



ORIGINAL ARTICLE

Comparing the Efficiency of Pixel-Based Functions of Support Vector Machine Algorithm and Object-Based Fuzzy Operators in the Extraction of Urban Built-Up Areas in Hamedan

Alireza Homayunfar¹, Khalil Valizadeh Kamran², Mostafa Mousapour^{3*}

1. Lecture, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2. Professor, Department of Remote Sensing and Geographical Information System, Tabriz University, Tabriz, Iran.

3. Ph.D Candidate, Remote Sensing and Geographical Information System, Tabriz University, Tabriz, Iran.

Correspondence

Mostafa Mousapour

Email: mostafa427@gmail.com

Receive: 25/Apr/2023

Revise: 29/Feb/2024

Accept: 25/Apr/2024

How to cite

Homayunfar, A.R., Valizadeh Kamran, K., & Mousapour, M. (2024). Comparing the Efficiency of Pixel-Based Functions of Support Vector Machine Algorithm and Object-Based Fuzzy Operators in the Extraction of Urban Built-Up Areas in Hamedan. *Urban Ecological Research*, 16(1), 165-180.

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare the efficiency of Pixel-Based kernel functions on the support vector machine algorithm and Object-Based fuzzy operators in the extraction of built-up land in Hamedan. For this purpose, the Sentinel 2 satellite multi-spectral image with a spatial resolution of 10 meters has been used. ENVI software was used for image preprocessing and Pixel-Based classification, and eCognition software was used for Object-Based classification. In the processing stage, first in the ENVI software environment, training data and ground truth points were determined, and then using support vector machine kernel functions, including linear, polynomial, radial, and sigmoid basis functions, the class process The pixel-based classification was done and then the classification accuracy of the pixel-based method was evaluated. In the environment of eCognition software, segmentation operation was done with a certain scale, shape factor, and compression factor, and then using object-oriented fuzzy operators including AND, OR, MGE, MAR, MGWE and ALP, the classification process was performed. The object-Based fuzzy classification was also performed and the accuracy of each of the maps produced by the Object-Based method was also calculated. Producing a map of built-up urban lands with better accuracy using satellite images justifies the innovative aspect of this research. In this research, the AND fuzzy operator had the highest amount of accuracy in the produced maps, which indicates that by using Object-Based processing of satellite images, more accuracy can be achieved in the production of urban built-up lands.

KEYWORDS

Pixel-based, Support Vector machine, Fuzzy, Object-Based, Hamedan.



© 2024, by the author (s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.

This is an open access article under the CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<https://grup.journals.pnu.ac.ir/>



«مطالعه پژوهشی»

مقایسه کارآیی توابع پیکسل پایه الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان و عملگرهای فازی شی‌گرا در استخراج اراضی ساخته شده شهری همدان

علیرضا همایونفر^۱، خلیل ولیزاده کامران^۲، مصطفی موسی‌پور^{۳*}

چکیده

هدف حاضر پژوهش، مقایسه کارآیی توابع کرنل پیکسل پایه الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان و عملگرهای فازی شی‌گرا در استخراج اراضی ساخته شده شهری همدان می‌باشد. برای این منظور از تصویر چند طیفی دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر ماهواره سنتینل ۲ استفاده شده است. از نرم‌افزار ENVI جهت عملیات پیش پردازش تصویر و همچنین طبقه‌بندی پیکسل پایه و از نرم‌افزار eCognition جهت طبقه‌بندی شی‌گرا استفاده شده است. در مرحله پردازش، ابتدا در محیط نرم‌افزار ENVI، نقاط تعلیمی و نقاط واقعیت زمینی مشخص شدند و پس از آن با استفاده از توابع کرنل ماشین‌بردار پشتیبان، شامل توابع خطی، چندجمله‌ای، پایه شعاعی و سیگموئید، فرایند طبقه‌بندی پیکسل پایه انجام شد و پس از آن دقت طبقه‌بندی روش پیکسل پایه مورد ارزیابی قرار گرفت. در محیط نرم‌افزار eCognition ابتدا عملیات قطعه‌بندی با مقیاس، ضریب شکل و ضریب فشردگی معین انجام شد و پس از آن با استفاده از عملگرهای فازی شی‌گرا شامل MGWE, MAR, MGE, OR, AND و ALP فرایند طبقه‌بندی فازی شی‌گرا نیز انجام شد و میزان دقت هر کدام از نقشه‌های تولید شده روش شی‌گرا نیز محاسبه گردید. تولید نقشه اراضی ساخته شده شهری با دقت بهتر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، جنبه نوآوری این پژوهش را توجیه می‌نماید. در این پژوهش عملگر فازی AND دارای بیشترین مقدار دقت در نقشه‌های تولید شده بود که نشان‌دهنده این موضوع است که با استفاده از پردازش شی‌گرای تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به دقت بیشتری در تولید نقشه اراضی ساخته شده شهری رسید.

واژه‌های کلیدی

پیکسل پایه، ماشین‌بردار پشتیبان، فازی، شی‌گرا، همدان.

۱. مربی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲. استاد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳. دانشجوی دکتری، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

نویسنده مسئول: مصطفی موسی‌پور

رایانامه: mostafa427@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۶

استناد به این مطالعه:

همایونفر، علیرضا؛ ولیزاده کامران، خلیل و موسی‌پور، مصطفی (۱۴۰۴). مقایسه کارآیی توابع پیکسل پایه الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان و عملگرهای فازی شی‌گرا در استخراج اراضی ساخته شده شهری همدان. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۶(۱)، ۱۸۰-۱۶۵.



مقدمه

یکی از پدیده‌هایی که در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به‌وضوح دیده می‌شود شهرنشینی است. رشد عظیم جمعیت در دهه‌های اخیر باعث شده است که شهرنشینی در بیشتر نقاط جهان دچار گسترش شدید گردد (Berila & Isufi, 2021). شهرنشینی یک فرایند پیچیده اقتصادی اجتماعی است که محیط ساخته شده را دگرگون می‌کند و توزیع فضایی جمعیت را از مناطق روستایی به شهرها تغییر می‌دهد و پیامد اصلی آن افزایش سطح زمین و جمعیت شهرک‌های شهری و همچنین افزایش نسبت ساکنان شهری در مقایسه با ساکنان روستایی است (Jiang et al., 2022). اراضی ساخته شده شهری به طور مستقیم با توزیع جغرافیایی توسعه شهری مرتبط است و شاخص مهمی از سطوح توسعه و گسترش شهری است (Li et al., 2021). اراضی ساخته شده یکی از انواع کاربری اراضی تحت سلطه انسان است که به نقطه کانونی روابط انسان و محیط‌زیست تبدیل شده است. توسعه اراضی ساخته شده نشان‌دهنده مجموعه‌ای از تغییرات زیست‌محیطی است که حاصل دخالت مستقیم انسان در زمین‌های زراعی و طبیعی است. از سوی دیگر گسترش اراضی ساخته شده شهری به‌شدت با توسعه اقتصادی ارتباط دارد و به‌طور چشمگیری استانداردهای زندگی مادی انسان را ارتقا می‌بخشد. این آثار متضاد، نیاز به کنترل توسعه اراضی ساخته شده را آشکار می‌کند (He et al., 2021).

در حال حاضر رشد شتابان شهری که ناشی از رشد جمعیت و مهاجرت می‌باشد منجر به ساخت و سازهای بدون برنامه و اعمال تغییرات در ساختار فضایی شهرها شده است (قبادیان و همکاران، ۱۳۹۹). آگاهی از نحوه توزیع فضایی سکونتگاه‌های انسانی و نظارت بر نحوه گسترش اراضی ساخته شده شهری برای برنامه‌ریزی زیرساخت‌های شهری، حفاظت از تنوع زیستی، تغییرات آب و هوا و توسعه شهری بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Sabo et al., 2018).

یکی از جدیدترین رویکردها در برنامه‌ریزی شهری، استفاده از داده‌های سنجش از دور است که با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به بررسی الگوهای مکانی و زمانی مناطق شهری می‌پردازد و در سال‌های اخیر به کرات در مطالعات شهری مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر تعدادی از مطالعات و مدل‌ها در رابطه با فرم‌های شهری و رشد شهری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌ویژه برای نقشه‌برداری، پایش، اندازه‌گیری و تحلیل تراکم و پراکندگی مناطق شهری انجام می‌شود (Azhdari et al., 2018). در سنجش از دور جهت استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای از دو روش عمده

استفاده می‌شود که براساس ویژگی‌های پردازش تصویر به روش‌های پیکسل پایه^۱ و روش‌های شی پایه^۲ تقسیم‌بندی می‌شوند.

در سال‌های گذشته، رویکرد تجزیه و تحلیل مبتنی بر پیکسل، رویکرد غالب در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور بوده است. در حالی که در سال‌های اخیر، تجزیه و تحلیل تصویر مبتنی بر شی رایج‌تر شده است. روش‌های مبتنی بر پیکسل فقط از اطلاعات طیفی برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌کنند در حالی که روش‌های مبتنی بر شی، تصاویر را قبل از طبقه‌بندی به مناطق همگن تقسیم می‌کنند و می‌توانند از اطلاعات غیرطیفی همراه با اطلاعات طیفی جهت طبقه‌بندی تصویر استفاده کنند (Keshtkar et al., 2017). پیکسل‌ها در تصاویر ماهواره‌ای معمولاً حاوی مخلوطی از چندین نوع پوشش زمین با اطلاعات طیفی مشابه هستند. لذا در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای استخراج اراضی ساخته شده شهری از داده‌های ماهواره‌ای پیشنهاد شده است که نتایج آن بسته به تصاویر مورد استفاده و مناطق مورد مطالعه می‌تواند متفاوت باشد. این روش‌ها شامل رگرسیون چند متغیره، شبکه‌های عصبی مصنوعی، عدم اختلاط طیفی، روش‌های طبقه‌بندی شی‌گرا و دانش پایه و همچنین استفاده از شاخص‌های اراضی ساخته شده می‌باشند (Valdiviezo-N et al., 2018).

یک مشکل عمده در سنجش از دور شهری، ناهمگونی محیط شهری است. این محیط معمولاً شامل سازه‌های ساخته شده (مانند ساختمان‌ها و شبکه‌های حمل‌ونقل)، چندین نوع پوشش گیاهی متفاوت (مانند پارک‌ها، باغ‌ها و مناطق کشاورزی)، مناطق بایر و توده‌های آبی است (Herold et al., 2002). لذا در رویکرد پیکسل پایه، وجود پیچیدگی در محیط بیوفیزیکی شهری منجر به اختلاط و شباهت‌های طیفی در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌شود به‌طوری که در جایی که یک پیکسل با پیکسل‌های محیط اطراف متفاوت باشد، نوفه فلل نمکی^۳ به وجود می‌آید (Hartoni et al., 2022). لذا با توجه به مشکلات موجود در رویکرد پیکسل پایه، هدف از این پژوهش، مقایسه کارایی توابع کرنل پیکسل پایه الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان^۴ و عملگرهای فازی شی‌گرا در استخراج اراضی ساخته شده شهری همدان می‌باشد. نوآوری این تحقیق، امکان‌پذیر ساختن دقت بیشتر در تولید نقشه اراضی ساخته شده شهری همدان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد.

1. Pixel- Based

2. Object- Based

3. Salt and Pepper Noise

4. Support Vector Machine

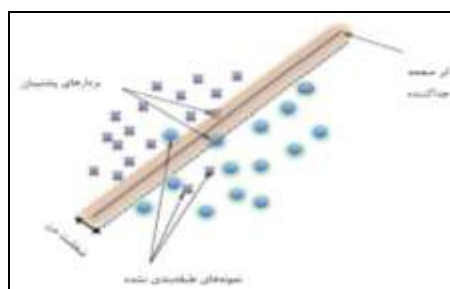
چارچوب مبانی نظری

مبانی نظری

ماشین‌بردار پشتیبان پیکسل پایه

الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان برای اولین بار توسط واپنیک روسی ارائه شد (Yongqiao et al., 2005). این الگوریتم یک روش یادگیری پیشرفته تحت نظارت است که در دهه ۱۹۷۰ به عنوان روشی مؤثر در فضای محاسباتی با ابعاد بالا مطرح گردید که هدف آن طراحی یک ابرصفحه بهینه، جهت بیشینه‌سازی حاشیه بین دو رده و جداسازی مجموعه‌ای از داده‌ها به صورت تعداد مجزایی از کلاس‌هایی از پیش تعریف شده از طریق داده‌های آموزشی می‌باشد. به عبارت دیگر، هدف اصلی این الگوریتم، تبدیل مجموعه‌ای از داده‌ها از فضای دوبعدی به فضایی با ابعاد بالاتر و تقسیم ویژگی‌های مجموعه داده به گروه‌های متفاوت می‌باشد. در سنجش از دور از این الگوریتم جهت طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌شود (Dang et al., 2022).

الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان یکی از رویکردهای پیکسل پایه می‌باشد که برای داده‌های خطی و غیرخطی و براساس روش‌های غیراحتمالاتی، جهت پردازش و طبقه‌بندی داده‌ها به کار می‌رود. این الگوریتم مبتنی بر یادگیری با استفاده از نمونه‌های آموزشی می‌باشد (Behnia et al., 2020). هدف الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان در پردازش پیکسل پایه تصاویر ماهواره‌ای، اختصاص دادن هریک از پیکسل‌های مربوط به تصویر ماهواره‌ای به یک مجموعه یا کلاس خاص با استفاده از یک ابر صفحه جداکننده می‌باشد به طوری که اختلاف هریک از کلاس‌های متفاوت در بیشترین حالت ممکن قرار داشته باشد. پیکسل‌های موجود بر روی مرز کلاس‌های متفاوت، بردار پشتیبان نام دارند (جواندل و همکاران، ۱۳۹۶). در الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان، به حداکثر رساندن حاشیه جداسازی اطراف ابرصفحه جداکننده و به حداقل رساندن خطای آموزشی به صورت هم‌زمان انجام می‌شود (Mohammadi & Sarmad, 2019). شکل ۱ نشان‌دهنده اصول کلی الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان می‌باشد.



شکل ۱. اصول کلی الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان (جواندل و همکاران، ۱۳۹۶: ۴).

نحوه قرارگیری ابرصفحه جداکننده از هسته‌هایی به شرح جدول ۱ استفاده می‌شود.

در الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان، با توجه به تعریف نحوه قرارگیری ابرصفحه جداکننده، توابع هسته^۱ خطی^۲، چندجمله‌ای^۳، پایه شعاعی^۴ و سیگموئید^۵ تشکیل می‌شود. در این الگوریتم برای تعریف

جدول ۱. انواع هسته‌های مورد استفاده در الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۳)

تابع	هسته
$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j$	خطی
$K(x_i, x_j) = (g x_i^T x_j + r)^d, g > 0$	چند جمله‌ای
$K(x_i, x_j) = \exp(-g \ x_i - x_j\ ^2), g > 0$	پایه شعاعی
$K(x_i, x_j) = \tanh(g x_i^T x_j + r)$	سیگموئید

1. Kernel
2. Linear
3. Polynomial
4. Radial Basis Function
5. Sigmoid

قطعه‌بندی، ساخت قطعه از اشیای تصویر، بدون وابستگی به پیکسل‌های منفرد شروع می‌شود و به طور مکرر، پیکسل‌ها را به واحدهای بزرگ‌تر تبدیل می‌کند تا زمانی که شیء تصویری از آستانه بالایی از همگنی محلی برخوردار گردد (Wen et al., 2022). در روش‌های تجزیه و تحلیل مبتنی بر شیء به علت قطعه‌بندی شدن پیکسل‌های همگن، مرزهای اشیاء تصویری تولید شده، بیشتر شبیه مرزهای خود اشیاء در دنیای واقعی می‌باشند (Polat et al., 2022). لذا در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، رویکردهای تجزیه و تحلیل تصویر مبتنی بر شیء در مقایسه با الگوریتم‌های مبتنی بر پیکسل، توانایی بالایی برای غلبه بر برخی از مشکلات در مطالعات سنجش از دور شهری نشان داده‌اند. روش‌های تجزیه و تحلیل تصویر مبتنی بر شیء را می‌توان برای استخراج سطوح غیرقابل نفوذ شهری با استفاده از طیف وسیعی از پارامترها از جمله اطلاعات بافتی، طیفی، توپولوژیکی و هندسی به کار برد (Fallatah et al., 2022).

پردازش پیکسل‌پایه تصاویر ماهواره‌ای مبتنی بر پردازش تصویر در فضای ویژگی‌های چند بعدی می‌باشد اما از مفهوم فضایی استفاده نمی‌کند و پیکسل‌ها در این رویکرد، اشیاء جغرافیایی واقعی نیستند و توپولوژی پیکسل محدود است. با افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای، پردازش پیکسل‌پایه تصاویر ماهواره‌ای کمتر موثر واقع شد زیرا رابطه بین اندازه پیکسل و ابعاد اشیاء زمینی موجود بر روی تصاویر به طور قابل توجهی تغییر کرد. لذا توسعه رویکرد پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای مفهوم فضایی جغرافیا را در فرایند پردازش تصویر، عملیاتی نمود. لذا در این رویکرد در کنار ویژگی‌های طیفی اشیاء، از ویژگی‌های توصیفی دیگری مانند اطلاعات شکل، روابط همسایگی و فاصله با اشیاء دیگر، اتصال توپولوژیکی و الگوهای فضایی برای طبقه‌بندی اشیاء تصویری استفاده شد (Workie & Hailu, 2021).

طبقه‌بندی فازی شیء‌گرا

پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای از قوانین تصمیم‌گیری فازی به عنوان مبنای طبقه‌بندی استفاده می‌کند و به عنوان یک رویکرد طبقه‌بندی نرم شناخته می‌شود (Feizizadeh, 2018). در علم ریاضیات به صورت کلی دو منطق دودویی و فازی به صورت متمایز از همدیگر وجود دارند. منطق دودویی یک منطق دو مقداری است که فقط یکی از مقادیر صفر یا یک را برای هر عضو مجموعه در نظر می‌گیرد در حالی که منطق فازی یک منطق چند مقداری است که مقادیر واقع در محدوده صفر تا یک

X_i, X_j مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی، g (گاما) یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض هسته، d درجه چندجمله‌ای، r اریب یا تمایل و T ماتریس واحد است. در هسته های چندجمله‌ای، شعاعی و سیگموئید از پارامتری به عنوان پارامتر جریمه برای بهبود خطای طبقه‌بندی استفاده می‌شود که افزایش آن تا حدی باعث کم شدن خطای طبقه‌بندی می‌شود. همچنین در کرنل چندجمله‌ای و سیگموئید از یک مقدار به عنوان آستانه تحریک^۱ استفاده می‌شود (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴).

پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای

روش‌های پردازش تصویر در سنجش از دور به دو دسته کلی قابل تقسیم هستند. دسته اول روش‌هایی هستند که واحد پردازش در آن‌ها پیکسل منفرد است که به این روش‌ها روش-های پیکسل‌پایه گفته می‌شود. دسته دوم روش‌هایی هستند که واحد پردازش آن‌ها گروهی از پیکسل‌هاست به طوری که در این روش واحد اصلی پردازش، گروه همگنی از پیکسل‌ها (به عنوان اشیای تصویری) هستند. بنابراین، تصویر در فضای شیء پردازش می‌شود نه در فضای پیکسل. لذا به دلیل استفاده از شیء به جای پیکسل منفرد، امکان تعریف خصوصیات دیگری علاوه بر خصوصیات طیفی، از جمله ویژگی‌های شکل، اندازه، بافت و همسایگی نیز در فرایند پردازش فراهم می‌گردد (ترکاشوند و موسوی‌پور، ۱۴۰۰).

پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای یک روش کاربردی در پردازش تصاویر دیجیتال می‌باشد که در سال‌های اخیر در مقابل آنالیز پیکسل‌پایه گسترش پیدا کرده است (جعفرزاده و نظم‌فر، ۱۳۹۸). روش‌های مبتنی بر پیکسل، از پیکسل‌های منفرد یک تصویر چندطیفی^۲ به عنوان حداقل واحد تصویری استفاده می‌کنند. در این روش در برخی موارد به طور بالقوه امکان تشکیل نوفه فلفل نمکی وجود دارد. از سوی دیگر در روش‌های تجزیه و تحلیل تصویر مبتنی بر شیء به پیکسل‌های تصاویر ورودی این امکان داده می‌شود تا با توجه به ویژگی‌های طیفی، مکانی، بافتی و هندسی مشترک، پیکسل‌ها به ابر پیکسل‌های همگن معنادار با اشکال و اندازه‌های مختلف قطعه‌بندی^۳ شوند (Šiljeg et al., 2022). قطعه‌بندی یک فرایند ادغام اشیاء تصویری از پایین به بالا است که میانگین ناهمگنی پیکسل‌ها را به حداقل می‌رساند و همگنی مربوطه آن‌ها را به حداکثر می‌رساند. در فرایند

1. Bias

2. Multispectral

3. Segmentation

زمینی تطابق بهتری دارند. در این روش‌ها مقادیر مختلفی به عنوان درجه عضویت هر کلاس براساس پوشش‌های مختلف موجود در محدوده آن‌ها محاسبه می‌شود. تلفیق روش‌های شی‌گرا و فازی، طبقه‌بندی هریک از قطعه‌های تصویری را با یک درجه عضویت مشخص فراهم می‌سازد. در این فرایند، قطعه‌های تصویری با درجه عضویت متفاوت در بیش از یک کلاس طبقه‌بندی می‌شود و براساس درجه عضویت نسبت به هر کلاس، طبقه‌بندی آن قطعه تصویری صورت می‌گیرد که باعث افزایش دقت نهایی طبقه‌بندی می‌شود. در طبقه‌بندی شی‌گرا، با تعیین ویژگی‌های مربوط به اطلاعات طیفی و ویژگی‌های هندسی کلاس‌ها در طی فرایند پردازش تصویر، می‌توان از عملگرهای منطقی فازی استفاده نموده و شرایط مناسب برای طبقه‌بندی را تعریف نمود (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). در طبقه‌بندی فازی شی‌گرا به هرکدام از قطعه‌ها، درجه عضویتی بین صفر تا یک اختصاص داده می‌شود و تابع عضویت، درجه عضویت یک قطعه را به یک کلاس تعیین می‌کند. هر قطعه می‌تواند در بیش از یک کلاس عضویت داشته باشد (پیشنامز احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). جدول ۲. عملگرهای فازی شی‌گرا را نشان می‌دهد.

جدول ۲. عملگرهای فازی شی‌گرا (Feizizadeh et al., 2017: 247)

عملکرد	علامت اختصاری	عملگر
بیانگر اشتراک منطقی و شامل کمترین مقدار ارزش بازگشتی از ارزش‌های فازی	AND	And (min)
بیانگر اجتماع منطقی و شامل بیشترین مقدار ارزش بازگشتی از ارزش‌های فازی	OR	Or (max)
بیانگر میانگین حسابی ارزش‌های فازی	MAR	Mean (arithmetic)
بیانگر میانگین هندسی ارزش‌های فازی	MGE	Mean (geometric)
بیانگر میانگین هندسی وزن دار ارزش‌های فازی	MGWE	Mean (geom.weighted)
بیانگر اشتراک منطقی و حاصلضرب ارزش‌های فازی	ALP	And (*)

ماتریس خطا^۳ تشکیل می‌گردد. ماتریس خطا حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل پیکسل‌های معلوم واقعیت زمینی با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است. یکی از پارامترهای دقت طبقه‌بندی که از ماتریس خطا استخراج می‌گردد دقت کلی^۴ است. در ماتریس خطا، دقت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد که از رابطه ۱ به دست می‌آید.

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن O.A دقت کلی، c تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل

را برای هر عضو در نظر می‌گیرد. در روش پردازش فازی شی‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، ویژگی‌های هر شیء تصویری را می‌توان با یک فضای ویژگی فازی تعیین کرد و با یک تابع عضویت توصیف کرد (Najafi et al., 2019).

رویکرد طبقه‌بندی فازی شی‌گرا، اطلاعات نامشخص، مبهم و ناقص در فضای ورودی را براساس برخی از مجموعه قوانین تفسیر می‌کند. این رویکرد، یک مجموعه فازی را توسط یک درجه عضویت تعریف می‌کند و ویژگی‌های هر شیء را براساس نسبت فازی مشخص می‌کند. در فازی شی‌گرا، هر کلاس حداقل با یک تابع عضویت توصیف می‌شود که این تابع، درجه عضویت را برای هر شیء تعریف می‌کند. مقادیر درجه عضویت در محدوده صفر (بدون عضویت) تا یک (عضویت کامل) قرار دارد (Kazemi Garajeh et al., 2022).

استفاده از منطق فازی در طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور به دلیل قابلیت‌های ویژه آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای در حال گسترش هستند. این روش‌ها برای نمایش پوشش‌های مخلوط کاربرد زیادی دارند. روش‌های طبقه‌بندی فازی ازجمله روش‌هایی هستند که قادرند نتایجی ارائه دهند که با واقعیت

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. بنابراین این نکته را باید در نظر داشت که همیشه در کنار انجام طبقه‌بندی، نتایج آن نیز ارزیابی شوند. پس از به دست آمدن نتایج باید معلوم شود که آیا داده‌های به دست آمده با کاربرد موردنظر از دقت لازم برخوردار هستند؟ متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه‌بندی، انتخاب یک سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. این داده‌های معلوم را واقعیت زمینی^۱ یا داده‌های مرجع^۲ می‌نامند که پس از انتخاب نمونه‌های واقعیت زمینی،

3. Error Matrix
4. Overall Accuracy

1. Ground Truth
2. Reference Data

وانگ^۸ و همکاران (۲۰۱۸) پس از سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره Quick Bird سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ شهر سوژو^۹ در چین، الگوریتم‌های SVM^{۱۱}، KNN^{۱۰}، RF^{۱۲}، ELM^{۱۳} و EL^{۱۴} را مورد مقایسه قرار دادند و اقدام به آشکارسازی تغییرات نواحی شهری نمودند. در پژوهش این محققان، الگوریتم EL دارای بالاترین میزان دقت بوده است.

فوربرگ^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های ۲۰۰۵ ماهواره اسپات و ۲۰۱۵ ماهواره سنتینل و با به-کارگیری الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان مبتنی بر طبقه‌بندی شیء‌گرا، اقدام به پایش توسعه فیزیکی شهر استکهلم کردند. این محققان ابتدا اقدام به انجام فرایند پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای نمودند، سپس تصاویر ماهواره‌ای را براساس پارامترهای شکل و فشردگی قطعه-بندی کردند و تصاویر را براساس پردازش شیء‌گرا طبقه‌بندی نمودند و دقت طبقه‌بندی را محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل شیء‌گرا قابلیت مناسبی جهت استخراج نقشه توسعه فیزیکی شهر دارد.

روستایی و همکاران (۱۳۸۹)، به ارزیابی روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل شیء‌گرا در استخراج تغییرات محدوده شهر تبریز در سری زمانی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداختند و اقدام به استخراج نقشه تغییرات فیزیکی شهر تبریز نمودند و به این نتیجه رسیدند که جهت طبقه‌بندی نقشه تغییرات فیزیکی شهر تبریز، مدل شیء‌گرا به علت استفاده از معیارهای متعدد، نظیر بافت، همگنی، فاکتور شکل و فشردگی، دارای دقت بیشتری نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی بوده است. مطالعه این محققان بیانگر رشد ۴۸ درصدی کاربری‌های شهری در محدوده زمانی موردنظر بوده است.

اجاقی و خزائی (۱۳۹۶)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GeoEye و Quick Bird، مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵، اقدام به آشکارسازی تغییرات توسعه فیزیکی جزیره قشم نمودند. این محققان پس از قطعه‌بندی چند مقیاسه در فضای ترکیب یافته از باندهای طیفی و ویژگی‌های بافتی مناسب، از الگوریتم‌های طبقه‌بندی‌کننده شیء‌گرا مانند جنگل تصادفی، نزدیک-ترین همسایگی و ماشین‌بردار پشتیبان، جهت طبقه‌بندی تصاویر

پیکسل‌های معلوم، Eii اعضای قطری ماتریس خطا می‌باشد. ضریب کاپا^۱ یکی دیگر از پارامترهای دقت طبقه‌بندی است که از ماتریس خطا استخراج می‌گردد. ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر ضریب کاپا پس از حذف تأثیر شانس در طبقه‌بندی، مقدار تطابق با واقعیت زمینی را محاسبه خواهد کرد. مقدار صفر برای کاپا یعنی طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است و مقدار یک بدان معنی است که طبقه‌بندی کاملاً صحیح و براساس نمونه‌های گرفته شده می‌باشد (اکبری و شکاری بادی، ۱۳۹۳: ۲۰۲). شاخص کاپا از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{kappa} = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

در این رابطه Po درستی مشاهده شده و Pc توافق مورد انتظار می‌باشند (آرخی و ادیب‌نژاد، ۱۳۹۰: ۴۲۹). در این پژوهش جهت ارزیابی دقت، از دقت کلی و ضریب کاپا استفاده گردیده است. برای این منظور، پس از انجام طبقه‌بندی، با استفاده از نقاط کنترل زمینی، اقدام به ارزیابی دقت کلی و ضریب کاپای هر کدام از الگوریتم‌های مورد استفاده گردید.

پیشینه پژوهش

در سطح جهان، مطالعات زیادی در خصوص استخراج اراضی شهری با استفاده از سنجش از دور انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به این موارد اشاره نمود. مولر^۲ و بلاشکه^۳ (۲۰۰۵) براساس قواعد فازی شیء‌گرا اقدام به سگمنت‌سازی و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های MSS، TM، ETM⁺ و ASTER، شهر فینیکس^۴ در ایالت آریزونا آمریکا کردند. نتیجه این پژوهش بیانگر تبدیل ۲۵۵۳ کیلومتر مربع از زمین‌های زراعی و طبیعی از سال ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۳ به منطقه شهری بوده است.

سیواکومار^۵ (۲۰۱۴)، با استفاده از الگوریتم بیشترین شباهت^۶ و پردازش تصاویر سنجنده‌های TM و ETM⁺، توسعه فیزیکی شهر پونا^۷ در هندوستان را استخراج نموده و به این نتیجه رسید که مساحت محدوده شهری از ۴۲/۱۶ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۱ به ۲۷۱/۰۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ رسیده است.

8. Wang

9. Xuzhou

10. K- Nearest Neighbor

11. Support Vector Machine

12. Extreme Learning Machine

13. Random Forest

14. Ensemble Learning

15. Furberg

1. Kapa Coefficient

2. Moeller

3. Blaschke

4. Phoenix

5. Sivakumar

6. Maximum Likelihood

7. Pune

سازمان فضایی اروپا به آدرس اینترنتی <https://scihub.copernicus.eu> با شناسه S2B_MSIL2A_20221121T073129_N0400_R04_9_T39STU_20221121T090448 بارگیری گردید. ماهواره سنتینل ۲ بخش مهمی از برنامه فضایی کوپرنیک اروپا است که امکان مشاهده عوارض زمینی را به صورت چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی متوسط، فراهم نموده است. سنتینل ۲ شامل دو ماهواره سنتینل 2A و سنتینل 2B می‌باشد. این دو ماهواره امکان ثبت تصویر از مشاهدات زمینی با قدرت تفکیک زمانی ۵ روزه، بین عرض‌های جغرافیایی ۵۶ درجه جنوبی تا ۸۴ درجه شمالی را فراهم نموده‌اند. ماهواره سنتینل دارای ۱۳ باند طیفی می‌باشد که چهار باند آن دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، شش باند آن دارای قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر و سه باند آن دارای قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر می‌باشد (Wu et al., 2023). جدول ۳ مشخصات باندهای ماهواره سنتینل ۲ را نشان می‌دهد.

ماهواره‌ای استفاده کردند و در نهایت، اقدام به محاسبه دقت کلی و ضریب کاپا برای روش‌های مورد استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم جنگل تصادفی شی‌گرا، دارای دقت بیشتری بوده است.

قبادیان‌نژاد و فلاحی (۱۳۹۷)، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، روند تغییرات توسعه فیزیکی شهر شیراز را در سری زمانی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۵ مورد مطالعه قرار دادند. این محققان از روش آرتمپ فازی جهت طبقه‌بندی مناطق شهری استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که مساحت شهر شیراز در دوره هفت ساله مورد مطالعه از ۱۳۱۶۰/۰۷ هکتار در سال ۱۳۸۸ به ۱۷۳۵۰/۲۹ هکتار در سال ۱۳۹۵ رسیده است.

روش انجام پژوهش

در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر ماهواره سنتینل ۲ شامل باندهای ۲ (آبی)، ۳ (سبز)، ۴ (قرمز) و ۸ (مادون قرمز نزدیک) شهر همدان در تاریخ ۳۰ آبان ۱۴۰۱ استفاده گردید. تصویر ماهواره‌ای مورد نظر از سایت

جدول ۳. مشخصات باندهای ماهواره سنتینل ۲ (Wu et al., 2023:17)

شماره باند	نام باند	طول موج (نانومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
B1	Coastal	443	60
B2	Blue	490	10
B3	Green	560	10
B4	Red	665	10
B5	Red Edge 1	705	20
B6	Red Edge 2	740	20
B7	Red Edge 3	783	20
B8	NIR	842	10
B8a	NIR-narrow	865	20
B9	Water vapor	940	60
B10	Cirrus	1375	60
B11	SWIR-1	1610	20
B12	SWIR-2	2190	20

شامل کرنل‌های خطی، چندجمله‌ای، پایه شعاعی و سیگموئید، فرایند طبقه‌بندی تصویر در مرحله پردازش انجام شد و نقشه اراضی ساخته شده شهری هرکدام از توابع کرنل مورد نظر تولید شد. از نرم‌افزار eCognition جهت قطعه‌بندی و طبقه‌بندی مبتنی بر عملگرهای فازی شی‌گرا استفاده شد.

در این مرحله اقدام به قطعه‌بندی تصویر گردید و پس از انتخاب نقاط تعلیماتی با استفاده از عملگرهای فازی، فرایند طبقه‌بندی انجام شد. در مرحله پس‌پردازش، با استفاده از فیلتر اکثریت^۱ با ابعاد ۵ در ۵

پس از بارگیری تصویر، در محیط نرم‌افزار ENVI 5.6 با استفاده از فایل متادیتای تصویر با فرمت XML، تصویر مورد نظر فراخوانی و باندهای ۱۰ متری تصویر، انتخاب و با استفاده از شیپ فایل منطقه مورد مطالعه برش داده شد و تصویر خروجی با فرمت TIFF ذخیره گردید. عملیات پیش‌پردازش، شامل تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصویر انجام شد. جهت طبقه‌بندی تصویر مبتنی بر الگوریتم‌های پیکسل‌پایه ماشین‌بردار پشتیبان، ابتدا با استفاده از تفسیر بصری تصویر، تعدادی نقاط جهت نمونه‌های تعلیماتی و تعدادی نقاط به‌عنوان نمونه‌های واقعیت زمینی جهت دو کلاس اراضی ساخته شده و اراضی ساخته نشده انتخاب شدند و سپس به صورت جداگانه با استفاده از توابع کرنل پیکسل پایه الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان

1. Majority

بودند از حالت رستری به حالت برداری تبدیل شدند و با استفاده از نرم‌افزار Arc Map عملیات کارتوگرافیکی جهت به دست آوردن نقشه نهایی انجام شد. شکل ۲ نشان‌دهنده روند انجام پژوهش می‌باشد.

پیکسل، پیکسل‌های منفرد که باعث نویز در فرایند طبقه‌بندی شده بودند حذف گردید. سپس با استفاده از نقاط نمونه واقعیت زمینی، ارزیابی دقت برای هر کدام از نقشه‌های تولیدی انجام شد. در ادامه مرحله پس‌پردازش، نقشه‌های تولیدی حاصل از مرحله پردازش که حاصل طبقه‌بندی الگوریتم‌های ماشین‌بردار پشتیبان و مدل شئ‌گرا

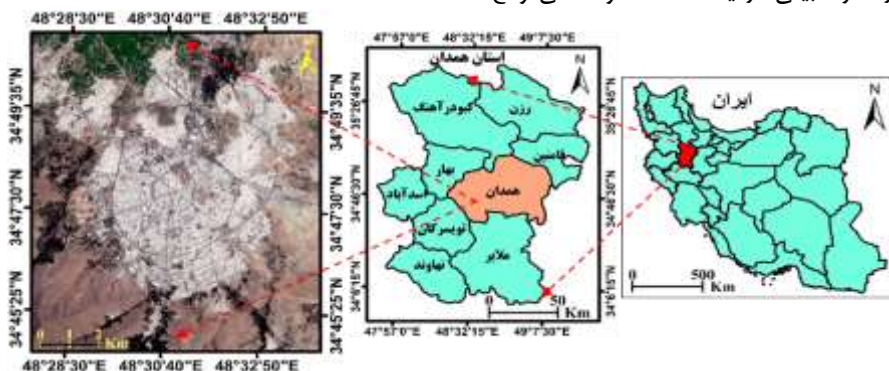


شکل ۲. مراحل انجام پژوهش

شده است. سلسله جبال الوند در جنوب این شهرستان قرار گرفته و ارتفاع بلندترین قله آن از سطح دریا ۳۵۷۴ متر می‌باشد. شهرستان همدان از شمال به شهرستان‌های فامنین و کبودرآهنگ، از جنوب به تویسرکان و ملایر، از شرق به استان مرکزی و از غرب به شهرستان بهار محدود می‌شود (موسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). شکل ۳ بیانگر نقشه موقعیت شهرستان همدان در ایران و استان همدان است.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش، شهرستان همدان در استان همدان می‌باشد. شهرستان همدان در ناحیه میانی استان همدان و در گستره ای به مساحت ۴۰۸۴ کیلومتر مربع، معادل ۲۱ درصد از مساحت استان همدان را تشکیل می‌دهد. این شهرستان، در محدوده مدار ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. شهرستان همدان از نظر طبیعی در یک منطقه کوهستانی واقع

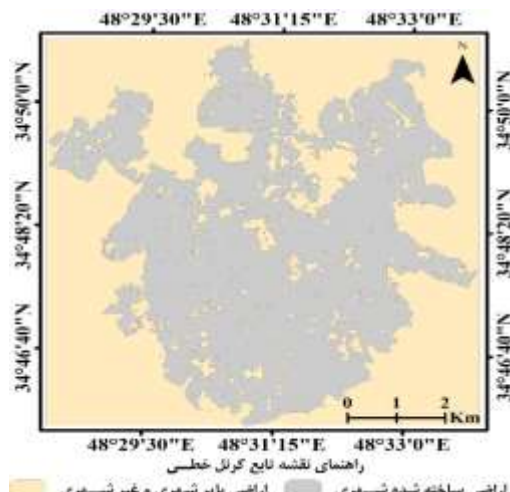


شکل ۳. موقعیت منطقه مورد مطالعه.

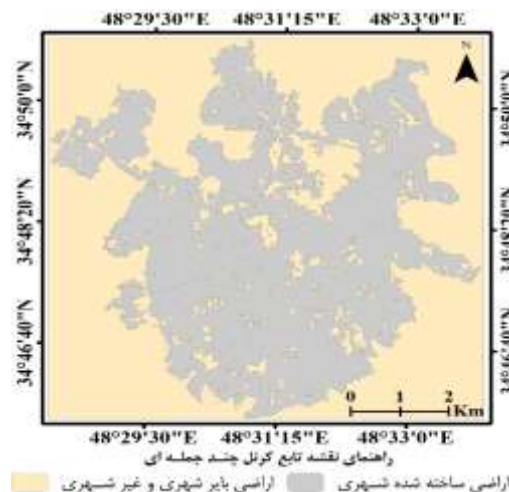
یافته‌ها

رادیومتریکی از ابزار Radiometric Calibration و جهت اعمال تصحیح اتمسفری از مدل فلش در محیط نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. جهت طبقه‌بندی الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان از توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای، پایه شعاعی و سیگموئید استفاده گردید. شکل‌های ۴ الی ۷ نقشه‌های تولید شده از طریق توابع کرنل الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان را نشان می‌دهند.

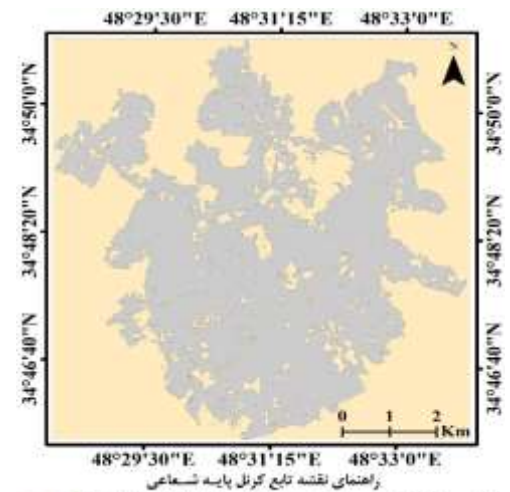
پس از تهیه تصویر ماهواره‌ای، به‌منظور تصحیح رادیومتریکی تصویر و در راستای منطبق کردن ارزش درجات خاکستری تصویر با ارزش پیکسل‌های واقعی بازتاب زمینی، درجات خاکستری به رادیانس تبدیل و سپس با استفاده از تصحیح اتمسفری، به ضرایب بازتاب زمینی تبدیل شدند. جهت اعمال تصحیح



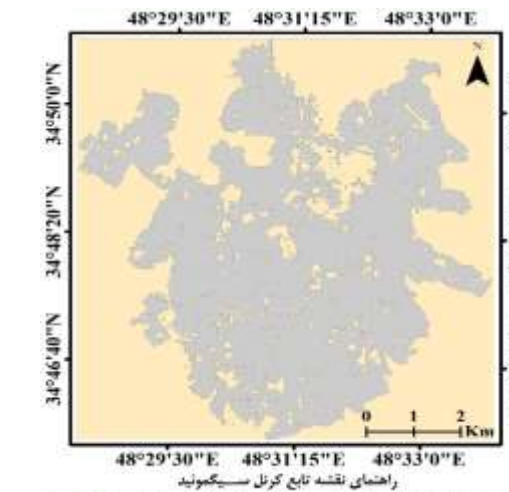
شکل ۴. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از تابع خطی.



شکل ۵. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از تابع چندجمله‌ای.



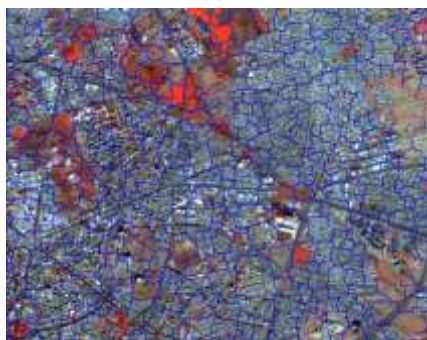
شکل ۶. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از تابع پایه شعاعی



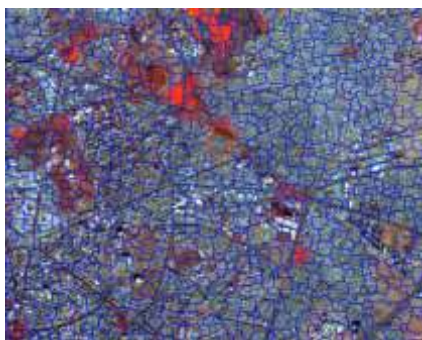
شکل ۷. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از تابع سیگموئید.

رسیدن به مناسب‌ترین حالت قطعه‌بندی انجام گرفت. در این مرحله جهت قطعه‌بندی تصویر از روش قطعه‌بندی چند مقیاسه^۲ استفاده شد. مناسب‌ترین قطعه‌بندی شامل مقیاس ۵ و ضریب شکل ۰.۷ و ضریب فشردگی ۰/۳ بود. شکل‌های ۸ الی ۱۱ نشان‌دهنده مقیاس‌های مختلف با ضریب شکل و ضریب فشردگی متفاوت می‌باشد.

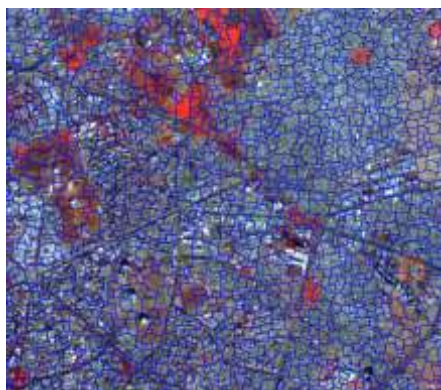
جهت طبقه‌بندی فازی شی‌گرا، از نرم‌افزار ایکاگنیشن^۱ استفاده گردید. تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه که عملیات پیش‌پردازش بر روی آن اعمال شده بود و با فرمت TIFF ذخیره گردیده بود در محیط این نرم‌افزار فراخوانی شد و به صورت یک پروژه ذخیره گردید. عملیات قطعه‌بندی در مقیاس، ضریب شکل و ضریب فشردگی مختلف جهت



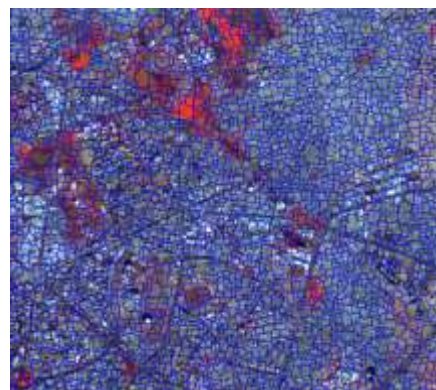
شکل ۹. قطعه‌بندی با مقیاس ۱۰



شکل ۸. قطعه‌بندی با مقیاس ۱۵



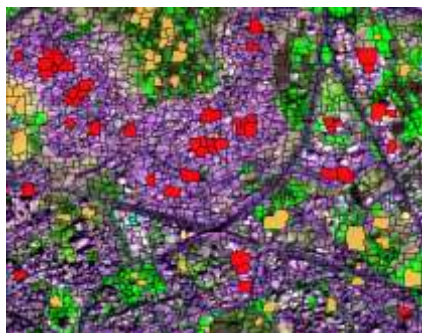
شکل ۱۰. قطعه‌بندی با مقیاس ۷



شکل ۱۱. قطعه‌بندی با مقیاس ۵

گردید همان نقاطی که برای طبقه‌بندی پیکسل پایه به عنوان نقاط تعلیمی و واقعیت زمینی انتخاب شده بودند در طبقه‌بندی شیء‌گرا نیز انتخاب شوند. شکل ۱۲ نشان دهنده تعدادی از نقاط انتخابی نمونه‌های تعلیمی می‌باشد.

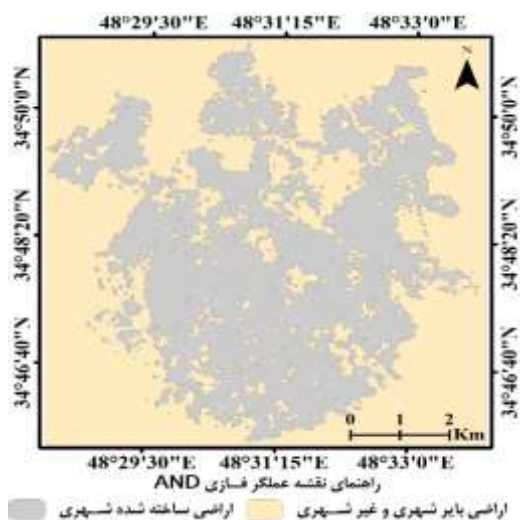
پس از انجام عملیات قطعه‌بندی، دو کلاس اراضی ساخته شده و اراضی ساخته نشده تعریف شدند و تعدادی نقاط از اشیاء ساخته شده در مرحله قطعه‌بندی به عنوان نقاط تعلیمی و تعدادی نقاط به عنوان نقاط واقعیت زمینی انتخاب شدند. در این مرحله سعی



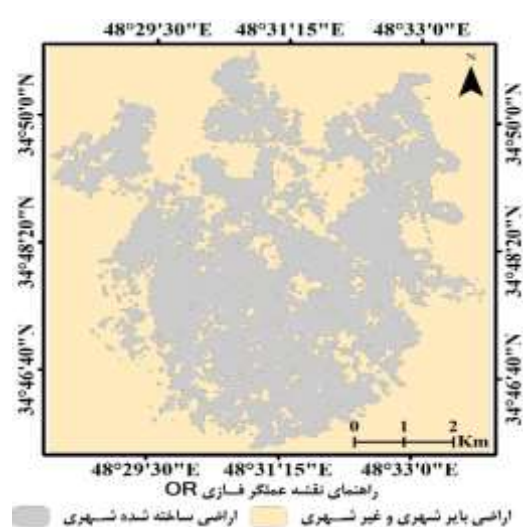
شکل ۱۲. نمونه‌های تعلیماتی انتخابی جهت کلاس‌های موردنظر

نزدیک‌ترین همسایه^۱ و با انتخاب پارامترهای میانگین، انحراف معیار، چولگی و بافت برای هر باند انجام شد. شکل‌های ۱۳ الی ۱۸ نشان دهنده نقشه‌های تولید شده از روش شیء‌گرا می‌باشد.

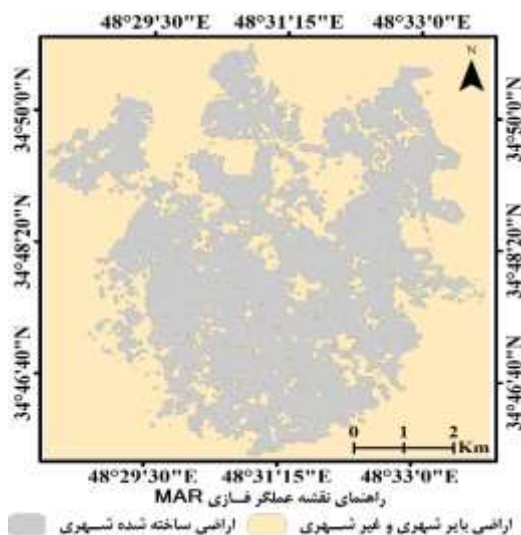
جهت فازسازی اشیاء تصویری تولید شده، عملگرهای فاززی AND، OR، MGE، MAR، MGWE و ALP به صورت جداگانه تعریف و پس از اعمال هر عملگر فاززی، عملیات طبقه‌بندی انجام شد. در این مرحله، طبقه‌بندی براساس روش



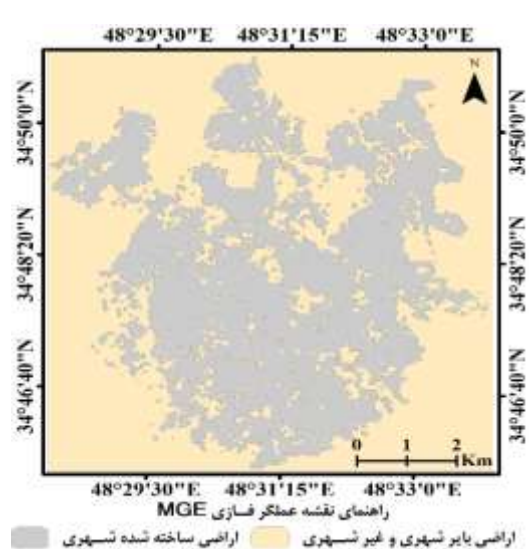
شکل ۱۳. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر AND



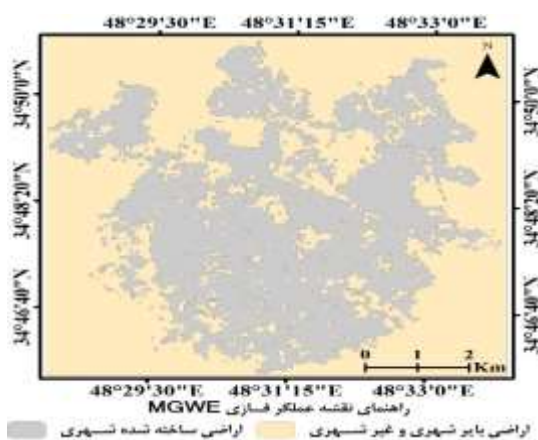
شکل ۱۴. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر OR



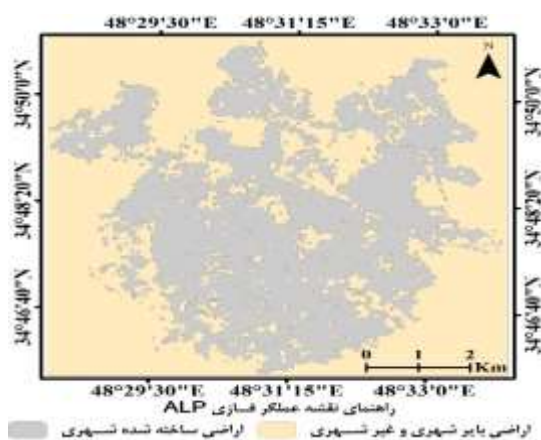
شکل ۱۵. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر MAR



شکل ۱۶. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر MGE



شکل ۱۷. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر MGWE



شکل ۱۸. نقشه اراضی ساخته شده شهری با استفاده از عملگر ALP

هریک از توابع مورد نظر محاسبه گردید. همچنین جهت محاسبه دقت طبقه‌بندی مدل شیء‌گرا نیز از طریق نرم‌افزار ایکاگنیشن، با استفاده از نقاط کنترل واقعیت زمینی انتخابی، دقت کلی و ضریب کاپا برای مدل شیء‌گرا نیز محاسبه شد. جدول ۴ نمایانگر دقت کلی و ضریب کاپای به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

پس از تهیه نقشه اراضی ساخته شده شهری از طریق توابع کرنل ماشین‌بردار پشتیبان و عملگرهای فازی شیء‌گرا، اقدام به محاسبه دقت طبقه‌بندی هر کدام از الگوریتم‌های مورد استفاده گردید. جهت محاسبه دقت توابع کرنل ماشین‌بردار پشتیبان، در نرم‌افزار ENVI با استفاده از نقاط کنترل واقعیت زمینی انتخابی، دقت کلی و ضریب کاپا برای

جدول ۴. دقت کلی و ضریب کاپای توابع کرنل پیکسل پایه و عملگرهای فازی شیء‌گرا

تابع کرنل	ضریب کاپا	دقت کلی (درصد)	عملگر فازی	ضریب کاپا	دقت کلی (درصد)
Linear	۰/۹۱۵۰	۹۵/۹۴	AND	۰/۹۹۱۰	۹۸/۵۴
Polynomial	۰/۹۱۳۹	۹۵/۹۱	OR	۰/۹۷۲۳	۹۶/۳۰
Radial Basis Function	۰/۹۳۴۷	۹۶/۹۵	MGE	۰/۹۸۲۷	۹۸/۲۷
Sigmoid	۰/۸۸۹۹	۹۴/۷۴	MAR	۰/۹۸۸۵	۹۷/۹۵
			MGWE	۰/۹۸۶۶	۹۷/۶۱
			ALP	۰/۹۸۳۶	۹۷/۱۸

یکی از مهم‌ترین دلایل دست‌یابی به دقت بالاتر در روش‌های شیء‌گرا، بررسی درجه عضویت پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و استفاده از پارامترهایی که بیشترین درجه عضویت را دارند می‌باشد. در همین راستا، با توجه به ناهمگونی محیط شهری و وجود پیچیدگی در محیط فیزیکی شهری، در روش‌های پیکسل پایه باعث اختلاط طیفی می‌گردد اما در روش‌های شیء‌گرا به دلیل استفاده هم‌زمان از پارامترهای طیفی و غیرطیفی، امکان دسترسی به دقت بیشتر فراهم می‌باشد. نتایج این پژوهش همسو با نتایج پژوهش فوربرگ و همکاران (۲۰۱۹)، روستایی و همکاران (۱۳۸۹) و اجاقی و خزائی (۱۳۹۶) می‌باشد. از نتایج این پژوهش می‌توان برای امور مدیریت شهری در سازمان‌های مختلف استفاده کرد.

راهکارها

در راستای امکان‌سنجی رسیدن به دقت بیشتر در استخراج اراضی ساخته شده شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به محققان علاقه‌مند در این حوزه راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌شود:

- ترکیب کردن تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی نوری^۱ با تصاویر حرارتی و راداری.
- ادغام^۲ نمودن باندهای ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متری ماهواره سنتینل ۲.
- مقایسه الگوریتم‌های یادگیری عمیق^۳ با عملگرهای فازی شیء‌گرا.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارایی توابع کرنل ماشین‌بردار پشتیبان شامل توابع خطی، چندجمله‌ای، پایه شعاعی و سیگموئید با عملگرهای فازی شیء-گرا شامل AND، OR، MGE، MAR، MGWE و ALP در استخراج اراضی شهری همدان مورد مقایسه قرار گرفتند. برای این منظور از باندهای دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر ماهواره سنتینل ۲ شامل باندهای ۲ (آبی)، ۳ (سبز)، ۴ (قرمز) و ۸ (مادون قرمز نزدیک) استفاده گردید.

براساس نتایج این پژوهش با استفاده از تصاویر چند طیفی دارای قدرت تفکیک ۱۰ متری ماهواره سنتینل ۲، امکان تولید نقشه اراضی ساخته شده شهری همدان با استفاده از الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان و مدل شیء‌گرا با دقت قابل قبول وجود دارد. مقایسه دقت طبقه‌بندی توابع کرنل پیکسل پایه ماشین‌بردار پشتیبان و عملگرهای فازی شیء‌گرا بیانگر این موضوع است که عملگرهای فازی شیء‌گرا با دقت بیشتری نسبت به توابع کرنل ماشین‌بردار پشتیبان، نقشه اراضی ساخته شده شهری همدان را تولید می‌کنند. همچنین براساس نتایج تحقیق، از بین کلیه روش‌های مورد استفاده در این پژوهش، عملگر فازی AND که بیانگر اشتراک منطقی و شامل کم‌ترین مقدار ارزش بازگشتی از ارزش‌های فازی می‌باشد با دقت کلی ۹۸/۵۴ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۹۱۰ مقدار دقت بیشتری را ارائه نمود. لذا با توجه به دقت بیشتر عملگرهای فازی شیء‌گرا در این پژوهش، می‌توان عنوان کرد که روش‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای به دلیل اینکه علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات مربوط به بافت، شکل، موقعیت، محتوا و ویژگی‌های هندسی نیز در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌نمایند در مقایسه با الگوریتم‌های ماشین‌بردار پشتیبان، دست‌یابی به دقت بالاتر را امکان‌پذیر می‌سازند.

1. Optical

2. Fusion

3. Deep learning

References

- Akbari, E., & Shekari Badi, A. (2014). *Processing and extracting information from satellite data using ENVI software*. Teran: Mahvareh press. (In Persian)
- Arekhi, S., & Adibnejad, M. (2012). Efficiency assessment of the of Support Vector Machines for land use classification using Landsat ETM+ data (Case study: Ilam Dam Catchment). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(3), 420- 440. (In Persian)
- Azhdari, A., Taghvaaee, A. A., & Kheyroddin, R. (2018). Spatiotemporal analysis of Shiraz metropolitan area expansion during 1986–2014: using remote sensing imagery and landscape metrics. *Int J Architect Eng Urban Plan*, 28(2), 163-173. <https://doi.org/10.22068/ijaup.28.2.163>
- Behnia, N., Zare, M., Moosavi, V., & Khajeddin, S. I. (2020). Evaluation of a Hierarchical Classification Method and Statistical Comparison with Pixel-Based and Object-Oriented Approaches. *Ecopersia*, 8(4), 209-219. <http://ecopersia.modares.ac.ir/article-24-38774-en.html>
- Berila, A., & Isufi, F. (2021). Two Decades (2000–2020) Measuring Urban Sprawl Using GIS, RS and Landscape Metrics: a Case Study of Municipality of Prishtina (Kosovo) [journal article]. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 114-125. <https://doi.org/10.12911/22998993/137078>
- Dang, K. B., Nguyen, T. H. T., Nguyen, H. D., Truong, Q. H., Vu, T. P., Pham, H. N., Duong, T. T., Giang, V. T., Nguyen, D. M., Bui, T. H., & Burkhard, B. (2022). U-shaped deep-learning models for island ecosystem type classification, a case study in Con Dao Island of Vietnam. *One Ecosystem*, 7. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e79160>
- Fallatah, A., Jones, S., Wallace, L., & Mitchell, D. (2022). Combining Object-Based Machine Learning with Long-Term Time-Series Analysis for Informal Settlement Identification. *Remote Sensing*, 14(5), 1226. <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/5/1226>
- Feizizadeh, B., Pirnazar, M., Zand Karimi, A., Abedi Gheshlaghi, H., (2015). The effect of different classification algorithms knowledge base in the increase the accuracy of the maps of land use. *Journal of of Geographical Data (SEPEHR)*, 24(94), 107-117. (In Persian)
- Feizizadeh, B. (2018). A Novel Approach of Fuzzy Dempster–Shafer Theory for Spatial Uncertainty Analysis and Accuracy Assessment of Object-Based Image Classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15(1), 18-22. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2017.2763979>
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Tiede, D., & Moghaddam, M. H. R. (2017). Evaluating fuzzy operators of an object-based image analysis for detecting landslides and their changes. *Geomorphology*, 293, 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.06.002>
- Fringe. Proceedings of the 12th Remote Sensing Conference. 16 -21 April 2005. Goiania, Brazilian.
- Furberg, D. Ban, Y. and Nascetti, A. (2019). Monitoring of Urbanization and Analysis of Environmental Impact in Stockholm with Sentinel-2A and SPOT-5 Multispectral Data. *Journal of Remote Sensing*. 11(20), 2408-2442.
- Ghasem Torkashvand, M., & Mousapour, M. (2021). Evaluate the efficiency of kernel functions of vector support machine and object-oriented fuzzy operators in estimating the level of snow cover using Sentinel-2B satellite data - Case study: Almbolagh Mountain. *Journal of of Geographical Data (SEPEHR)*, 30(119), 175-187. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.247893> (In Persian)
- Ghobadeyan, Z., Alikhah Asl, M., Rezvani, M. (2021). Investigating the Effects of Urban Development on Rangelands and Forests of Sirvan City Using Remote Sensing 1987-2016. *Journal of Urban Ecology Researches*, 11(21), 107-120. <https://doi.org/10.30473/grup.2020.7475> (In Persian)
- Hartoni, H., Siregar, V., Wouthuyzen, S., & Agus, S. (2022). Object based classification of benthic habitat using Sentinel 2 imagery by applying with support vector machine and random forest algorithms in shallow waters of Kepulauan Seribu, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230155>
- He, Z., Zhao, C., Fürst, C., & Hersperger, A. M. (2021). Closer to causality: How effective is spatial planning in governing built-up land expansion in Fujian Province, China? *Land Use Policy*, 108, 105562. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105562>
- Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002). The Use of Remote Sensing and Landscape Metrics to Describe Structures and Changes in Urban Land Uses. *Environment and Planning A: Economy and*

- Space, 34(8), 1443-1458. <https://doi.org/10.1068/a3496>
- Jafarzadeh, J., & Nazmfar, H. (2019). Classification of Satellite Images in the Evaluation of Urban Land Use Change Using Scale Optimization in Objected Oriented Processing (Case Study: Ardabil City). *Research and Urban Planning*, 10(36), 117-128. (In Persian)
- Javandel, P., Hassani, H., & Maghsodi, A. (2018). Comparison of support vector machines and spectral angle mapper algorithms for Alteration mapping in Pariz area, Kerman province. *Journal of Mineral Resources Engineering*, 2(4), 1-10. (In Persian)
- Jiang, H., Sun, Z., Guo, H., Xing, Q., Du, W., & Cai, G. (2022). A standardized dataset of built-up areas of China's cities with populations over 300,000 for the period 1990–2015. *Big Earth Data*, 6(1), 103-126. <https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1950351>
- Kazemi Garajeh, M., Feizizadeh, B., Weng, Q., Hossein, M., Rezaei Moghaddam, M. H., & Garajeh, A. (2022). Desert landform detection and mapping using a semi-automated object-based image analysis approach. *Journal of Arid Environments*, 199, 104721. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104721>
- Keshtkar, H., Voigt, W., & Alizadeh, E. (2017). Land-cover classification and analysis of change using machine-learning classifiers and multi-temporal remote sensing imagery. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(6), 154. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2899-y>
- Li, C., Wang, X., Wu, Z., Dai, Z., Yin, J., & Zhang, C. (2021). An Improved Method for Urban Built-Up Area Extraction Supported by Multi-Source Data. *Sustainability*, 13(9), 5042. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5042>
- Mohammadi, M., & Sarmad, M. (2019). Robustified distance based fuzzy membership function for support vector machine classification. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 16(6), 191-204. <https://doi.org/10.22111/ijfs.2019.5028>
- Mousipour, M., Hosseini, S.A., & Safai, Sh. (2018). Evaluation of the impact of meteorological drought phenomenon on the vegetation of Hamadan city Using remote sensing and geographic information system. *National Conference on Water Crisis and Ways to Get Out*, Payame Noor University, Center Kabodarahang, 11 May 2018. (In Persian)
- Najafi, P., Navid, H., Feizizadeh, B., Eskandari, I., & Blaschke, T. (2019). Fuzzy Object-Based Image Analysis Methods Using Sentinel-2A and Landsat-8 Data to Map and Characterize Soil Surface Residue. *Remote Sensing*, 11(21), 2583. <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/21/2583>
- Ojaghi, s., & khazai, s. (2018). Improving the Detection of Object-Oriented Changes in High-Resolution Images based on Random Forest Method in Optimal Features Space. *Journal of Geographical Data (SEPEHR)*, 26(104), 117-127. (In Persian)
- Pishnamaz Ahmadi, M., Mohammadzadeh, K., & Hejazi, S.A. (2018). Evaluating the Pattern of Forest Cover Changes Using Fuzzy Object-Oriented Techniques (Case Study: Kaleybar County). *Geography and Sustainability of Environment*, 7(25), 95-111. (In Persian)
- Polat, A. B., Akcay, O., & Balik Sanli, F. (2022). Monitoring seasonal effects in vegetation areas with Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 optic satellite images. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(7), 670. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09947-x>
- Rezaei Moghaddam, M.R., Valizadeh Kamran, Kh., & Andaryani, S., Almaspoor, F. (2014). Comparison of ANN and SVM methods in extraction Land Use/ Land Cover maps from Landsat 8 satellite image (Case Study: Sufi Chay Basin). *Journal of Geography and Planning (JGP)*, 19(52), 163-183. (In Persian)
- Roostaei, Sh., Nikjo, M. R., Valizadeh Kamran, Kh., Alavi, S. A. (2010). Evaluation of the neural network method and object-oriented classification in the extraction of urban area changes (case study of Tabriz city). *National Conference on Geographical Space, Landscaping Approach, Environmental Management Holder*, Islamic Azad University of Eslamshahr, 21 November 2010. (In Persian)
- Sabo, F., Corbane, C., Florczyk, A. J., Ferri, S., Pesaresi, M., & Kemper, T. (2018). Comparison of built-up area maps produced within the global human settlement framework. *Transactions in GIS*, 22(6), 1406-1436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/tgis.12480>
- Šiljeg, A., Panda, L., Domazetović, F., Marić, I., Gašparović, M., Borisov, M., & Milošević, R.

- (2022). Comparative Assessment of Pixel and Object-Based Approaches for Mapping of Olive Tree Crowns Based on UAV Multispectral Imagery. *Remote Sensing*, 14(3), 757. <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/3/757>
- Sivakumar, V. (2014). Urban Mapping and Growth Prediction Using Remote Sensing and GIS Techniques, Pune, India. *Proceedings of the 8th The International of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Conference*. 09 -12 December 2014. Hyderabad, India.
- Valdiviezo-N, J. C., Téllez-Quiñones, A., Salazar-Garibay, A., & López-Caloca, A. A. (2018). Built-up index methods and their applications for urban extraction from Sentinel 2A satellite data: discussion. *Journal of the Optical Society of America*. 35(1), 35-44. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.35.000035>
- Wang, X., Liu, S., Du, P., Liang, H., Xia, J., & Li, Y. (2018). Object Based Change Detection in Urban Areas from High Spatial Resolution Images Based on Multiple Features and Ensemble Learning. *Journal of Remote Sensing*, 10(02), 276 - 289. <https://doi.org/10.3390/rs10020276>
- Wen, C., Lu, M., Bi, Y., Zhang, S., Xue, B., Zhang, M., Zhou, Q., & Wu, W. (2022). An Object-Based Genetic Programming Approach for Cropland Field Extraction. *Remote Sensing*, 14(5), 1275. <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/5/1275>
- Workie, T. G., & Hailu, T. M. (2021). Object-Based Image Analysis for Land Cover Mapping in an Urbanized Watershed. *Journal of Urban Development Studies*, 1(2), 72-87. <https://doi.org/10.1234/ecsujuds%y1272-87>
- Wu, J., Lin, L., Zhang, C., Li, T., Cheng, X., & Nan, F. (2023). Generating Sentinel-2 all-band 10-m data by sharpening 20/60-m bands: A hierarchical fusion network. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 196, 16-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.12.017>
- Yongqiao, W., Shouyang, W., & Lai, K. K. (2005). A new fuzzy support vector machine to evaluate credit risk. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13(6), 820-831. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2005.859320> (In Persian)