

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه با استفاده از روش شیء‌گرادر دوره‌ی زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۹

علی اکبر تقیلو^{ا*}

۱. دانشیار، گروه جغرافیا، جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵

چکیده

اطلاعات مقاله

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان، جهت تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی است. تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. بررسی تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی از گذشته‌های دور در سطح زمین مطرح بوده است و امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند. پژوهش حاضر نمونه‌ای از کاربردهای تکنولوژی سنجش از دور در مدیریت منابع شهری است که در آن تغییرات کاربری اراضی در شهرستان ارومیه در طی یک دوره‌ی زمانی ۹ ساله از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای انجام این پژوهش از تصاویر سنجنده MTL ماهواره لندست 8 و SPOT 5 استفاده شده و طبقه‌بندی تصاویر با اعمال روش طبقه‌بندی شیء‌گرا انجام شده است و در محیط ArcGIS مساحت طبقه‌بندی کاربری‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت روند تغییرات کاربری مراتع، انسان‌ساخت، پوشش گیاهی متراکم و نامتراکم و نمکزار، از روش آشکارسازی تغییرات استفاده گردید. نتایج حاصل از آشکارسازی کاربری اراضی شهرستان ارومیه نشان داد که در طی دوره‌ی ۹ ساله مساحت این کاربری‌ها از ۱۵۹۷/۵۵۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۹ به ۱۶۷۸/۳۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۸ تغییر کاربری داشته است. بیش‌ترین سطح تغییرات از لحاظ درصد کاربری‌ها مربوط به مراتع است که تخریب شده و کم‌ترین تغییرات کاربری‌ها مربوط به کاربری نمکزار بوده است.

دوره ۲، شماره ۴، تابستان ۱۴۰۰

ص ۱-۱۶

DOR: 20.1001.1.27173747.1400.2.2.1.9

کلید واژه‌ها: کاربری اراضی، شهرستان ارومیه، طبقه‌بندی شیء‌گرا، سنجش از دور

مقدمه

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین روش‌ها جهت تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۸). بررسی تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی معمولاً به دو صورت ایجاد می‌گردد، نوع اول تغییراتی است که به‌وسیله‌ی عوامل طبیعی نظیر فرسایش، نیروهای تکتونیکی یا وقوع سیلاب حادث می‌گردد و نوع دوم تغییراتی است که به‌وسیله‌ی انسان بر روی زمین در اثر بهره‌برداری و غیراستاندارد از منابع موجود تحمیل می‌شود (Yuan & eldvic, 1998: 25). کاربری اراضی، توصیف نوع بهره‌برداری انسان برای یک یا چند هدف بر روی یک قطعه زمین بوده (فریدونی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۱) و پوشش زمین معمولاً به‌طور جداگانه از تصاویر از هم دور طبقه‌بندی می‌شوند (Zhanh & et al, 2018: 14). تغییرات کاربری اراضی امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (سفانیان، ۱۳۸۸: ۱۵۴). از سوی دیگر تغییر کاربری زمین به دلیل دخالت انسان برای اهداف مختلف مانند توسعه‌ی زیربنایی، کشاورزی و استفاده‌های تفریحی اشاره دارد؛ بنابراین، کاربرد زمین و پوشش زمین نتیجه‌ی تعاملات پیچیده بین شرایط بیوفیزیکی و اجتماعی- اقتصادی است که ممکن است در مقیاس‌های فضایی و زمانی مختلف رخ دهد (Desta & et al, 2019: 14). با آشکارسازی تغییرات در مناطق شهری، کنش‌های متقابل میان انسان و پدیده‌های طبیعی بهتر درک می‌شود و با برنامه‌ریزی جامع کاربری اراضی، مشکلات عدیده‌ای مانند از بین رفتن اراضی کشاورزی، آلودگی آب، فرسایش خاک، افت کیفیت محیط‌زیست و غیره رفع خواهد شد (سفانیان، ۱۳۸۸: ۱۵۷). شناسایی تغییرات در سه گام اصلی شامل؛ پیش‌پردازش، روش شناسایی تغییرات و ارزیابی صحت و دقت نتایج انجام می‌شود. از جمله پیش‌پردازش‌های زمین، تصحیح اتمسفری و تصحیح رادبومتریکی هستند. اعمال تصحیحات رادبومتریکی و اتمسفری به علت تغییر فصل، تغییر متغیرهای جو، تغییر زاویه‌ی دید سنجنده و زاویه‌ی تابش خورشید و میزان انرژی تابش شده از خورشید بر روی تصاویر چند زمانه سنجش از دور امری اجتناب‌ناپذیر است (جانعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۴). طبقه‌بندی رویکردی است که به‌وسیله‌ی آن بر چسپ یا کلاس به پیکسل‌های موجود در تصاویر ماهواره‌ای براساس خصوصیات نشان داده می‌شود (ارخی، ۱۳۹۴: ۴۸). طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای با استفاده از دو روش پیکسل پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است و روش جدید شیء‌گرا که علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به محتوا و بافت و زمینه در فرایند طبقه‌بندی تصاویر امکان‌پذیر است (همان، ۵۲). پردازش شیء‌گرا واحد اصلی پردازش تصویر، شکل اشیا یا سگمنت‌ها یا قطعات تصویر هستند که دقت بالاتری دارند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱). روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه به‌طور کلی به دو دسته روش‌های نظارت نشده و روش‌های نظارت‌شده تقسیم می‌شوند (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۸). طبقه‌بندی نظارت‌شده معمولاً برای تصاویر سنجش‌از‌دور به کار می‌رود و شامل استفاده از یک مجموعه مرجع از طبقه‌بندی ساخته‌شده برای آموزش الگوریتم‌های ML برای برچسب زدن نمونه‌های ناشناخته است (Macintayre, 2020: 58).

پژوهش حاضر با هدف طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه در طی دوره‌ی زمانی ۹ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. در این فرآیند علاوه بر اطلاعات کیفی تصاویر از اطلاعات مربوط به درصد و مساحت تغییرات هر کاربری و اعتبار سنجی آن استفاده شده است. برای طبقه‌بندی از روش شیء‌گرا بهره گرفته است که در آن تصاویر سگمنت‌سازی می‌شوند و پردازش تصاویر به کمک این سگمنت‌ها که بیان‌گر نسبت کامل کلاس‌ها و عدم احتمال مطلق است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش

در ارتباط با موضوع تحقیق، مطالعات زیادی در مناطق مختلف انجام شده است که از آن جمله می‌توان در بین مطالعات داخلی و خارجی به موارد زیر اشاره کرد؛

جدول ۱. پژوهش‌های تدوین‌شده در حوزه‌ی آشکارسازی و طبقه‌بندی تغییرات کاربری اراضی

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیلو و ممدی

عنوان	نویسنده	سال	نتیجه پژوهش
آشکارسازی تغییرات کاربری پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرا تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان تبریز	شریفی و همکاران	۱۳۹۲	تغییرات در همه کاربری‌ها به طور یکسان صورت نگرفته، بلکه این تغییرات در بعضی کاربری‌ها زیاد و در بعضی دیگر نامحسوس است. در این میان بیش‌ترین تبدیل کاربری، در اراضی ساخته شده اتفاق افتاده است.
آشکارسازی تغییرات و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف در شهرستان اسفراین	رمضانی و جعفری	۱۳۹۳	کاهش سطح زراعت آبی و مراتع و همچنین، توسعه‌ی شهر اسفراین از ۶۶۴ هکتار به ۱۱۱۴ در سال ۱۴۰۴ بر اثر از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغ‌ها حاصل شده است. اگر راهبرد فعلی استفاده از زمین در این منطقه بدون توجه به ملاحظات توسعه‌ی پایدار ادامه داشته باشد مشکلات زیست‌محیطی مهمی را موجب می‌گردد.
آشکارسازی تغییرات پوشش / کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرا تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi در منطقه ابدانان	ارخی	۱۳۹۴	در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹، شاهد روند کاهش اراضی با پوشش مرتعی متوسط و خوب هستیم که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط و خوب توسط کاربری‌های مرتع فقیر و اراضی بایر هستیم. ضرایب ارزیابی صحت استخراج شده، نشان‌دهنده‌ی دقت بالای روش طبقه‌بندی شیء‌گرا است.
پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، سه سناریوی مدیریتی تغییرات کاربری را در منطقه دیلمان گرگان	فلاح‌تکار و همکاران	۱۳۹۵	نتایج مدل‌سازی بر مبنای سناریوی تداوم به ترتیب نشان‌دهنده‌ی ۹ درصد و ۲۳/۴ درصد کاهش در مساحت اراضی جنگلی و مرتعی در ۴۰ سال آینده است. همچنین، نتایج نشان داد که مدیریت منطقه بر مبنای سناریوی تغییرات محدودیت می‌تواند منجر به حفظ بیشتر اکوسیستم‌های طبیعی شود و از تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی جلوگیری نماید.
آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور، مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار در شهر بجنورد	یوسفی و همکاران	۱۳۹۶	اراضی کشاورزی آبی و دیم روند کاهشی و اراضی شهری و بایر روند افزایشی خواهند داشت به‌طوری‌که اراضی کشاورزی آبی، باغات و دیم از ۱۴/۵ درصد کل محدوده‌ی مورد مطالعه در سال ۱۳۷۹ به ۶/۵ درصد کاهش و اراضی شهری از ۶/۷ درصد در سال ۱۳۷۹ به حدود ۱۱/۵ درصد در سال ۱۳۰۴ افزایش پیدا خواهد کرد.
آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر تمام قطبیده راداری و روش‌های جبری	نجفی و حسنلو	۱۳۹۷	روش‌های آشکارسازی تغییرات جبری دارای دقت بالایی نسبت به سایر روش‌های تشخیص تغییرات می‌باشند. همچنین نتایج کمی نشان می‌دهد که الگوریتم‌های تشخیص تغییرات جبری دارای دقت کلی بیش از ۹۳٪ بوده و سایر معیارهای ارزیابی، روش جبری دارای نرخ هشدارهای اشتباه پایین و مساحت زیر منحنی بالا برای تشخیص تغییرات در تصاویر تمام قطبیده راداری است.
آشکارسازی تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای حوزه‌ی آبریز قره‌سو استان اردبیل	خدابنده لو و همکاران	۱۳۹۸	تغییرات کاربری با روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در حوزه‌ی قره‌سو صورت گرفت و نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات، کاربری کشاورزی طی بازه زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۸ حدود ۷۳۸۴۹ هکتار افزایش سطح را دربرداشتن است که علت اصلی آن تخریب مراتع و به زیر کشت بودن این کاربری است.
پایش دینامیک تغییرات پوشش تالاب دریاچه‌ی پویانگ چین در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۰۰	چن ^۱ و همکاران	۲۰۱۴	روشی را برای طبقه‌بندی شاخص پوشش گیاهی بر اساس سیلاب موردبررسی قرار داده‌اند. نتیجه این مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی منطقه و لجن‌زارها با نرخ متوسط سالیانه ۲۳/۵۱ کیلومتر مربع افزایش قابل توجهی داشته است.
داده‌های سنجنش از دور، با انجام تحلیل زمانی - مکانی به بررسی تضاد میان کاربری اراضی در تانزانیا	کوکان ^۲ و نینا ^۳	۲۰۱۴	نتایج نشان داد که گسترش مهاجرت داخلی، رشد جمعیت و توریسم و نیاز به محصولات کشاورزی اصلی‌ترین عوامل جنگل‌زدایی در منطقه‌ی مورد مطالعه محسوب می‌شوند.

¹ Chen &etc.all

² Kukonen

³ Nina

<p>این مطالعه در یک دوره زمانی ۲۰ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ در هند تصاویر ماهواره لندست را از دو دوره مختلف با استفاده از روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار ERDAS به صورت نظارت شده به پنج کلاس یعنی پوشش گیاهی، کشاورزی، خشک، ساخته‌شده و آب طبقه‌بندی کردند. نتایج نشان می‌دهد که در طول دو دهه‌ی گذشته، پوشش گیاهی و زمین‌ساخته شده با ۳/۵۱ درصد و ۳/۵۵ درصد قرار دارد.</p>	۲۰۱۵	راوات ^۱ و همکاران	نظارت بر پوشش کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجی از دور و GIS
<p>در این پژوهش داده‌های چند زمانه فرا طیفی روی هم گذاشته شدند و در مرحله بعد این داده‌ها به چند قسمت تقسیم و عضوهای نهایی در هر قسمت تخمین و استخراج شدند. این روش یک ساختار پیچیده، پار محاسباتی بالایی دارد. یک بردار فراوانی توسط الگوریتم FCLS استخراج‌شده که از نویز تأثیرپذیر است و نحوه‌ی استخراج هر کدام از عضوهای نهایی در نتایج آشکارسازی تأثیرگذار بوده است.</p>	۲۰۱۶	لیو ^۲ و همکاران	تغییرات نظارت نشده بر اختلاط طیف چن
<p>نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌سازی برای مقایسه و پیش‌بینی میزان رشد شهری از دقت بسیار بالایی برخوردار بوده است.</p>	۲۰۱۶	بربر اوغلو ^۳ و همکاران	نقشه‌های کاربری اراضی شهری و تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های زمانی موردنظر در شهر آدنا ترکیه با استفاده از تکنیک CA-Markov
<p>با توجه به پشته‌های تداخل که در یک بازه زمانی یک ماه به‌دست‌آمده است سه‌طبقه پوشش زمین که شامل سطوح مصنوعی به‌عنوان مناطق شهری، جنگل‌ها و مناطق غیر جنگلی به‌عنوان گروه کم پوشش گیاهی، خاک و مناطق کشاورزی در نظر گرفته‌شده است. نتایج نشان می‌دهد سطح توافق بالاتر از ۹۱، در مقایسه با محصولات نقشه پوشش زمین برای آموزش و آزمایش الگوریتم طبقه‌بندی شده است.</p>	۲۰۱۹	سیکا ^۴ و همکاران	تداخل سنجی عبور SAR تکرار برای طبقه‌بندی پوشش زمین برای تولید نقشه‌های موضوعی در مقیاس بزرگ
<p>نتایج این آزمایش نشان داد که برای افزایش کارایی داده‌های مرجع با تفسیر بصری باید براساس نوع مورد انتظار تغییر زمین تنظیم شوند و نوع فرآیند تغییر زمین تأثیر قابل توجهی بر ثبات تفاسیر بصری دارد درحالی‌که اثر حاشیه‌ای تعداد تصاویر قابل توجه نبود.</p>	۲۰۲۰	تارکوه ^۵ و همکاران	تأثیر در دسترس بودن تصویر و فرآیندهای تغییر بر سازگاری کاربری اراضی
<p>این مقاله از تکنیک‌های سنجش از دور و فضایی برای بررسی تغییرات پوشش زمین در پرتو سیاست کنیا و زمینه‌های سیاسی و از داده‌های سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای برای مجتمع جنگلی مائو شرقی بین سال‌های ۱۹۷۶-۲۰۱۴ استفاده می‌کند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۴ بیش از ۴۰ درصد از زمین‌های جنگلی به کاربری-های دیگر تبدیل شده‌اند.</p>	۲۰۲۰	کویو ^۶ و همکاران	پیوند بین تغییرات پوشش زمین، سیاست و درگیری در مجموعه جنگلی مائو شرقی کنیا

منبع: نگارندگان

نتایج کلی از سوابق و پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که داده‌های سنجش‌از‌دور بهترین وسیله برای مطالعات کاربری اراضی بوده و اکثر محققان برای استخراج انواع نقشه‌های کاربری اراضی از آن استفاده می‌کنند. افزون بر آن در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر رقومی ماهواره‌ای روش پردازش شیء‌گرای تصاویر در مقایسه با سایر روش‌ها از اعتبار بیش‌تری برخوردار بوده است. تغییر کاربری اراضی به‌نوبه‌ی خود منجر به تخریب خاک و افزایش فرسایش آن می‌شود و بر میزان تقاضای زمین جهت فعالیت‌های کشاورزی، جنگل‌داری، مناطق مسکونی- صنعتی و تنوع چشم‌انداز و مناطق طبیعی تأثیرگذار است. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد با تمرکز بر روی محدوده‌ی شهرستان ارومیه در میان

^۱ Rawat & etc. all

^۲ Liu & etc. all

^۳ Berberoglu & etc. all

^۴ Sica & etc. all

^۵ Tarko & etc. all

^۶ Kwevu & etc. all

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیلو و ممندی

الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بهترین روش جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در این محدوده را معرفی نماید و سعی کرده است تا جدیدترین تغییرات کاربری اراضی را در طی ۹ سال، با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرا نشان دهد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در تحقیق حاضر از روش شیء‌گرا استفاده شده و نقشه کاربری اراضی شهرستان ارومیه در طی سه دوره استخراج گردیده و سپس نقشه‌ی تغییرات کاربری اراضی تهیه شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و لندست ۸ در سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۱۴، ۲۰۰۹ و سایر اطلاعات داده‌ها شامل نوع سنجده، زمان اخذ تصاویر، قدرت تفکیک و غیره در جدول ۲ آورده شده است. بدین منظور مراحل پیش پردازش که شامل تصحیح‌های اتمسفری، هندسی و ارتفاعی است روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. پس از برش منطقه‌ی مورد مطالعه از روی تصویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی انجام گرفت و برای آشکارسازی کاربری اراضی، در آغاز عملیات پیش پردازش صورت گرفته که در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 انجام شده است. عملیات پیش پردازش شامل رادیانس^۱، کیوک^۲، فلاش^۳ و ریفلکتانس^۴ است و از نرم‌افزار eCognition برای طبقه‌بندی شیء‌گرا تصاویر ماهواره‌ای و برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار Arc GIS10.7 بهره گرفته شده است

جدول ۲. مشخصات تصاویر مورد استفاده

نوع ماهواره	سنجده	تعداد باندهای مورد استفاده	زون	منبع	قدرت تفکیک	تاریخ اخذ تصاویر
لندست ۵	TM	باند ۷	۳۸	Usgs	۳۰ متر	۲۰۰۹/۰۷/۰۶
لندست ۸	TM	باند ۷	۳۸	Usgs	۳۰ متر	۲۰۱۴/۰۹/۲۲
لندست ۸	TM	باند ۸	۳۸	Usgs	۳۰ متر	۲۰۱۸/۰۸/۱۶

منبع: نگارندگان

- محدوده‌ی مورد مطالعه

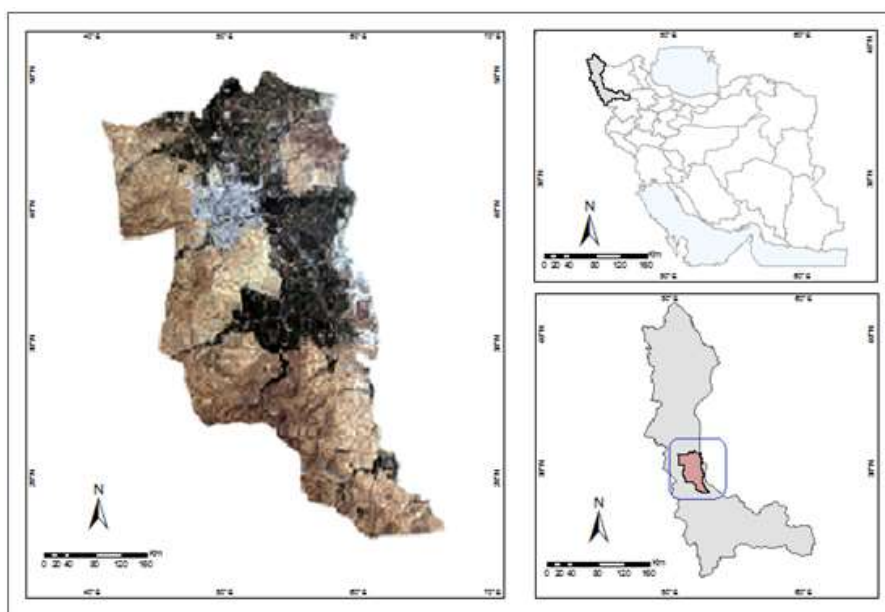
شهرستان ارومیه یکی از شهرستان‌های چهارده‌گانه استان آذربایجان غربی است که در قسمت میانی استان قرار گرفته است. شهر ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی است که در فاصله ۱۸ کیلومتری دریاچه‌ی ارومیه، در مختصات ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی از مبدأ خط استوا در داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و به عرض ۳۰ کیلومتر قرار گرفته است. این شهرستان در آخرین سرشماری ارائه شده از سوی مرکز آمار ایران دارای جمعیتی بالغ بر ۱۰۴۰۵۶۵ نفر است (زنگی‌آبادی، ۱۳۹۱: ۸۰).

¹ Radiance

² Quick statistic

³ Flaash

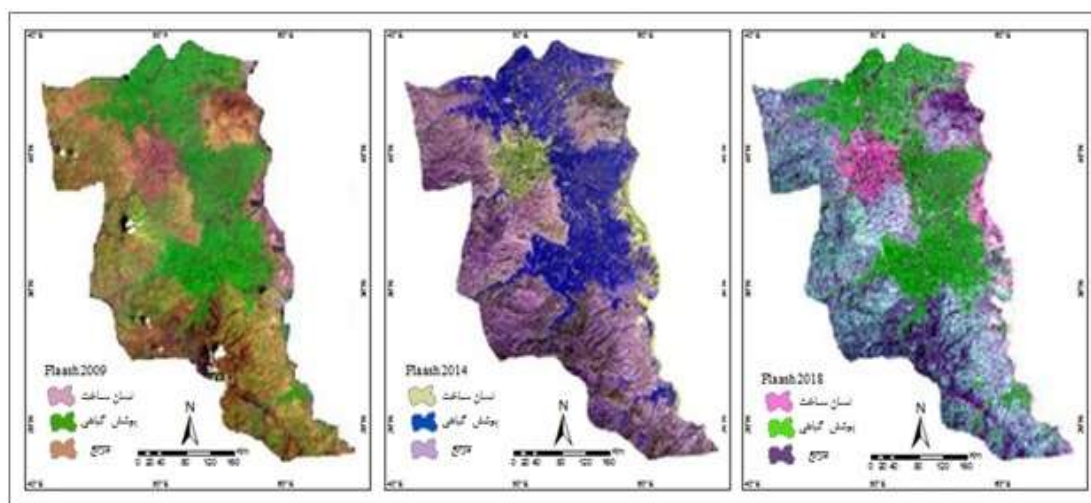
⁴ Reflectance



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

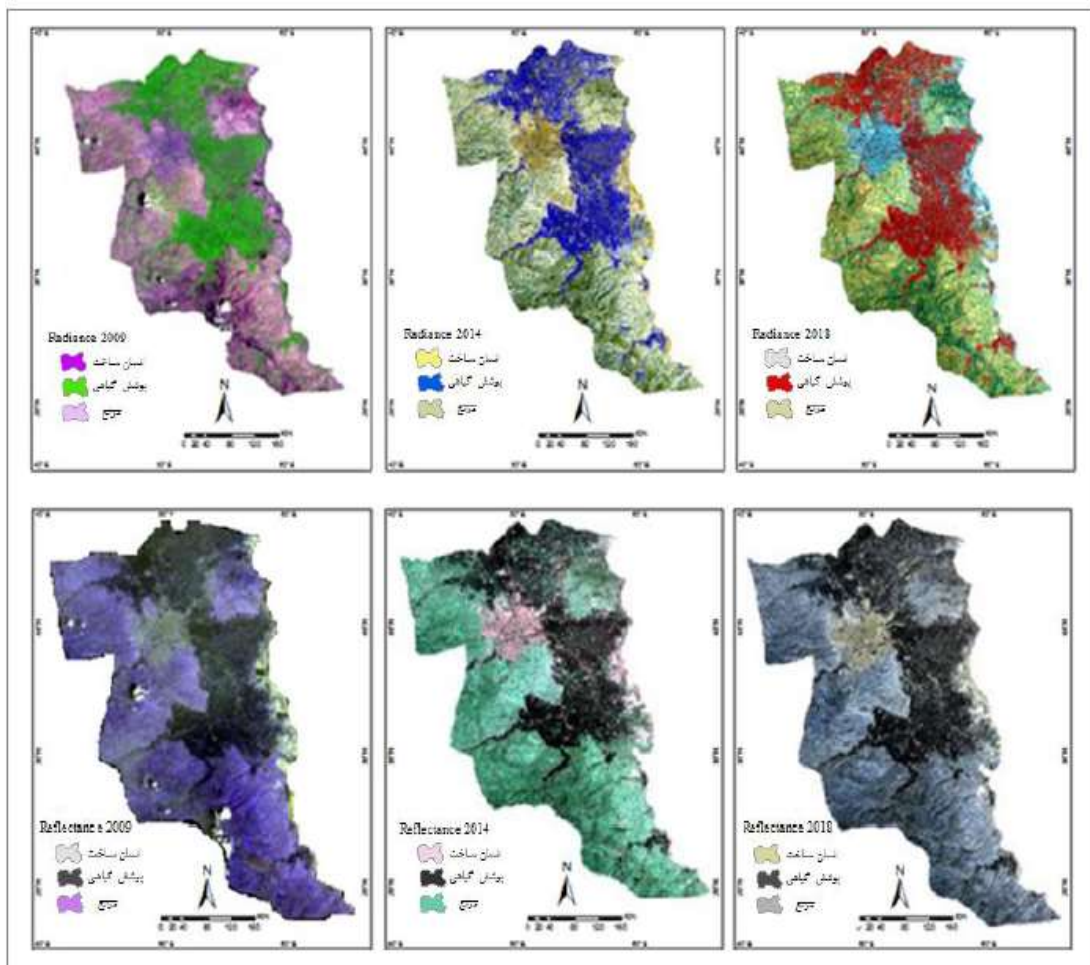
- پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای قبل از کشف تغییرات ضروری است و هدف منحصر به فرد، ایجاد ارتباط مستقیم‌تر بین داده‌ها و پدیده‌های بیوفیزیکی است (El- Kawym, 2011). عملیات پیش‌پردازش در واقع اعمال کلیه اقداماتی است که ضمن تصحیح کلیه خطاهای احتمالی، با استخراج اطلاعات اولیه، آن‌ها را برای مرحله پردازش آماده می‌کند (موسی- پور، ۱۳۹۴: ۴۹). در این مرحله از طریق بازسازی ترکیب باندی، تصاویر کاذب رنگی محدودی مورد مطالعه ایجاد شد. از آن جایی که تصاویر خام سنجش از دور همیشه دارای خطاهای در هندسه و مقادیر ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند از این رو می‌بایست نسبت به رفع این‌گونه خطاها اقدام نمود. به دسته اول خطاها، خطاهای هندسی و به دسته دوم، خطاهای رادیومتریکی می‌گویند. برای برطرف کردن خطاهای رادیومتریکی در این تحقیق ابتدا آن را اعتبارسنجی کرده و پیش‌پردازش تصاویر با استفاده از ابزار فلاش، رادیانسورفلکتانس در نرم‌افزار Enve 5.3 بر روی تصاویر در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۴، ۲۰۱۸ انجام شده است.



طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیلو و ممندی

شکل ۲. نقشه کاربری اراضی شهرستان ارومیه با روش‌فلاش
منبع: نگارندگان



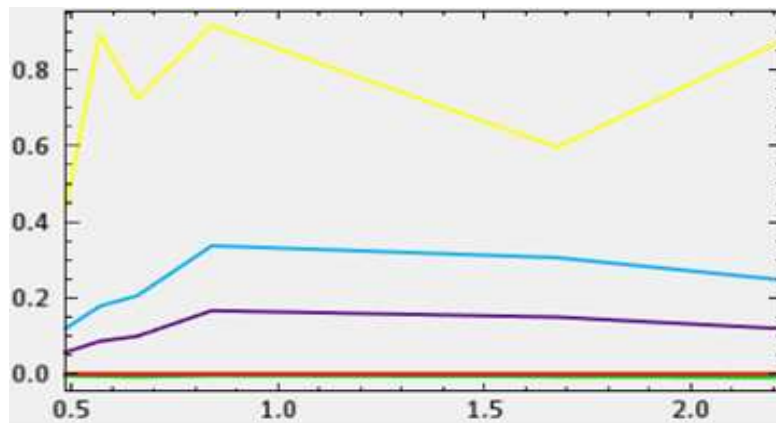
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی شهرستان ارومیه با روش رادیانس و ریفلیکتانس
منبع: نگارندگان

در تصحیح رادیومتریکی نتیجه به دست آمده باید اعتبارسنجی شود که در آن ماکزیمم و مینیمم و میانگین و انحراف معیار را نشان می‌دهد. برای تصحیح اعتبارسنجی مقدار حداکثر و حداقل در تصحیح تصویر بین (۰ و ۱) است که اگر بیش‌تر از ۱ باشد به معنی وجود برف و ابر در تصویر است که انعکاس را زیاد کرده است.

جدول ۳. میزان اعتبارسنجی تصویر ۲۰۱۸ با دستور فلاش

انحراف معیار	مینیمم	ماکسیمم	باند‌ها
۰/۰۵	۰/۰۴	۱	باند ۱
۰/۰۶	۰/۰۵	۱	باند ۲
۰/۰۹	۰/۰۸	۱	باند ۳
۰/۱۲	۰/۱۰	۱	باند ۴
۰/۱۸	۰/۱۷	۱	باند ۵
۰/۱۷	۰/۱۶	۱	باند ۶
۰/۱۳	۰/۱۲	۱	باند ۷

منبع: نگارندگان

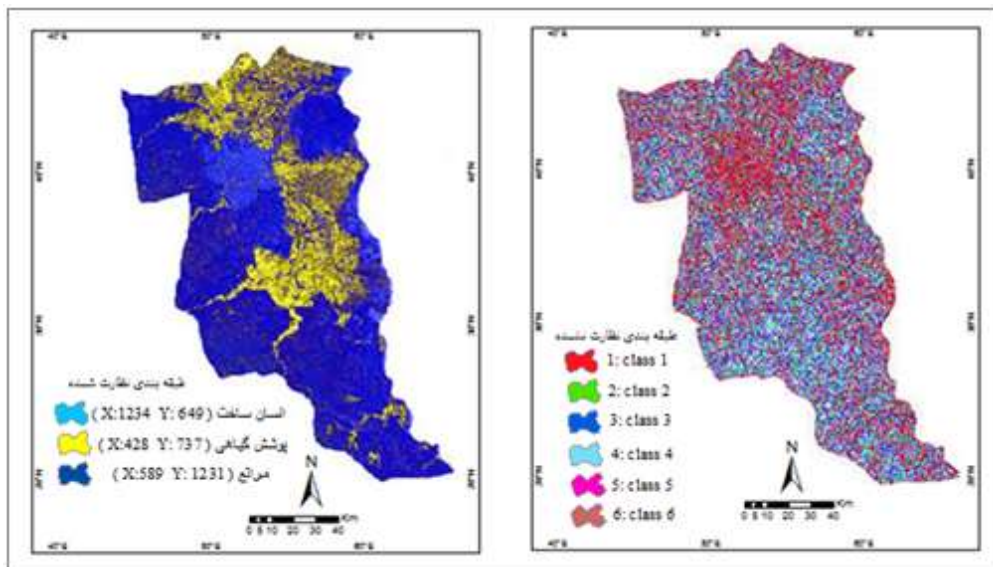


شکل ۴. نمودار اعتبار سنجی تصویر ۲۰۰۹-۲۰۱۸ با روش فلاش

منبع: نگارندگان

- طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال در روش پیکسل پایه

در روش پردازش پیکسل پایه، پیکسل به عنوان واحد اصلی محسوب می‌شود و ارزش‌های عددی تصاویر، مبنای طبقه‌بندی را شکل می‌دهند. طبقه‌بندی بر اساس روش‌های آماری به صورت نظارت شده و نظارت نشده انجام می‌شود و در آن یک پیکسل تنها در یک کلاس قرار می‌گیرد. طبقه‌بندی نظارت نشده برای تصاویری استفاده می‌شود که هیچ شناختی از محدوده‌ی مورد مطالعه در دست نباشد (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۶). در اینجا فرض بر این است که هیچ شناختی از محدوده‌ی مورد مطالعه وجود ندارد. شکل ۵ که با الگوریتم آیسو دیتا در شش طبقه‌ای که خود نرم‌افزار پیشنهاد داده است طبقه‌بندی شد و نیز در قسمت ماکزیمم ایتريشن^۱ پنج تا تحلیل پیکسلی انجام داده است. سمت چپ شکل شماره ۵ طبقه‌بندی را بر مبنای رفتار طیفی نشان می‌دهد و با انتخاب RIO که واحد طول موج آن میکرومتر است به سه طبقه تقسیم کرده است.



شکل ۵. طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده با روش آیسو دیتا و زاویه طیفی در سال ۲۰۱۸

منبع: نگارندگان

¹ Maximum Iterations

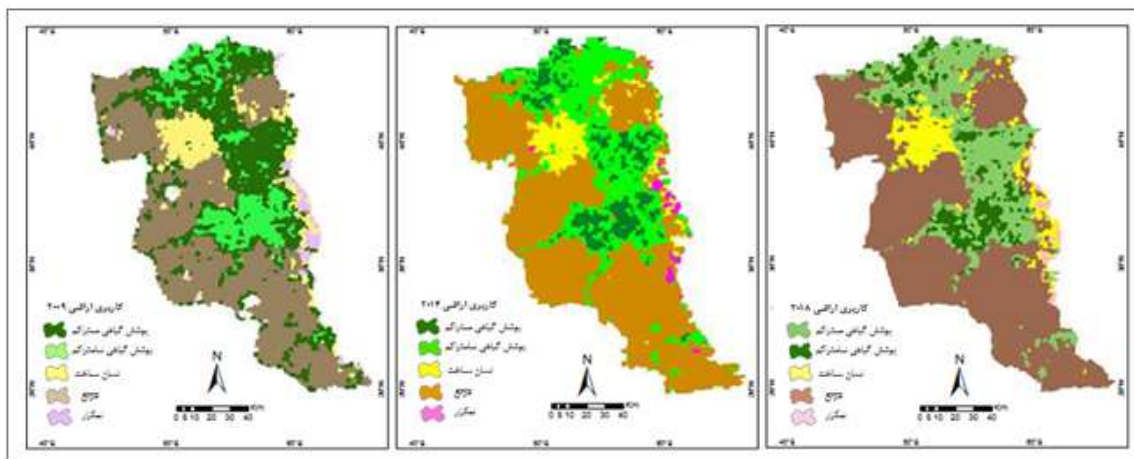
- طبقه‌بندی شیء‌گرا

طبقه‌بندی شیء‌گرا یک فرایند سه مرحله‌ای است به طوری که در ابتدا سگمنت‌سازی تصویر تا یک سطح مورد قبول انجام می‌گیرد و در مرحله دوم مجموعه نواحی آموزشی از نتایج مرحله قبل برای کلاس‌های مورد نظر انتخاب می‌شود و بر اساس نواحی آموزشی انتخاب شده طبقه‌بندی نهایی صورت می‌پذیرد (موسی‌پور، ۱۳۹۴: ۷۴). پس از فرایند طبقه‌بندی هر یک از اشیاء تصویری به یکی از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند. در طبقه‌بندی شیء‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و محتوا نیز در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش، تصویر به عناصری تقسیم می‌گردد که واحدهای طبقه‌بندی را تشکیل خواهند داد و به شکل شبکه‌ای سلسله‌مراتبی در فرایند طبقه‌بندی بکار گرفته می‌شوند. روش طبقه‌بندی شیء‌گرا بر پایه تئوری فازی استوار است که در آن عناصر می‌توانند با ارزش‌های عضویت متفاوتی در بیش از یک کلاس طبقه‌بندی شوند (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۱).

- سگمنت‌سازی تصاویر

سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست. در پردازش شیء‌گرا از تصاویر، اشیا به وسیله‌ی گروهی از پیکسل‌ها مطابق با معیار همگنی و ناهمگنی شکل می‌گیرند که مهم‌ترین فرایند در پردازش شیء‌گرای تصاویر محسوب می‌شود. سگمنت‌سازی عناصر، تصویر را بر اساس بافت، تن رنگ و شکل تفکیک می‌نماید. رویه سگمنت‌سازی در اکاگینشن سگمنت‌سازی چند تفکیک است. تکنیک چند تفکیکه اتصال نواحی فرایندی از بالا به پایین است که با شیء‌گرای یک پیکسل آغاز می‌شود. در طول فرایند سگمنت‌سازی شده و شیء‌های تصویری بر اساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۰).

برای اعمال سگمنت‌سازی در این پژوهش مقیاس ۲۰ و معیار همگنی برای رنگ ۰/۹ و معیار نرمی شکل نیز ۰/۹ در نظر گرفته شده است. در این مقاله برای استخراج تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه، نقشه‌های کاربری اراضی برای سه دوره زمانی اعمال طبقه‌بندی شیء‌گرا از نرم‌افزار اکاگینشن استفاده شد. این نرم‌افزار جهت طبقه‌بندی راه‌های مختلفی در پیش روی کاربر قرار می‌دهد. طبقه‌بندی‌هایی که غالباً در این زمینه و با استفاده از این نرم‌افزار انجام گرفته به صورت مراحل سگمنت‌سازی، نمونه‌برداری و طبقه‌بندی است. در این پژوهش اولین مرحله طبقه‌بندی شیء‌گرا تعریف شیء‌ها یا سگمنت‌هاست. در سگمنت‌سازی، مقدار پارامترهای مقیاس ۲۰ داده شد. مقادیر ۰/۹ و ۰/۹ برای پارامترهای شکل و فشردگی مطلوب بودند. جهت تفکیک بهتر پوشش گیاهی از شاخص NDVI نیز استفاده گردید و طبقه پوشش گیاهی به دو طبقه متراکم و نامتراکم تفکیک شد. پس از تفکیک و اجرای تک‌تک شرط‌ها و تعیین ترتیب شرط‌ها، اقدام به گرفتن خروجی شیب فایل گردید. با توجه به هدف تحقیق که آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی است، کلاس‌های کاربری در نظر گرفته شده شامل نواحی انسان‌ساخت، مرتع، نمکزار، پوشش متراکم و پوشش نامتراکم است. در طبقه‌بندی تصویر با روش شیء‌گرا از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد و متناسب با خصوصیات بصری هر کدام از کلاس‌ها، شرایط طبقه‌بندی برای هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی تعریف شد. شکل شماره ۶ نقشه کاربری اراضی استخراج شده برای سه دوره با روش طبقه‌بندی شیء‌گرا را نشان می‌دهد.



شکل ۶: نقشه‌ی طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان ارومیه حاصل از روش شی‌گرا
منبع: نگارندگان

جدول ۴. مساحت و درصد کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸

طبقات	مساحت (۲۰۰۹)	درصد (۲۰۰۹)	مساحت (۲۰۱۴)	درصد (۲۰۱۴)	مساحت (۲۰۱۸)	درصد (۲۰۱۸)
انسان ساخت	۱۳۴۴۷۸	۸/۴۱	۱۱۱۲۰۰۴	۶/۵۵	۱۳۵۰۱۰۸	۸/۰۴
پوشش گیاهی متراکم	۴۹۰۳۸۳	۳۰/۶۹	۱۴۹۸۶۸	۸/۸۳	۴۲۸۰۵۸۹	۲۵/۵۰
پوشش گیاهی نامتراکم	۱۸۴۵۳۶۹	۱۱/۵۵	۴۵۸۷۱۴۷	۲۷/۰۳	۱۳۶۵۱۲	۸/۱۳
مرتع	۷۴۹۳۳۱۹	۴۶/۹۰	۹۵۶۴۸۰۴	۵۶/۳۷	۹۶۰۳۸۳۷	۵۷/۲۲
نمکزار	۳۸۸۲۱۵	۲/۴۳	۲۰۳۰۵۸	۱/۱۹	۱۸۴۲۴۸	۱/۰۹
کل	۱۵۹۷/۵۵	۱۰۰	۱۶۹۶/۵۶	۱۰۰	۱۶۷۸/۳۹	۱۰۰

منبع: نگارندگان

طبقه‌بندی کاربری اراضی در شهرستان ارومیه حاکی از آن است که در طی سال‌های مورد مطالعه این شهرستان شاهد تغییر و تحولات بسیار زیادی بوده است. در این پژوهش اراضی انسان‌ساخت از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ تغییرات چشم‌گیری نداشته است و از ۸/۴ درصد به ۸ درصد تغییر یافته است؛ اما در مورد پوشش گیاهی متراکم می‌توان گفت که از ۳۰/۶ درصد در سال ۲۰۰۹ به ۲۵/۵ درصد در سال ۲۰۱۸ کاهش یافته است. افزایش مساحت مراتع نیز ناشی از تغییرات بوده است که در بسیاری از کاربری‌ها روی داده است.

یافته‌ها و بحث

- آشکارسازی تغییرات طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸

آشکارسازی تغییرات تکنیکی برای شناخت اختلافات در وضعیت عوارض است که توسط مشاهده‌گر آن عوارض در زمان‌های مختلف انجام می‌گیرد. برای مشخص کردن بزرگی و ماهیت تغییرات به وقوع پیوسته در منطقه مورد مطالعه، پس از اعمال طبقه‌بندی بر روی سه تصویر در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۴، ۲۰۱۸ نقشه تغییرات کاربری اراضی ارومیه استخراج شد. آمارهای به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۹ در مجموع ۱۸۴۲۴۸ هکتار مرتع در اطراف شهرستان ارومیه وجود داشته که این رقم در سال ۲۰۱۸ به ۹۳۰۵۸ هکتار کاهش یا افزایش یافته است. آمار به‌دست آمده بیانگر کاهش ۱/۳۱ درصد مرتع در اطراف شهرستان ارومیه در طی دوره‌ی زمانی ۹ ساله است. جدول ۵ درصد تغییرات کاربری

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیلو و ممندی

اراضی طبقه بندی شده شهرستان ارومیه را طی دوره‌ی زمانی ۹ ساله نشان می‌دهد و همان‌طور که قابل مشاهده است کاربری‌ها به پنج طبقه (پرتراکم، کم تراکم، انسان ساخت، مراتع و نمکزار) تقسیم شده‌اند.

جدول ۵. تغییرات متقابل درصد کاربری اراضی طبقه‌بندی شده از سال ۲۰۰۹-۲۰۱۸

نوع تغییرات	پرتراکم	کم تراکم	انسان ساخت	مراتع	نمکزار
طبقه‌بندی نشده	۱/۸۰	۰/۷۱	۱/۰۹	۲/۳۰	۴/۹۷
پرتراکم	۴۹/۵۱	۷/۱۲	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۶۲
کم تراکم	۴۷/۲۵	۵۴/۳۶	۴/۲۷	۲/۹۶	۱/۳۴
انسان ساخت	۰/۱۲	۵/۹۰	۵۸/۲۱	۱/۵۳	۲۷/۸۲
مراتع	۱/۳۱	۳۱/۸۱	۳۴/۰۶	۹۳/۰۵	۳۸/۰۲
نمکزار	۰	۰/۰۶	۲/۱۳	۰/۰۴	۲۷/۲۱
جمع طبقات	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تغییرات کلاس	۵۰/۴۸	۴۵/۶۱	۴۱/۷۸	۶/۹۴	۷۲/۷۸
تفاوت تصویر	-۲۶/۰۲	-۱۲/۷۰	-۰/۳۹	۲۸/۱۷	-۵۲/۵۴

منبع: نگارندگان

مساحت هرکدام از طبقاتی که در جدول ۵ آورده شده است در جدول ۶ قابل مشاهده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، کاربری‌های طبقه‌بندی شده در طی ۹ سال یعنی از سال ۲۰۰۹ کاربری پوشش گیاهی متراکم نسبت به سال ۲۰۱۸ حدود ۴۹/۵۱ درصد تغییر پیدا کرده است. کاربری انسان ساخت بیش‌ترین تغییر (۹۶/۱۲ درصد) را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته است و کم‌ترین تغییر مربوط به نمکزار بوده است.

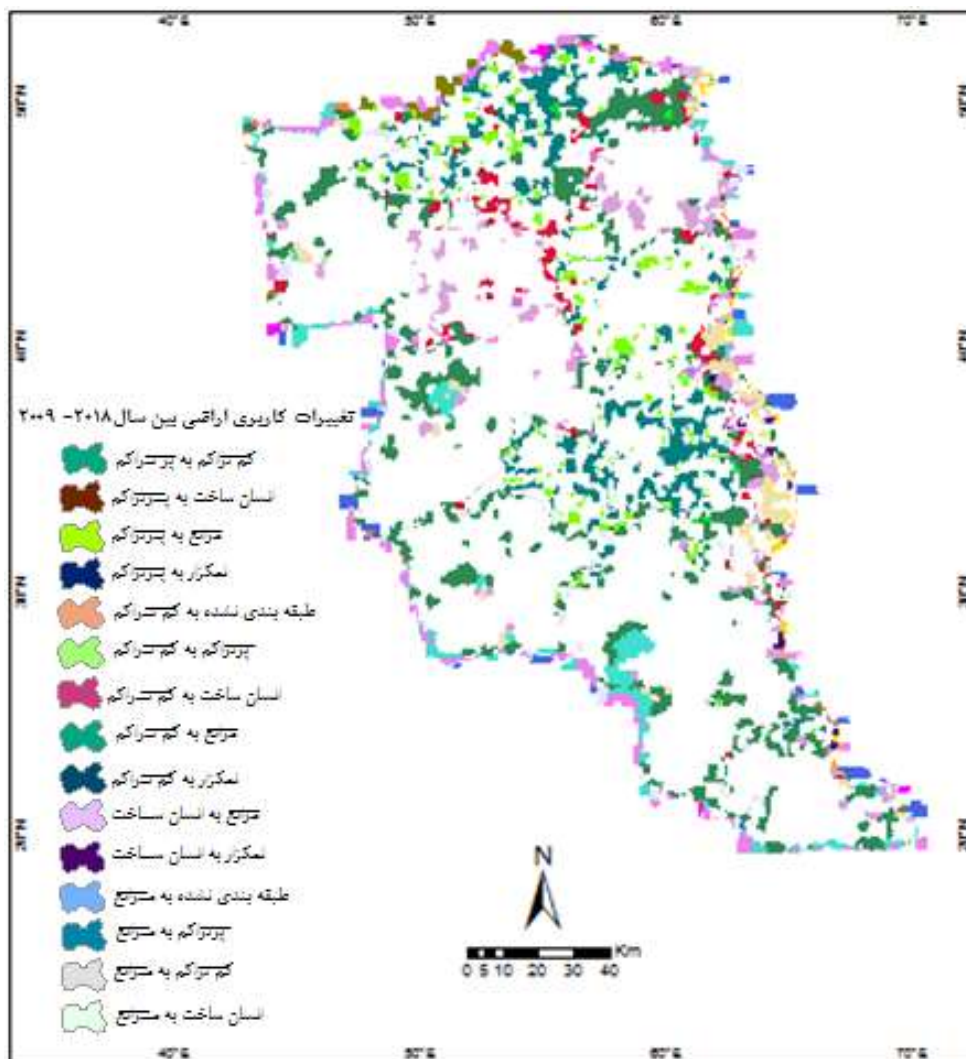
جدول ۶. تغییرات متقابل مساحت کاربری اراضی طبقه‌بندی شده از سال ۲۰۰۹-۲۰۱۸ / مترمربع

نوع تغییرات	پرتراکم	کم تراکم	انسان ساخت	مراتع	نمکزار	جمع طبقات
طبقه‌بندی نشده	۳۳۲۶۴۰۰	۳۵۲۲۶۰۰	۱۴۷۱۵۰۰	۱۷۲۹۶۲۰۰	۱۹۳۰۵۰۰	۶۲۶۸۸۲۳۰۰
پرتراکم	۹۱۳۷۰۷۰	۳۴۹۳۹۸۰۰	۲۸۳۵۰۰	۶۹۲۱۰۰	۲۴۳۹۰۰	۱۳۶۵۱۲۰۰۰
کم تراکم	۸۷۱۹۵۶۰۰	۲۶۶۵۸۹۹۰۰	۵۷۴۷۴۰۰	۲۲۱۸۱۴۰۰	۵۲۱۱۰۰	۴۲۸۰۵۸۹۰۰
انسان ساخت	۲۲۵۰۰۰	۲۸۹۵۰۳۰۰	۷۸۲۸۹۲۰۰	۱۱۵۳۱۷۰۰	۱۰۸۰۰۰۰	۱۳۵۰۱۰۸۰۰
مراتع	۲۴۱۹۲۰۰	۱۵۵۹۹۳۴۰۰	۴۵۸۱۴۵۰۰	۶۹۷۲۶۶۰۰۰	۱۴۷۶۱۸۰۰	۹۶۰۳۸۳۷۰۰
نمکزار	۰	۳۴۰۲۰۰	۲۸۷۱۹۰۰	۳۳۱۲۰۰	۱۰۵۶۴۲۰۰	۱۸۴۲۴۸۰۰
جمع طبقات	۱۸۴۵۳۶۹۰	۴۹۰۳۳۶۲۰۰	۱۳۴۴۷۸۰۰۰	۷۴۹۲۹۸۶۰۰	۳۸۸۲۱۵۰۰	
تغییرات کلاس	۹۳۱۶۶۲۰۰	۲۲۳۷۴۶۳۰۰	۵۶۱۸۸۸۰۰	۵۲۰۳۲۶۰۰	۲۸۲۵۷۳۰۰	
تفاوت تصویر	۴۸۰۲۴۹۰	-۶۲۲۷۷۳۰۰	۵۳۲۸۰۰	۲۱۱۰۸۵۱۰۰	۲۰۳۹۶۷۰۰	

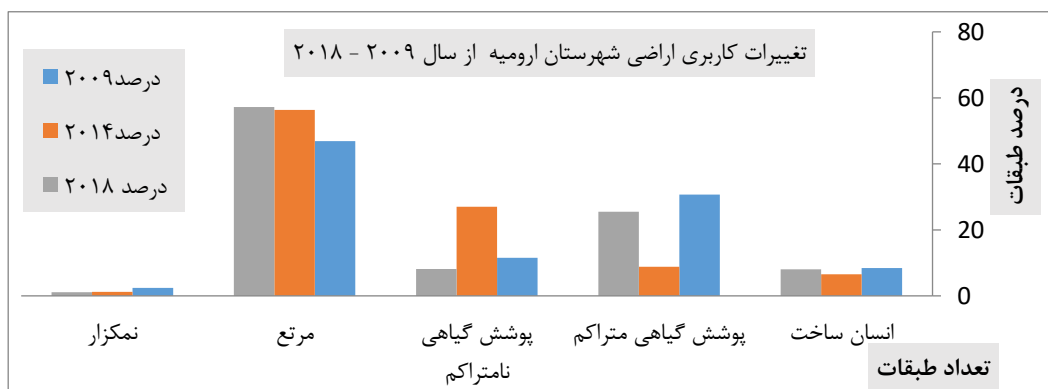
منبع: نگارندگان

در شکل شماره ۷ نتیجه به‌کارگیری روش تغییرات کاربری اراضی از تصاویر لندست در دوره ۹ ساله تولید شده است. به کمک این تصویر می‌توان به توصیف و تغییرات ایجاد شده که با روش ایزو دیتا تهیه گردیده است بیان کرد که طبقات مختلف از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۸ تغییر یافته‌اند. به عنوان مثال مقداری از پوشش گیاهی متراکم به پوشش گیاهی

نامتراکم تغییر یافته است. همچنین کلاس انسان‌ساخت به مراتب تغییر یافته است و یا قسمتی از کاربری مرتع به انسان‌ساخت تغییر کاربری داده و نیز انسان‌ساخت به نمکزار تبدیل شده است.



شکل ۷. نقشه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه با روش ایزودیتا
منبع: نگارندگان



شکل ۸. نمودار درصد کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۰۹
منبع: نگارندگان

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیولو و ممندی

پس از تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی سال‌های مورد نظر، ابتدا مساحت و درصد ۵ طبقه کاربری اراضی به دست آمد که نتایج آن در شکل ۸ ارائه شده است. این نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی در شهرستان ارومیه را نشان می‌دهد. بر پایه نمودار فوق می‌توان گفت بیش‌ترین تغییرات از لحاظ درصد کاربری‌ها در دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ مربوط به مراتع است و کم‌ترین تغییرات مربوط به نمکزار بوده است.

جدول ۷. درصد تغییرات کاربری اراضی طبقه‌بندی‌شده از سال ۲۰۰۹-۲۰۱۸

طبقات	درصد کاربری اراضی ۲۰۰۹	درصد کاربری اراضی ۲۰۱۴	درصد کاربری اراضی ۲۰۱۸
انسان‌ساخت	۸/۴۱	۶/۵۵	۸/۰۴
پوشش گیاهی متراکم	۳۰/۶۹	۸/۸۳	۲۵/۵۰
پوشش گیاهی نامتراکم	۱۱/۵۵	۲۷/۰۳	۸/۱۳
مرتع	۴۶/۹۰	۵۶/۳۷	۵۷/۲۲
نمکزار	۲/۴۳	۱/۱۹	۱/۰۹
کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

منبع: نگارندگان

همان‌طور که مشاهده می‌شود طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ پوشش گیاهی متراکم حدود ۲۵/۵۰ درصد کاهش یافته است. مراتع نیز طی ۹ سال از ۴۶/۹۰ درصد به ۵۷/۲۲ درصد افزایش داشته است. همچنین کاربری انسان‌ساخت در طی ۹ سال در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته اما در سال ۲۰۱۸ رو به افزایش رفته است.

نتیجه‌گیری

استفاده از تصاویر ماهواره یکی از منابع مهم مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی است. همچنین بررسی این داده‌ها در شرایط محیطی با تنوع کاربری‌ها و پوشش گیاهی ضروری به نظر می‌رسد. کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت منابع طبیعی و بازنگری تغییرات محیطی است. در این تحقیق با استفاده از قابلیت فن‌آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات کاربری اراضی شهرستان ارومیه در بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد پایش قرار گرفت. مراحل پردازش طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی، تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات به ترتیب در محیط نرم‌افزارهای Arc GIS 10.7، eCognition، و Enve5.3 انجام گردید. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای با دوره‌ی زمانی متفاوت و لندست ۵ در سال ۲۰۰۹ و لندست ۸ در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ جهت آشکارسازی و پیش‌بینی کاربری‌ها تا سال ۲۰۱۸ بهره گرفته شد. در این پژوهش، تغییرات مرتع و انسان‌ساخت و پوشش گیاهی متراکم و نامتراکم و نمکزار شهرستان ارومیه ارزیابی گردید. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات حادث‌شده در همه کاربری‌ها به طور یکسان صورت نگرفته، بلکه این تغییرات در بعضی کاربری‌ها زیاد و در بعضی دیگر نامحسوس است. به‌طور کلی، در دوره‌ی زمانی ۹ ساله بیش از ۵۰ درصد مراتع شهرستان ارومیه تخریب شده است. استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای در این پژوهش نشان‌دهنده کارایی بالای تکنولوژی سنجش از دور در زمینه‌ی آشکارسازی تغییرات است. در مطالعه‌ی تغییرات کاربری اراضی شهری از تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک بالا نظیر فلاش و همچنین روش‌های جدید طبقه‌بندی از جمله روش طبقه‌بندی شیء‌گرا استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا بیش‌ترین دقت را نسبت به سایر طبقه‌بندی‌ها دارا است.

بنابراین بر پایه این پژوهش می‌توان اظهار نمود که برای درک درست علل تغییرات کاربری اراضی نه‌تنها عوامل محیطی مانند شرایط جغرافیایی و پستی و بلندی دخالت دارد بلکه عوامل انسان‌ساخت نیز تأثیرگذار هستند. در پی بررسی برای حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب شدید عرصه‌های مرتعی و هیدرولوژیکی خاک و همچنین جلوگیری از افزایش تبدیل اراضی کم‌بازده، بایستی تثبیت کاربری اراضی به‌صورت قانونی مدون و جامع در سطح ملی به اجرا گذاشته شود تا از دست‌اندازی بی‌رویه به منابع طبیعی جلوگیری به عمل آید.

در پایان می‌توان پیشنهادهایی را برای استفاده درست از کاربری‌های اراضی شهرستان ارومیه و گسترش منطقی و برنامه‌ریزی شده این شهرستان ارائه کرد:

❖ از آنجا که شهرستان ارومیه به عنوان مرکز استان با داشتن جاذبه‌های اجتماعی، توریستی و اقتصادی در منطقه‌ی مطرح است، برای توسعه‌ی برنامه‌ریزی شده و سامانمند شهر، تدوین برنامه‌های نظارتی در زمینه‌ی بهره‌برداری از جنگل و ساخت‌وساز در آن ضرورت دارد و برنامه‌ریزی استفاده از اراضی متناسب با قابلیت آن‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

❖ برای جلوگیری از روند تخریب اراضی کشاورزی و جنگلی محدوده‌ی شهرها که قابلیت مناسبی دارند پیشنهاد می‌شود تا اقدامات نظارتی مربوط به پروژه‌های توسعه شهری و سکونتگاه‌ها بر اساس برنامه‌ریزی‌های سازگار و دقیق انجام گیرد. نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی با طرح جامع شهری مقایسه شود و تا حد امکان از نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی جهت برنامه‌ریزی‌های آتی در این طرح‌ها استفاده گردد.

❖ پیشنهاد می‌شود جهت جلوگیری از گسترش بی‌رویه مناطق انسان‌ساخت و کاهش سطح مراتع و اکوسیستم‌های طبیعی از نظرات برنامه‌ریزان مدیران شهری استفاده گردد.

❖ پیشنهاد می‌شود نتایج چنین تحقیقاتی به صورت گسترده‌تری مورد ارزیابی متخصصان علوم اجتماعی قرار گیرد تا تأثیرات اجتماعی مانند سطح سواد، درآمد و غیره بر روی روند تغییر پوشش‌های گیاهی به ویژه در عرصه‌های مرتعی مشخص شود.

منابع

- آرخی، صالح. (۱۳۹۴)، آشکارسازی تغییرات پوشش/ کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi (نمونه موردی: منطقه آبدانان)، فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۹۵(۲۴)، ۵۱-۶۲.
- احمدپور، امیر؛ سلیمانی، کریم؛ شگری، مریم؛ قربانی، جمشید. (۱۳۹۳)، مقایسه‌ی میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه‌ی پوشش گیاهی؛ سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۳(۵)، ۸۹-۷۷.
- جانعلی‌پور، میلاد؛ محمدزاده، علی؛ محمدخانلو، حکمت‌اله؛ خصالی، الهه؛ عنایتی، حمید (۱۳۹۷)، آنالیز حساسیت بر روی متغیرهای سه روش متداول و یک روش جدید تصحیح رادیومتریکی تصاویر سنجش از دور به منظور تولید نقشه‌ی تغییرات صحیح، پژوهش علوم و فنون نقشه‌برداری، ۳(۸)، ۳۳-۴۲.
- خداوند لو، بهروز؛ خاوریان نازک؛ حسن، قربانی، اردوان (۱۳۹۸)، آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (نمونه موردی: حوزه‌ی آبریز قره‌سو، استان اردبیل)، سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۳)، ۹۲-۷۶.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ رضایی بنفشه، مجید؛ فیضی‌زاده، بختیار؛ نظم فر، حسین. (۱۳۸۹)، طبقه‌بندی پوشش اراضی/ کاربری اراضی براساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای (نمونه موردی: استان آذربایجان غربی)، پژوهش‌های آب‌خیزداری، ۸۷، ۳۵-۲۰.
- رمضانی، نفیسه؛ جعفری، رضا. (۱۳۹۳)، آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف (نمونه موردی: اسفراین)، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، ۱۱۴(۲۹)، ۸۳-۹۶.
- زنگی‌آبادی، علی؛ عبدالله زاده، مهدی؛ مبارکی، امید؛ پورعیدی وند، لاله. (۱۳۹۱)، بررسی و تحلیل فضاها‌ی گردشگری شهر ارومیه، فضای جغرافیایی، ۴۶(۱۲)، ۹۴-۷۷.
- سفانیان، علیرضا (۱۳۸۸)، بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده‌ی شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷، علوم و خاک، ۴۹(۱۳)، ۱۵۳-۱۶۴.

طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی.../تقیلو و ممندی

شریفی، لیلا؛ رسولی، علی‌اکبر؛ حجازی، میر اسدالله؛ رستم‌زاده، هاشم (۱۳۹۲)، آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای (نمونه موردی: شهرستان تبریز)، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۴۴(۱۷)، ۲۰۳-۲۱۴.

فلاحکار، سامره؛ حسینی، سید محسن؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ایوبی، شمس اله (۱۳۹۵)، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۳(۷)، ۱۶۳-۱۷۴.

فریدونی، میثم؛ عباسعلی، ولی؛ پناهی، فاطمه؛ موسوی، سید حجت؛ خسروی، حسن (۱۳۹۴)، بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی بر بیابان‌زایی اراضی محدوده دریچه نمک با استفاده از داده‌های دورسنجی، نشریه مدیریت بیابان، ۵(۳)، ۴۰-۵۲.
فیضی‌زاده، بختیار؛ هلالی، حسین (۱۳۸۹)، مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذاری در طبقه‌بندی پوشش/ کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۲(۷۱)، ۸۴-۷۳.

فیضی‌زاده، بختیار؛ جعفری، فیروز؛ نظم‌فر، حسین (۱۳۸۷)، کاربرد داده‌های سنجنش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (نمونه موردی فضای سبز شهر تبریز)، ۳۴، ۳۴-۱۷.

موسی‌پور، مصطفی (۱۳۹۴)، مقایسه الگوریتم شبکه مصنوعی پرسپترون چندلایه و مدل شیء‌گرا در طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور (نمونه موردی: شهرستان اسدآباد، استان همدان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

نجفی، امیر؛ حسنلو، مهدی (۱۳۹۷)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر تمام قطبیده راداری و روش‌های جبری، فاصله و شباهت مینا، مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۲(۶)، ۱۴۳-۱۶۳.

یوسفی، مریم؛ مکانیکی، جواد؛ اشرفی، علی؛ نسانی سامانی، نجمه (۱۳۹۶)، آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور، مدل زنجیره‌ی مارکوف و سلول‌های خودکار (نمونه موردی: شهر بجنورد)، آمایش جغرافیایی فضا، ۲۶(۷)، ۱-۱۶.

یوسفی، صالح؛ تازه، مهدی؛ میرزایی، سمیه؛ مرادی، حمیدرضا؛ توانگر، شهلا (۱۳۹۳)، مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (نمونه موردی: شهرستان نور)، سنجنش‌ازدور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۳(۵)، ۶۷-۷۴.

Berberoglu, S.Akim, A., & Clarke, K. C. (2016). Cellular automata modeling approaches to forecast urban growth for adana, Turkey: A comparative approach. *Landscape and urban planning*, 153, 11-27.

.Chen, L. Jin, Zh. Michishita, R. Cai, J. Yue, T. Chen, B. Xi, B.(2014). Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery, *Ecological Informatics*, Volume 24, pp 17-26.

Desta, Y., Goitom, H., & Aregay, G. (2019). Investigation of runoff response to land use/land cover change on the case of Aynalem catchment, North of Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*, 153, 130-143.

El-Kawy, O. R., Rød, J. K., Ismail, H. A., & Suliman, A. S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied geography*, 31(2), 483-494.

Kweyu, R. M., Thenya, T., Kiemo, K., & Emborg, J. (2020). The nexus between land cover changes, politics and conflict in Eastern Mau forest complex, Kenya. *Applied Geography*, 114, 102115.

Kukkonen, M., & Käyhkö, N. (2014). Spatio-temporal analysis of forest changes in contrasting land use regimes of Zanzibar, Tanzania. *Applied Geography*, 55, 193-202.

Liu, S., Bruzzone, L., Bovolo, F., & Du, P. (2016). Unsupervised multitemporal spectral unmixing for detecting multiple changes in hyperspectral images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(5), 2733-2748.

Macintyre, P., Van Niekerk, A., & Mucina, L. (2020). Efficacy of multi-season Sentinel-2 imagery for compositional vegetation classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 85, 101980.

Rawat, J. S., & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 77-84.

Sica, F., Pulella, A., Nannini, M., Pinheiro, M., & Rizzoli, P. (2019). Repeat-pass SAR interferometry for land cover classification: A methodology using Sentinel-1 Short-Time-Series. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111277.

- Tarko, A., Tsendbazar, N. E., de Bruin, S., & Bregt, A. K. (2020). Influence of image availability and change processes on consistency of land transformation interpretations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 86, 102005.
- Zhang, C., Sargent, I., Pan, X., Li, H., Gardiner, A., Hare, J., & Atkinson, P. M. (2019). Joint Deep Learning for land cover and land use classification. *Remote sensing of environment*, 221, 173-187.
- Yuan, D., & Elvidge, C. (1998). NALC land cover change detection pilot study: Washington DC area experiments. *Remote sensing of environment*, 66(2), 166-178.