



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۲، صص ۶۶-۵۲

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست

علی لطفعلی زاده لاهرودی

۱- دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، تبریز، ایران

ali110lotf@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵

چکیده

افزایش سریع جمعیت و به دنبال آن توسعه بی‌رویه مناطق شهری و روستایی باعث تسریع در روند تغییرات کاربری اراضی در چند دهه اخیر شده است. استفاده از فناوری‌های نوین سنجش‌ازدور در پیمایش روند تغییرات کاربری اراضی از جمله روش‌های کارآمد و کم‌هزینه می‌باشد. بنابراین در تحقیق حاضر تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای ارومیه از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM و OLI-TIRS برای سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی نشان داد که در طول دوره آماری مورد مطالعه کاربری‌های اراضی کشاورزی و باغات، مناطق مسکونی و مناطق آبی روند افزایشی داشته‌اند و در هر دوره بر مساحت آن‌ها افزوده شده است. در مقابل مساحت اراضی بایر و مراتع روند کاهشی را نشان می‌دهند. به طوری که مساحت اراضی کشاورزی و باغات و مناطق مسکونی در سال ۱۹۹۵ به ترتیب ۱۸۸۰۲/۷۳ و ۲۷۸۴/۵۶ هکتار بوده است که این میزان در سال ۲۰۲۱ به ۱۹۷۳۸/۸۱ و ۵۷۳۵/۶۱ هکتار رسیده است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، طبقه‌بندی نظارت‌شده، لندست، حوضه شهرچای

مقدمه

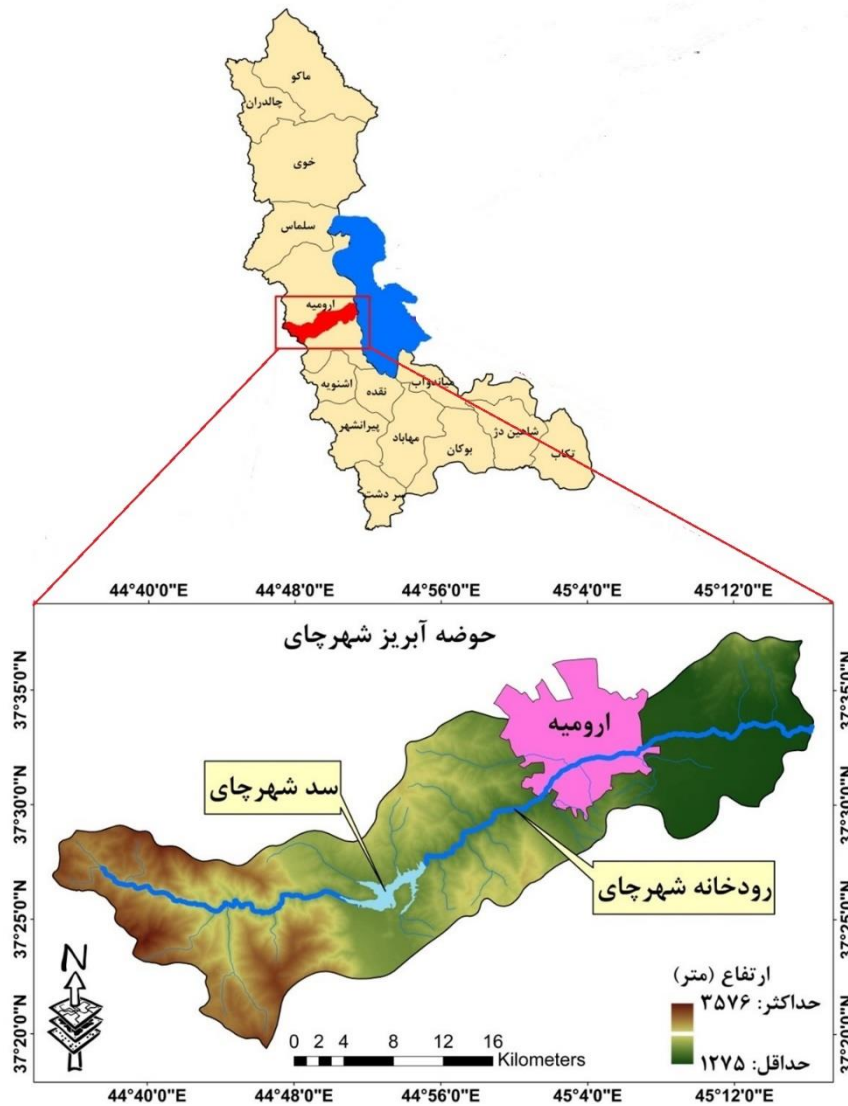
طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های اصلی پردازش داده‌های رقومی منتج از فناوری سنجش از راه دور محسوب می‌شود (رسولی، ۱۳۸۷). هدف اصلی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ایجاد نقشه‌ای موضوعی است که در آن هر پیکسل باید به یک کلاس مشخص از عوارض (پوشش زمین و یا کاربری اراضی) متعلق بوده باشد (Duda and Hart, 1973). از جمله مهم‌ترین اهداف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بررسی تغییرات کاربری اراضی مناطق مختلف است. تغییرات کاربری اراضی بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی، فرآیندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب و هوایی تأثیرگذار است (Sundarakumar et al., 2012). توسعه مناطق شهری و روستایی، تبدیل و تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی در دهه‌های اخیر موجب تغییر در خصوصیات و شرایط هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز شده و به تبع آن رژیم هیدرولوژیک رودخانه‌ها دستخوش تغییر شده، که از اثرات آن ایجاد رواناب بیشتر از ظرفیت بستر رودخانه بوده که به صورت سیلاب‌های مخرب قابل مشاهده می‌باشد (امیری، ۱۳۸۵). در چند دهه گذشته، پژوهشگران نشان داده‌اند که با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان ارزیابی‌های دقیقی در حوضه‌های آبریز نسبت به روش‌های سنتی ارائه کرد (Simpson et al, 1998). تغییر کاربری اراضی به معنای تغییر در نوع بهره‌برداری از زمین است که این تغییرات در نتیجه فعل و انفعالات پیچیده عوامل متعددی از قبیل محیط، سیاست، مدیریت، اقتصاد، فرهنگ و رفتار انسانی می‌باشد (McLoughlint, 1969). تغییر کاربری اراضی شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌ها است (Briassoulis, 2000). کاربری اراضی از جمله فرآیندهای طبیعی و انسانی می‌باشد که تغییرات در آن با سرعت بالایی صورت می‌گیرد. تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی بخش مهمی از اطلاعات مورد نیاز مدیران و برنامه‌ریزان توسعه شهری و روستایی را فراهم می‌نماید (مولائی هاشجین و علینقی پور، ۱۳۹۹). تغییرات کاربری اراضی اثرات مطلوب و نامطلوب بر سکونتگاه‌های روستایی داشته و کاهش قابل توجه اراضی زراعی و باغی متمرکز به‌عنوان مهم‌ترین اثر منفی این تغییرات می‌باشد (مولائی هاشجین و علینقی پور، ۱۳۹۹). بنابراین در تحقیق حاضر تلاش شده است تا روند تغییرات کاربری اراضی حوضه شهرچای ارومیه بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور مورد بررسی قرار بگیرد.

پیشینه تحقیق

رضایان و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر مورفولوژی رودخانه کارون در محدوده سد گتوند تا تنگ عقیلی شوشتر را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق از چهار سری تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و ETM مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در طول دوره زمانی مورد مطالعه، مناطق مسکونی و کشاورزی بازه مورد بررسی افزایش داشته و از طرف دیگر اراضی بدون پوشش روند کاهشی داشته است. مولائی هاشجین و علینقی پور (۱۳۹۹)، روند تغییرات کاربری اراضی را در شهرستان رشت مورد مطالعه قرار دادند. جهت انجام این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۵ ساله استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با گذشت زمان به مساحت کاربری‌های انسان‌ساخت و کشاورزی اضافه شده و در مقابل از مساحت کاربری‌های اراضی بایر، جنگی و آبی کاسته شده است. دنیائی داریان و ریاحی (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تغییرات کاربری اراضی شهرستان آذرشهر را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر لندست مورد بررسی قرار دادند. رحیم‌پور و رضائی مقدم (۱۴۰۰) روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز فیروزق را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای لندست برای چهار دوره (سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که کلاس کاربری مناطق ساخته‌شده (شهری - روستایی) در طول دوره آماری مورد مطالعه روند افزایشی داشته است به طوری که از ۳۴۶۷۵ هکتار در سال ۱۹۸۵ به ۱۲۳۷ هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است. راستی و همکاران (۱۴۰۱) از تصاویر سنتینل ۱ و ۲ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی گیلان در فضای ابری گوگل ارث انجین استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده همزمان از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ و ۲ نتایج بسیار خوبی را در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی نشان می‌دهد. دوان و یاماگوچی (۲۰۰۹)، در مقاله‌ای تغییرات کاربری اراضی در بنگلادش را بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که گسترش مناطق ساخته‌شده باعث کاهش سطوح آب و از بین رفتن پوشش گیاهی شده است. سیم و همکاران (۲۰۱۳) از تصاویر نوری و تصاویر راداری ALOS PALSAR همراه با الگوریتم حداکثر احتمال جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که ترکیب این تصاویر دقت نقشه‌های تهیه‌شده را بالا برده است. ژن و همکاران (۲۰۱۸)، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و تصاویر راداری سنجنده Radarsat-2 به منظور طبقه‌بندی جنگل‌های حرا استفاده کردند.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز شهرچای از نظر موقعیت سیاسی در استان آذربایجان غربی و در شهرستان ارومیه واقع شده است. از نظر مختصات جغرافیایی نیز بین ۴۴ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه در سواحل کناره‌ای دریاچه ارومیه برابر با ۱۲۷۵ متر و حداکثر ارتفاع نیز در ارتفاعات غربی حدود ۳۵۷۶ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. این حوضه از سمت شمال به حوضه آبریز نازلوچای، از سمت جنوب به حوضه آبریز باراندوزچای، از سمت شرق به دریاچه ارومیه و از سمت غرب به کشور ترکیه محدود شده است. بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود در حوضه آبریز شهرچای، میانگین بارش سالانه دراز مدت در حوضه حدود ۳۶۰ میلی‌متر بوده و میانگین دما نیز حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شهرچای را در استان آذربایجان غربی و شهرستان ارومیه نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

تحقیق حاضر به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و از لحاظ شیوه جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. مراحل انجام کار در ادامه توضیح داده شده است

تصحیح رادیومتریک

تصحیحات رادیومتریکی برای کاهش و یا حذف دو نوع خطای عمده به کار می‌روند: خطاهای اتمسفری و خطاهای دستگاهی. خطاهای اتمسفری آن دسته از خطاها هستند که به علت تأثیر اتمسفر روی انرژی الکترومغناطیس به وجود می‌آیند. دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی. روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (Du et al., 2002). تصحیحات رادیومتریک نسبی با هدف کاهش متغیرهای اتمسفریک در میان تصاویر چندزمانه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی، کاهش تیرگی پدیده‌هاست. کاهش تیرگی پدیده یک روش ساده است که به‌طور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (Chavez, 1994). برای انجام تصحیح رادیومتری اولین مرحله تبدیل ارزش‌های رقومی به تابش طیفی می‌باشد که با استفاده از رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$L = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

در این رابطه، L تابش طیفی دریافت شده توسط سنجنده برحسب $(W/m^2/sr/\mu m)$

درجات خاکستری پیکسل‌ها،

Gain و Offset ضرایب کالیبراسیون سنجنده می‌باشند.

در مرحله بعد تابش طیفی به بازتاب طیفی تبدیل می‌شود:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi * L}{ESUN_{\lambda} * \cos\theta * d_r} \quad (2)$$

که در آن، ρ_{λ} : بازتابندگی طیفی نیمکره‌ای برای هر بانده،

θ زاویه فرودی خورشید،

d_r معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید،

$ESUN_{\lambda}$: میانگین تابش فرودی خورشید در بالای اتمسفر برای هر بانده با واحد $W/m^2/sr/\mu m$.

π برابر با ۳/۱۴ می‌باشد. این اطلاعات در هدر فایل تصاویر موجود می‌باشد. در ادامه جهت تصحیح رادیومتری از روش FLAASH^۱ استفاده شده است. آنالیز طیفی فوق مکعبی با استفاده از آنالیز سریع خط دید جوی (FLAASH)، روش تصحیح اتمسفری در نرم‌افزار ENVI است که برای استخراج و بازیابی انعکاس طیفی از تصاویر رادیاپانس فراطیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش از مدل انتقال رادیاپانس MODTRAN4 برای تصحیح اثرات اتمسفری استفاده می‌کند.

طبقه‌بندی نظارت شده

در طبقه‌بندی نظارت شده، پدیده‌های طیفی موجود در تصویر بر اساس انواع پوشش زمین شناخته شده قابل استخراج است (Mausel, 1990). در این نوع طبقه‌بندی، فرایند دسته‌بندی پیکسل‌ها با تعیین الگوریتم‌های متناسب با توصیفات عددی از انواع کلاس‌های پوشش اراضی به صورت کنترل شده انجام می‌گیرد. نمونه‌های آموزشی که توصیف‌کننده الگوهای طیفی از کلاس‌های پوشش اراضی است تعریف می‌شود. پیکسل‌ها در تصویر به صورت عددی با نمونه‌های آموزشی مقایسه شده، بر اساس ویژگی مشابهت در یکی از کلاس‌های پوشش اراضی قرار می‌گیرند (رسولی، ۱۳۸۷). روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده روش‌های قوی‌تر و کامل‌تری نسبت به نوع نظارت نشده خود می‌باشند و معمولاً به تنهایی قابل استفاده بوده و روش‌های پیشرفته آن به صورت مستقل به منظور آنالیز تصاویر ماهواره‌ای به کار می‌روند (فاطمی و رضائی، ۱۳۹۱).

انتخاب محدوده‌های آموزشی

هدف کلی از عملیات انتخاب محدوده‌های آموزشی آن است که به یک مجموعه آماری، که بیان‌گر الگوی طیفی پوشش زمینی موجود در تصویر باشد دست یافت. در این مرحله، مهم‌ترین موضوع گردآوری مجموعه‌ای از آمارها است که توصیف‌کننده الگوهای طیفی برای هر یک از پوشش‌های اراضی موجود در تصویر می‌باشد. این، مرحله‌ای است که شکل، اندازه و جهت نقاط مجهول برای هر یک از کلاس‌های پوشش اراضی مشخص می‌شود (رسولی، ۱۳۸۷). در این تحقیق جهت انتخاب محدوده‌های آموزشی از تصاویر Google Earth و لندست استفاده شده است.

^۱ - Fast Line-of- sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با روش حداکثر احتمال

از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال^۱ تا کنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌ها ذکر شده است (Bolstad and Lillesand, 1991). در این روش میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. به عبارت دیگر برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه از ماتریکس واریانس و بردار میانگین که خود واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند، استفاده می‌شود. با استفاده از عامل شدت احتمال، هر یک از پیکسل‌های تصویر پس از آزمون آماری و محاسبه احتمال تعلق آن‌ها به گروه‌های طیفی نمونه، به گروه مربوطه تعلق می‌گیرد (زبیری و مجد، ۱۳۹۶). به عبارت دیگر در طبقه‌بندی حداکثر احتمال یا بیشترین شباهت، کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد (فاطمی و رضائی، ۱۳۹۱).

ارزیابی دقت طبقه‌بندی

جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی پارامترهای صحت کلی^۲، دقت تولیدکننده^۳، دقت کاربر^۴ و ضریب کاپا^۵ محاسبه شدند.

صحت کلی عبارت از نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده است. جهت محاسبه صحت کلی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad (۳)$$

^۱- Maximum Likelihood (ML)

^۲- Overall accuracy

^۳- Producer`s accuracy

^۴- User`s accuracy

^۵- Kappa coefficient

که در آن، OA نشان‌دهنده صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و $\sum_{k=1}^N a_{kk}$ نمایه مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) می‌باشد. صحت کلی طبقه‌بندی از جمله پارامترهای اندازه‌گیری است که فقط دقت کلی را به دست می‌دهد و در ارتباط با هر کدام از طبقات به‌طور مجزا، اطلاعاتی را ارائه نمی‌دهد.

دقت تولیدکننده نسبت تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده است، که از تقسیم تعداد پیکسل‌هایی که در هر طبقه به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند (بر روی قطر اصلی) بر تعداد پیکسل‌هایی که به‌عنوان حقایق زمینی (نمونه‌های آموزشی) برای آن طبقه (جمع ستون) مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به دست می‌آید (رابطه ۴).

$$PA = \frac{a_{tt}}{\sum_{i=1}^N a_{ki}} \quad (4)$$

در این رابطه، a_{tt} تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده (بر روی قطر اصلی) و $\sum_{i=1}^N a_{ki}$ جمع تعداد پیکسل‌هایی که به‌عنوان نمونه‌های آموزشی آن طبقه مورد استفاده قرار گرفته است (جمع ستون). دقت کاربر از تقسیم تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده (بر روی قطر اصلی) بر تعداد کل پیکسل‌های آن طبقه (جمع ردیف) به دست می‌آید. دقت کاربر از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$UA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^N a_{ik}} \quad (5)$$

که در آن، a_{ii} معرف تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده (بر روی قطر اصلی) و $\sum_{i=1}^N a_{ik}$ مساوی با تعداد کل پیکسل‌های طبقه مورد نظر (جمع ردیف) است (رسولی، ۱۳۸۷). ضریب کاپا یکی دیگر از پارامترهای ارزیابی دقت است که از ماتریس خطا استخراج می‌شود. ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (Richards, 1995). مقدار صفر برای کاپا یعنی طبقه‌بندی کاملاً تصادفی انجام شده است و مقدار یک به این معنی است که طبقه‌بندی کاملاً صحیح و براساس نمونه‌های تعلیمی گرفته شده است. مقادیر منفی کاپا به معنی وجود خطا در طبقه‌بندی است (رابطه ۶).

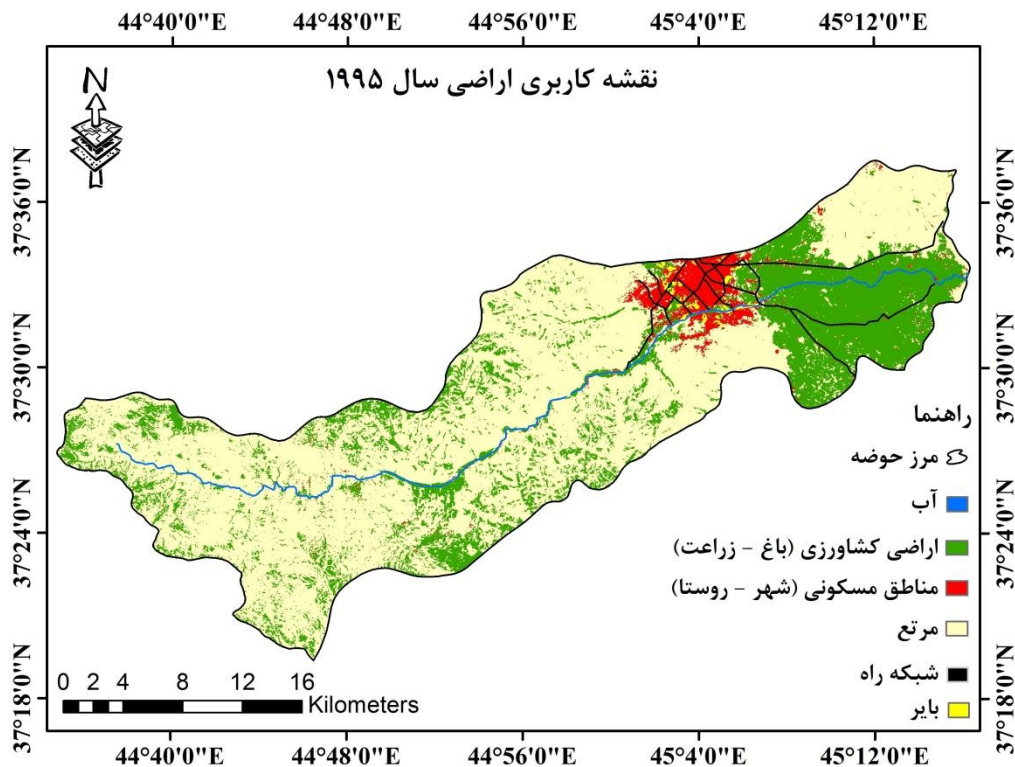
(۶)

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

که در این رابطه P_0 نشان دهنده درستی مشاهدات و P_c تغییرات مورد انتظار می باشد.

نتایج و بحث

نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای برای سال ۱۹۹۵ در ۶ کلاس شامل مناطق آبی (رودخانه)، شبکه راه، اراضی کشاورزی (باغ و زراعت)، مناطق مسکونی (شهر و روستا)، مرتع و بایر تهیه شد (شکل ۲). نتایج دقت نقشه کاربری نیز در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج بررسی مساحت هر یک از کاربری ها نشان داد که کاربری مرتع با ۱۸۸۰۲/۷۳ هکتار (۲۶/۶۳ درصد مساحت)، مناطق مسکونی با ۲۷۸۴/۵۶ هکتار (۳/۹۴ درصد مساحت) و اراضی کشاورزی با ۱۸۸۰۲/۷۳ هکتار (۲۶/۶۳ درصد مساحت) کاربری های حوضه را در سال ۱۹۹۵ شامل می شوند.



شکل ۲: کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای برای سال ۱۹۹۵

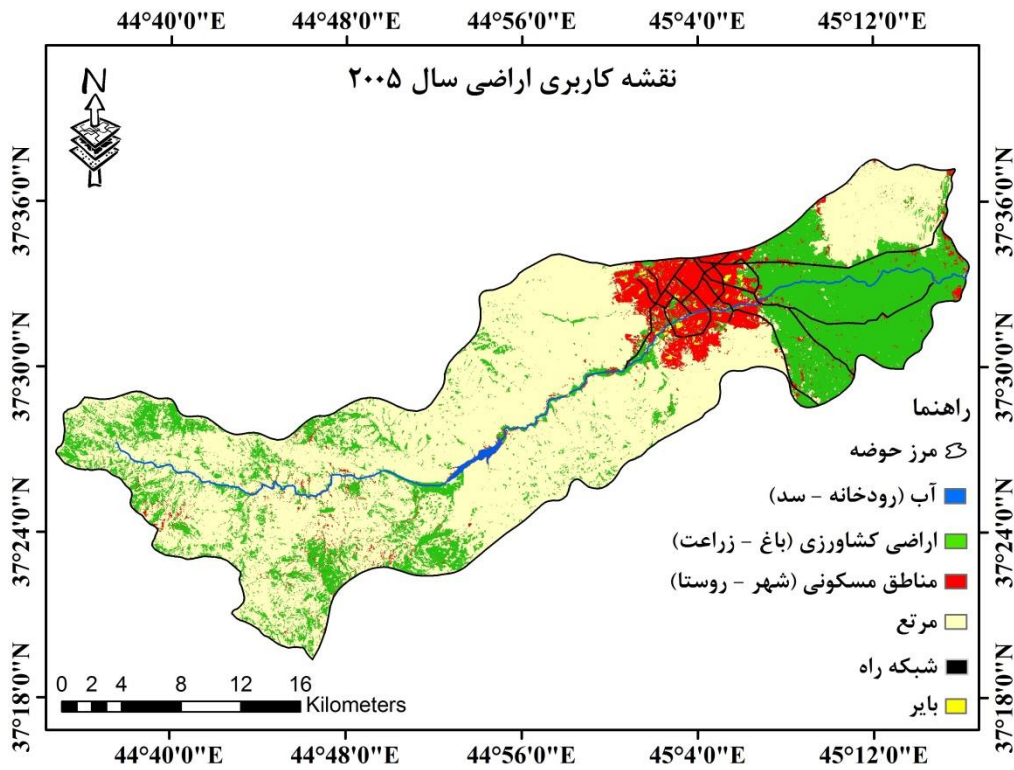
جدول ۱: نتایج صحت سنجی نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۵

دقت کاربر	دقت تولیدکننده	نوع کاربری	ضریب کاپا	صحت کلی	الگوریتم طبقه‌بندی
۹۹/۴	۹۸/۶	آب	۰/۹۹	۹۹/۸	حداکثر احتمال
۹۹/۸	۹۸/۳	اراضی کشاورزی (باغ - زراعت)			
۹۷/۴	۹۷/۳	مرتع			
۹۸/۱	۹۸/۹	بایر			
۹۸/۹	۹۶/۴	مناطق مسکونی (شهر - روستا)			
۹۷/۶	۹۸/۲	جاده			

نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۰۵ در ۶ کلاس در شکل (۳) نشان داده شده است. این نقشه نشان می‌دهد که در این سال شاهد افزایش مساحت سه نوع کاربری اراضی مناطق مسکونی، مناطق آبی و اراضی کشاورزی در سطح حوضه آبریز هستیم. در مقابل دو نوع کاربری مرتع و اراضی بایر نیز روند کاهشی را از نظر مساحت نشان می‌دهند. کاربری مرتع با $47031/88$ هکتار ($66/62$ درصد مساحت) بیشترین سهم را در بین سایر کاربری‌ها به خود اختصاص داده است. مساحت سایر کاربری‌ها نیز به این صورت است: اراضی کشاورزی $19395/10$ هکتار ($27/47$ درصد مساحت)، مناطق مسکونی $3944/74$ هکتار ($5/58$ درصد مساحت)، مناطق آبی $172/61$ هکتار ($0/24$ درصد مساحت) و اراضی بایر $51/4$ هکتار ($0/07$ درصد مساحت).

جدول ۲: نتایج صحت سنجی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۵

دقت کاربر	دقت تولیدکننده	نوع کاربری	ضریب کاپا	صحت کلی	الگوریتم طبقه‌بندی
۱۰۰	۹۸/۳	آب	۰/۹۱	۹۹/۰۵	حداکثر احتمال
۹۴/۱	۹۸/۱	اراضی کشاورزی (باغ - زراعت)			
۹۸/۷	۹۸/۵	مرتع			
۹۶/۰۳	۹۸/۷	بایر			
۹۴/۶	۹۵/۴	مناطق مسکونی (شهر - روستا)			
۹۷/۹	۹۶/۷	جاده			

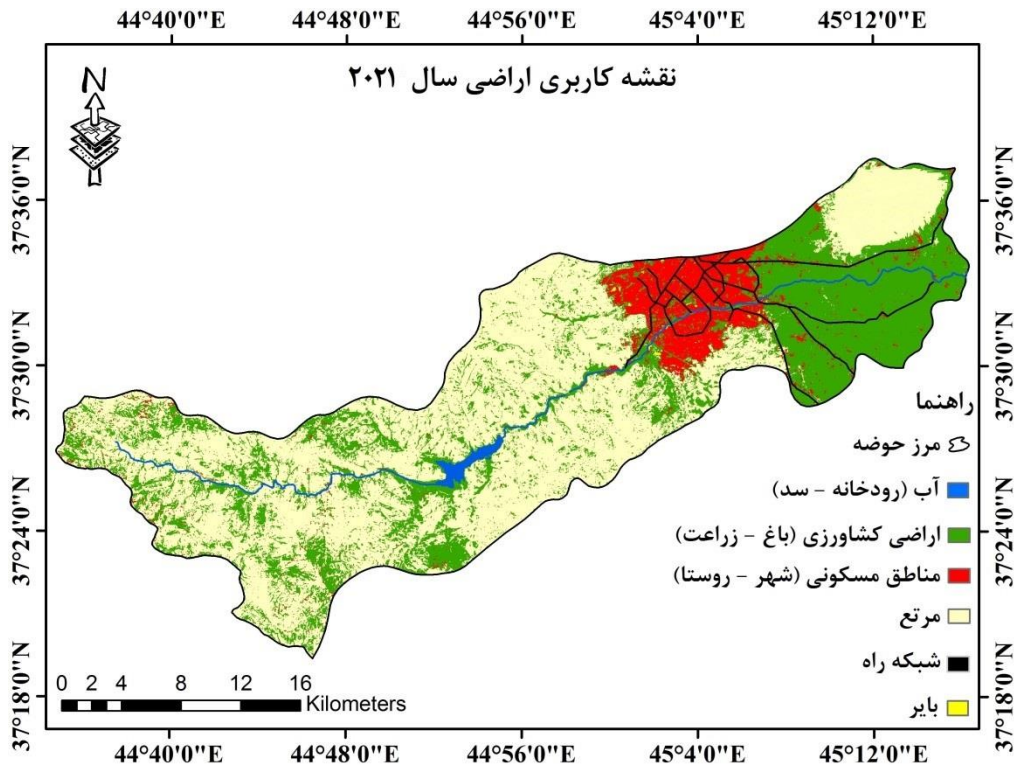


شکل ۳: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای برای سال ۲۰۰۵

نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ نشان می‌دهد که بیشترین افزایش سطح کاربری در دو کلاس مناطق مسکونی و مناطق آبی صورت گرفته است (شکل ۴). در این سال نیز بیشترین مساحت مربوط به کلاس مرتع با $44650/27$ هکتار ($63/25$ درصد مساحت) می‌باشد. مساحت سایر کاربری‌ها نیز به ترتیب به این صورت می‌باشد: اراضی کشاورزی $19738/81$ هکتار ($27/96$ درصد مساحت)، مناطق مسکونی $5735/61$ هکتار ($8/12$ درصد مساحت)، مناطق آبی $415/9$ هکتار ($0/58$ درصد مساحت) و اراضی بایر نیز $47/6$ هکتار ($0/06$ درصد مساحت).

جدول ۳: نتایج صحت سنجی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۱

دقت کاربر	دقت تولیدکننده	نوع کاربری	ضریب کاپا	صحت کلی	الگوریتم طبقه‌بندی
۹۸/۲	۹۷/۹	آب	۰/۹۲	۹۸/۶	حداکثر احتمال
۹۶/۰۱	۹۷/۵	اراضی کشاورزی (باغ - زراعت)			
۹۷/۸	۹۷/۶	مرتع			
۹۹/۸	۹۸/۷	بایر			
۹۷/۸	۹۸/۳	مناطق مسکونی (شهر - روستا)			
۹۵/۳	۹۶/۴	جاده			



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای برای سال ۲۰۲۱

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر تلاش شد تا تغییرات کاربری اراضی حوضه شهرچای ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد مطالعه قرار بگیرد. بازه زمانی مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ بوده است. تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز تحقیق از وبسایت ناسا تهیه گردید. جهت انجام پیش‌پردازش‌های مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال نیز جهت استخراج کاربری‌های منطقه استفاده شد. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی در طول دوره آماری مورد مطالعه نشان داد که اراضی کشاورزی و باغات، مناطق مسکونی و مناطق آبی روند افزایش داشته‌اند. به طوری که مساحت اراضی کشاورزی و باغات در سال ۱۹۹۵ حدود ۱۸۸۰۲/۷۳ هکتار بوده که این میزان در سال ۲۰۲۱ به حدود ۱۹۷۳۸/۸۱ هکتار رسیده است. یکی از عوامل اصلی افزایش اراضی کشاورزی و باغات،

احداث سد شهرچای بوده است که با آبیگری این سد و تأمین آب زراعی پایین دست آن، زمین‌های زیادی در حاشیه و دشت سیلابی رودخانه شهرچای به اراضی کشاورزی و باغ تبدیل شده است.

منابع

دنایی داریان، مجتبی؛ ریاحی، وحید (۱۴۰۰)، بررسی و تحلیل فضایی مکانی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی (نمونه موردی: شهرستان آذرشهر)، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، شماره ۴، صص ۱۸۳-۲۰۰.

راستی، سعید؛ مهدوی فرد، مصطفی؛ شیخ قادری، سید هدایت؛ نصیری، ابوذر؛ تکتاز، نازنین زهرا (۱۴۰۱)، بهبود دقت طبقه‌بندی با ترکیب تصاویر چند فصلی سنتینل ۱ و ۲ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در فضای ابری گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: استان گیلان)، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۵، شماره ۳، صص ۳۵۷-۳۷۳.

رحیم‌پور، توحید؛ رضائی مقدم، محمدحسین (۱۴۰۰)، پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سری زمانی لندست (مطالعه موردی: حوضه آبریز فیروزق، شهرستان خوی)، کنفرانس ملی فن‌آوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

رسولی، علی اکبر (۱۳۸۷)، مبانی سنجش‌ازدور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ۷۰۳ صفحه.

رضایان، سحر؛ جوزی، سیدعلی؛ ایزدینیا، مریم؛ مرشدی، جعفر؛ مرادی مجد، نسرين (۱۳۹۳)، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر مورفولوژی رودخانه کارون (مطالعه موردی: محدوده سد گتوند تا تنگ عقیلی شوشتر)، فصلنامه علوم محیطی، شماره ۱، صص ۷۷-۸۶.

زیربی، محمود؛ مجد، علیرضا (۱۳۹۶)، آشنایی با فن سنجش‌ازدور و کاربرد در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۸ صفحه.

فاطمی، سید باقر؛ رضائی، یوسف (۱۳۹۱)، مبانی سنجش‌ازدور، چاپ سوم، انتشارات آزاده، ۲۹۶ صفحه.

مولائی هاشجین، نصرالله؛ علینقی پور، مریم (۱۳۹۹)، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر افزایش جمعیت طی سال‌های ۱۳۸۰-۹۰، مهندسی جغرافیای سرزمین، دوره چهارم، شماره ۸، صص ۲۲۵-۲۴۱.

Bolstad, P. V, and Lillesand, T. M, (1991). Rapid maximum likelihood classification. Photogramm. Eng. Remote Sens. 57.

Chavez, P.S.J.R. and Mackinnon, D.J., (1994), Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensed images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 571–583.

Dewan, Ashraf.M. and Yasushi Yamaguchib, (2009), Land Use and Land Cover Change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using Remote Sensing to Promote Sustainable Urbanization, *Applied Geography*, Volume 29, Issue 3, 390-401.

Du, Y., Teillet, P.M. and Cihlar, J., (2002), Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection, *Remote Sensing of Environment*, 82: 123–134.

Duda, R.O., & Hart, P.E. (1973). *Pattern Classification and scene analysis*, John Wiley. New York, USA.

Mcloughlin, J. Brain, 1969, *Urban and regional planning a system approach*, New York: Praeger publishers.

Richards, J.A. (1995). “Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction”. 2nd, Springer, ISBN 0-387-5480-8. *Journal of Applied Photographic Engineering*. Vol. 8. PP. 46-50.

Sim, C. K., Abdullah, K., Jafri, M. Z. M., & San Lim, H. (2013). Combination of radar and optical remote sensing data for land cover/use mapping. In 2013 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace) (pp. 224-227). IEEE.

Simpson, J. J., Stitt, J. R. Sienko, M., (1998). Improved estimates of the arial extent of snow cover from AVHRR data, *Journal of Hydrology*, No. 204.

Sundarakumar, K., M. Harika, S.A. Begum, S. Yamini & K. Balakrishna. (2012). Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using a Landsat Data. *Engineering Science & Technology*, 4: 170-178.

Zhen, J., Liao, J., & Shen, G. (2018). Mapping mangrove forests of Dongzhaigang nature reserve in China using Landsat 8 and Radarsat-2 polarimetric SAR data. *Sensors*, 18(11), 4012.