکل و ضریب فشردگی نباید بیشتر از مقدار ۱ شود. تجزیه و تحلیل نتایج سگمنت‌سازی تصاویر با پارامقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر مقیاس ۲، ضریب شکل ۰/۶ و ضریب فشردگی ۰/۴ انتخاب شد. شایان ذکر است که در فرایند سگمنت‌سازی، اگر ضریب شکل بزرگ‌تر از صفر انتخاب شود، کاربر می‌تواند ضریب شکل و نرمی مناسبی را با توجه به بافت و نوع پوشش انتخاب کند که در نتیجه طبقه‌بندی نیز تأثیرگذار خواهد بود. در این پژوهش با انطباق مساحت و ویژگی‌های کلاس‌های کاربری اراضی (اراضی شهری، خیابان‌ها، اراضی کشاورزی، خاک، مرتع، و بایر) انتخاب شده، در نهایت مقیاس سگمنت‌سازی ۲ با ضریب فشردگی ۰/۶ و ضریب شکل ۰/۴

برای مرحله سگمنت‌سازی انتخاب، و تصاویر سگمنت‌سازی شد. شکل ۵ نتیجه سگمنت‌سازی با این آستانه‌ها را نشان می‌دهد.

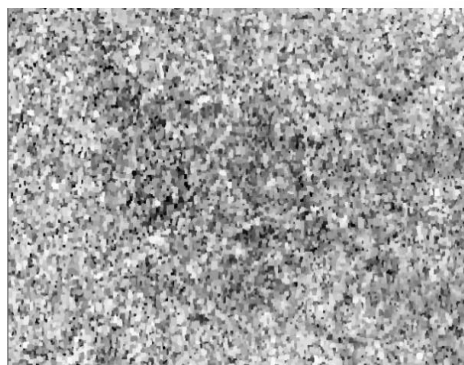


شکل ۵. مقیاس: ۲؛ ضریب شکل ۵/۰، فشردگی ۰/۴.

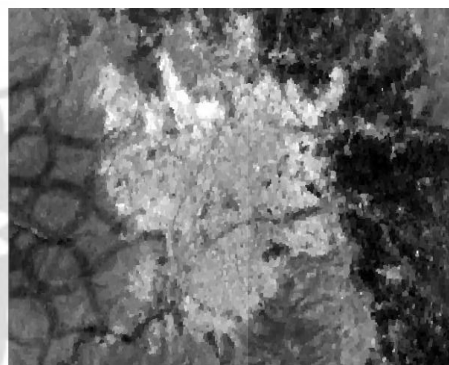
طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر

طبقه‌بندی شیء‌گرا، فرایندی است که طبقات پوشش اراضی را به اشیاء تصویری پیوند می‌دهد (فیضی‌زاده، ۱۳۸۶). در این فرآیند، هر یک از شیء‌های تصویری به یکی (یا هیچ‌یک) از طبقات اراضی اختصاص می‌یابند، به طوری که درجه عضویت هر شیء براساس شرایط تعریف‌شده به وسیله مفسر برای طبقات مشخص می‌شود و براساس بیشترین درجه عضویت در یک طبقه مشخص، طبقه‌بندی انجام می‌گیرد. این نوع طبقه‌بندی در eCognition فرایندی تکرارپذیر است. بدین معنا که طبقه‌بندی چندین بار انجام می‌گیرد تا بالاترین درجه عضویت برای طبقات حاصل شود. در این پژوهش برای استخراج کاربری‌ها از تلفیق الگوریتم‌های طیفی و مکانی شامل درجه روشنایی، بافت، انحراف معیار، ضریب نزدیکی به شکل منظم هندسی و میانگین و نزدیک‌ترین همسایه به کار گرفته شده است. طی فرایند پردازش شیء‌گرا، هر یک از شیء‌های تصویری براساس درجه عضویت‌شان نسبت به کلاس‌های مختلف نسبت داده می‌شوند (طبقه‌بندی نرم). در ادامه درجه‌های عضویت برای هر کلاس سنجیده می‌شود تا مبنایی برای طبقه‌بندی فازی در روش شیء‌گرا باشد. شایان ذکر است هر یک از شیء‌های تصویری در این سیستم درجه عضویت برای

هر کلاس را دارد و براساس منطق فازی متناسب با بیشترین درجه عضویت در یک کلاس خاص طبقه‌بندی می‌شود. طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش شیء‌گرا، نیازمند نمونه‌های آموزشی است که طی آن شیء‌های تصویری براساس الگوریتم‌های تعیین‌شده توسط مفسر به کلاس‌های طبقه‌بندی انتساب داده می‌شوند. به‌هنگام به‌کارگیری طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه در روش شیء‌گرا الگوریتم‌های مؤثر برای هر کلاس تعیین شده و طبق نمونه‌های آموزشی تعریف‌شده، محاسبه درجه عضویت برای هر الگوریتم شروع می‌شود. شکل ۶ نمونه‌ای از محاسبات GLCM بافت محاسبه‌شده برای الگوریتم‌های شیء‌گرا را نشان می‌دهد.



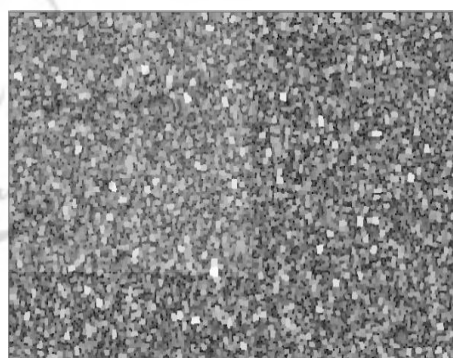
اعمال تابع Correlation بر پایه GLCM



اعمال تابع میانگین در باند ۲



اعمال تابع Contrast بر پایه GLCM



اعمال تابع StdDev بر پایه GLCM

شکل ۶. تعدادی از توابع به‌کارگرفته‌شده در پردازش شیء‌گرای تصویر.

در این تحقیق برای انجام دادن طبقه‌بندی شیء‌گرا انواع توابع و الگوریتم‌های شیء‌پایه به کار گرفته شد برای این منظور توابع مربوط به درجه روشنایی، میانگین انحراف معیار و همبستگی برای هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی با انتخاب نمونه‌هایی برای آن کلاس استخراج شد که در مرحله بعدی در طبقه‌بندی شیء‌گرا براساس محاسبات انجام گرفته برای این توابع در روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گرفت.

درجه روشنایی

درجه روشنایی^۱ از عواملی است که در طبقه‌بندی مناطق و کاربری‌ها به کار گرفته می‌شود. مناطق شهری نسبت مناطق کشاورزی و دیگر کاربری‌ها درجه روشنایی متفاوتی دارند. از درجه روشنایی را می‌توان به خوبی در باندهای پانکورماتیک برای طبقه‌بندی بهتر تصاویر به کار گرفت.

$$B = \frac{1}{n_{vis}} \sum_{i=1}^{n_{vis}} \bar{C}_i(vis) \quad (6)$$

در رابطه ۶، B مقدار Brightness میانگین روشنایی از یک شیء است و $\bar{C}_i(vis)$ مجموع همه میانگین روشنایی در باندهای مرئی، و n_{vis} تعداد باندها است. در ادامه، برای محاسبه MaxDiff فرمول ۷ به کار گرفته می‌شود که در آن مقادیر مینیمم و ماکزیمم به ترتیب، میانگین کمترین و بیشترین شیء‌ها است.

$$\text{MaxDiff} = \frac{|\min(\bar{C}_i(vis)) - \max(\bar{C}_i(vis))|}{B} \quad (7)$$

میانگین

میانگین سگمنت‌ها هم می‌تواند یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در طبقه‌بندی و استخراج شیء‌ها از تصویر باشد. با به کارگیری این عملگر میانگین هر سگمنت محاسبه می‌شود معمولاً ابجکت‌های که

1. Brightness

میانگین نزدیک به هم دارند جزء یک کاربری محسوب می‌شوند و با به‌کارگیری این معیار می‌توان مناطق شهری و اراضی کشاورزی را از تصویر استخراج کرد.

همبستگی

بافت همبستگی^۱ به صورت خطی بر روی درجات خاکستری پیکسل و پیکسل‌های همسایه با فرمول ۸ محاسبه می‌شود.

$$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j} \left[\frac{(i-u_i)(j-u_j)}{\sqrt{(\sigma_i)^2(\sigma_j)^2}} \right] \quad (8)$$

در زمان محاسبه واریانس GLCM^۲، برای هر ارزش صفر است به جز برای مقادیر ۱، μ_i و μ_j به ترتیب، میانگین ردیف μ_i و ستون μ_j و i, j وز مقادیر انحراف معیار برای ردیف μ_i و ستون μ_j است.

انحراف معیار

انحراف معیار^۳ یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به‌طور میانگین، داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله دارند. به‌منظور محاسبه انحراف معیار بر پایه GLCM ابتدا مقدار واریانس GLCM محاسبه می‌شود. واریانس GLCM با رابطه ۹ محاسبه می‌شود.

$$\sigma_i^2 = \sum_{l,j=0}^{N-1} P_{l,j} (i - \mu_i)^2 \sigma_i^2 = (i - \mu_i)^2 \quad (9)$$

انحراف استاندارد پس از محاسبه واریانس با فرمول ۱۰ محاسبه می‌شود.

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_j^2} \quad \sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2} \quad (10)$$

1. Correlation
2. Gray Level Co-occurrence Matrices
3. Standard Deviation

واریانس GLCM برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM به کار می‌گیرد.

ارزیابی دقت طبقه‌بندی

لازمه به کارگیری هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است. برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با مطابقت دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه‌های واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطا تشکیل شد و براساس آن دقت کلی، دقت کاربر و ضریب کاپا مشخص شد. ماتریس خطا که گاهی ماتریس ابهام یا جدول احتمالی^۱ نیز نامیده می‌شود. کلاس به کلاس روابط بین داده‌های مرجع (واقعیت زمینی)^۲ و نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی را مقایسه می‌کند. ماتریس خطا به صورت مربعی بوده که به تعداد کلاس‌ها دارای سطر و ستون است که از روی آن ارزیابی صحت انجام می‌شود (Lillesand & Kiefer, 2014, p.577).

دقت کلی: دقت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه ندارد، صحت کلی که میانگینی از صحت طبقه‌بندی است، نسبت اشیاء صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل اشیاء معلوم را نشان می‌دهد و به شرح فرمول ۱۱ محاسبه می‌شود:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad (11)$$

در این فرمول، c: تعداد کلاس‌ها، N: تعداد کل اشیاء معلوم، E_{ii} اعضای قطری ماتریس خطا، و OA: دقت کلی طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

دقت کاربر: از تقسیم تعداد اشیاء صحیح طبقه‌بندی شده در هر رده بر کل تعداد اشیائی که در آن رده طبقه‌بندی شده‌اند (کل سطر) به دست می‌آید، که به شرح رابطه ۱۲ است.

1. Contingency Table
2. Ground Truth

$$i = \frac{n_{ij}}{n_{i+}} \times 100 \quad (12)$$

در فرمول ۱۲، i دقت کاربر به درصد، n_{ij} تعداد سگمنت‌هایی که به‌درستی در هر کلاس طبقه‌بندی شده است و n_{i+} تعداد کل سگمنت‌هایی که هم به‌درستی و هم به اشتباه در کلاس‌ها طبقه‌بندی شده‌اند.

ضریب کاپا: تحلیل کاپا یک تکنیک چندمتغیره گسسته است که از نظر آماری برای مشخص کردن اختلاف اساسی ماتریس خطا در ارزیابی صحت به‌کار گرفته می‌شود. نشان می‌دهد اختلاف معنادار ماتریس ابهام با نتایج طبقه‌بندی، تصادفی است. مقدار ضریب کاپا بین صفر تا یک است. اگر مقدار K برابر با یک باشد، به‌معنای طبقه‌بندی کاملاً صحیح است؛ اگر مقدار آن صفر باشد، به‌معنای طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار K منفی باشد، به‌معنای ضعف طبقه‌بندی است. شاخص کاپا به شرح فرمول ۱۳ محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}} \quad (13)$$

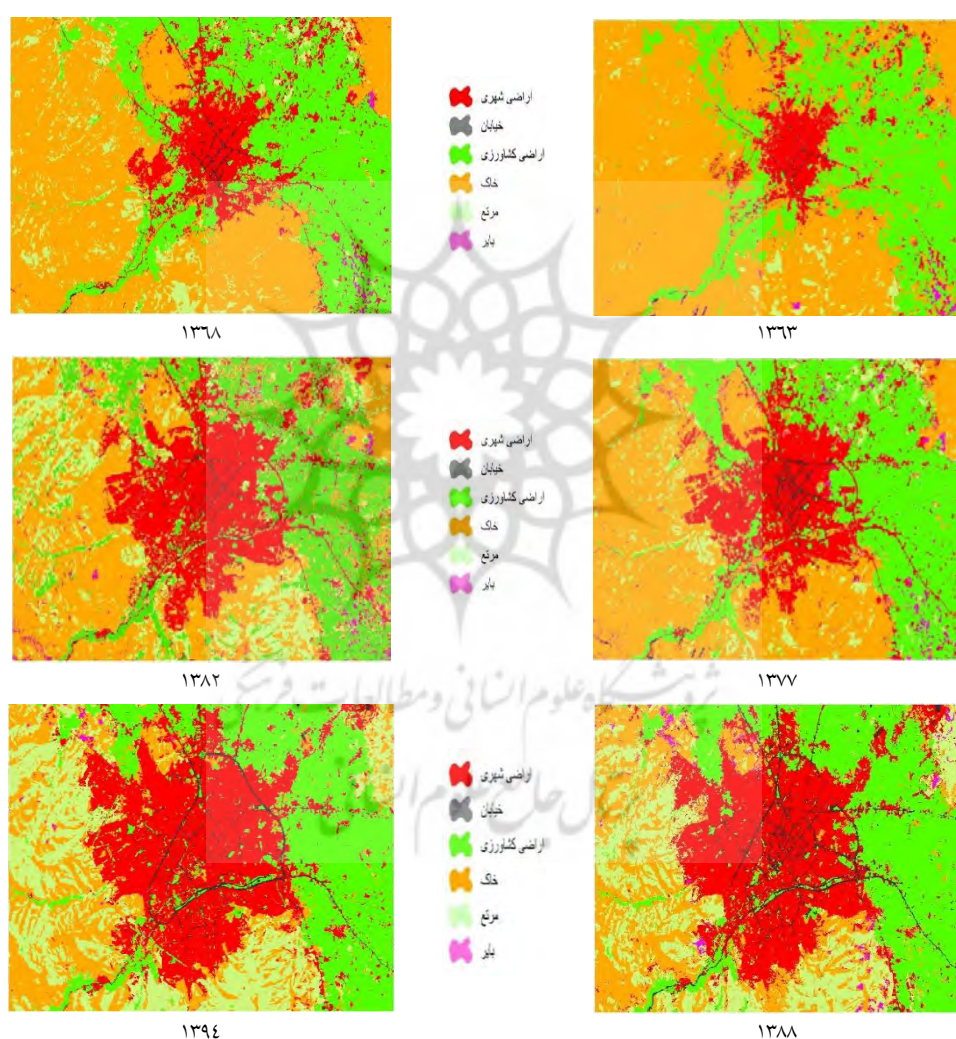
x : تعداد ردیف‌ها در ماتریس، n_{ii} : تعداد مشاهدات در ردیف i ام و ستون i ام روی قطر اصلی، n_{+i} : کل مشاهدات ردیف i ام و ستون i ام، و N : کل مشاهدات است. جدول ۲ مقادیر دقت کلی، دقت کاربر و ضریب کاپا را برای هر یک از تصاویر مورد استفاده نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقادیر دقت طبقه‌بندی در هر یک از تصاویر مورد استفاده

R	تاریخ شمسی	ضریب کاپا	دقت کلی	دقت کاربر
۱	۱۳۶۳/۰۶/۱۲	۸۴/۰۴	۰/۸۶	۰/۸۲
۲	۱۳۶۸/۰۶/۰۲	۸۳/۱۲	۰/۸۵	۰/۸۴
۳	۱۳۷۷/۰۷/۲۰	۸۰/۴۶	۰/۸۴	۰/۸۱
۴	۱۳۸۲/۰۲/۲۱	۸۰/۰۸	۰/۸۳	۰/۸۱
۵	۱۳۸۸/۰۴/۳۱	۸۵/۵۳	۰/۸۸	۰/۸۶
۶	۱۳۹۴/۰۴/۵۶	۸۴/۳	۰/۸۷	۰/۸۵

نتایج و بحث

در این تحقیق تصاویر ماهواره ای چندزمانه ای ماهواره لندست در بازه ۳۱ سال، برای مدل سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری برای شهر ارومیه به روش شیء گرا به کار گرفته شد. نتایج طبقه بندی در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. نتایج طبقه بندی شیء گرا

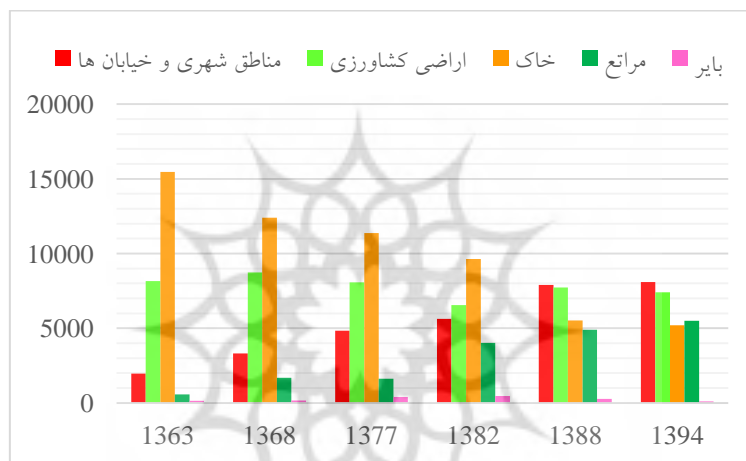
شکل ۷ نتایج نهایی طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا را برای سال‌های آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. تفسیر بصری این نتایج روند رشد شهر ارومیه و تخریب اراضی کشاورزی اطراف آن را به خوبی نشان می‌دهد. همچنین، جدول ۳ نتایج نهایی طبقه‌بندی تصاویر را برای هر یک از کاربری‌ها برحسب مساحت نشان می‌دهد.

جدول ۳. مساحت تغییرات کاربری اراضی در سال‌های مورد مطالعه (هکتار)

کاربری	۱۳۶۳	۱۳۶۸	۱۳۷۷	۱۳۸۲	۱۳۸۸	۱۳۹۴
مناطق شهری و خیابان‌ها	۶۳,۱۹۵۴	۹۵,۳۳۱۶	۶۹,۴۸۳۲	۸۵,۵۶۳۲	۹۶,۷۸۹۱	۸۰,۸۳۸
اراضی کشاورزی	۷۴,۸۱۶۳	۶۶,۸۷۲۹	۶۷,۸۰۶۶	۴۶,۶۵۴۰	۶۷,۷۷۱۸	۳,۷۴۰۸
پوشش خاکی	۱,۱۵۴۶۲	۱,۱۲۴۰۷	۶۷,۱۱۳۶۵	۷۹,۶۳۹	۴۵,۵۵۱۶	۷۲,۵۲۰۱
مراتع	۱۸,۵۷۶	۶۱,۱۶۷۲	۱۶۲۷	۱,۴۰۱۴	۸۸,۴۸۹۱	۰۲,۵۵۰۳
بایر	۴۳,۱۲۹	۸۴,۱۵۹	۰۸,۳۹۴	۰۷,۴۵۹	۲۸,۲۶۷	۲۷,۸۹

از کل منطقه مورد مطالعه که مساحتی حدود ۲۶۲۸۶,۱۶ هکتار را شامل می‌شود، در سال ۱۳۶۳ حدود ۷/۴۳ درصد را مناطق شهری و ۳۱,۰۵ درصد را اراضی کشاورزی تشکیل داده و ۶۱,۵ درصد را نیز بقیه کاربری‌ها تشکیل می‌دهد. در سال ۱۳۶۸ یعنی بعد از ۵ سال، اراضی شهری با رشد حدود ۵/۱۸ درصدی به ۱۲,۶۱ درصد می‌رسد. همچنین در این بازه اراضی کشاورزی نیز با رشد ۲/۱۵ درصدی به بالاترین درصد خود در بازه زمانی مورد مطالعه، یعنی به ۳۳/۲۱ درصد (۸۷۲۹,۶۶ هکتار) می‌رسد. این کاربری از این دوره به بعد، تا سال ۱۳۸۲ روند نزولی به خود می‌گیرد. به طوری که در این سال به کمترین مقدار خود یعنی ۲۴/۸۸ درصد می‌رسد و بعد دوباره روند صعودی می‌گیرد، ولی این بار با شیب کمتر. در نهایت، در سال ۱۳۹۴ به حدود ۷۴۰۸,۳ هکتار (۲۸,۱۸ درصد) می‌رسد. پوراحمد و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه بر روی شهر ارومیه هم به این نتیجه رسیده بودند که زمین‌های کشاورزی و باغات بیشترین تخریب را بر اثر رشد و توسعه فیزیکی شهر ارومیه داشته‌اند. همچنین، روستایی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان «سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه» بر روی شهر ارومیه به این نتیجه رسیدند که اراضی کشاورزی آبی (باغات)

بیشترین تغییرات را در طول دوره مطالعه داشته و جای خود را به اراضی ساخته شده داده است. در حالی که اراضی شهری در این دوره همواره رشد صعودی داشته و در سال ۱۳۹۴ به بیشترین مقدار خود یعنی ۸۰۸۳٫۸ هکتار (۳۰٫۵۷ درصد) رسیده است. سایر اراضی مانند طبقه خاک در طول دوره مورد مطالعه روند کاهشی به خود گرفته است و این به دلیل رشد سایر کاربری‌ها به خصوص اراضی شهری و مراعات است. شکل ۸ تغییرات کاربری‌ها را از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.



شکل ۸. روند تغییرات کاربری‌ها از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۴

به منظور شناسایی الگوریتم‌های شیء‌گرا و ارزیابی نتایج آن‌ها، این تحقیق بیان‌کننده قابلیت بالای روش‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهری است. براساس نتایج تحقیق به کارگیری الگوریتم‌های بافت و همین‌طور ترکیب الگوریتم‌های طیفی با اطلاعات مکانی می‌تواند به‌طور قابل توجهی دقت نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا را افزایش دهد. بر اساس نتایج تحقیق الگوریتم‌های بافت شامل تن تصویر و تیرگی ناشی از تراکم پوشش گیاهی و انعکاس آن در تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به‌عنوان الگوریتم مناسبی برای طبقه‌بندی اراضی کشاورزی و به‌ویژه باغات به‌کار گرفته شود. نتایج تحقیق همچنین بیان‌کننده قابلیت بالای الگوریتم‌های مکانی شامل شکل، ضریب نزدیکی به اشکال منظم هندسی، تراکم

اشکال و همچنین نزدیکی به الگوهای خطی برای کلاس اراضی ساخته شده شهری است. بدیهی است به‌کارگیری این الگوریتم‌ها در تصاویر با دقت مکانی بالا می‌تواند راهگشای تحقیقات آتی باشد. نتایج همچنین، نشان داد به‌کارگیری شاخصه‌های طیفی نظیر ضریب روشنایی می‌تواند مهم‌ترین عامل در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی بایر باشد. در این راستا ترکیب اطلاعات مکانی مانند 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 کند.

نتیجه کلی و پیشنهادها

با توجه به دقت بالایی روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی شیء‌گرا، نتایج این تحقیق برای سازمان‌های اجرایی (مانند سازمان جهاد کشاورزی، شهرداری، اداره کل منابع طبیعی، و سازمان آب منطقه‌ای و ...) به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه شهری، مدیریت اراضی کشاورزی و مدیریت منابع آب و خاک قابل استفاده است. نتایج تحقیق حاضر همچنین برای شناسایی عملگر و الگوریتم‌های شیء‌گرا در طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی و اعمال ویژگی‌های هر یک از کلاس‌ها متناسب با شرایط آن‌ها اهمیت فراوانی دارد و می‌تواند راهگشای تحقیقات آتی در زمینه به‌کارگیری تکنیک‌های شیء‌گرا باشد. با توجه به اینکه تکنیک‌های شیء‌گرا در تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی بالاتر قابلیت بهتری را ارائه می‌کنند، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی بالاتر به‌کار گرفته شود. همچنین، با در نظر گرفتن کارایی تکنیک‌های مربوط به بافت، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های بافت تصاویر ماهواره‌ای برای چنین مطالعاتی به‌کار گرفته شود.

منابع و مأخذ

۱. اکبری، مسلم، سلیمانی، کریم، حبیب‌نژاد روشن، محمود و رئیسی، محسن (۱۳۸۹). کاربرد سنجش‌ازدور GIS در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز نورآباد لرستان. همایش ژئوماتیک ۱۹، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
۲. پوراحمد، احمد، صالحی میثانی، حیدر، وثوقی‌راد، لیلا و رومیانی، احمد (۱۳۹۴). ارزیابی توسعه فیزیکی شهر ارومیه به‌منظور حفظ پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۹، شماره ۵۴، صفحات ۱۰۳-۸۳.
۳. دلاور، محمدرضا و حسنیلو، مهدی (۱۳۹۲). راهنمای کاربرد سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش‌ازدور (RS) در استخراج پارامترهای مؤثر مطالعات هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز. تهران: انتشارات وزارت نیرو.
۴. ربیعی، حمیدرضا، ضیاییان، پرویز و علی‌محمدی، عباس (۱۳۸۴). کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۱۹-۳۲.
۵. رضایی‌مقدم، محمدحسین، رضایی بنفشه، مجید، فیضی‌زاده، بختیار و نظم‌فر، حسین (۱۳۸۹). طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی براساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۲ (پیاپی ۸۷)، دوره ۲۳، صفحات ۱۹-۳۲.
۶. رهنما، محمدرحیم و آفتاب، احمد (۱۳۹۳). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر ارومیه با استفاده از GIS و AHP جغرافیا و توسعه، دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۱۶۵-۱۵۳.
۷. روستایی، شهریور، احدنژاد روشتی، محسن و فرخی صومعه، مینا (۱۳۹۳). سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه (مطالعه موردی: ارومیه). جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۸، شماره ۵۰، صفحات ۲۰۶-۱۸۹.

۸. شریانی، رضا (۱۳۸۰). تهیه نقشه پوشش گیاهی پارک ملی گلستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های ماهواره‌ای TM لندست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۹. علوی‌پناه، کاظم (۱۳۸۵). کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۱۰. فاطمی، باقر و رضایی، یوسف (۱۳۹۱). مبانی سنجش‌ازدور. تهران: انتشارات آزاده.
۱۱. فرزادمهر، جلی، ارزنی، حسن، درویش‌صفت، علی‌اصغر و جعفری، محمد (۱۳۸۳). بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی مطالعه‌موردی: منطقه نیمه‌استپی حنا - سمیرم. منابع طبیعی ایران، دوره ۵۷، شماره ۲، صفحات ۳۵۰-۳۳۹.
۱۲. فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۸۶). مقایسه روش‌های پیکسل‌پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی - گرایش مطالعات آب و خاک، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز.
۱۳. فیضی‌زاده، بختیار و حاجی میررحیمی، محمود (۱۳۸۶). آشکارسازی تغییرات فضای سبز شهر تبریز با استفاده از روش‌های شیء‌گرا. اولین همایش GIS شهری، ۴ شهریور تا ۵ شهریور ۱۳۸۶، دانشگاه شمال، آمل.
۱۴. فیضی‌زاده، بختیار و حاجی میررحیمی، محمود (۱۳۸۷). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مطالعه‌موردی: شهرک اندیشه. همایش ژئوماتیک، ۲۲ تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۱۵. متین‌فر، حمیدرضا، سرمیدیان، فریدون، علوی‌پناه، کاظم و هک، ریچارد (۱۳۸۶). تعیین نوع کاربری و پوشش اراضی به‌وسیله داده‌های لندست ۷ (ETM+) با استفاده از روش شیء‌گرا منطقه کاشان. فصل‌نامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۴، شماره ۴، صفحات ۶۲۰-۵۸۹.

17. Chander, G., Markham, B.L. & Helder, D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
18. Chaudhuri, B.B. & Sarkar, N. (1995). Texture segmentation using fractal dimension. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 17(1), 72-77.
19. Chen, M., Su, W., Li, L., Zhang, C., Yue, A. & Li, H. (2009). Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 3(6), 477-489.
20. Goodin, D.G., Anibas, K.L. & Bezyenyi, 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.
21. Hadjimitsis, D.G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M.G., Retalis, A., ... & Clayton, C.R.I. (2010). Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(1), 89-95.
22. Lillesand, T., Kiefer, R.W. & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
23. Lindquist, E.J. & Annunzio, D.A. (2016). Assessing global forest land-use changes by object-based image analysis, remote sensing. 2016, 8, 678; doi:10.3390/rs8080678
24. Mahmoudi, F., Samadzadegan, F. & Reinartz, P. (2013). A decision level fusion method for object recognition using multi-angular imagery. In *ISPRS International Conference on Sensors and Models in Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 40, pp.409-414). ISPRS Archives.
25. Mahmoudi, F.T., Samadzadegan, F. & Reinartz, P. (2015). Object recognition based on the context aware decision-level fusion in multiviews imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(1), 12-22.
26. Mishra, N., Haque, M.O., Leigh, L., Aaron, D., Helder, D. & Markham, B. (2014). Radiometric cross calibration of landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). *Remote Sensing*, 6(12), 12619-12638.
27. Oruc, M., Marangoz, A.M. & Buyuksalih, G. (2004). Comparison of pixel-based and object-oriented classification approaches using Landsat-7 ETM spectral bands. In *Proceedings of XX ISPRS Congress* (p.5), 19 July, Istanbul, Turkey.
28. Tyagi, P. & Bhosle, U. (2011). Atmospheric correction of remotely sensed images in spatial and transform domain. *International Journal of Image Processing*, 5(5), 564-579.