

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۶، صص ۳۸-۲۱

وصول مقاله ۱۳۹۵/۰۱/۱۰ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۶

مدلسازی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر سیستم فرسایش در حوضه سد علویان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS

بختیار فیضی‌زاده^۱

چکیده

تصاویر رقومی سنجش از دور از قابلیت بالایی در مدیریت منابع طبیعی برخوردارند که یکی از مهم‌ترین آنها آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی است. در حال حاضر با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و مقایسه چندزمانه داده‌های سنجش از دور می‌توان تغییرات کاربری اراضی را در طی دوره‌های زمانی مشخص نموده و با کسب آگاهی از نسبت تغییرات، تغییرات پوشش و کاربری اراضی آتی را پیش‌بینی نموده و نسبت به مدیریت آنها اقدام نمود. تحقیق حاضر نمونه‌ای از کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و مدلسازی اثرات آن در فرسایش است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای TM, ETM+ سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲-۲۰۰۰-۱۹۸۹ استفاده شده و تغییرات کاربری اراضی در طی سه دوره ارزیابی شده است. پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سه مرحله پیش پردازش، پردازش و پس پردازش انجام شد. در ادامه‌ی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام شده و نتایج برای استخراج نقشه‌های تغییرات و انجام اقدامات لازم به محیط GIS انتقال یافته و با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS تغییرات کاربری اراضی مورد مدلسازی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در سه دوره یاد شده ضمن افزایش اراضی باغی، تخریب و تبدیل اراضی مرتعی خوب به مراتع ضعیف و اراضی دیم در

E-mail: bakhhtiar.feizizadeh@gmail.com

۱- استادیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه تبریز، تبریز

سطح قابل توجی صورت گرفته است که نقش مهمی در افزایش آسیب‌پذیری منطقه‌ی مورد مطالعه در مقابل فرسایش خاک داشته است.

کلمات کلیدی: مدل مفهومی سنجش از دور، کاربری اراضی، آشکارسازی تغییرات، سد علویان.

مقدمه

نوع کاربری اراضی و اطلاع از نحوه‌ی کاربری اراضی، اطلاعات آن یکی از مهم‌ترین موارد در مدیریت زمین می‌باشد. بشر همواره درصدد ارزیابی تغییرات صورت گرفته و مدلسازی تغییرات آتی در سطح زمین بوده است. آشکارسازی تغییرات در طی یک دوره‌ی زمانی، امکان آگاهی از نسبت تغییرات را فراهم می‌سازد. ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، به عنوان یکی از اصلی‌ترین تکنیک‌های ارزیابی تغییرات محیطی مطرح بوده و نقش عمده‌ای را در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا نموده است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۹). بسیاری از مسائل زیست محیطی نظیر، فرسایش خاک، بیابان‌زایی، تخریب منابع، آلودگی‌های زیست محیطی و غیره، ریشه در تغییرات کاربری اراضی دارند (بای و همکاران^۱، ۲۰۱۷: ۱). امروزه مطالعات نحوه‌ی کاربری و نوع پوشش اراضی نقش مهمی را در برنامه‌ریزی برای مدیریت و حفاظت منابع ایفا می‌کند و زمینه‌ی ارتقاء نگرش اصولی به ساختارهای زیست محیطی را فراهم می‌آورد (زو^۲ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱). در راستای پایش ارزیابی تغییرات محیطی، سیستم‌های پایش و ماهواره‌های سنجش از دور، تکنولوژی قدرتمندی را فراهم می‌آورند که امکان ارزیابی روند تغییرات محیطی را با مقایسه

1- Bai et al.,

2- Zhou

تصاویر چندزمانه فراهم می‌آورد (اسام^۱ و همکاران، ۲۰۱۳، ۲: فیضی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲: ۳). استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در مطالعات منابع طبیعی جایگاه خاصی دارد. مقایسه‌ی چندزمانه، بروز بودن اطلاعات، پردازش رقومی، تنوع داده‌ها و سرعت انتقال داده‌ها سنجش از دور را به عنوان مهم‌ترین تکنولوژی در آشکارسازی تغییرات مطرح ساخته است. امروزه تکنولوژی سنجش از دور با ارائه امکانات مربوط به پردازش تصاویر رقومی با بازه‌های زمانی متفاوت و فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) با قابلیت تحلیل‌های مکانی، امکان مدلسازی و پیش‌بینی تغییرات آتی را فراهم ساخته است. بررسی پیشینه‌ی تحقیق بیانگر کاربرد گسترده سنجش از دور در ارزیابی تغییرات محیطی است. راوات و کومار^۲ (۲۰۱۵) مدلسازی تغییرات کاربری اراضی در هند را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰ انجام دادند. این محققان با پردازش تصاویر ماهواره‌ای بر کارآمدی تصاویر سنجش از دور در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی تأکید می‌نمایند. مارشال و همکاران^۳ (۲۰۱۷) تغییرات کاربری اراضی در کنیا را در ارتباط با تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار دادند. آنها در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۲-۱۹۸۳ استفاده نموده و با پردازش تصاویر ماهواره‌ای روند تغییر در عوامل اقلیمی و اثرات آن بر روی کاربری‌های اراضی را مورد بررسی قرار دادند. با توجه به پیشینه‌ی غنی، تحقیق حاضر با بهره‌گیری از نتایج تحقیقات قبلی، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌ی بالادست سد علویان و مدلسازی تغییرات آن بر استعدادپذیری منطقه در مقابل فرسایش را مد نظر داده است. با توجه به موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه، آگاهی از نسبت تغییرات کاربری اراضی در سطح این منطقه برای کنترل میزان

1- Esam

2- Rawat & Kumar

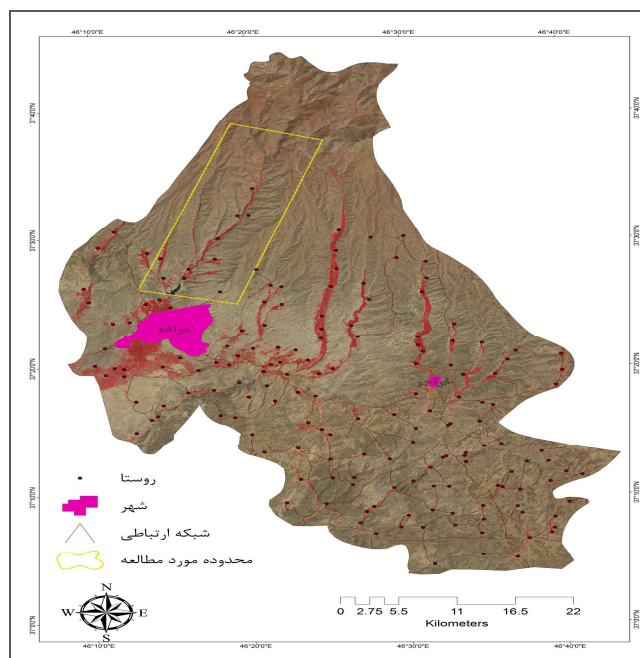
3- Marshall et al.,

رسوب در پشت دریاچه و ارزیابی تغییرات کاربری‌های کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. براین اساس در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای TM سال ۱۹۸۹، ETM+ سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ استفاده شده و تغییرات در سه دوره‌ی زمانی از سال ۱۹۸۹ الی ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۲ و ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

– معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه بخشی از حوضه‌ی آبریز صوفی چای از زیرحوضه‌های دریاچه‌ی ارومیه است که با مساحتی معادل ۲۵ کیلومتر مربع در بالادست سد علویان و در شهرستان مراغه واقع شده است. این منطقه از نظر کشاورزی دارای اهمیت زیادی بود و با توجه به وجود باغات حاصلخیز از اهمیت بالایی برای اقتصاد شهرستان مراغه برخوردار است. افزون بر آن، با توجه به قرارگیری سد علویان به عنوان یکی از مهم‌ترین سدهای مخزنی استان آذربایجان شرقی و به لحاظ اهمیت آن در اقتصاد منطقه، لزوم انجام مطالعات تغییرات کاربری اراضی برای اهداف حفاظت از منابع و جلوگیری از تولید رسوب و انباشت آن در پشت دریاچه‌ی سد ضروری به نظر می‌رسد. برای نیل به این مهم، در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM، ETM+ سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ به همراه داده‌های حاصل از برداشت میدانی با استفاده از GPS و داده‌های Google Earth برای تعیین نمونه‌های آموزشی در فرایند طبقه‌بندی استفاده شده است.



شکل (۱) موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه در شهرستان مراغه

بحث و نتایج

– مرحله‌ی پیش‌پردازش و اعمال تصحیحات هندسی و اتمسفری

مرحله‌ی پیش‌پردازش همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل در پردازش تصاویر ماهواره‌ای مطرح بوده است. این مرحله شامل آماده‌سازی تصاویر برای پردازش می‌باشد. در این تحقیق اقدامات انجام شده در مرحله‌ی پیش‌پردازش شامل تصحیح هندسی و اتمسفری می‌باشد. با توجه به وجود اعوجاج هندسی در تصاویر سنجش از دور، در این مرحله نسبت به کنترل دقت هندسی و زمان مرجع نمودن آنها براساس نقشه‌های توپوگرافی اقدام شده است. برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای معمولاً از دو روش استفاده می‌شود. اگر لازم باشد تصاویر به صورت

منفرد مورد استفاده قرار گیرند، از روش ثبت تصویر به نقشه^۱ استفاده می‌شود و اگر قرار باشد که از تصاویر چندزمانه استفاده شود، از روش ثبت تصویر به تصویر^۲ استفاده می‌شود (علوی‌پناه، ۱۳۸۴: ۴۵). در این تحقیق از هر دو روش برای انجام اصلاحات هندسی بروی تصاویر استفاده شده است. برای انجام این فرایند در ابتدا از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ استفاده شده و در مرحله‌ی اول تصویر ماهواره‌ای TM سال ۱۹۸۹ با برداشت ۱۲ نقطه‌ی کنترل زمینی با خطای RMS معادل ۰/۴۴ پیکسل زمین مرجع گردید. در مرحله‌ی دوم، از این تصویر ماهواره‌ای استفاده گردیده و تصویر ماهواره‌ای ETM+ سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ با برداشت ۱۵ نقطه کنترل از سطح تصویر با روش تصویر به تصویر با خطای RMS معادل ۰/۴۲ پیکسل زمین مرجع گردیدند. در تصحیح هندسی سعی گردید که نقاط کنترل زمینی از پراکنش مناسبی در سطح تصویر برخوردار باشد تا مدل ریاضی که برای محاسبه ضرایب مجهول در معادله‌ی مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای کمتری داشته باشد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده، از تابع درجه دوم استفاده گردید و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد و سعی گردید تا خطاهای RMS تا حد امکان یکی باشد.

در مرحله‌ی بعد تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شد. لازم به ذکر است که ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر ماهواره‌ای، ثبت واقعی تابندگی در سطح زمین نیست، زیرا بر اثر جذب امواج تضعیف شده و یا اینکه بر اثر پراکنش مسیر آن توسط اتمسفر تغییر می‌کند. تصحیح اتمسفری تصاویر تصحیحات اتمسفری در سنجش از دور از ضروریات است. حذف آثار سوء جو زمانی بیشتر

1- Image to Map Registration

2- Image to Image Registration

احساس می شود که هدف مقایسه تصاویر چندزمانه باشد (مسگری، ۱۳۸۱: ۱۹). در تحقیق حاضر با توجه به موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و با در نظر گرفتن تأثیر توده‌ای آبی سد علویان بر ارزش‌های پیکسلی مجاور خود از متد چاوز (کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره) استفاده شد و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرایند طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد. تکنیک کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره، بر این فرض استوار است که کمترین DN یک پیکسل، در هر باند بایستی صفر باشد، و ارزش رادیومتری DN نتیجه‌ای است که از خطای اتمسفری حاصل شده است (چاوز^۱: ۱۹۸۸: ۶، فیضی‌زاده و بلشکه^۲: ۲۰۱۲: ۲) بنابراین اگر ارزش عددی تعریف شده برای پیکسل‌ها بر اثر خطای اتمسفری را از تمامی پیکسل‌ها کسر گردد، در واقع نسبت به تصحیحات اتمسفری اقدام شده است. در این تحقیق از این روش برای تصحیحات اتمسفری استفاده شد.

– پردازش تصاویر ماهواره‌ای

هدف اساسی در فرآیند پردازش، استخراج هر چه دقیق‌تر اطلاعات کاربردی از تصاویر ماهواره‌ای موجود است. در این فرایند با استفاده از تکنیک‌های خاص سعی می‌شود اطلاعات دقیق از تصاویر استخراج گردد. در این مرحله پس از اینکه کلاس‌های کاربری اراضی مشخص شد، از انواع تکنیک‌های آشکارسازی تصویر، شامل آشکارسازی خطی، تعادل هیستوگرام و فیلترهای مکانی برای شناسایی بهتر کلاس‌های کاربری اراضی استفاده شده است. سپس با برداشت نمونه‌های آموزشی با GPS در طی عملیات میدانی، و پیاده‌سازی آنها در سطح تصویر در محیط نرم‌افزار ENVI، اقدام به طبقه‌بندی تصاویر شده است

1- Chavez

2- Blaschke

– جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی و استخراج مشخصات طیفی کلاس‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی جهت استخراج نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در طی دو مرحله از عملیات میدانی صورت می‌گیرد. مرحله‌ی اول قبل از طبقه‌بندی، که در این مرحله جمع‌آوری نمونه‌ها برای آشنایی با محدوده‌ی مورد مطالعه و همچنین به دست آوردن نمونه‌های آموزشی مورد نیاز برای طبقه‌بندی انجام می‌شود. مرحله‌ی دوم پس از انجام طبقه‌بندی، که با هدف بازبینی صحت و تصحیح نتایج طبقه‌بندی انجام می‌شود. علاوه بر عملیات میدانی نمونه‌های آموزشی مورد نیاز برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی می‌تواند از داده‌های GIS و سایر موارد مثل نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی و خاکشناسی و همچنین داده‌های تصویری جمع‌آوری شود در این تحقیق جمع‌آوری نمونه آموزشی عمدتاً با استفاده از GPS در طی عملیات میدانی انجام شده است اما از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و تصاویر Google Earth نیز در برداشت نمونه‌ها استفاده شده و در مجموع ۲۷۰ نقطه به عنوان محل نمونه‌های آموزشی برای کلاس‌های کاربری در نظر گرفته شده، انتخاب شده است. پس از پیاده‌سازی نمونه-های آموزشی بر سطح تصویر، اقدام به استخراج مشخصات آماری کلاس‌ها شده و با شاخص‌های تفکیک‌پذیری و منحنی‌های انعکاس طیفی برای تمامی کلاس‌ها استخراج شد. با تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی باندهای مناسب برای طبقه‌بندی شناسایی شده و در نهایت ترکیب باندی ۲-۳-۴ به عنوان بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی تصویر تعیین شد.

– طبقه‌بندی تصاویر

در تصاویر رقومی سنجش از دور هر پیکسل دارای ارزش عددی است، که بازگوکننده‌ی

رفتار طیفی پدیده‌ی متناظر آن در سطح زمین است. در واقع ارزش‌های عددی پیکسل‌ها انعکاسی از نسبت بازتاب طیفی پدیده‌های متناظر آنها در سطح زمین است. با تجزیه و تحلیل ارزش‌های عددی تصاویر رقومی سنجش از دور امکان شناسایی پدیده‌های زمینی بر روی تصویر فراهم شده و می‌توان نسبت به طبقه‌بندی آنها اقدام نمود. این نوع طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها بوده و در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند، این طبقه‌بندی که مبتنی بر ارزش عددی پیکسل‌ها می‌باشد، طبقه‌بندی پیکسل پایه نامیده می‌شود (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۸: ۷۶). طبقه‌بندی پیکسل پایه تصاویر سنجش از دور با استفاده از روش‌های مختلفی قابل انجام است. در تحقیق حاضر برای طبقه‌بندی پیکسل پایه تصویر ماهواره‌ای محدوده‌ی مورد مطالعه از الگوریتم‌های حداکثر احتمال استفاده شده است. برای انجام طبقه‌بندی پس از تعیین کلاس‌های پوشش/کاربری اراضی در ابتدا نمونه‌های آموزشی برای هر کدام از کلاس‌ها به تعداد مورد نیاز جمع‌آوری می‌گردد. پس از پیاده‌سازی نمونه‌های آموزشی بر سطح تصویر و استخراج پارامترهای آماری مورد نیاز، بهترین ترکیب باندی (۴،۳،۲) برای طبقه‌بندی هر تصویر انتخاب شد و در مرحله‌ی بعد با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تصاویر طبقه‌بندی شدند.

– ارزیابی دقت

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است تکمیل نیست (لیلساند^۱، ۲۰۰۱: ۱۲۳). زمانی که نمونه‌برداری از پیکسل‌ها به عنوان الگوی کلاس‌های طیفی یا اطلاعاتی صورت می‌گیرد، ارزیابی بازتاب طیفی کلاس‌ها و تفکیک‌پذیری آنها نیز تواتراً قابل انجام است (علوی‌پناه، ۱۳۸۴: ۱۲۵). لذا برای

اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی می‌شود) شریفی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۲). دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه‌ی استخراج شده بوده و در نقشه‌های کاربری اراضی به دست آمده از تصاویر سنجش از دور بایستی حداقل ۸۵٪ باشد (آندرسون و همکاران^۱، ۱۹۷۶: ۱۲) در تحقیق حاضر برای ارزیابی صحت از نمونه‌های آموزشی (۱۵۰ نقطه کنترل) که در طی عملیات میدانی با GPS برداشت شده استفاده شد. برای ارزیابی صحت پارامترهای آماری ماتریس خطا، ضریب کاپا، دقت کلی طبقه‌بندی برای هریک از طبقه‌بندی‌ها استخراج شده است. باتوجه به اینکه طبقه‌بندی نظارت شده یک فرآیند آماری می‌باشد، در این نوع از محاسبات دقت کلی برابر است با تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده یک کلاس به کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در تمامی کلاس‌ها می‌باشد که طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$OA = 1/N \sum pii \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

در رابطه‌ی (۱) بیانگر دقت کلی، N ، تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum pii$ ، جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد. معمولاً در کنار محاسبات دقت کلی ضریب کاپا نیز که بیانگر میزان تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی می‌باشد نیز محاسبه می‌شود. استفاده از ضریب کاپا برای حذف انطباق‌های تصادفی می‌باشد که ممکن است در دقت کلی مشاهده شود (ریچاردز^۲، ۱۹۹۹: ۱۲). ضریب کاپا مطابق با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Kappa = \frac{P0 - Pc}{1 - Pc} \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

در رابطه‌ی (۲) $P0$ بیانگر درستی مشاهده شده و Pc ، بیانگر توافق مورد انتظار

1- Anderson et al. ,

2- Richards

است. جدول (۱) نتایج حاصل از محاسبات دقت کلی و ضریب کاپا را برای هر یک از طبقه‌بندی‌های انجام شده نشان می‌دهد.

جدول (۲) نتایج ارزیابی دقت الگوریتم‌های طبقه‌بندی‌ها

سال و نوع تصویر ماهواره‌ای	ضریب کاپای	دقت کلی
تصویر TM سال ۱۹۸۹	۰/۸۷	۸۹/۷۹
تصویر ETM+ سال ۲۰۰۰	۰/۹۰	۹۱/۹۶
تصویر ETM+ سال ۲۰۰۲	۰/۸۸	۸۹/۵۹
تصویر ETM+ سال ۲۰۱۵	۰/۸۹	۹۰/۳۷

– آشکارسازی تغییرات

پس از اینکه نقشه‌ی کاربری اراضی هر دوره استخراج شد، اقدام به تهیه‌ی نقشه‌های آشکارسازی تغییرات شد. در تهیه‌ی نقشه‌های تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی هر دوره با هم مقایسه و در مجموع ۳ نقشه تولید شد. که در شکل‌های (۲) آورده شده است. پس از اینکه نقشه‌های تغییرات هر دوره تهیه شد نسبت به محاسبه‌ی مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی اقدام شد. نتایج ارزیابی دقت در جدول (۲) و نتایج حاصل از تغییرات هر کلاس نیز در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۲) مساحت هریک از کلاس‌های کاربری اراضی در هر دوره (هکتار)

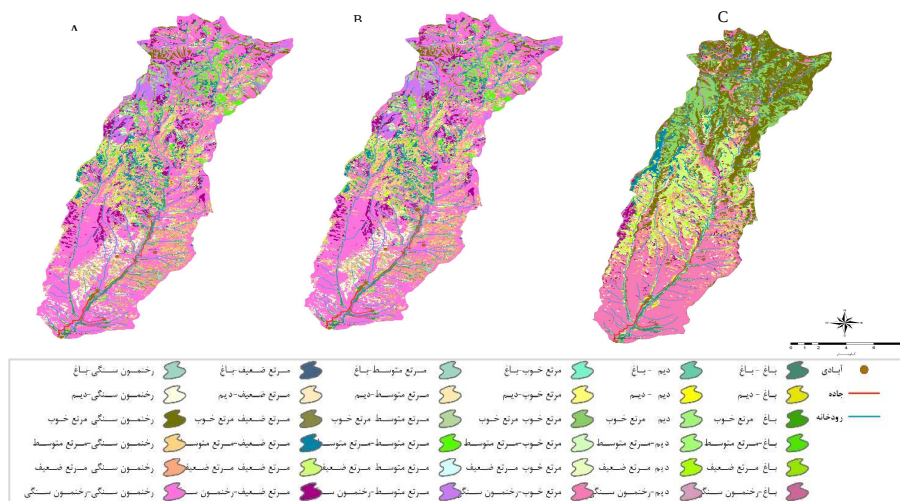
کلاس	۱۹۸۹	۲۰۰۰	۲۰۰۲	۲۰۱۵
اراضی باغی	۳۷۵,۶	۳۹۸,۴	۴۲۱,۷	۴۵۶,۷
اراضی دیم	۱۰۴۳,۵	۱۲۵۱,۵	۱۲۳۴,۰	۱۶۰۷,۵
مرتع خوب	۴۶۲۷,۳	۵۶۶,۹	۸۶۹۶,۰	۱۳۴۱,۶
مرتع متوسط	۱۱۱۸,۱	۲۴۶۶,۸	۱۴۶۶,۲	۳۹۵۵,۸
مرتع ضعیف	۵۴۵۷,۳	۵۶۱۹,۳	۵۱۹۳,۷	۳۴۳۲,۶
رخنمون سنگی	۱۲۲۶۴,۲	۱۴۵۸۳,۱	۵۱۹۳,۸	۱۴۰۹۱,۹
جمع	۲۴۸۸۶,۳	۲۴۸۸۶,۳	۲۴۸۸۶,۳	۲۴۸۸۶,۳

جدول (۳) تغییرات کاربری‌های اراضی برای دوره‌ی اول (۱۹۸۹-۲۰۰۰)، دوره‌ی دوم (۲۰۰۰-۲۰۰۲) و دوره‌ی سوم (۲۰۰۲-۲۰۱۵)

دوره‌ی سوم	دوره‌ی دوم	دوره‌ی اول	کلاس کاربری اراضی
۱۷۶	۱۷۶	۲۴۰	باغ (اراضی بدون تغییر در این کلاس)
۳	۴۶	۳۸,۷۱	باغ به دیم
۶۱	۳۴	۳۱	باغ به مرتع خوب
۲۶	۱۲	۱	باغ به مرتع متوسط
۷	۳۹	۸	باغ به مرتع ضعیف
۱۲۱	۸۸	۵۴	باغ به رخنمون سنگی
۱۵	۲۵	۹	دیم به باغ
۱۲۹	۲۵۶	۳۴۱	دیم (اراضی بدون تغییر)
۱۸	۴۷	۱۱	دیم به مرتع خوب
۱۴۵	۳۰	۱۸	دیم به مرتع متوسط
۲۳۶	۴۰۵	۳۴۶	دیم به مرتع ضعیف
۸۲۵	۴۲۴	۳۱۵	دیم به رخنمون سنگی
۲۷	۱۷	۴۶	مرتع خوب به باغ
۵	۳۷	۳۲	مرتع خوب به دیم
۱۰۶	۳۵۳	۳۳۳	مرتع خوب (اراضی بدون تغییر)
۱۲۲	۲۹	۱۶۳۹	مرتع خوب به مرتع متوسط
۳۷	۸۳	۶۱۳	مرتع خوب به مرتع ضعیف
۲۱۸	۴۴	۱۹۴۴	مرتع خوب به رخنمون سنگی
۸	۱۸	۷	مرتع متوسط به باغ
۱۷	۱۰	۱۱	مرتع متوسط به دیم
۴۵۴	۲۰۹۸	۲۱	مرتع متوسط به مرتع خوب
۸۴۴	۱۳۹	۴۴۷	مرتع متوسط (اراضی بدون تغییر)
۲۶۳	۱۱۳	۴۷۱	مرتع متوسط به مرتع ضعیف
۱۱۶۵	۹۱	۱۵۸	مرتع متوسط به رخنمون سنگی
۱۲	۹	۱۸	مرتع ضعیف به باغ

ادامه جدول (۳)

دوره‌ی سوم	دوره‌ی دوم	دوره‌ی اول	کلاس کاربری اراضی
۱۶۳	۲۶۶	۳۵۷	مرتفع ضعیف به دیم
۹۲	۱۶۰۷	۵۱	مرتفع ضعیف به مرتفع خوب
۸۲۳	۷۱۴	۲۰۳	مرتفع ضعیف به مرتفع متوسط
۸۱۲	۲۲۹۷	۳۱۴۱	مرتفع ضعیف (اراضی بدون تغییر)
۱۴۷۳	۶۳۱	۱۶۷۶	مرتفع ضعیف به رخنمون سنگی
۲۱۵	۱۷۶	۷۴	رخنمون سنگی به باغ
۱۲۸۶	۵۶۸	۴۶۸	رخنمون سنگی به دیم
۶۰۵	۴۵۹۱	۱۱۷	رخنمون سنگی به مرتفع خوب
۱۹۹۰	۵۴۳	۱۴۴	رخنمون سنگی به مرتفع متوسط
۲۰۷۲	۲۰۳۹	۱۰۳۴	رخنمون سنگی به مرتفع ضعیف
۱۰۲۹۹	۶۸۱۲	۱۰۴۴۹	رخنمون سنگی (اراضی بدون تغییر)
۲۴۸۸۶	۲۴۸۸۶	۲۴۸۸۶	جمع



شکل (۲) نقشه‌ی تغییرات کاربری اراضی: A برای دوره‌ی اول (۱۹۸۹-۲۰۰۰)، B برای دوره‌ی دوم (۲۰۰۲-۲۰۱۵) و C (۲۰۰۰-۲۰۰۲)

نتیجه‌گیری

در پژوهش جاری از تصاویر ماهواره ای با دوره‌های زمانی متفاوت استفاده شده و پس از تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی، روند تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در طی سه دوره در فواصل سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۱۵، استخراج شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تصاویر رقومی ماهواره‌ای، از قابلیت بالایی در ارزیابی روند تغییرات کاربری‌های اراضی برخوردارند و می‌توانند مبنایی برای ارزیابی تغییرات محیطی باشند و در انواع مطالعات مورد استفاده قرار گیرند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تکنولوژی سنجش از دور با ارائه‌ی تصاویر چندزمانه، می‌تواند مبنایی بسیار مناسبی برای پایش تغییرات کاربری اراضی باشد. نتایج بررسی نسبت تغییرات رخ داده در منطقه‌ی مورد مطالعه، نشان می‌دهد که مساحت سطح زیرکشت کاربری‌های اراضی باغی و اراضی دیم در طول دوره‌ها، روند صعودی داشته است، که ناشی از افزایش جمعیت در این منطقه است. بدیهی است که چنین تغییری در تسریع فرسایش در این منطقه نقش مؤثری دارد چرا که به خاطر حذف پوشش گیاهی طبیعی و همچنین افزایش فعالیت‌های انسانی در سطح دامنه‌ها با انجام اقدامات شخم‌زنی، رسوبات بیشتری در اختیار چرخه فرسایش این منطقه قرار می‌گیرد. از سوی دیگر تبدیل اراضی مرتعی خوب به مراتع متوسط، یکی از بارزترین جنبه‌های تغییرات در طی این دوره‌ی زمانی است که به دلیل چرای بی-رویه بر اثر افزایش جمعیت و تعداد دام از یکسو و از سوی دیگر به دلیل خشکسالی و کاهش بارندگی در فصل نیاز آبی بالای مراتع در این منطقه می‌باشد. با توجه به سازندهای زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه و وجود انواع فرسایش، نظیر هوازدگی و فرسایش دینامیکی وجود پوشش گیاهی طبیعی در سطح دامنه‌ها به عنوان یک عامل حفاظتی در افزایش سطح رسوب رودخانه عمل می‌نماید. بدیهی است که با کاهش سطح پوشش گیاهی از یک طرف و همین‌طور افزایش

تغییرپذیری در مکانیزم طبیعی دامنه‌ها با تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی انتظار می‌رود سطح قابل توجهی رسوب به سیستم رودخانه وارد شود که در نهایت در پشت دریاچه سد علویان انباشته خواهد شد و مشکلاتی را در زمینه‌ی کاهش سطح آب قابل ذخیره‌سازی ایجاد خواهد نمود. با توجه به نتایج اصلی تحقیق، در کل می‌توان گفت که در منطقه‌ی مورد مطالعه، روند تغییرات کاربری‌ها، رابطه مستقیمی با افزایش جمعیت دارد، چرا که افزایش سطح اراضی باغی، اراضی دیم و تبدیل مراتع به زراعت دیم و مراتع فقیر، نتایج تلاش جمعیت رو به افزایش جهت تأمین مایحتاج غذایی می‌باشد. با توجه به آثار زیست محیطی ناشی از چنین تغییراتی بدیهی است که در سال‌های آتی مشکلات مربوط بروز انواع فرسایش‌ها نظیر فرسایش‌های خندقی، کاهش حاصلخیزی اراضی و انباشت رسوب در پشت دریاچه سد علویان در این منطقه مطرح خواهد شد که برای کاهش اثرات آنها پیشنهاد می‌شود. اقدامات حفاظت از منابع طبیعی و آبخیزداری در این منطقه صورت گیرد. همچنین مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیق انجام شده‌ی قبلی در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی شهری مراغه که در بخش زیرین این حوضه قرار دارد، نشان می‌دهد که تغییرات قابل توجهی در روند کاربری‌های اراضی شهری این منطقه در جریان می‌باشد که ناشی از افزایش جمعیت و فشار بر منابع طبیعی می‌باشد.

نتایج این تحقیق بیانگر قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات محیطی بوده و می‌تواند در انواع برنامه‌ریزی‌ها نظیر آمایش سرزمین، حفاظت از منابع طبیعی و منابع آبی مورد استفاده کارشناسان در سطح سازمان‌های اجرایی نظیر منابع طبیعی، جهاد کشاورزی، مدیریت برنامه‌ریزی و امور آب قرار گیرد. در راستای تحقیق مشخص شد که تفکیک اراضی مرتعی و دیم به دلیل شباهت‌های طیفی و ویژگی‌های مکانی با دقت بالایی امکان‌پذیر نیست و این کلاس‌ها بیشترین اختلاط را نشان می‌دهند. بدیهی است که استفاده از داده‌های تکمیلی نظیر مدل‌های

رقومی ارتفاع و همچنین تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی بالا می‌تواند در بهبود دقت چنین طبقه‌بندی‌هایی بسیار مؤثر باشد. براین اساس پیشنهاد می‌شود که استخراج نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر با دقت تفکیک مکانی بالاتر و تکنیک‌های کارآمدتر، نظیر روش‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای انجام شود.

منابع

- فیضی‌زاده، بختیار و حسین هلالی (۱۳۸۸)، مقایسه‌ی روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۱، صص ۷۳-۷۴.
- رضایی‌بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم و بختیار فیضی‌زاده (۱۳۸۶)، بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، سال ۳۹، شماره ۶۲، صص ۱۴۳-۱۵۹.
- مسگری، سعید (۱۳۸۱)، بررسی روند تغییر سطوح جنگل‌ها با استفاده از GIS و سنجش از دور، تهران: طرح پژوهشی دانشکده فنی، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی.
- علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۸۴)، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- Bai, X., Sharma, R.C., Tateishi, T., R., (2017), **A Detailed and High-Resolution Land Use and Land Cover Change Analysis over the Past 16 Years in the Horqin Sandy Land, Inner Mongolia**, Mathematical Problems in Engineering, pages doi.org/10.1155/2017/1316505.
- Chavez, P.S., Jr., (1988). **An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data**, remote Sensing of 3-Environment, Vol. 24, No.3: PP. 459-479.
- Esam, I., F. Abdalla and N. Erich, (2012). **Land Use and Land Cover Changes of West Tahta Region, Sohag Governorate, Upper Egypt**, Journal of Geographic Information System, 4: PP. 483-493.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, Z., Akbari, E., Kohbanani, H.R., (2013). **Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran**,

- Journal Environmental Planning Management, 56 (9): PP. 1290-1315.
- Feizizadeh, B., Blaachke, T. (2012), **Thermal remote sensing for land surface temperature monitoring: Maraqeh County, Iran**, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, 10.1109/IGARSS.2012.6350808.
- Marshall., M., Norton-Griffiths, M., Herr, H., (2017), **Continuous and consistent land use/cover change estimates using socio-ecological data**, Earth System Dynamic, 8, PP. 55-73.
- Rawat, J.D., 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 Egeptyan Journal of Resmoet Senaing and space scinces, 18: PP. 77-84.
- Richards, J.A., (1999). **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Springer-Verlag, Berlin, 240, PP.
- Sharifi, L., Kamel, S., Feizizadeh, B. (2015), **Monitoring Bioenvironmental Impacts of Dam Construction on Land Use/Cover Changes in Sattarkhan Basin Using Multi-Temporal Satellite Imagery**, Iranica Journal of Energy and Environment, 6 (1): PP. 39-46.
- Zhou, Q., X. Ou, Z. Zhang and M. Yang (2008), **Spatial-Temporal Land Use Pattern Changes in Manwan Hydropower Station Reservoir of Lancang River, Yunnan, China**, Journal of Mountain Science, 26(4): 481-489.