

آشکارسازی پوشش فضای سبز شهری با استفاده از پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: محله‌های منجم و یوسف آباد تبریز)

فیروز جعفری*^۱ آیلار حسین زاده^۲

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

Email: fjafari58@gmail.com-Tel: 04133392303

۲- کارشناسی ارشد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز

چکیده

فضای سبز شهری، از شاخص‌های مهم در حوزه‌های مربوط به برنامه‌ریزی شهری، حفاظت محیط زیست و سیاست‌های توسعه شهری پایدار به حساب می‌آید. به همین جهت آگاهی از مکان، میزان و توزیع فضای سبز شهری یک ضرورت محسوب می‌شود. در راستای رشد شهرها، فضای سبز موجود به منظور توسعه اراضی مسکونی در حال کاهش است. امروزه با پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه تکنولوژی تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا و تکنیک‌های سنجش از دور، ArcGIS و پردازش تصویر امکان جمع‌آوری داده و تصمیم‌گیری سریع و دقیق در مطالعات محیطی ایجاد کرده است. هدف اصلی این پژوهش آشکارسازی پوشش فضای سبز شهری با استفاده از پردازش شیء‌گرا می‌باشد. جهت انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای IRS، سنجنده (Liss) در سال ۲۰۱۷ و همچنین تصاویر سنتینل ۲، باندهای ۲، ۳، ۴، ۸ (مرئی) با قدرت تفکیکی مکانی ۱۰ متر استفاده گردید و سعی شد که بهترین روش‌ها و معیارها جهت آشکارسازی پوشش فضای سبز شهری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به ویژه روش شیء‌گرای تصاویر اتخاذ گردد. پس از انجام تصحیحات لازم، تصاویر در محیط نرم افزاری ENVI5.1 و eCognition پردازش شده که این پردازش‌ها شامل الگوریتم‌های (SI, NDSI, NDVI, Brightness) و... برای شناسایی منطقه و از الگوریتم‌های شیء‌پایه جهت ارزیابی استفاده شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در این روش (طبقه‌بندی آستانه‌گذاری شیء‌گرا) با دقت کلی ۹۳ درصد و ضریب کاپای ۹۲ درصد از دقت خوبی جهت ارزیابی برخوردار بوده است و امکان آشکارسازی فضاهای سبز شهری با استفاده از روش پردازش شیء‌گرا وجود داشته و همچنین مشخص گردید با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های شیء‌گرا امکان شناسایی و بررسی فضای سبز شهری وجود دارد و نتایج آن در راستای شناسایی الگوریتم‌های شیء‌پایه و استفاده از آن‌ها در مطالعات تحقیقاتی آتی می‌تواند راهگشای کارآمدی باشد.

واژگان کلیدی: فضای سبز شهری، سنجش از دور، طبقه‌بندی شیء‌گرا.

Revealing urban green space coverage using object-oriented processing of satellite images (Case study: Monajem and Yousefabad neighborhoods of Tabriz)

Firoz Jafari^{1*}, Aylar Hosseinzadeh²

1- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University (Corresponding Author)

2- Master's degree, Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University

* email: f-jafari@tabrizu.ac.ir

Received: February 2023 Accepted April 2023

Abstract

Urban green space is one of the important indicators in the fields of urban planning, environmental protection and sustainable urban development policies. For this reason, knowing the location, amount and distribution of urban green space is considered a necessity. In line with the growth of cities, the available green space for the development of residential land is decreasing. Nowadays, with the advances made in the field of satellite image production technology with high spectral and spatial resolution and remote sensing techniques, GIS and image processing, it is possible to collect data and make quick and accurate decisions in environmental studies. Is. The main goal of this research is to reveal the coverage of urban green space using object oriented processing. In order to carry out this research, IRS, Sanjande (Liss) satellite images in 2017, as well as Sentinel 2 images, bands 2, 3, 4, 8 (visible) with a spatial resolution of 10 meters were used and it was tried to find the best method. Criteria and criteria should be adopted to reveal the coverage of urban green space using remote sensing techniques, especially the object-oriented method of images. necessary corrections, the images were processed in the ENVI5.1 and eCognition software environment, which include algorithms (SI, NDSI, NDVI, Brightness, etc.) to identify the area and object-based algorithms for Evaluation is used. The results of this research showed that in this method (object-oriented thresholding classification) with an overall accuracy of 93% and a kappa coefficient of 92%, it has a good accuracy for evaluation, and it is possible to detect urban green spaces using the processing method. Object-oriented has existed, and it was also found that by using satellite images and object-oriented algorithms, it is possible to identify and investigate urban green space, and its results are in line with the identification of object-based algorithms and their use in future research studies. It can be an efficient way.

Keywords: urban green space, remote sensing, object-oriented classification, ArcGIS, eCognition

مقدمه

شهرها به عنوان کانون‌های تمرکز فعالیت‌ها و زندگی انسان‌ها برای اینکه بتوانند پایداری خود را تضمین کنند، چاره‌ای جزء پذیرش ساختار و کارکرد متأثر از سیستم‌های طبیعی ندارند. فضای سبز از لحاظ زیست محیطی به عنوان شریان‌های حیاتی شهرها محسوب می‌شوند و با توجه به رشد روزافزون شهرنشینی که ساختار اکولوژیک شهرها را دستخوش تغییرات وسیع کرده، ایجاد فضاهای سبز کلان به عنوان مهمترین تعدیل کننده زیست محیطی شهرها، ضروری می‌باشد. امروزه مفهوم شهرها بدون وجود فضای سبز تاثیرگذار در اشکال گوناگون آن دیگر قابل تصور نیست. پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی معضلات زیست محیطی آن‌ها، موجودیت فضای سبز و گسترش آن را برای همیشه اجتناب ناپذیر کرده است (مجنونیان، ۱۳۷۴: ۱). رشد شهری یک پدیده مهم جهانی می‌باشد که تحت تاثیر عوامل محیطی، انسانی، اقتصادی و سیاسی روی می‌دهد. در اکثر موارد، این رشد با تغییرات کاربری‌های اراضی شهری همراه است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تغییرات فضای سبز است و غالباً این رشد منجر به کاهش فضای سبز می‌شود. این در حالی است که شهرها را به عنوان محیط زیست جامعه انسانی معنی دار کرده و با مقابله با اثرات سوء گسترش صنعت و کاربردی نادرست تکنولوژی (تعادل بخشی در متابولیسم شهر) از یکسو و بالا بردن سطح زیبایی از سوی دیگر سبب افزایش کیفیت شهرها می‌شوند. بطوری که بدون وجود فضای سبز شهری ممکن نیست شهرها پایدار باقی بماند (مجنونیان، ۱۳۷۴: ۴۶). نواحی سبز شهری نقش مهمی در جهت رسیدن به توسعه پایدار و جوامع سالم و ارتقای کیفیت زندگی و ایجاد محیط‌های با کیفیت برای اقتصاد رقابتی دارند (Juhsz- Horvth, Pedde, Rounsevell, Harrison, 2017). امروزه از فناوری‌های جدید به منظور بهبود برنامه‌ریزی، طراحی، مدیریت، نگهداری و کاهش هزینه‌های شهری استفاده می‌شود. فناوری سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی از جمله فناوری‌های نوینی هستند که در دو دهه اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته و در زمان کوتاهی حجم قابل ملاحظه‌ای از اطلاعات زمینی را جمع‌آوری و پردازش می‌نمایند. افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای تاثیر بسزایی در ظهور مطالعات جدید و کاربردی مربوط به سکونتگاه‌های شهری داشته است زیرا که؛ امکان شناسایی عوارض منحصر به فرد بافت شهری و فضاهای باز را فراهم ساخته است. علاوه بر این، در دسترس بودن داده‌های سنجش از دور با وضوح تصویری زیاد (قدرت تفکیک بالا) نیاز رو به رشد مناطق شهری برای داده‌های مکانی و زمانی را مرتفع ساخته است (Ptino&Duque, 2013). شهر تبریز با جمعیتی در حدود ۱.۵ میلیون نفر (آمار سرشماری سال ۱۳۹۵) کلانشهر منطقه‌ای شمال غرب ایران محسوب می‌گردد. با توجه به کارکردهای گوناگون تجارتي، اداری، آموزشی و خدماتی هر روز که می‌گذرد بر جمعیت آن افزوده می‌شود. فقدان کاربری‌های فضای سبز کافی، آلودگی شدید هوا و بروز انواع بحران‌های زیست محیطی، رویکرد جدیدی را در برنامه‌ریزی برای این شهر می‌طلبد (حیدری، ۱۳۷۸، ۵). در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS پوشش فضای سبز شهری در دو منطقه منجم و یوسف آباد مورد بحث قرار گرفته شده است. به منظور دستیابی به هدف مشخص شده با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و همچنین پردازش با استفاده از نرم افزار eCognition پوشش فضای سبز شهری شناسایی شده است.

مبانی تئوریک و مفاهیم عمده تحقیق

اصطلاح فضای سبز، به وسیله برخی از دست اندکاران برای مفهوم پوشش گیاهی شهرها به کار گرفته شده است. گاری مول^۱ (G.Moll, 1991) اصطلاح منطقه سبز (Green area) را برای بیان پوشش فضای سبز شهرها به کار گرفته است (مجنونیان، ۱۳۷۴، ۴۳). در واقع فضای سبز شهری، بخشی از فضای باز شهری است که عرصه‌های طبیعی با اغلب مصنوعی آن، زیر پوشش درختان،

^۴ G.Moll.1991

درختچه‌ها، بوته‌ها، گل‌ها، چمن‌ها و سایر گیاهانی است که بر اساس نظارت و مدیریت انسان، با در نظر گرفتن ضوابط، قوانین و تخصص‌های مرتبط با آن، برای بهبود شرایط زیستی، زیستگاهی و رفاهی شهروندان و مراکز جمعیتی غیر روستایی، حفظ و نگهداری یا احداث می‌شوند. با توجه به اهمیت فضای سبز شهری بدیهی است که شناسایی و ارزیابی برای اهداف مدیریتی، ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

سنجش از دور عبارت است از به دست آوردن اطلاعاتی از سطح زمین و سطح دریاها با استفاده از تصاویری که بر فراز آن‌ها به کمک قسمت‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده می‌گردد، اخذ می‌شود (Campbell & Wynne, 2011, P 667). افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای تاثیر بسزایی در ظهور مطالعات جدید و کاربردی مربوط به سکونتگاه‌های شهری داشته است. زیرا که امکان شناسایی عوارض منحصر به فرد بافت شهری از قبیل ساختمان‌های خاص، جزئیات شبکه حمل و نقل شهری و فضاهای باز را فراهم ساخته است. علاوه بر، در دسترس بودن داده‌های سنجش از دور با وضوح تصویری زیاد (قدرت تفکیک بالا) نیاز رو به رشد مناطق شهری برای داده‌های مکانی و زمانی را مرتفع ساخته است (Ptino & Duque, 2013). از میان روش‌های متفاوت برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به روش طبقه‌بندی پیکسل-پایه و طبقه‌بندی شیء گرا اشاره نمود. استفاده از روش‌های طبقه‌بندی مبتنی بر گروهی از پیکسل‌ها به عنوان روش شیء گرا یا تصویر پایه که عمدتاً نیمه اتوماتیک و دانش پایه می‌باشد از سالیان قبل مطرح بوده ولی با به روی کار آمدن تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا با پرتاب ماهواره Ikonos سال ۱۹۹۹ و به دنبال آن ماهواره Quickbird در سال ۲۰۰۱ و استفاده از روش‌های طبقه‌بندی و آشکارسازی وارد مرحله تازه‌ای با رویکرد شیء گرا گردید و تحلیل تصاویر بر پایه تصویر (OBIA) وارد ادبیات علمی ژئوماتیک و سنجش از دور گردید (بلاشک و همکاران، ۲۰۰۰).

پیشینه تحقیق

- مانوئلا ساکیس لوپس^۲ (۲۰۲۱) در پژوهش خود، پتانسیل روش طبقه‌بندی شیء گرا را با استفاده از الگوریتم منطق فازی برای تمایز مناطق جنگلی در مرحله متوسط و پیشرفته و مناطق جنگلی با گونه‌های نادر در اطراف پارک ایالتی Rio Canoas در ایالت سانتا کاتاریا برزیل با استفاده از تصاویر SPOT6 مورد ارزیابی قرار داد. طبقه‌بندی شیء گرا با نقاط جمع‌آوری شده در میدان اعتبارسنجی شد و سطح دقت کلی ۰/۸۳ و شاخص کاپا ۰/۷۸ را ارائه کرد و کارآمدی این روش برای شناسایی محدوده گونه‌های نادر را اثبات نمود.

-سونیل باسکاران و همکاران^۳ (۲۰۱۰) با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شیء گرا و مبتنی بر پیکسل پایه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای VHR به نقشه‌برداری ویژگی‌های شهری پرداخته‌اند. کلاس‌های خاصی مانند سقف سفید و پوشش گیاهی به ترتیب دقت کاربری پایینی را ثبت کردند (۷۹/۸۱ و ۷۰/۸) که با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء گرا تا (۸۹٪ و ۹۷٪) افزایش صورت گرفته است. براساس این پژوهش رویکرد ترکیبی با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شیء گرا در تجزیه و تحلیل داده‌ها ماهواره‌ای در هر کلاس از دقت بالا برخوردار بوده و امکان استخراج طبقات مختلف شهری وجود داشته که می‌توان در مطالعات شهری از آن استفاده نمود.

- زو و همکارانش^۴ (۲۰۰۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به مطالعه فضای سبز شهرهای بالتیمور و مریلند پرداخته و مساحت آن‌ها را بدست آوردند. آن‌ها در کار خود از تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک بالا و عکس‌های هوایی رقومی استفاده نمودند و پس از اعمال مراحل پیش پردازش و پردازش در مرحله طبقه‌بندی تصویر از روش طبقه‌بندی شیء گرا استفاده و تصویر ماهواره‌ای را در محیط نرم افزار eCognition طبقه‌بندی نمودند. این محققین پس از تحلیل نتایج، بر کارآمدی روش طبقه‌بندی شیء گرا در کار خود تاکید می‌کنند.

^۵ -Manuela sakis Lopes, 2021

6-Sunil Baskaran et al, 2010

7-Zou et al, 2005

-والتر^۸ (۲۰۰۴) از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نموده و با بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا، نقشه آشکارسازی تغییرات را استخراج کرده. وی در کار خود نقشه‌های کاربری اراضی را برای دو دوره با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا بدست آورده و سپس نقشه تغییرات را تهیه کرده است. این محقق با تشریح روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا مزایا و معایب این روش‌ها را به تفصیل بیان نموده و در نهایت نتیجه می‌گیرد که برای تهیه نقشه‌های کاربردی اراضی روش شیء‌گرا در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه نتایج بهتری را ارائه می‌نماید.

-موسی عابدینی، احسان قلعه (۱۴۰۰)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های شیء‌گرا و پیکسل پایه حوضه مردق چای را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش روند تغییرات کاربری اراضی با مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه مردق چای با استفاده از تصاویر لندست در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ انجام گرفته است. نتیجه طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا با ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب ۰/۸۹ و ۹۱/۰۸ برای سال ۲۰۰۰ و ۰/۹۲ و ۹۳/۶۶ برای سال ۲۰۲۰ نسبت به روش پیکسل پایه نتایج بهتری ارائه می‌دهد. نتایج حاصله از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، نشان‌دهنده این است که بیشترین تغییرات در مراتع حادث شده است.

-یوسف تقی ملایی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهش تهیه نقشه کاربری اراضی با طبقه‌بندی شیء پایه با تصاویر ماهواره‌ای، دقت تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه هفت برم شیراز با الگوریتم شیء پایه بر روی تصاویر ماهواره‌ای World View 2 سال ۲۰۱۵ میلادی بررسی شده است. نتایج نشان داده است که کلاس‌های طبقه‌بندی موفق بوده‌اند و صحت کلی ۸۷/۴۵ درصد بوده است.

-سعید سلیمانی و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهش ارزیابی تکنیک‌های مختلف طبقه‌بندی شیء‌گرا در استخراج کاربری اراضی از تصاویر ماهواره آیکونوس، تصویر ماهواره آیکونوس با استفاده از سه الگوریتم طبقه‌بندی شیء‌گرا از جمله: آستانه‌گذاری، نزدیک‌ترین همسایگی و طبقه‌بندی فازی در تهیه نقشه کاربری اراضی مورد مقایسه قرار گرفته است. که براساس نتایج حاصله بالاترین میزان دقت کلی و ضریب کاپا برای الگوریتم فازی شیء‌گرا می‌باشد.

-پری‌ور و یآوری (۱۳۸۷) در بررسی تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین، نشان داد که طی دوره زمانی مورد مطالعه لکه‌های فضای سبز از لحاظ وسعت، پیوستگی و ماهیت ترکیب و توزیع دچار روند تخریبی شدیدی بوده است و در حال حاضر از پیوستگی لازم جهت ارائه خدمات اکولوژیک به منظور بهبود کیفیت محیط زیست تهران برخوردار نیست.

محدوده مورد مطالعه

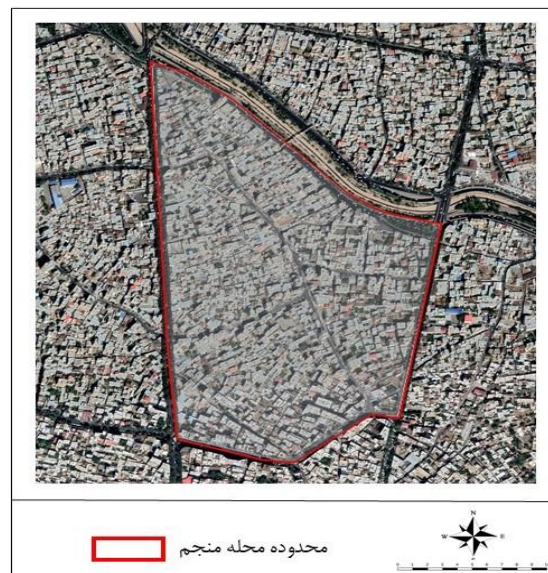
۱- محله منجم تبریز: محله منجم از محله‌های شمال غربی شهر تبریز است. این محله در منطقه ۴ شهرداری تبریز واقع شده و منطقه ۴ جزو مناطق و بافت فرسوده‌ی شهر تبریز می‌باشد که به دلیل فرسودگی کالبدی، عدم برخورداری مناسب از دسترسی سواره، تاسیسات، خدمات و زیرساخت‌های شهری آسیب‌پذیر بوده و از ارزش مکانی، محیطی و اقتصادی نازلی برخوردار است. با توجه به قرارگیری محله منجم در بافت فرسوده شهری از فضای سبز و باز عمومی دچار کمبود است، در حال حاضر جمعیت محله منجم ۷۴۷۵ نفر می‌باشد و متوسط بعد خانوار در این محله ۳/۳ می‌باشد و تنها ۶ درصد از ساکنین این منطقه مهاجر هستند (استانداری آذربایجان- شرقی، ۱۳۹۵، دفتر تسهیلگری و توسعه محلی ملازینال).

۲- محله یوسف آباد تبریز: محله یوسف آباد در دامنه‌های کوه عینالی روی تپه ماهورهای قرار گرفته است که با بریدگی‌های متعدد از هم جدا می‌شود. جمعیت محدوده مورد مطالعه محله یوسف آباد ۱۲۴۰۹ نفر می‌باشد و روند تحولات جمعیت محدوده در کلیه دوره‌های زمانی مثبت بوده است و دلیل این امر رشد طبیعی جمعیت و مهاجرپذیر بودن منطقه می‌توان دانست. محله یوسف آباد تبریز به دلیل

قرارگیری در بافت حاشیه‌نشین تبریز و قرارگیری در دامنه کوه عون ابن علی دارای کوچه و معابر نامناسب و پر پیچ و خم می‌باشد که به منظور دسترسی به منازل موجود در برخی نقاط این محله از پله تعبیه شده استفاده می‌شود. این محله به لحاظ برخورداری از فضای سبز و باز عمومی در وضعیت نامناسب قرار دارد (استانداری آذربایجان شرقی، ۱۳۹۵، دفتر تسهیلگری و توسعه محلی ملازینال).



شکل (۲) محدوده محله یوسف آباد



شکل (۱) محدوده محله منجم

داده و روش تحقیق

در یک تقسیم‌بندی، تحقیقات علمی بنا به هدفی که دنبال می‌نمایند به سه دسته تحقیقات بنیادی، کاربردی و تحقیق و توسعه تقسیم‌بندی می‌شوند (سرمد و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۸). هدف اساسی تحقیقات بنیادی آزمون نظریه‌ها، تبیین روابط بین پدیده‌ها و افزودن به مجموعه دانش موجود در یک زمینه خاص است. به عبارت دیگر این تحقیقات نتیجه‌گرا بوده و در رابطه با نیازهای تصمیم‌گیری انجام نمی‌شود. در پژوهش حاضر نوع تحقیق کاربردی و روش اجرای آن توصیفی و تحلیلی است. برای بررسی و شناخت محدوده مورد نظر از روش کتابخانه‌ای و میدانی و برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای IRS استفاده شده است. به طور کلی اطلاعات مورد نیاز پس از جمع‌آوری داده‌های تصاویر ماهواره‌ای با بهره‌گیری از نرم افزارهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای eCognition مورد پردازش قرار گرفته است. تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده شامل تصاویر ماهواره‌ای IRS تک باند پانکروماتیک ۵ متری، (باند‌های مرئی Liss، ۲۳ متری)، مربوط بازه زمانی سال ۲۰۱۷ شهر تبریز می‌باشد. لازم به توضیح می‌باشد که به منظور افزایش ارزش علمی، از تصاویر سنتینل با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متری در باند‌های ۸، ۴، ۳، ۲ استفاده شده است. با توجه به هدف تحقیق، ابتدا مراحل پیش پردازش تصاویر در محیط نرم افزاری ENVI 5.1 اعمال گردید و سپس تصاویر مورد نظر به منظور طبقه‌بندی دانش پایه و اعمال الگوریتم‌های مختلف وارد محیط نرم‌افزار eCognition شد، که این پردازش‌ها شامل الگوریتم‌های (SI NDSI, NDVI, Brightness و...) برای شناسایی منطقه مورد مطالعه است.

جدول (۱) اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای IRS و سنجنده LISS-III

LISS-III	نام سنجنده	سنجنده
SWIR γ ۰	قدرت تفکیک زمینی	
Km γ ۴۰	عرض تصویربرداری	
۴	تعداد باندها	
(۰/۵۲)-(۰/۵۹) (۰/۶۲)-(۰/۶۸) (۰/۷۷)-(۰/۸۶) (۱/۵۰)-(۱/۷۰)	محدوده طیفی (میکرومتر)	
شبه قطبی	مدار	اطلاعات مداری
۸۱۷ کیلومتر	ارتفاع	
۹۸/۷	زاویه میل	
LISSIII روز ۲۴	بازگشت	

منبع: نگارنده

تجزیه، تحلیل و یافته‌های تحقیق:**-روش‌ها و تکنیک‌های شیء پایه:**

تجزیه و تحلیل شیء‌گرای تصویر، روش سنجش از دوری است که در این پژوهش برای مقایسه دانه‌بندی قطعات بافت شهری از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای IRS استفاده شده است. روش‌های معمول طبقه‌بندی پیکسل پایه دارای دقت قابل قبولی نبوده و این راه را برای استفاده از پردازش شیء‌گرا در محیط eCognition را هموار می‌سازد (Baatz et al. 2004, Schiewe et al. 2001).

-سگمنت‌سازی تصاویر:

اولین گام در طبقه‌بندی شیء‌گرا در eCognition، فرآیند قطعه‌بندی اشیاء تصویر می‌باشد. الگوریتم قطعه‌بندی، تصویر را براساس ویژگی‌های طیفی و مکانی به اشیاء تصویر قطعه‌بندی می‌کند (هافمن و وان درویکت، ۲۰۰۱). سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌ها می‌باشد. سگمنت‌سازی عناصر تصویر را براساس بافت، تن رنگ و شکل تفکیک می‌نماید.

-روش بهینه‌سازی مقیاس سگمنت‌سازی:

ابزار ESP اجازه پیش‌بینی سریع پارامتر مقیاس برای سگمنت‌سازی چند تفکیکی را در محیط نرم افزار eCognition می‌دهد. این ابزار به حالت خودکار داده‌های تعریف شده توسط پژوهشگر را با یک مقدار ثابت افزایش پارامتر مقیاس، قطعه‌بندی می‌کند و واریانس محلی را به صورت میانگین انحراف معیار اشیاء هر سطح به دست آمده در فرآیند سگمنت‌سازی محاسبه می‌کند.

-طبقه‌بندی به روش تعیین آستانه:

این نوع طبقه‌بندی که به عبارتی ساده‌ترین نوع طبقه‌بندی نیز می‌باشد، از شرط آستانه‌گذاری برای کلاس‌بندی اشیاء تصویر استفاده می‌کند و با تعریف شرایط خاصی، هر یک از سگمنت‌های تصویر را به کلاس متعلق به آن شیء تصویری اختصاص می‌دهد. در

این پژوهش نیز با توجه به نقاط برداشت زمینی شرایط مربوط به هر کدام از کلاس‌های پوشش اراضی تعیین گشته و جهت استخراج کلاس‌های مورد نظر به کل تصویر تعمیم داده شده است.

۱- اعتبارسنجی نتایج:

منظور از صحت طبقه بندی، سطحی از اطمینان است که از نسبت بین پیکسل‌های ارزیابی شده برای طبقه بندی و مجموعه‌ای از داده‌های حقایق زمینی که توسط پژوهشگر جمع آوری شده حاصل می‌شود. برای رسیدن به دقت قابل قبول در نقشه استخراجی، نمونه‌ها بایستی به صورت تصادفی انتخاب شوند که برای ارزیابی این نمونه‌ها از دو روش استفاده می‌گردد: الف) ماتریس خطا: ماتریس خطا که گاهی اوقات ماتریس ابهام یا جدول احتمالی نیز نامیده می‌شود، کلاس به کلاس روابط بین داده‌های مرجع (واقعیت زمینی) و نتایج مطابق بدست آمده از طبقه بندی را مقایسه می‌کند. ماتریس خطا به صورت مربعی بوده که به تعداد کلاس‌ها دارای سطر و ستون بوده که از روی آن ارزیابی صحت انجام می‌شود (لیلسند و همکاران^۷ ۲۰۰۴). ب) ضریب کاپا: ضریب کاپا نشان می‌دهد که اختلاف معنادار ماتریس ابهام با نتایج حاصل از طبقه بندی، تصادفی است. روش کاپا برای مقایسه ماتریس‌های گوناگون به دست آمده از روش طبقه بندی گوناگون قابل استفاده است و با محاسبه آن می‌توان فهمید که یک روش نسبت به روش دیگر دارای نتیجه بهتر است یا نه؟ (علوی پناه، ۱۳۸۵).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}} \quad \text{فرمول ضریب کاپا:} \quad OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad \text{(۱) فرمول ماتریس خطا:}$$

۱- انتخاب مقیاس بهینه جهت انجام پردازش شیء‌گرا:

مفهوم مقیاس تشریح کننده بزرگی یا سطح جزئیات بر روی یک شیء یا پدیده است. تنظیم پارامتر مقیاس مستقیم در میانگین اندازه شیء‌های تصویری تاثیر می‌گذارد و ارزش‌های بزرگ اجازه ایجاد شیء‌های تصویری بزرگ را داده و برعکس با انتخاب عددی کوچک به عنوان مقیاس، سگمنت‌های کوچکتری تولید می‌شود. هدف از بکارگیری روش بهینه سازی، به حداقل رساندن تقسیم‌بندی زیاد و یا کم برای افزایش کارایی و دقت در روش طبقه بندی می‌باشد. در این پژوهش برای تعیین مقیاس بهینه سگمنت سازی ابتدا تصویر منطقه را در ضرایب شکل و فشردگی متفاوت طبقه‌بندی نموده و سپس اقدام به برآورد دقت کلی نتایج بدست آمده و محاسبه ضریب کاپا نمودیم یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان دادند که با افزایش پارامتر ضریب شکل و کاهش ضریب فشردگی، تعداد سگمنت‌های تولید شده در واحد تصویر بیشتر شده و پیرو آن میزان دقت نتایج نیز کم می‌شوند زیرا با افزایش ضریب شکل، اشیاء تصویری که تولید می‌شوند دقیقاً مطابق با عارضه‌های رو تصویر تشکیل نمی‌شوند و در کلاس‌بندی علاوه بر اشیاء هدف، اشیاء دیگر یا در مجاورت اشیاء هدف نیز به صورت نادرست در کلاس مورد نظر ما قرار می‌گیرند. مقیاس مناسب جهت ایجاد واحدهای تصویر معادل، مقیاس ۱۰ با ضرایب شکل و فشردگی به ترتیب ۰/۵ و ۰/۵ به عنوان مقیاس مناسب جهت استخراج عارضه‌های تصویر انتخاب گردید.

جدول (۲) رابطه بین مقیاس سگمنت سازی با تعداد اشیاء تولید شده و میزان دقت کلاسبندی بعد از طبقه بندی

شکل	فشرده‌گی	تعداد اشیاء تصویر	ضریب کاپا	دقت کلاسبندی (بعد طبقه بندی)
۰/۵	۰/۵	۹۵۳۹۸	۰/۸۶	۰/۹۲۸
۰/۶	۰/۴	۹۵۳۸۶	۰/۸۳۶	۰/۹۳۴
۰/۶	۰/۳	۹۴۶۴۲	۰/۸۲۴	۰/۸۸۷
۰/۸	۰/۲	۹۳۴۸۳	۰/۸۱۳	۰/۸۷۸
۰/۹	۰/۱	۹۲۳۱۷	۰/۷۸۸	۰/۸۶۷

منبع: نگارنده

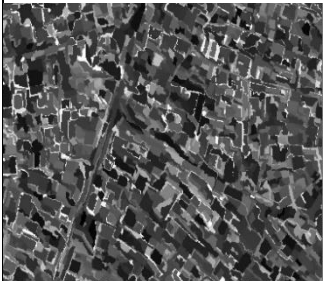
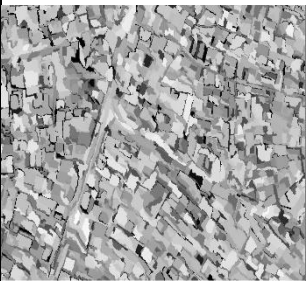
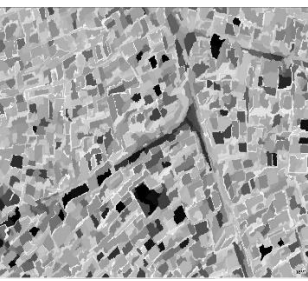
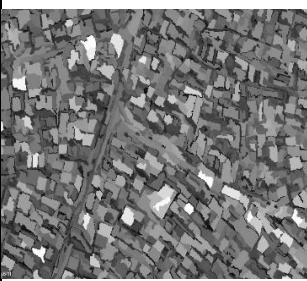
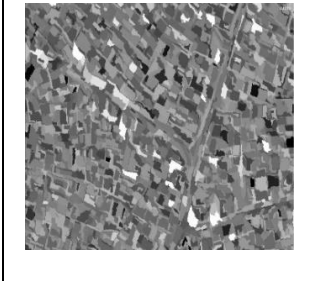
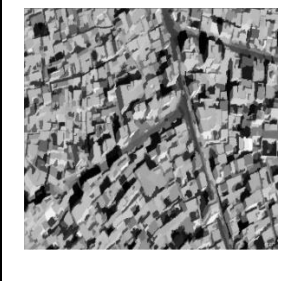
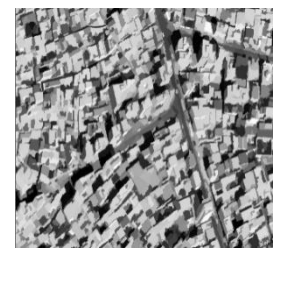
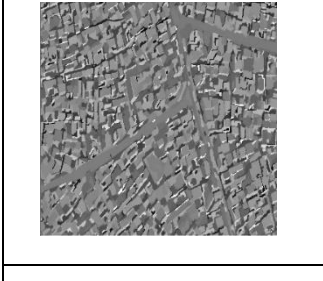
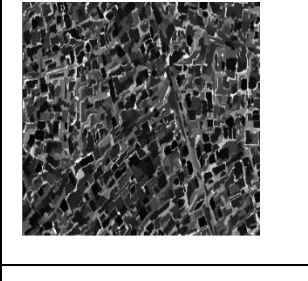
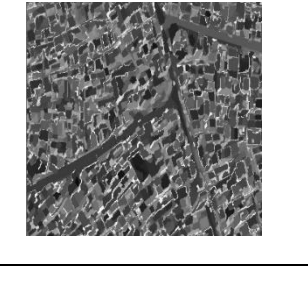
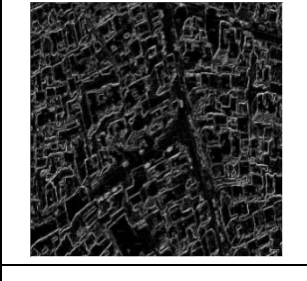


شکل (۳): نمایش تصویر اصلی و سگمنت سازی در مقیاس، ایجاد واحدهای اولیه پردازش و طبقه بندی تصویر محدوده مورد مطالعه

جدول (۲) بیانگر آن است که در مقیاس ۱۰ با ضریب شکل ۰/۵ و ضریب فشرده‌گی ۰/۵ تعداد ۹۵۳۹۸ شیء تصویر تولید می‌شود که این میزان با افزایش همگنی تصویر (کاهش شکل و افزایش تاثیر رنگ) افزایش یافته به شکلی که در همین مقیاس (مقیاس ۱۰) با ضریب شکل ۰/۹ و فشرده‌گی ۰/۱، میزان اشیاء تولید شده به ۹۲۳۱۷ می‌رسد. براین اساس مشاهده می‌گردد که در ضرایب (شکل ۰/۵ و فشرده‌گی ۰/۵) دقت بالای ۰/۹۲ درصد حاصل شده است و دلیل این امر، کاهش وزن ضریب شکل، تاثیر همگنی تصویر در روند سگمنت سازی را افزایش می‌دهد و بر این اساس دقت کلاسبندی افزایش می‌یابد. در ضرایب بالا (ضریب شکل ۰/۹ و فشرده‌گی ۰/۱) میزان دقت به دست آمده به ۸۶ درصد می‌رسد.

-استفاده از الگوریتم‌های شیء پایه:

الگوریتم طبقه‌بندی شیء پایه براساس تعریف معیارها بر اشیاء و اختصاص آن‌ها به بهترین طبقه، با درجه عضویت بالا می‌باشد. در پژوهش حاضر از توابع مختلف و قابلیت‌های متنوع تکنیک‌های OBIA جهت استخراج داده‌ها با دقت بالا استفاده شده است. از جمله این توابع می‌توان به اطلاعاتی همچون: اطلاعات بافتی (GLCM)، میانگین باندهای تصویر، انحراف معیار، اطلاعات هندسی و اشاره کرد. نتایج حاصل از اعمال برخی از این توابع به صورت موردی در شکل زیر نمایش داده شده است.

			
GLCM contrast	GLCM correlation	GLCM entropy	GLCM homogeneity
			
GLCM mean	میانگین باند ۱	میانگین باند ۲	میانگین باند ۳
			
میانگین فیلتر کنتراست	ضریب گردی	ضریب شکل	فیلتر سوئل

شکل (۴) اعمال برخی شاخص‌های گوناگون بر روی تصاویر محدوده‌های مورد مطالعه

طبقه‌بندی به روش تعیین آستانه:

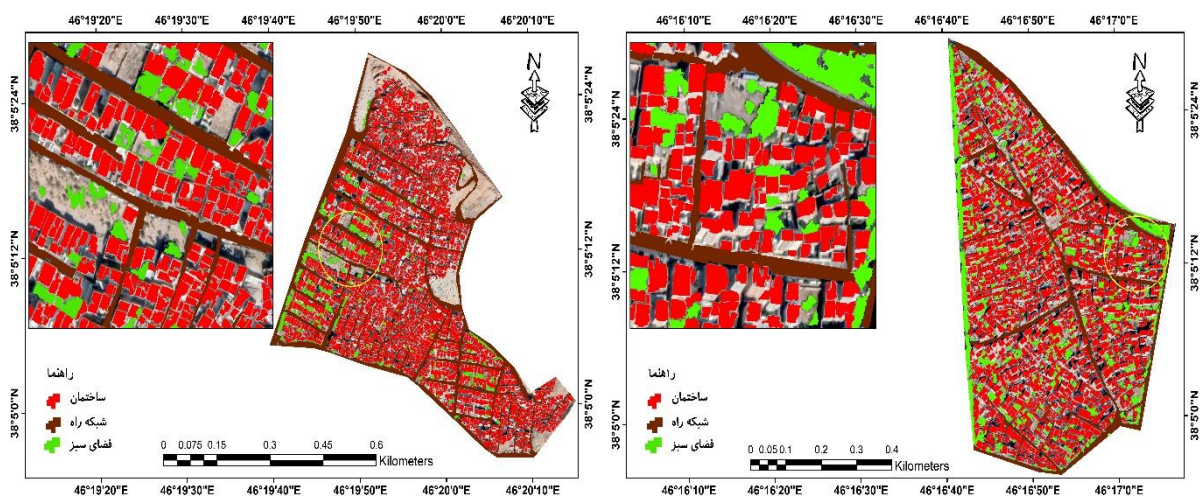
روش طبقه‌بندی تعیین آستانه با استفاده از الگوریتم Assign class صورت می‌گیرد. برای اجرایی نمودن این تکنیک در ابتدا، براساس نقاط کنترل زمینی، معیارها و الگوریتم‌های مناسب جهت استخراج هر کدام از کاربری‌ها انتخاب و سپس آستانه‌های طیفی و همچنین آستانه‌های مبتنی بر شاخص‌های محاسبه شده جهت استخراج کاربری‌های مورد نیاز اعمال گردید. در مرحله بعدی کلاس‌های طبقه‌بندی به وجود آمده و پس از آن شاخص‌ها و توابع مورد استفاده و نیاز جهت استخراج فضای سبز با روش تعیین آستانه به دست آمدند. این روش پردازش تقریباً با شرایط یکسان برای تمامی تصاویر اعمال گردید. که نتیجه نهایی آن به صورت جدول زیر که حاصل اعمال این شاخص بر تصاویر می‌باشد ارائه شده است و همچنین مقادیر بدست آمده با این روش طبقه‌بندی برای کلاس فضای سبز در جدول زیر ارائه داده شده است.

جدول (۲) معیارها و آستانه‌های مورد استفاده در روش تعیین آستانه

Threshold	Class
$-0.027 < \text{NDBI} < 0.16$ $0.068 < \text{GLCM Correlation} < 0.735$ $54.06 < \text{GLCM CONTRAST} < 76.57$ $132.38 < \text{Brightness} < 204.37$ $0.141 < \text{Asymmetry} < 0.997$ $0.038 < \text{Rectangular Fit} < 1.007$ $120.29 < \text{Std Blue} < 155.58$ $112.92 < \text{Std Green} < 127.76$ $100.36 < \text{Std Red} < 152.25$ $162.32 < \text{Std MIR} < 193.3$ $0.5 < \text{Mean Median Filter} < 2.6$ $0.01 < \text{Mean Edge Filter} < 0.61$ $0 < \text{Mean Contrast Filter} < 4.5$ $0 < \text{Mean Sobel Filter} < 7.45$	مناطق ساخته شده
$96 < \text{GNDVI} < 135.328$ $0.1 < \text{NDVI} < 0.58$ $4.619 < \text{GLCM Entropy} < 9.262$ $51.80625 < \text{Mean NIR} < 170.19$ $0 < \text{Std NIR} < 19.097$ $-1.97 < \text{Mean diff. to Scene NIR} < 10.3$	فضای سبز
$2.5 < \text{Length/Width} < 10.745$ $1.04 < \text{Shape index} < 8.21$ $30 < \text{Brightness} < 91$ $0.05 < \text{Convolution Filter} < 2.5$ $1 < \text{Line Extraction Filter} < 7.5$	راه
$\text{GNDVI} = 100 * (1 + (([\text{Mean Layer 4}] - [\text{Mean Layer 2}]) / ([\text{Mean Layer 4}] + [\text{Mean Layer 2}])))$ $\text{NDVI} = ([\text{Mean Layer 4}] - [\text{Mean Layer 3}]) / ([\text{Mean Layer 4}] + [\text{Mean Layer 3}])$ $\text{NDBI}^8 = ([\text{Mean Layer 5}] - [\text{Mean Layer 4}]) / ([\text{Mean Layer 5}] + [\text{Mean Layer 4}])$	برخی شاخص‌های پرکاربرد

منبع: نگارنده

⁸ Normalized Built-up Index (NDBI)



شکل ۵: طبقه بندی به روش آستانه گذاری محله منجم

شکل ۶: طبقه بندی به روش آستانه گذاری محله یوسف آباد

مطابق با شکل های ۵ و ۶ مشاهده می گردد که با توجه به شرایط و زمان تصویربرداری امکان استخراج اطلاعات و داده های مورد نیاز بخصوص در مورد کلاس فضای سبز امکان پذیر می باشد. آنچه مورد نظر است معیار روشنایی و همچنین بافت تصویر نقش تاثیرگذاری در استخراج بافت و مساحت بخصوص در استخراج کلاس ساختمان دارد چرا که در این کلاس مساحت و میزان فضای سبز مورد نیاز است که با تلفیق این شاخص به همراه سایر پارامترهای هندسی و بافتی کلاس های ذکر شده با دقت نسبتا قابل قبول، قابل شناسایی و استخراج می باشد.

-اعتبار سنجی نتایج:

برای کسب از اطمینان صحت طبقه بندی انجام شده در این مرحله از پژوهش، اقدام به ارزیابی دقت طبقه بندی کرده و پارامترهای ارزیابی دقت طبقه بندی نظیر ماتریس خطا، دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضرایب آماری کاپا و دقت کلی طبقه بندی استخراج گردیده است. جدول زیر نمونه ای از ماتریس خطای طبقه بندی را بیان می کند.

جدول (۳) جدول اعتبار سنجی نتایج

Sum	Green Space	Others	Road	Building	Confusion Matrix
۴۴۸۴۴۹	۱۸۵۶۸	-	-	۴۳۹۸۸۱	Building
۱۵۴۴۰۳۷	۹۰	-	۱۵۴۳۹۴۷	-	Road
۲۰۸۹۰۰	۵۷۵۷۷	۷۱۷۴۳	-	۷۹۵۸۰	Others
۱۰۰۸۳۰۰	۱۰۰۸۳۰۰	-	-	-	Green Space
-	-	-	-	-	Unclassified
-	۱۰۸۴۵۳۵	۷۱۷۴۳	۱۵۴۳۹۴۷	۵۰۹۴۶۱	Sum
Accuracy					
-	۰.۹۲۲	۱	۱	۰.۸۴۳۷۹۵۷	Producer
-	۱	۰.۲۴۴۴۲۳	۰.۹۹۴۱۴۱۲	۰.۹۵۸۵۹۵۱	User
-	۰.۹۵۹۴۴۲۳	۰.۵۱۱۲۷۵۹	۰.۹۹۷	۰.۸۹۷۵۳۹۴	Hellden
-	۰.۹۲۲	۰.۲۴۴۴۲۳	۰.۹۹۴۱۴۱۲	۰.۸۱۴۱۳۳۸	Shart
-	۰.۸۸۶۴۸۹۱	۱	۱	۰.۸۱۸۵۰۹۳	KIA Per Class
۰.۹۲۸۷۹۱۷					Overall Accuracy
۰.۹۱۹۸۱۴۱					KIA

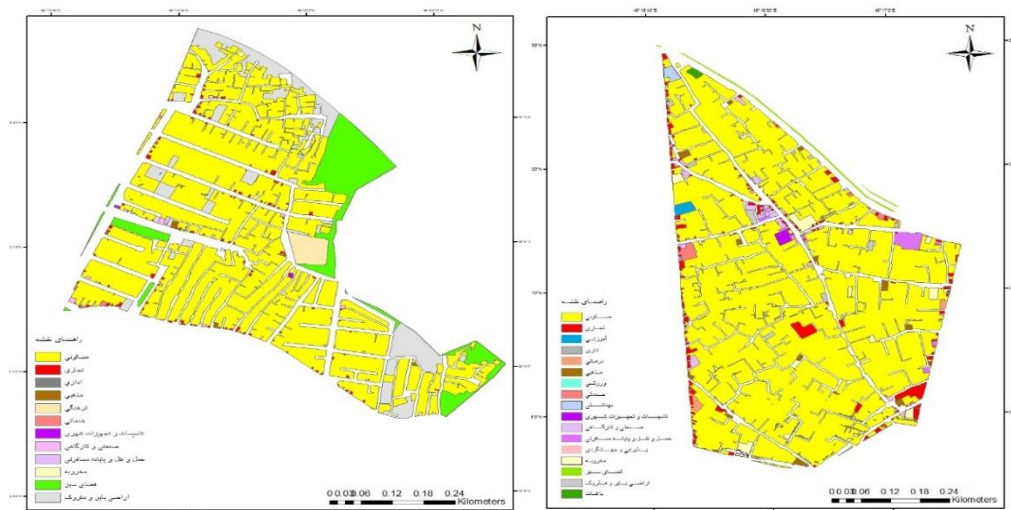
منبع: نگارنده

همانطور که در جدول فوق بیان گردید، دقت کلی طبقه بندی معادل ۰.۹۳ و ضریب کاپای طبقه بندی نیز معادل ۰.۹۲ درصد برآورد گردیده است. یکی از دلایل دقت بالا در این روش، علاوه بر استفاده از اطلاعات طیفی، از اطلاعات مربوط به محتوا، شکل و بافت برای طبقه بندی استفاده شده است. بنابراین با بهره گیری از اطلاعاتی غیر از ارزش عددی در طبقه بندی تصاویر، موجبات افزایش دقت طبقه بندی می شود (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۷). در این بخش از تحقیق ماتریس خطای طبقه بندی ارائه گردید و نتایج بیانگر این امر است که استفاده از این تکنیک با دقت نسبتا بالایی نسبت به سایر روش های استخراجی عمل می کند.

-استخراج و تحلیل نقشه کاربری اراضی محلات مورد مطالعه

در این مرحله از پژوهش، بعد از استخراج داده به روش شیء گرا، به منظور ارزیابی دقت و صحت این تفکیک و همچنین بررسی میزان دقت مرزبندی قطعات به دلیل وجود اختلاف ارتفاع و سطح و همچنین در هم تنیدگی بافت، از نقشه های تهیه شده از شهرداری به صورت شاهدوار استفاده گردیده است. در این قسمت از پژوهش به بررسی کاربری اراضی موجود در دو محله می پردازیم:

محله منجم در قالب مساحتی در حدود ۴۲۸۷۱۴ مترمربع مورد بررسی قرار گرفته است که از کاربری های مهم این محدوده، کاربری مسکونی با مساحت حدود ۳۰۴۷۱۴ مترمربع و سرانه ۴۰.۷۶ مترمربع (با توجه به جمعیت ۷۴۷۵ نفری محله)، ۷۱.۰۷ درصد از مساحت محدوده را به خود اختصاص داده است. محله یوسف آباد در قالب مساحتی در حدود ۳۶۴۶۸۶ مترمربع مورد بررسی قرار گرفته است که از کاربری های مهم این محدوده، کاربری مسکونی با مساحت حدود ۲۰۶۰۶۱ مترمربع و سرانه ۱۶۶۰ مترمربع (با توجه به جمعیت ۱۲۴۰۹ نفری محله)، ۵۶.۵۰ درصد از مساحت محدوده را به خود اختصاص داده است.



شکل (۸) نقشه کاربری اراضی محله یوسف آباد

شکل (۷) نقشه کاربری اراضی محله منجم

نتیجه گیری:

در سال های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه فضای سبز شهری صورت گرفته است اما در بیشتر موارد با محدودیت دقت و کیفیت روبرو هستند. تصاویر ماهواره ای به دلیل دقت مکانی بالا به صورت چشمی امکان شناسایی پوشش گیاهی را فراهم می کند. در این تحقیق روشی برای آشکارسازی فضای سبز شهری با استفاده از پردازش شیء گرا تصاویر ماهواره ای IRS، ارائه شد که نتایج ارزیابی دقت نشان می دهد که این روش در بدست آوردن اطلاعات مورد نظر قابل قبول است. در تحقیق حاضر در مرحله اول تصاویر مناطق مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۱۷ تهیه گردید. تصاویر ماهواره ای مورد استفاده شده شامل تصاویر ماهواره ای IRS تک باند پانکروماتیک ۵ متری مربوطه به بازه زمانی سال ۲۰۱۷ شهر تبریز می باشد. به منظور افزایش ارزش علمی، از تصاویر سنتینل با قدرت تفکیکی مکانی ۱۰ متری در باندهای ۲، ۳، ۴، ۸ استفاده گردیده است. پس از آماده سازی لایه های مورد نظر در محیط نرم افزار ENVI 5.1، داده های مورد نظر به محیط نرم افزاری eCognition جهت تجزیه و تحلیل های شیء گرا وارد شدند. بعد از ایجاد ترکیب رنگی RGB مناسب، جهت معین نمودن ضرایب مناسب شکل و فشردگی، تصاویر در ضرایب مختلف سگمنت سازی و طبقه بندی گردید. براساس پردازش صورت گرفته، مقیاس ۱۰ با ضریب شکل ۰.۵ و ضریب فشردگی ۰.۵ به دست آمد. جهت اعمال روش طبقه بندی ۳ کلاس طبقه بندی از جمله ساختمان، معبر و فضای سبز ایجاد شد و براساس نقاط زمینی ارزش ها و معیارها و همچنین آستانه های مناسب برای هر کلاس استخراج گردید و با استفاده از الگوریتم assign class و classification اقدام به طبقه بندی تصاویر گردید. براساس نتایج حاصل از این روش پوشش فضای سبز شهری مورد نظر در دو محدوده مورد مطالعه معین گردید. در نهایت الگوریتم طبقه بندی با استفاده از روش ارزیابی صحت از جمله شاخص دقت کلی و ضریب کاپای تعیین گردید. الگوریتم طبقه بندی آستانه گذاری با دقت کلی ۰.۹۳ درصد و ضریب کاپای ۰.۹۲ درصد می باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با بهره گیری از تصاویر ماهواره ای و الگوریتم های شیء گرا امکان شناسایی و آشکارسازی پوشش فضای سبز شهری وجود دارد که امکان بهره گیری از این داده ها برای انجام پژوهش های آتی فراهم نموده است.

منابع و مآخذ

- پریور پرستو، یآوری احمدرضا، ستوده احد (۱۳۸۷)، تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین، محیط شناسی دوره ۳۴، شماره ۴۵
- تقی ملایی یوسف و همکاران (۱۴۰۰)، تهیه نقشه کاربری اراضی با طبقه‌بندی شیء پایه با تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالای World View2، علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره بیست و دوم، شماره چهار، صفحات ۲۴۹-۲۵۸
- روستا، زهرا و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تاثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روند تغییرات کاربری اراضی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و چهارم، شماره ۱، صص ۱۸۳-۲۰۰.
- سلمانی سعید و همکاران (۱۳۹۸)، ارزیابی تکنیک‌های مختلف طبقه‌بندی شی‌گرا در استخراج کاربری اراضی از تصاویر ماهواره آیکونوس، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی شماره ۱۱۱
- سرمد زهره، بازگان هرنندی عباس، حجازی الهه (۱۳۹۳)، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، ناشر آگاه، ص ۲۸
- عابدینی موسی، قلعه احسانی (۱۴۰۰)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های شی‌گرا و پیکسل پایه مطالعه موردی حوضه مردق چای، هیدروژئومورفولوژی شماره ۲۷، سال هشتم، ص ۱۸۲-۱۶۳
- علوی پناه سید کاظم، متین فر حمیدرضا، ملکی عباس، کریمی احمد (۱۳۸۵)، مطالعه تفکیک پذیری خاکهای خشک با استفاده از داده های سنجنده LISS-III منطقه آران، فناوری زیستی در کشاورزی ۶، ص ۲۳-۳۷
- لیلستند، توماس م، کیفر، رالف و ... (۱۳۸۷)، سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، ترجمه جعفر اولادی قادیکلایی، انتشارات دانشگاه مازندران، چاپ اول، بابلسر، ص ۸۳۵
- مجنونیان هنریک (۱۳۷۴)، مباحثی پیرامون پارکها، فضای سبز و تفرجگاهها، ناشر سازمان پارک ها و فضای سبز شهر تهران، صفحات ۱ تا ۴۶
- Baatz, M., Benz, U., Deghani, S., Heynen, M., Hölte, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M., & Willhauck, G., (2004), eCognition Professional: User guide 4.; Munich: Definiens-Imaging
- Campbell, J.B., and R.H.Wynne.2011.Introduction to Remote Sensing.New York: Guilford.(5th ed.).P 667
- Li, S., Juhsz-Horvth, L., Pedde, S., Pintr, L., Rounsevell, M. D., & Harrison, P. A. (2017). Integrated modelling of urban spatial development under uncertain climate futures. EnvironmentalModelling&Software,96(C),251-264.
- Patino,E.Jorge, Duque.c.Juan.2013.A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings, Computers, Environment and Urban Systems, Vol 37 .pp, 1-17.