Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Classification of Land Cover and Land Use in Mobarakeh County Using Landsat 9 Imagery Data

Reza Peykanpour Fard [1] Sohrab Hasheminejad [1] Parvaneh Peykanpour Fard* [2]

1 Ph.D. candidate, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran
2 Ph.D. Human Environment and Sustainable Development Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

Keywords

Remote Sensing
Satellite Imagery
Landsat Mobarakeh

A B S T R A C T

Remote sensing is defined as the science and art of acquiring information about objects, land, or various phenomena through the collection of data without direct contact with the phenomena under investigation. In terrestrial resources, the use of aerial photographs, space images, and satellite-derived imagery for interpreting, identifying, and obtaining information about phenomena is referred to as remote sensing. Today, understanding the environment for planning based on the ecological potential of each region, in line with assessing capabilities in specific geographical areas, is considered a crucial phase in the implementation of projects, especially at macro and national levels. Therefore, the objective of this research is to classify land cover and land use in Mobarakeh County. To create the land use map, ENVI 3.5 software, which is designed for processing and analyzing remote sensing data, particularly satellite data, was utilized. Additionally, to identify land cover, products available in the Google Earth Engine platform were employed, which support various types of widely-used satellite data offered for free. Ultimately, to evaluate the accuracy of the classified results, the produced map was compared with ground truth data using Google Earth. Furthermore, to determine the overall accuracy of the classification, the overall accuracy and Kappa coefficient were calculated. The results of this research indicate that the assessment of the produced map's accuracy, which was examined against ground reality using 388 reference points in Google Earth, yielded an overall accuracy of 95.36% and a Kappa coefficient of 0.92, indicating a reliable measure. Finally, it is suggested that future studies consider using segmentations of satellite imagery with the assistance of remote sensing software to define units and assign them to compatible zones instead of employing pixel-based methods for managing such areas.

*Corresponding Author.
Email Adresses: boom_payesh@yahoo.com

Peykanpour Fard, R., Hasheminejad, S. and Peykanpour Fard, P. (2024). Classification of Land Cover and Land Use in Mobarakeh County Using Landsat 9 Imagery Data. Human Ecology, 3(7), 509-519.

Doi: 10.22034/el.2025.497483.1038

سال سوم، شماره هفتم ، تابستان ۱۴۰۳، ۵۰۹-۵۱۹.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی شهرستان مبارکه با استفاده از داده‌های تصاویر لندست ۹

رضا پیکانپور فرد [۱] سهراب هاشمی نژاد [۱] پروانه پیکانپور فرد* [۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

[۲] استادیار، مرکز تحقیقات محیط زیست انسانی و توسعه پایدار، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

چکیده

سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده‌های مختلف به کمک جمع‌آوری اطلاعات از آن‌ها، بدون تماس با پدیده‌های تحت بررسی. در منابع زمینی به‌کارگیری عکس‌های هوایی، عکس‌های فضایی و تصاویر تهیه شده از اطلاعات ماهواره‌ای برای تفسیر و شناسایی و کسب اطلاعات از پدیده‌ها را سنجش از دور بیان می‌کنند. امروزه شناخت محیط برای برنامه‌ریزی براساس توان بوم‌شناختی هرمنطقه‌ای در راستای ارزیابی توان در هر حوزه جغرافیایی معین جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی، به‌ویژه در سطح کلان و ملی، بشمار می‌رود. به همین دلیل هدف در این پژوهش طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی شهرستان مبارکه می‌باشد. جهت ایجاد نقشه کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI ۵/۳ که یک نرم‌افزار جهت پردازش و تحلیل اطلاعات سنجش از دوری به‌ویژه داده‌های ماهواره‌ای است استفاده شد. همچنین برای تشخیص پوشش زمین از پرداکت‌های موجود در سامانه Google Earth Engine استفاده شد که از انواع داده‌های ماهواره‌های پرکاربرد امروزی که به‌صورت رایگان عرضه می‌شود پشتیبانی می‌کند. درنهایت برای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی شده نقشه تولیدی با نقشه واقعیت زمینی از برنامه Google Earth استفاده شد. همیچنین ر برای مشخص شدن صحت کلی طبقه‌بندی ضریب کلی و کاپا برآورد گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد، ارزیابی صحت نقشه تولیدی که با واقعیت زمینی با ۳۸۸ نقطه تعلیمی در Google Earthمورد بررسی قرار گرفت، ضریب کلی نقشه ۹۶٪ و ضریب کاپا آن ۰/۹۲ به‌دست آمد که ضریب قابل اطمینانی می‌باشد. درنهایت پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی در عوض استفاده از روش‌های پیکسل پایه در مدیریت اینگونه مناطق از قطعه بندی تصاویر ماهواره‌ای با کمک از نرم‌افزارهای سنجش از دور در راستای تعیین یگان‌ها و اختصاص آن به زون‌های سازگار استفاده شود.

واژگان کلیدی

سنجش از دور تصاویر ماهواره‌ای لندست مبارکه

۱. مقدمه

برنامه‌ریزی راهبردی مستلزم برخورداری از تفکر راهبردی است. منظور از تفکر راهبردی ژرف‌نگری بخردانه در سه سطح فراسوی کلان، کلان و خرد است؛ بنابراین دستیابی به فرآیند تفکر راهبردی مهم‌ترین تجربه‌ای است که برای دست‌اندرکاران برنامه‌ریزی حاصل می‌شود. بهبود آینده جامعه، مستلزم انتخاب این شیوه تفکر و برنامه‌ریزی است؛ بنابراین برای پی‌ریزی اصول توسعه پایدار نیز مبنا قرار دادن دیدگاه راهبردی به‌عنوان قلب تپنده و پایه محیط‌زیست در قالب فرآیند برنامه‌ریزی (توسعه سرزمین) برای نیل به جامعه انسانی (خود سازمان دهنده) که توان بالایی از سازگاری و انطباق با محیط‌زیست به جهت درک و آگاهی از اهمیت راهبرد آن در فرآیند توسعه را دارند، ضروری می‌باشد (رضائی و شبیری، ۱۳۹۳).

برای این منظور برنامه‌ریزی برای ایجاد تعادل و توازن در محیط‌زیست مناطق و تجهیز کانون‌های توسعه از طریق گسترش ظرفیت‌های زیربنایی و تولیدی محیط باتوجه به قابلیت‌ها، شرایط و ملاحظات محیطی به‌عنوان یکی از خط مشی‌های مهم توسعه اقتصادی مناطق مختلف کشور، توصیه شده است. هدف از تدوین یک برنامه‌ریزی محیطی، اجرای فعالیت‌های هدفمندی در رسیدن به کاربری‌های مطلوب اراضی در آینده است (آل شیخ و همکاران، ۱۳۸۸).

بنا بر تعریف، توان اکولوژیک عبارت است از توانایی کلی یک اکوسیستم برای حفظ شرایط طبیعی، اصلی و یا موجود آن و یا تولید کالاها و خدمات موردنظر حیطه تعریف که خود شامل موجودی یک اکوسیستم برای تولید بیشتر از منابع اختصاصی می‌باشد. درواقع طبقه‌بندی اکولوژیک سرزمین سیستمی است که مناطق یا رویشگاه‌هایی را که دارای همگنی نسبی در متغیرها یا منابع اکولوژیک می‌باشند تفکیک می‌نماید. بنابراین شناسایی و تجزیه‌وتحلیل این منابع، اساس کار ارزیابی توان و طبقه‌بندی رویشگاه بشمار می‌رود. به‌طورکلی روش‌های مرسوم ارزیابی به سه دسته یک‌عامله، دوعامله و چندعامله تقسیم می‌شوند. درروش چندعامله، سرزمین با استفاده از بیش از دو عامل اکولوژیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. ازآنجایی‌که روش‌های چندعامله با استفاده از تعداد عوامل بیشتر اکولوژیک و با در نظر گرفتن تاریخچه کاربری منطقه و دست‌خوردگی آن، توان سرزمین را بررسی می‌نمایند، بنابراین کاربرد وسیع‌تری نسبت به دیگر روش‌ها دارند (عدل و همکاران، ۱۳۸۶). در نتیجه برای به دست آوردن توان طبیعی و انسانی هر منطقه لازم است در ابتدا به شناخت دقیق آن منطقه پرداخته شود که برای این هدف از سنجش از دور استفاده می‌شود.

سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده‌های مختلف به کمک جمع‌آوری اطلاعات از آن‌ها، بدون تماس با پدیده‌های تحت بررسی. در منابع زمینی سنجش از دور عبارت است از به‌کارگیری عکس‌های هوایی، عکس‌های فضایی و تصاویر تهیه شده از اطلاعات ماهواره‌ای برای تفسیر و شناسایی و کسب اطلاعات از پدیده‌ها می‌باشد (زبیری و مجد ۱۳۹۰).

پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه علوم سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در دهه‌های اخیر باعث شد تا پردازش تصاویر ماهواره‌ای را به‌عنوان اصلی‌ترین روش تهیه نقشه‌های پوشش/کاربری زمین (بخصوص در مقیاس‌های بزرگ) مورد استفاده قرار گیرد. با توسعه مداوم روش‌های سنجش از دور، در حال حاضر مقادیر عظیمی از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح طیفی- مکانی و زمانی زیاد در دسترس هستند. مجموعه داده‌های زیاد چند بعدی (وضوح مکانی بالا و ویژگی‌های ابر قطبی)، ساختار پیچیده داده‌ها (توزیع غیرخطی و همپوشانی) و مشکل بهینه‌سازی غیرخطی (پیچیدگی محاسباتی بالا) ازجمله مشکلات این داده‌ها هستند. روش‌های هوش مصنوعی که از سیستم‌های بیولوژیک الهام گرفته‌اند می‌توانند راه‌حل‌های احتمالی برای مشکلات فوق را ارائه دهند (ژانگ و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

سنجش از دور تصاویر با موفقیت در زمینه‌های مختلف مانند طبقه‌بندی و تشخیص تغییرات استفاده شده است. بااین‌حال، پردازش تصویر با سنجش از راه دور شامل چندین پیش پردازش است (ما و همکاران[2]، ۲۰۱۹). به علت قدمت تصاویر ماهواره ماهواره‌های لندست توسط سازمان ملی هوانوردی و فضانوردی آمریکا طراحی و در مدار زمین قرار گرفته‌اند، این ماهواره‌ها در مدارهای خورشید آهنگ در هر ۹۹ دقیقه یک‌بار به دور زمین گردش می‌کنند و مدار گردش این ماهواره‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده که در حدود ساعت ۹:۳۰ به‌وقت محلی از بالای خط استوا عبور می‌کنند. این ماهواره‌ها در هر گذر نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر

[1] Zhong et al
2 Ma et al

را پوشش می‌دهند، به همین دلیل تهیه پوشش کل زمین ۱۶ روز طول می‌کشد (حمایتی فر، ۱۳۹۵).

طبقه‌بندی متداول‌ترین روش استخراج اطلاعات موردنظر به روش رقومی است و در حقیقت جواب بسیاری از سؤالات را در تحقیقات سنجش از دور مشخص می‌کند. با علم به این موضوع که هدف اصلی سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی است، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای محسوب می‌شود. این عمل در تفسیر بصری تصاویر به‌وسیله چشم انسان در حد توان آن و بدون دخالت دادن روابط ریاضی و آماری بر اساس استفاده از عوامل تفسیر، نظیر، رنگ، شکل، بافت، اندازه و پارامترهای مشابه تصاویر است؛ اما طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای که به‌وسیله کامپیوتر صورت می‌گیرد بر اساس بررسی ارزش طیفی جزءهای تصویری، روابط پدیده‌های زمینی و باندهای طیفی مورد استفاده در سنجش از دور و استفاده از روابط ریاضی و آماری استوار است (پیکانپور فرد و همکاران، ۱۴۰۳).

به‌طور کلی برای اطلاعات رقومی ماهواره‌ای دو نوع روش طبقه‌بندی وجود دارد که عبارت‌اند از روش طبقه‌بندی نظارت شده و روش طبقه‌بندی نظارت نشده. اگرچه اساس کار هر دو طبقه‌بندی بر اختلاف ارزش‌های طیفی اجزای سازنده تصاویر استوار است ولی ازنظر نوع اجزا متفاوت هستند. به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که اختلاف دو نوع طبقه‌بندی فوق درروش ایجاد نشانه‌های آن‌ها است درروش طبقه‌بندی نظارت شده، ارزش‌های طیفی بر اساس نمونه‌هایی که مفسر برای هر پدیده انتخاب کرده (نواحی آزمایشی یا تعلیمی)، محاسبه می‌شوند و سپس با بهره‌گیری از برنامه‌های کامپیوتری ویژه، پیکسل باقی‌مانده تصویر بر اساس مطابقت با ارقام نواحی تعلیمی، طبقه‌بندی می‌شوند. این نوع طبقه‌بندی معمولاً وقتی مفسر اطلاعات کافی و مشخص از منطقه مورد تحقیق داشته باشد مناسب است (علوی پناه، ۱۳۹۷).

امروزه شناخت محیط برای برنامه‌ریزی براساس توان بوم‌شناختی هرمنطقه‌ای در راستای ارزیابی توان در هر حوزه جغرافیایی معین جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی، به‌ویژه در سطح کلان و ملی، بشمار می‌رود. به همین دلیل هدف در این پژوهش طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی شهرستان مبارکه می‌باشد.

۲. پیشینه پژوهش:

ارزیابی توان اکولوژیک شهر مجلسی در شهرستان مبارکه یکی از موفق‌ترین پروژه‌هایی است که در فصل پانزدهم کتاب شالوده آمایش سرزمین دکتر مجید مخدوم (۱۳۷۸) به آن اشاره شده است. هدف از این ارزیابی در چارچوب طرح توسعه شهرهای جدید دستیابی به جانمایی شهر جدید در راستای آمایش سرزمین در اطراف مجتمع صنعتی فولاد مبارکه بوده است. در این رابطه توان اکولوژیک ناحیه برای کاربری‌های کشاورزی، حفاظت، توریسم، توسعه شهری و صنعتی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ ارزیابی گردید و نتیجه کار برای اجرا در اختیار وزارت مسکن و شهرسازی قرار گرفت؛ اما در نقشه کاربری تهیه شده در این پروژه آلودگی حاصل از صنایع موجود در منطقه دخیل نشده است که یکی از مهم‌ترین نیازهای ثانویه شهروندان یک منطقه یعنی سلامتی آن‌ها می‌باشد. همان‌طور که بیان شد معمولاً برنامه‌ریزی سرزمین بدون توجه به شرایط آینده کاربری‌ها به‌ویژه از نقطه نظر آلودگی هوا انجام می‌گیرد. این در حالی است که مکان‌یابی کاربری‌ها به‌ویژه صنایع بزرگ در پراکنش گازهای آلاینده بسیار مؤثر است. بدین خاطر این تحقیق سعی دارد تا با تلفیق وضعیت آلودگی هوا در فرآیند برنامه‌ریزی سرزمین کارایی این فرایند را در صورت امکان بهبود دهد.

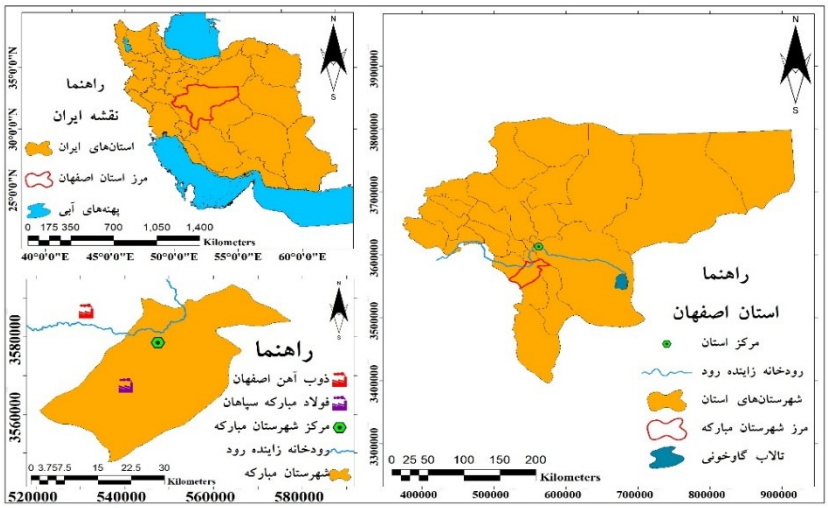
مهدوی و کریمی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای که درباره امکان‌سنجی و مکان‌یابی توان جغرافیایی (صنایع معدنی) در شهرستان مبارکه می‌باشد به این نتیجه رسیده‌اند که اصولاً توان‌های محیطی شامل کلیه امکانات و منابع موجود در سطح یا زیرزمین است که به‌طور طبیعی موجود بوده و می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای اجرای طرح‌های توسعه‌ای به‌منظور بهبود وضعیت معیشتی انسان مورد استفاده قرار گیرند. بر مبنای این مقاله مکان‌یابی توان‌های محیطی را می‌توان فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره‌ای دانست که برای اولویت‌بندی معیارهای مختلف و انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های ممکن بکار می‌رود. لذا تحقیق آن‌ها نیز با هدف تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار صنایع معدنی شن و ماسه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اجرا شده است. در این مطالعه آن‌ها ابتدا با استفاده از روش شناسی-توصیفی، تحلیلی و روش دلفی در نظرخواهی از تعداد ۳۰ نفر از خبرگان محلی معیارها و ضوابط انتخاب مکان‌های مناسب برای صنایع معدنی مانند شیب، جنس زمین، منابع آب، دسترسی به

مواد اولیه، دسترسی به نیروی کار، فاصله تا مراکز جمعیتی و پارامترهای مشابه شناسایی و بعد از وزن‌دهی با روش تحلیل سلسله مراتبی وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی کرده‌اند و سپس با استفاده از مدل همپوشانی وزنی نقشه نهایی مکان‌یابی را به‌دست آورده‌اند. نتایج تحلیل سلسله مراتبی در این تحقیق نشان داد که عوامل فنی و زیربنایی ۳۸٪ و عوامل طبیعی ۲۹٪ در مکان‌یابی صنایع معدنی در این شهرستان نقش دارند.

در مطالعه ارزیابی توان شهرستان مبارکه برای کاربری کشاورزی محققان باتوجه به پارمترهای متفاوتی مانند شیب، اقلیم، فرسایش خاک، بافت خاک و سایر پارامترهای مشابه به بررسی مطلوبیت اراضی این شهرستان برای کاربری کشاورزی پرداخته‌اند. در این مطالعه آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که روش WLC نسبت به روش بولین بسیار کارآمدتر و همچنین تطابق بیشتری با واقعیت زمینی این شهرستان دارد. همچنین در تحقیقی دیگر که دربارهِ ارزیابی توان اکولوژیک شهرستان مبارکه برای مناطقی که مستعد کشاورزی بوده است نویسندگان به این نتیجه رسیده‌اند که دستیابی به توسعه پایدار و استفاده بهینه از منابع درگرو شناخت جامع و دقیق از امکانات، توان‌ها و محدودیت‌هایی است که در رسیدن به وضع مطلوب با آن مواجه هستیم. در این پژوهش آن‌ها به بررسی و ارزیابی توان محیطی برای تعیین توان کشاورزی منطقه پرداخته‌اند. در این تحقیق از روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی استفاده شده و شناسایی منابع، تجزیه‌وتحلیل، ناحیه بندی و ارزیابی توان محیط در چند مرحله انجام گرفته است. در این مقاله ابتدا اطلاعات مورد نیاز منطقه با استفاده از منابع اطلاعاتی موجود و کار میدانی جمع‌آوری و در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Arc ۱۰/۳ GIS نقشه‌های لازم تهیه، تجزیه‌وتحلیل، جمع‌بندی، تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفت و توان محیطی نواحی تعیین شد. در پایان این مقاله با استخراج یگان‌های محیط‌زیستی و سنجش آن‌ها با مدل اکولوژیک مناطق مستعد برای کاربری کشاورزی مشخص شد (ایران پور، ۱۳۹۲؛ جلیل پیرانی و احمدی، ۱۳۹۵).

۳. منطقه مورد پژوهش:

شهرستان مبارکه در فاصلهٔ ۵۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان واقع شده و در موقعیت ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقهٔ عرض شمالی از خط استوا و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از سطح آبهای آزاد ۱۶۷۰ متر می‌باشد و شیب عمومی زمین منطقه از سمت جنوب به شمال و از غرب به شرق می‌باشد. میانگین دمای این منطقه ۱۲ درجهٔ سانتیگراد است و بادهایی که از سمت جنوب غربی می‌وزد باعث ایجاد تعادل در هوای آن منطقه می‌گردد. محدودهٔ قانونی شهر در طرح جامع شهر مبارکه با در نظر گرفتن محلات اقماری (قهنویه، محمدیه، سرارود، دهنو، شیخ آباد، اسماعیل ترخان و صفاییه) به میزان ۳۲ کیلومتر مربع و محدودهٔ استحفاظی آن نیز ۷۰ کیلومتر مربع می‌باشد (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۵).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۴. مواد و روش‌ها

۱.۴. انتخاب تصویرماهواره‌ای

در سال‌های اخیر، روش‌های سنجش از دور و GIS به‌عنوان ابزار توانمندی در بررسی و پیش‌بینی تغییرات محیطزیست شناخته‌شده است. از کاربردهای فراوان سنجش دور می‌توان به امکان مطالعه تغییرات کاربری اراضی در کمترین زمان، با هزینه کم و دقت بالا و همچنین تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی برای بسیاری از فعالیت‌ها اشاره کرد (اسماعیل نژاد و زینال زاده، ۱۳۹۹). امروزه تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور بدلیل فراهم آوردن داده‌های به‌هنگام و قابلیت بالای آنالیز تصاویر کاربرد گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها ازجمله مکان‌یابی کشاورزی و صنعت دارند. به‌منظور تهیه نقشه پوشش اراضی شهرستان مبارکه از داده‌های رقومی ماهواره (Landsat9_Level2) سال ۲۰۲۴ میلادی استفاده شد. دلیل استفاده از این سری لندست سهولت در استفاده و تصحیح شده بودن آن می‌باشد. برای ایجاد شاخص‌های مورد نیاز از برنامه Google Earth Engine استفاده گردید.

۱.۴. ایجاد نقشه کاربری اراضی

جهت ایجاد نقشه کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI ۵/۳ که یک نرم‌افزار جهت پردازش و تحلیل اطلاعات سنجش از دوری به‌ویژه داده‌های ماهواره‌ای است استفاده شد. هزینه‌بر بودن عملیات‌های میدانی باعث می‌شود که داده‌های سنجش از دوری با اقبال بسیار بالای همراه باشد و در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار بگیرد. این نرم‌افزار باتوجه به قابلیت‌های بالا و به‌روز بودن آن در این زمینه می‌تواند بسیار مفید واقع گردد.

۲.۴. ایجاد پرداکت‌های پوشش زمین

Google Earth Engine از انواع داده‌های ماهواره‌های پرکاربرد امروزی که به‌صورت رایگان عرضه می‌شود پشتیبانی می‌کند. به‌عنوان‌مثال تمامی تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنتینل، استر و مادیس در این سامانه قابل استفاده و پردازش است. علاوه بر روش کار با بیش از ۱۰ نوع ماهواره متفاوت می‌توان به کاربری و پوشش اراضی، نقشه نوع کشت، نقشه کشت آبی و باغی، شاخص‌های کانی‌شناسی، پردازش‌های سری زمانی، پایش زمانی بارش، پایش زمانی گردوغبار، پایش زمانی مؤلفه‌های اتمسفری، آشکارسازی پهنه‌های آبی، شناسایی نوع کشت راداری، پایش زمانی سفره آب‌های زیرزمینی، برآورد رطوبت خاک سطحی و زیرسطحی و آشکارسازی تغییرات توسعه فیزیکی شهری پرداخت.

۳.۴. ارزیابی صحت نتایج

ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی شده نقشه تولیدی با نقشه واقعیت زمینی از طریق Google Earth مورد بررسی قرار گرفت. همین‌طور برای مشخص شدن صحت کلی طبقه‌بندی ضریب کلی و کاپا برآورد گردید. صحت هر تصویر ماهواره‌ای یا نقشه نسبت مستقیمی یا میزان ارزش آن نقشه در سنجش از دور کاربری‌های گوناگون دارد. که در بخش زیر به تعریف صحت کلی و ضریب کاپا می‌پردازیم (پیکانپور فرد و همکاران[1]، ۲۰۲۳):

۱) صحت کلی[2]: صحت کلی یکی از شاخص‌های رایج برای برآورد میزان صحت پردازش تصویر است.

۲) ضریب کاپا[3]: ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی باشد) محاسبه می‌کند (Mitsova et al. 2011).

۵. یافته‌های پژوهش

بررسی نقشه شیب شهرستان مبارکه نشان می‌دهد، شیب غالب شهرستان، شیب ۵-۰ درصد می‌باشد. به‌گونه‌ای که ۷۲/۳

[1] Peykanpour Fard et al
[2] Overall Accuracy
[3] Kappa coefficient

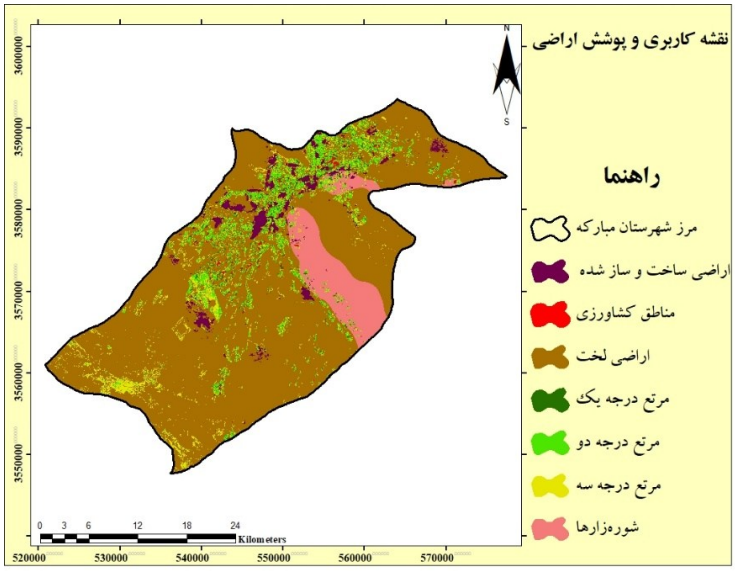
درصد منطقه مورد مطالعه دارای شیب ۵-۰ است. در جدول ۱ توزیع درصد فراوانی کلاس‌های شیب در شهرستان مبارکه نشان داده شده است.

جدول ۱. درصد فراوانی توزیع طبقات شیب شهرستان مبارکه

ردیف	کلاس (شیب٪)	درصد فراوانی
۱	۵-۰	۷۲/۳
۲	۸-۵	۷/۲
۳	۱۵-۸	۶/۷
۴	۲۰-۱۵	۳/۶
۵	> ۲۰	۱۰/۲

شهرستان مبارکه فاقد پوشش جنگلی خودرو بوده و در قسمت‌های استپی رویش بوته‌ها غالب بوده، گیاهان آن یک‌ساله و برخی از آن‌ها پیاز دارند؛ و به مقدار کم گونه‌های علفی در حوالی اراضی زراعی دیده می‌شود. مراتع در طبقه مراتع نیمه بیابانی و استپی قرار دارد این‌گونه مراتع جزء مراتع قشلاقی محسوب و ازنظر درجه‌بندی و میزان تولید در طبقه متوسط تا فقیر قرار می‌گیرد. تیپ گیاهی غالب از نوع گون می‌باشد. شایان ذکر است در حدود ۲۵ درصد اراضی شهرستان مبارکه فاقد پوشش گیاهی و بعضاً بسیار ناچیز می باشد (سایت اداره کل محیطزیست استان اصفهان).

با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنجنده OLI لندست ۹ از Level-2 (به دلیل عدم نیاز به تصحیحات) در تاریخ ۱۴۰۳/۰۲/۱۵ (به‌دلیل اینکه در این ماه پوشش گیاهی شهرستان مبارکه در سبزترین حالت خود می‌باشد) ابتدا تصویر رنگی کاذب از دو باند ۴ و ۵ ایجاد شد و پس از تهیه نقشه و تقسیم‌بندی نوع پوشش با استفاده از رفتار طیفی پدیده‌ها، کاربری‌های انسانی با استفاده از برنامه شهری Google earth engine به نقشه اضافه شد و نقشه کاربری منطقه مورد مطالعه نیز حاصل شد (شکل ۲). میزان مساحت برحسب کیلومتر و درصد مساحت هرکاربری نیز تهیه شده است (جدول ۲).



شکل ۲. نقشه کاربری و پوشش اراضی تهیه شده مربوط به سال ۱۴۰۳

جدول ۲. مساحت کاربری اراضی و پوشش زمین در شهرستان مبارکه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای

ردیف	نوع کاربری	مساحت (km^2)	مساحت (درصد)
۱	مناطق کشاورزی	۴۳/۵۷	۴
۲	مرتع درجه یک	۱۸/۷۱	۱/۷
۳	مرتع درجه دو	۲۷/۴۵	۲/۵
۴	مرتع درجه سه	۶۲/۶۸	۵/۷۳
۵	شوره‌زار	۸۹/۴۶	۸/۱۷
۶	اراضی لخت	۸۱۸	۷۴/۸
۷	اراضی ساخت‌وساز شده	۳۴/۱	۳/۱

باتوجه به تغییرات زیاد کاربری و پوشش اراضی این ضرورت به وجود می‌آید که کاربران و مدیران برای رفع مشکلات احتمالی چاره‌اندیشی کنند. اسماعیل نژاد و زینال زاده در سال ۱۳۹۹ در پژوهشی که د مورد ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در زیرحوضه نازلوچای انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که در پژوهش‌های مربوط به بررسی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزارهای کاربردی مختلفی استفاده می‌شود. اکثر این نرم‌افزارها به نقشه‌های رقومی و داده‌های فرعی جهت آشکارسازی دقیق و واقعی تغییرات کاربری نیاز دارند. همچنین آن‌ها دریافته‌اند که معمولاً تصاویر ماهواره‌ای لندست در سطح یک دارای انحراف‌هایی هستند به‌طوری که این‌گونه تصاویر نمی‌توانند به‌عنوان نقشه، مورد استفاده قرار گیرند. ازجمله این انحراف‌ها می‌توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین، جابجایی و پستی‌وبلندی یا تصحیحات رادیو متریک و اتمسفری اشاره کرد. درنتیجه در این مطالعه نیز از نرم‌افزار ENVI نسخه ۵/۳ به‌عنوان نرم‌افزار اصلی برای تهیه نقشه NDVI و تقسیمات طیفی آن برای تفکیک و شناسایی پوشش گیاهی استفاده شد. گفتنی است به‌غیراز نرم‌افزار ENVI از سیستم Google Earth engine نیز برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی شهرستان مبارکه کمک گرفته شد. دلیل استفاده از Google Earth engine به این خاطر بود که تشخیص صحیح مناطق انسان‌ساز با استفاده از نرم‌افزار ENVI مشکل است اما با استفاده از برنامه شهری لندست در Google Earth engine به‌راحتی این مناطق از سایر مناطق جداسازی شده‌اند. به‌منظور تهیه نقشه پوشش اراضی شهرستان مبارکه از داده‌های رقومی ماهواره (Landsat9_Level2) سال ۲۰۲۴ میلادی که مصادف با سال ۱۴۰۳ شمسی و ماه اردیبهشت بود استفاده شد که دلیل این انتخاب وجود مزارع و باغات قبل از برداشت و سبز بودن مراتع در این فصل از سال است. همچنین دلیل استفاده از سری ۲ لندست سهولت در استفاده و تصحیح شده بودن آن نسبت به سری اول می‌باشد. ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدی با واقعیت زمینی با ۳۸۸ نقطه تعلیمی در Google Earth مورد بررسی قرار گرفته شد که ضریب کلی آن ۹۶٪ و ضریب کاپا آن ۰/۹۲ به‌دست آمد که ضریب قابل اطمینانی می‌باشد.

۶. بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طبق مطالعه‌ای در پژوهش مربوط به طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور با وضوح بالا، بزرگترین چالش این است که چگونه واحدهای شی را از مقادیر طیفی، ساختارها، اشکال و عناصر مکانی مختلف متمایز کنیم. در این تحقیق روش طبقه‌بندی شئ‌گرا را برای ایجاد نقشه پوشش زمین با استفاده از داده‌های VNREDSat-1 با وضوح مکانی ۱۰ متر را استفاده کرده‌اند. در این پژوهش محققان به استخراج ۱۴ نوع کاربری یا پوشش مختلف با استفاده از روش طبقه‌بندی شئ‌گرا بر اساس ویژگی‌های طیفی بازتاب، شاخص شکل، مکان اشیاء، روشنایی، شاخص گیاهی NDVI و چگالی اجسام پرداخته‌اند. دقت کلی نتیجه طبقه بندی حدود ۰.۷۱٪ بوده است (پام و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

در مطالعه دیگری پژوهشگران به این نکته اشاره کرده‌اند که طبقه بندی کاربری و پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور با وضوح مکانی بالا از مقادیر طیفی مختلف بر اساس ساختارها، اشکال و عناصر مکانی امکان خطای بالا وجود دارد. این پژوهش بر روش طبقه‌بندی شئ‌گرا برای استخراج سطوح مصنوعی در منطقه صنعتی Thang Long توسط داده‌های

[1] Pham et al

Worldview-2 با وضوح مکانی ۸.۱ متر تمرکز دارد. این تحقیق به استخراج و طبقه‌بندی ۵ نوع کاربری و پوشش زمین با استفاده از روش طبقه‌بندی شئ‌گرا بر اساس ویژگی‌های طیفی بازتاب، شاخص شکل، مکان شی، روشنایی، شاخص NDVI و چگالی شی با کیفیت بالا پرداخته است. دقت کلی نتایج طبقه بندی کاربری و پوشش زمین منطقه صنعتی تانگ لانگ حدود ۸۵.۰ و شاخص کاپا حدود ۸۱.۰ است (لی و همکاران[1]، ۲۰۲۱).

همچنین پژوهشگران با استفاده از روش شئ‌گرا به پایش و تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش زمین برای ارائه اطلاعات مرتبط و تهیه پیش‌بینی‌های زیست محیطی پرداخته‌اند. هدف از این مطالعه اعمال یک روش طبقه‌بندی شئ‌گرا برای سه تصویر ماهواره‌ای برای نظارت و تشخیص تغییرات پوشش زمین در شمال ساحل عاج است. پیچیدگی منظر این محیط و وضوح پایین تصاویر (۳۰ متر و ۲۰ متر) یک محدودیت مهم برای روش‌های طبقه بندی مرسوم با استفاده از رویکرد (پیکسل به پیکسل) است. در این مطالعه از تصویر سنتیل ۲ استفاده شده است. این مطالعه دو هدف کلی را دنبال می‌کند که شامل طبقه بندی پوشش زمین با استفاده از روش شئ‌گرا بر اساس منطق فازی و تشخیص تغییرات پوشش زمین با روش طبقه بندی با استفاده از نرم‌افزار GIS است. مطالعه آنها نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه دستخوش تغییرات عمده‌ای در پوشش زمین است. در این پژوهش با اقتباس از آنچه که بیان شد برای دستیابی به واحدها یا یگان‌های کلان سرزمین از این روش استفاده خواد شد و پس از اختصاص هر واحد به یک زون به مقایسه آن با سایر روش‌های پیشنهادی پرداخته خواهد شد (اسیالا و همکاران[2]، ۲۰۲۲).

صالحی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود بیان کرده‌اند که آگاهی از الگوهای پوشش زمین و کاربری اراضی در مناطق حفاظت شده از نیازهای اساسی برای حفظ و مدیریت این سرمایه ملی است، ازاین رو استخراج نقشه‌های کاربری اراضی اینگونه مناطق از مهمترین هدف‌ها در مدیریت پایگاه منابع طبیعی می‌باشد. یکی از راه‌های تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین، استفاده از فناوری سنجش از دور مانند داده‌های ماهواره‌ای و فرآیند طبقه بندی اینگونه تصاویر است. امروزه به دلیل افزایش قدرت طیفی و مکانی ماهواره‌ها، طبقه بندی به روش شئ‌گرا توانسته است، صحت و دقت بالاتری را نسبت به طبقه بندی‌های کلاسیک در بیشتر موارد نشان دهد. از این رو آنها در تحقیق خود روش طبقه بندی شئ‌گرا باهدف پایش تغییرات منطقه حفاظت شده تیاب و میناب در شمال تنگه هرمز در استان هرمزگان انتخاب کرده‌اند؛ بنابراین آنها در ابتدا به پردازش رقومی تصاویر سنجنده +ETM و OLI ماهواره لندست ۷ و ۸ نقشه‌های کاربری اراضی منطقه موردمطالعه طی دوره زمانی ۱۶ ساله (۲۰۱۶-۲۰۰۰) پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان داد که دقت نقشه‌های استخراج شده برای سال ۲۰۰۰ با صحت کلی ۲۸.۹۲٪ و در سال ۲۰۱۶ صحت کلی ۷۶.۹۵٪ برآورد گردیده است که حاکی از دقت بالااین نوع طبقه بندی است. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق پیشنهاد می‌شود که روش طبقه بندی شئ‌گرا در تهیه نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

فیضی زاده (۱۳۹۸) در تحقیق خود با پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای Aster خرداد ماه سال ۲۰۱۶ نقشه‌های کاربری اراضی حاشیه شرقی دریاچه ارومیه استخراج کرده است. در مرحله پردازش این تحقیق، پس از اعمال توابع آشکارسازی، متناسب با اهداف پژوهش طبقه‌بندی براساس الگوریتم‌های شیءگرا و پیکسل پایه برروی تصاویر انجام شده است. در این راستا، در ابتدا فرایند سگمنت‌سازی برروی تصاویر انجام شده و تصاویر متناسب با معیارهای همگنی، ضریب شکل و فشردگی مورد سگمنت‌سازی قرار گرفتند. در این تحقیق به منظور ارزیابی و مقایسه نتایج، ضرایب دقت کلی و کاپای طبقه‌بندی برای هر کدام از الگوریتم‌ها استخراج و مشخص شد که در میان روش‌های پیکسل پایه، الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۸۶.۰ و دقت کلی ۸۶.۶۷٪ درصد در مقایسه با سایر روش‌ها، از دقت بالاتری برخوردار است. اما خود این الگوریتم نیز در مقایسه با روش شیءگرا از دقت کمتری برخوردار است، چرا که ضریب کاپای طبقه‌بندی حاصله معادل ۹۳.۰ و دقت کلی نیز معادل ۹۴.۲۰٪ برآورد گردید.

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) به این مهم دست یافته‌اند که منابع آبی در گذر زمان و با افزایش جمعیت در حال کاهش می‌باشد، لذا مدیریت این منابع بسیار ضروری است. در مطالعه حاضر بخشی از رود آجی چای بنا به شرایط خاص منطقه از نظر

[1] Le et al
[2] Sylla et al

توپولوژی و محیط پیرامونی انتخاب و به منظور استخراج پهنه‌های آبی از دو روش نزدیک‌ترین همسایگی و فازی شئ‌گرا استفاده شد. بررسی نتایج آنها نشان داد که روش فازی شئ‌گرا (دقت کلی ۹۸٪) نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایگی (دقت کلی ۹۵٪) نتایج بهتری را در استخراج دقیق پهنه‌های آبی ارائه می‌دهد. روش نزدیک‌ترین همسایگی کارایی لازم برای تشخیص پهنه‌های آبی از عوارضی نظیر جاده‌ها، سایه و ابر را ندارد و این عوارض را به عنوان پهنه‌های آبی طبقه بندی می‌کند که باعث کاهش کیفیت و دقت طبقه بندی می‌شود، ولی در روش فازی شئ‌گرا به دلیل محاسبه درجه‌های عضویت این مشکل مرتفع گردیده و باعث افزایش دقت استخراج پهنه‌های آبی می‌گردد. در این پژوهش با اقتباس از آنچه که بیان شد برای دستیابی به واحدها یا یگان‌های کلان سرزمین از این روش استفاده خواد شد و پس از اختصاص هر واحد به یک زون به مقایسه آن با سایر روش‌های پیشنهادی پرداخته خواهد شد.

باتوجه به این پژوهش و سایر مقالات یاد شده که در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته‌اند به نظر می‌رسد یکی از مهمترین محدودیت‌هایی که در مناطقی با وسعت زیاد وجود دارد انجام پردازش‌های مختلف و سرعت انجام آنها بوده است. در این پژوهش شهرستان مبارکه در غرب استان اصفهان منطقه مورد پژوهش بوده است. این پهنه حدودا وسعتی برابر با ۱۰۲۴ کیلومتر مربع دارد؛ در نتیجه انجام هرگونه پردازشی چه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چه پیش‌بینی بهینه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار RStudio، Python یا MATLAB بسیار سخت و حجیم خواهد بود. در نتیجه پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی برای حل این مشکل از قطعه بندی تصاویر ماهواره‌ای با کمک از نرم‌افزارهای سنجش از دور در راستای تعیین یگان‌ها و اختصاص آن به زون‌های سازگار استفاده شود.

۷. منابع

۱. آل شیخ، علی اصغر، مطهری، سعید، خوشنام، هاشم، گنجعلی، لیلا و پهلوان، عاتکه. (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی محیطزیست با روش فرآیند برنامه‌ریزی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی دهستان دهک). علوم و تکنولوژی محیطزیست ۱۱: ۷۳-۸۳.

۲. اسماعیل نژاد، رضا و زینال زاده، کامران. (۱۳۹۹). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زیرحوضه نازلوچای. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار ۹(۴): ۱۷۲-۱۵۹.

۳. ایران پور، امید. (۱۳۹۲). ارزیابی توان سرزمین به‌منظور کاربری کشاورزی با استفاده از ارزیابی چند معیار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. ۸۴ ص.

٤. پیکانپور فرد، رضا، سفیانیان، علیرضا، احمدی، محسن و پورمنافی، سعید. (۱۴۰۳). پهنه‌بندی چندهدفه مناطق تحت حفاظت با استفاده از روش‌های MCE و MOLA مطالعه موردی: پناهگاه حیات‌وحش عباس‌آباد، استان اصفهان. جله علمی پژوهشی اکولوژی کاربردی ۱۳(۱): ۴۷-۶۰.

٥. جلیل پیرانی، عباس و احمدی ندوشن، مژگان. ۱۳۹۵. ارزیابی اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی با استفاده از GIS (منطقه مورد مطالعه: شهرستان مبارکه). همایش ملی صیانت از محیطزیست،۲۰ بهمن ۱۳۹۵، شرکت هوای پاک اندیشان، تهران، ایران. ص‌ص. ۴۹-۳۹.

٦. حمایتی فر، فرهاد. (۱۳۹۵). آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهرستان بهبهان ناشی از احداث سد مارون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. ۱۲۳ ص.

۷. رضائی، مهدیه و شبیری، سید محمد. (۱۳۹۳). تحلیلی بر نقش برنامه‌ریزی راهبردی در آموزش توسعه پایدار با تأکید بر ابعاد محیطزیستی. علوم و تکنولوژی محیطزیست ۱۶: ۴۲۱-۴۰۹.

۸. رضایی مقدم، محمدحسین، محمدزاده، کیوان و پیشنماز احمدی، مجید. (۱۳۹۹). بررسی و مقایسه الگوریتم‌های شئ‌گرا در استخراج پهنه‌های آبی با تصاویر ماهواره سنتینل. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی « سپهر» ۲۹ (۱۱۵): ۲۱-۳۴.

۹. زبیری، محمود و مجد، علیرضـــا. (۱۳۹۰). آشـــنایی با فن ســـنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، فضایی). چاپ نهم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۳۱۸ ص.

۱۰. سالنامه آماری شهرستانی استان اصفهان. ۱۳۹۵. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان (معاونت آمار و اطلاعات)، اصفهان، ایران. ۴۳۶ ص.

۱۱. صالحی، محدثه، مرادی، عباس و بختیاری کیا، مسعود. (۱۳۹۶). طبقهبندی پوشش اراضی/کاربری اراضی بر اساس تکنیک شـــیءگرا و تصـــاویر ماهوارهای، مطالعه موردی: منطقه حفاظت شـــده تیاب و میناب. چهارمین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی.

۱۲. فیضـــی زاده، بختیار. (۱۳۹۸). ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکســـل پایه و شـــیءگرا در طبقه بندی تصـــاویر ماهواره‌ایAster برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی « سپهر» ۲۸ (۱۰۹): ۱۶۷-۱۸۳.

۱۳. عدل، حمیدرضـــا، مخدوم، مجید و مروی مهاجر، محمدرضـــا. (۱۳۸۶). ارزیابی تطبیقی مهم‌ترین عوامل مؤثر در توان اکولوژیک سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی جنگل‌های شمال ایران. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل صنوبر ایران ۱۵(۳): ۳۰۰-۲۸۹.

۱۴. علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۹۷). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۴۹۶ ص.

۱۵. مخدوم، مجید. (۱۳۸۷). شالودهٔ آمایش سرزمین، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۱ صفحه.

۱۶. مهدوی، داوود و کریمی، طاهره. (۱۳۹۳). امکان‌سنجی و مکان‌یابی توان‌های جغرافیایی (صنایع معدنی) در مناطق روستایی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مبارکه). کنگره انجمن جغرافیایی ایران ۱۲: ۱۱۵۰-۱۱۳۳.

17. Le, H. T. T., Van Hoang, L., & Van Nguyen, T. (2021). Object-oriented classification for landcover of North Thang Long Industrial area using Worldview-2 data. Journal of Mining and Earth Sciences, 62(1), 10-18.
18. Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G., & Johnson, B. A. (2019). Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 152, 166-177.
19. Peykanpour Fard, Reza, Moradi, Hossein, Lotfi, Ali, Pourmanafi, Saeid, & Bihamta Toosi, Neda. (2023). Advancing the mapping of optimal land use structure in industrialized areas: incorporating AERMOD modeling and MCE approach. GeoJournal, 88(2), 1979-1995.
20. Pham, L. T., Nguyen, S. P., Nguyen, N. V., Van Dao, H., Doan, L. D., Vo, N. H. T., ... & Le, N. T. (2020). Establishment of land cover map using object-oriented classification method for VNREDSat-1 data. J. Min. Earth Sci, 61(2), 134-144.
21. Sylla, D., Mouissa, H., Léocadie, M., & Cakadje-Konan, C. H. (2022). An object oriented classification approach for mapping land cover from Landsat and Sentinel image data in the north of Ivory Coast. Jordan Journal of Earth & Environmental Sciences, 12(4).
22. Zhong, Y., Ma, A., soon Ong, Y., Zhu, Z., & Zhang, L. (2018). Computational intelligence in optical remote sensing image processing. Applied Soft Computing, 64, 75-93.