

بررسی تحلیلی کاربری اراضی (اراضی کشت آبی و پهنه‌های آبی) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

سهیلا یونس زاده جلیلی^۱، میثم کمالی^{۱*} و پیمان دانش کار آراسته^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۲)

چکیده

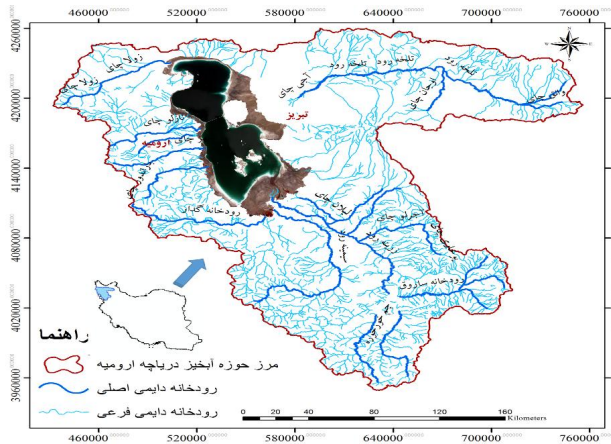
مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز در گرو دانش عمیق از اطلاعات پایه حوضه و از جمله آرایش اراضی و نوع کاربرد آن می‌باشد. موقعیت مکانی و سطح پراکنش کاربری کشاورزی کمک شایانی به تعادل منابع آبی در یک حوضه می‌کند. در این تحقیق و با کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ و الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال، کاربری‌های پهنه‌های آبی، شوره‌زار و کشت آبی حوضه آبخیز ارومیه و در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ تهیه گردید. تمام تصاویر انتخابی از ماهواره لندست در ماه‌های تیر و مرداد قرار گرفته‌اند. سپس به مقایسه کاربری‌های حاصل از ماهواره مودیس برای سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ و در انتها به مقایسه نتایج حاصل از ماهواره مودیس و لندست برای سال ۱۳۸۹ پرداخته شده است. نتایج بررسی ماهواره‌های لندست و مودیس نشان می‌دهد که سطح اراضی کشت آبی افزایش و پهنه‌های آبی کاهش یافته است. با مقایسه کاربری اراضی کشت آبی و پهنه‌های آبی سال ۱۳۸۹ میان ماهواره مودیس و لندست نشان می‌دهد که ماهواره مودیس کشت آبی و پهنه‌های آبی را بهتر از زمین‌های بایر برآورد نموده است. مقدار ضریب کاپا برای کاربری‌های حاصل از ماهواره لندست برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۸۷ می‌باشد.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، حوضه آبخیز ارومیه، اراضی کشت آبی، طبقه‌بندی کننده به روش حداکثر احتمال

۱. مرکز سنجش از دور، دانشگاه صنعتی شریف

۲. دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: meisamkamali_63@yahoo.com



شکل ۱. نقشه موقعیت و شمای کلی حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

مقدمه

حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با مساحتی بالغ بر ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع در شمال غربی ایران، بین مختصات جغرافیایی ۳۵/۶۷ تا ۳۸/۵۰ درجه عرض شمالی و ۴۴/۱۲ تا ۴۷/۸۸ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از حوضه‌هایی است که در طول سال‌های اخیر با چالش‌های جدی از قبیل خشک شدن دریاچه، بیلان منفی آبخوان‌ها، تغییرات کاربری، افزایش نرخ فرسایش سطحی و به تبع آن افزایش بار رسوبی رودخانه‌های منتهی به دریاچه، استفاده بی‌رویه از زمین‌های پرشیب جهت کشت دیم، افزایش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی آبی و تغییر الگوی کشت از سمت محصولات کم‌مصرف به محصولاتی با نیاز آبی بالا مواجه شده است (۱۲). حل مشکلات فوق در غالب اعمال الگوی مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز و درگرو دانش عمیق از اطلاعات پایه حوضه و از جمله کاربری اراضی می‌باشد. مفهوم کاربری اراضی به‌صورت چیدمان، فعالیت‌ها و ورودی‌های مردم در یک نوع زمین خاص در جهت تولید، تغییر و یا حفظ آن تعریف می‌شود (۱۶). متأسفانه منابع اطلاعاتی و آماری موجود در مورد وضعیت کاربری حوضه ارومیه پراکنده، ناکافی و بعضاً متناقض می‌باشند و جمع‌آوری اطلاعات و مشاهدات زمینی باروش‌های سنتی، پرهزینه و زمانبر است. در این زمینه، داده‌های حاصل از

سنجش از دور به‌دلیل پوشش وسیع مکانی، قدرت تفکیک بالا، آرشیبو زمانی غنی و هزینه کم می‌توانند اطلاعات مفیدی تولید نمایند. تهیه نقشه کاربری از تصاویر ماهواره‌ای به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که در دو گروه اصلی شیء پایه و پیکسل پایه قرار می‌گیرند. در روش پیکسل پایه اساس طبقه‌بندی بر مبنای پیکسل‌ها و در روش شیء پایه اساس تجزیه و تحلیل‌ها به‌جای پیکسل، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها با عنوان پدیده‌های تصویری است که در نتیجه فرآیند قطعه‌بندی حاصل می‌شوند (۱۷). روش‌های پیکسل پایه در دو گروه عمده نظارت شده و نظارت نشده قرار می‌گیرند. مرسوم‌ترین شیوه تفکیک کاربری اراضی در منابع موجود، روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد (۱۴). از بین روش‌های مختلف طبقه‌بندی کننده نظارت شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به‌عنوان پر استفاده‌ترین و دقیق‌ترین روش شناخته شده است (۲۰).

مطالعات زیادی در مورد استخراج کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است. ستو و همکاران (۲۳)؛ در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری اراضی در دلتای رود پیرل (واقع در کشور چین) با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat TM پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه با استفاده از تصاویر چندزمانه‌ای، گویای آن است که وسعت مناطق شهری در خلال سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۶ میلادی بیش از ۳۰٪ افزایش داشته است (۲۳). سعادت و همکاران (۲۲)؛ کاربری زمین را برای

ماهواره SPOT ۵ با قابلیت تفکیک مکانی ۱۰ متری استفاده نموده‌اند. صحت کلی به دست آمده برای طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال معادل ۸۷٪ و ضریب کاپا نیز برابر ۰/۸۶ محاسبه شده‌اند (۱۰). فتحیان (۹)، به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فناوری سنجش از دور و متغیرهای آب و هواشناسی در بخشی از ناحیه شرقی حوضه دریاچه ارومیه برای سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ با استفاده از ماهواره لندست پرداخت. نتایج تحقیقات نشان داد که از میان روش‌های طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف، روش حداکثر شباهت با دقت کلی بیش از ۸۵ درصد و ضریب کاپای بیش از ۰/۸ مناسب‌ترین روش برای اجرای مطالعه است (۹). تغییر شرایط کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-TM در دو تاریخ ششم مرداد ماه سال ۱۳۶۳ و دهم مردادماه سال ۱۳۸۸ بررسی شده است. به دلیل وسعت قابل توجه حوضه و تنوع توپوگرافی و اقلیمی دریاچه ارومیه، در این مطالعه از ترکیب روش‌های درخت تصمیم‌گیری و مقطع‌بندی استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مساحت مجموع کاربری‌های بخش زراعت آبی و باغی در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۸ به ترتیب ۳۷۷۰ و ۴۶۰۸ کیلومتر مربع بوده و بین این سال‌ها معادل ۲۴ درصد افزایش داشته است. همچنین در طی این فاصله زمانی، مساحت کاربری‌های دریاچه و شوره‌زار به ترتیب ۳۲- و ۱۷۸+ درصد تغییر کرده است (۱۲). آمار شرکت مهندسی آ شناسنامه (۷)، از سطح زیر کشت آبی و باغی ۴۶۲۰ هکتاری در سال ۱۳۸۸ حکایت دارد (۷). جدول (۱) به بیان مرور مطالعات انجام‌شده در زمینه کاربری حوضه دریاچه ارومیه پرداخته است (۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۲). در زمینه مقایسه پوشش گیاهی حاصله از ماهواره‌های لندست و مودیس کوهن و همکاران در سال ۲۰۰۳ به مقایسه پوشش زمین حاصل‌شده از دو ماهواره لندست ETM+ و مودیس برای چهار سایت در آمریکای شمالی پرداختند. بین پوشش‌های زمینی تهیه‌شده توسط دو ماهواره شباهت‌ها و تفاوت‌هایی وجود دارد. یکی از تفاوت‌های

حوضه سد گلستان در ایران را با استفاده از اطلاعات کمکی موجود و آنالیز تصاویر لندست ETM+ برای سه تاریخ مجزا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تصاویر تابستانی برای نقشه‌های کاربری زمین اکثراً مناسب می‌باشند (۲۲). لی و همکاران (۱۹)، شاخص‌های پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر لندست ۷ (ETM+) را با لندست ۸ (OLI) مقایسه نمودند. نتایج مقایسه آنها نشان داد که OLI در مقایسه با ETM+ دارای بالاترین مقدار طیفی برای باندهای نزدیک فروسرخ برای انواع پوشش گیاهی و کمترین مقدار برای انواع غیر پوشش می‌باشد. این امر نشان‌گر آن است که این سنجنده پتانسیل بالایی در شناسایی پوشش گیاهی دارد (۱۹). زاهدی فرد و همکاران (۵)، به بررسی کاربرد داده‌های رقومی سنجنده TM در تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز رودخانه بازفت (استان چهارمحال بختیاری) با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده بیشترین شباهت، کمترین فاصله و متوازی‌السطوح پرداختند. نتایج آنها نشان داد که روش طبقه‌بندی نظارت شده به روش بیشترین شباهت، با کاپای ۸۷٪، بهترین نتیجه را برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه داده است و داده‌های رقومی TM قابلیت زیادی برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد بررسی دارند (۵). احمد پور و همکاران (۱)؛ به مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده (روش حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی‌السطوح و روش حداکثر درست‌نمایی) در تشخیص گروه‌های گیاهی منطقه حفاظت شده گلول و سرانی (استان خراسان شمالی) پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در بین روش‌های به کار برده شده، روش حداکثر درست‌نمایی بیشترین میزان صحت در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه برای هر دو گروه داده‌های ماهواره‌ای را دارا می‌باشد. در زمینه بررسی کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه تحقیقاتی از پیش صورت گرفته است که در ادامه به آنها اشاره می‌شود (۱). فیضی زاده و حاج میر رحیمی (۱۰)؛ با هدف استخراج کاربری‌های اراضی حاشیه شرق دریاچه ارومیه، از تصاویر

جدول ۱. مرور مطالعات انجام شده در زمینه کاربری حوضه آبریز دریاچه ارومیه

منبع	سال کاربری	مراغه (کیلومتر مربع)	اراضی زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی (کیلومتر مربع)	دیوارها (کیلومتر مربع)	توضیحات	مقایسه ضریب کاپا
جامعه مهندسين مشاور ایران (۳)	۱۳۵۸ ۱۳۸۵	-	۱۵۰۰ بیش از ۴۰۰۰	-	-	-
شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت خدمات فنی و مهندسی آشناسامانه (۷)	۱۳۵۳ ۱۳۶۹ ۱۳۷۷ ۱۳۸۸	۲۹۱۰۰ ۲۱۲۵۰ ۲۵۵۵۰ ۲۶۳۳۰	۳۳۵۰ ۳۱۳۰ ۵۱۹۰ ۴۶۲۰	۱۱۰۳۰ ۱۰۳۸۰ ۱۴۳۲۰ ۱۰۹۱۰	ماهواره لندست سنجنده MSS ماهواره لندست سنجنده TM ماهواره لندست ETM+ ماهواره های اسپات و استر و لندست	۸۳/۱٪ ۸۶/۹٪ ۸۷/۴٪ ۸۷/۶٪
شرکت مهندسين مشاور یکم (۸)	۱۳۶۹	-	۵۴۶۴	۷۹۹۱	-	-
خسرو شاهی و همکاران (۴)	۱۳۷۷ ۱۳۹۲	۱۶۶۷۶ ۱۶۵۸۸	۳۹۳۹ ۳۹۲۷	۹۲۷۸ ۱۱۹۶۰	ماهواره لندست سنجنده TM و ETM+ ماهواره لندست سنجنده OLI	۸۴/۲۵٪ ۸۷/۸۷٪
پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب (۱۲)	۱۳۶۳ ۱۳۸۸	۲۲۵۴۰ ۱۹۲۵۰	۳۷۷۰ ۴۶۸۰	۶۷۳۰ ۸۹۹۰	ماهواره لندست سنجنده TM	سال ۸۸ نسبت به سال ۶۳ برابر ۵۸/۰ است.

مواد و روش ها

انجام اصلاحات قبل از طبقه بندی

گردآوری داده ها و آماده سازی تصاویر

برای انجام این مطالعه تصاویر ماهواره ای لندست ۵ و لندست ۸ مربوط به سنجنده های TM و OLI (Operational Land Imager) در حوضه ارومیه برای دو بازه زمانی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ تهیه گردیدند. در انتخاب تصاویر فیلتر درصد پوشش ابری زیر ۱۰ درصد اعمال گردید و در نهایت ۷ الی ۸ تصویر برای هر سال جهت پوشش کامل حوضه انتخاب شد. شایان ذکر است که تصاویر در ماه های ۷ و ۸ میلادی انتخاب شدند تا تفکیک پذیری اراضی کشت آبی از سایر پوشش ها تسهیل یابد.

مشاهده شده قدرت تفکیک مکانی تصاویر مودیس می باشد که اجازه برداشت جزئیات را نمی دهد به طوری که در مورد پوشش جنگلی درختان سوزنی برگ تصاویر مودیس پیش بینی بیش از مقدار واقعی داشته اند. البته در مورد زمینه ای کشاورزی، جنگل های مخلوط معتدل و مرتع زارها هر دو ماهواره دارای نتایج یکسانی می باشند (۱۵). هدف از این پژوهش استخراج و مقایسه مساحت کاربری های اراضی زراعی آبی و باغی، اراضی شوره زار و بایر و پهنه های آبی در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ با استفاده از ماهواره لندست و برای سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ با استفاده از ماهواره مودیس می باشد. در انتها نتایج حاصل از سال ۱۳۸۹ برای دو ماهواره لندست و مودیس مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

جدول ۲. اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰)

سنسور	تاریخ اخذ تصویر	ردیف و ستون	وضوح تصویر (m)	ردیف	ماهواره
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۱۱	۱۶۷-۳۴	۳۰	۱	
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۱۱	۱۶۷-۳۵	۳۰	۲	
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۸/۱۰	۱۶۹-۳۳	۳۰	۳	
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۲	۱۶۸-۳۳	۳۰	۴	لندست
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۹	۱۶۹-۳۴	۳۰	۵	۵ TM
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۲	۱۶۸-۳۴	۳۰	۶	
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۷/۹	۱۶۹-۳۵	۳۰	۷	
L5 TM5 (LPGS)	۲۰۱۰/۸/۱۹	۱۶۸-۳۵	۳۰	۸	

تفکیک مکانی ۵۰۰ متری و گام زمانی سالانه مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ میلادی استفاده گردید. همچنین نقشه‌های SRTM-DEM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری (برداشتی از سایت reverb.echo.nasa.gov) و نقشه درصد شیب تهیه شده براساس آن به منظور تصحیح توپوگرافی بروی اطلاعات پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه، مورد استفاده قرار گرفت. خلاصه داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده در این مطالعه در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

انتخاب و ارزیابی باندها

به علت رفتار طیفی مشابه بعضی از کلاس‌ها در بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس، دخیل کردن بیش از ۵ باند طیفی در طبقه‌بندی منجر به کاهش صحت آن می‌شود (۶)؛ بنابراین لازم است تحلیل همبستگی باندهای مختلف سنجنده صورت گرفته و باندهای با همبستگی بالا از تحلیل کاربری حذف شوند. روش‌های مختلفی برای تحلیل وابستگی باندها و حذف باندهای اضافه وجود دارند. در این مطالعه برای یافتن ترکیب باندی مناسب از شاخص مطلوبیت برای باندهای غیرحرارتی استفاده شده است. این شاخص از تقسیم مجموع انحراف معیار سه باند بر مجموع ضرایب همبستگی دوه‌دوی آنها محاسبه شده و مقدار OIF بالاتر نشان دهنده کارایی بیشتر ترکیب باندی

این تصاویر پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریک، موزاییک شده و در مرز حوضه ارومیه برش یافتند (۲۲). در مرحله آخر عملیات بارزسازی خطی تصاویر جهت نمایش و استخراج بهتر اطلاعات صورت پذیرفت (۲۴). منظور از تصحیحات هندسی یکسان‌سازی تمام رفرنس‌ها به WGS ۱۹۸۴ UTM-Zone ۳۸ و منظور از تصحیحات رادیومتریک تبدیل ارزش راقومی به اطلاعات طیفی و اصلاح خطای زاویه‌ای برداشت می‌باشد و با استفاده از اطلاعات موجود در فراداده صورت گرفته است. منظور از عملیات بارزسازی خطی تصاویر افزایش کنتراست تصاویر به منظور افزایش تفاوت موجود بین درجات روشنایی پیکسل‌ها به منظور روشنایی و تفکیک بهتر پدیده‌ها به صورت بصری، عملیات خاصی صورت می‌گیرد که به طور کلی تحت عنوان افزایش کنتراست تصاویر عنوان می‌شوند. عملیاتی که برای افزایش کنتراست تصاویر اجرا می‌شوند، در حقیقت باعث تغییر ارزش اطلاعاتی پیکسل‌ها شده، قدرت تفسیر بصری را افزایش می‌دهند و از اینرو از یک تصویر جدید می‌توان اطلاعات بیشتری را استخراج نمود. در این مطالعه از نرم‌افزارهای ENVI 5.1 و ArcGIS 10.1 استفاده شده است. جهت مقایسه نتایج از محصولات پوشش زمین MODIS(MCD12Q1) مربوط به حوضه ارومیه با قدرت

جدول ۳. اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۱۳۹۲ (۲۰۱۳)

سنسور	تاریخ اخذ تصویر	ردیف و ستون	وضوح تصویر (m)	ردیف	ماهواره
OLI	۲۰۱۳/۷/۱۹	۱۶۷-۳۴	۳۰	۱	لندست ۸
OLI	۲۰۱۳/۸/۲۰	۱۶۷-۳۵	۳۰	۲	
OLI	۲۰۱۳/۷/۱۰	۱۶۸-۳۳	۳۰	۳	
OLI	۲۰۱۳/۷/۱۰	۱۶۸-۳۴	۳۰	۴	
OLI	۲۰۱۳/۸/۲۷	۱۶۸-۳۵	۳۰	۵	
OLI	۲۰۱۳/۸/۱۸	۱۶۹-۳۳	۳۰	۶	
OLI	۲۰۱۳/۸/۱۸	۱۶۹-۳۴	۳۰	۷	

طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال

این مرحله شامل جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و طبقه‌بندی آنها می‌باشند. در روش‌های نظارت شده تعدادی از پیکسل‌ها به‌عنوان معرف و نمونه‌های آموزشی به نرم‌افزار معرفی می‌گردد، سپس نرم‌افزار بقیه پیکسل‌ها را با توجه به دستورالعمل خاصی نظیر تابع حداکثر احتمال در مطالعه حاضر طبقه‌بندی می‌نماید (۲۱). در این روش احتمال تعلق پیکسل به کلاس‌های مختلف توسط تابع احتمال محاسبه می‌شود و توزیع مقادیر ارزش رقومی پیکسل‌های مناطق آموزشی به‌صورت توزیع نرمال در نظر گرفته می‌شود. سه مرحله کلی روش حداکثر احتمال شامل محاسبه بردار میانگین، واریانس و همبستگی برای کلاس‌ها در نمونه‌های آموزشی، لحاظ کردن پراکندگی پیکسل‌های اطراف بردار میانگین از طریق تابع احتمالات و محاسبه احتمال تعلق هر پیکسل به گروه‌های طیفی با استفاده از آزمون آماری و در نظر گرفتن عامل شدت احتمال، می‌باشد (۱۳). کلیه فرآیندها بر روی تصاویر طیفی با بالاترین شاخص مطلوبیت صورت گرفته است.

انجام اصلاحات پس از طبقه‌بندی

معمولاً نتایج طبقه‌بندی به‌طور خام نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به پردازش‌هایی به‌منظور آماده‌سازی این داده‌ها برای اهداف بعدی دارد. این پردازش‌ها با کمک داده‌های کمکی و

در تفکیک عارضه‌های تصویر می‌باشد. با محاسبه شاخص مطلوبیت، باندهایی که انحراف معیار بالاتر و ضریب همبستگی کمتری دارند انتخاب می‌شوند. همچنین نمودار پراکندگی باندهای مختلف تصاویر ترسیم و جهت انتخاب ترکیب بهینه تحلیل شد. لذا با ترکیب روش‌های فوق و بررسی منابع موجود از ترکیب‌های بهینه در تفکیک اراضی کشاورزی باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی مشخص گردید.

انتخاب نمونه‌های تعلیمی

برای طبقه‌بندی به شیوه نظارت شده نیاز به یک سری نمونه‌های تعلیمی یا محدوده‌هایی از پیکسل‌های معلوم برای هر طبقه است که به الگوریتم معرفی می‌شوند و الگوریتم طبقه‌بندی براساس پیکسل‌های معلوم، در مورد اختصاص باقی پیکسل‌ها به طبقات کاربری تصمیم‌گیری می‌کند (۲۴). در مطالعه حاضر نمونه‌های تعلیمی براساس نقشه کاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور مربوط به حوضه ارومیه در سال ۱۹۹۸، ۵۹ نقطه کنترل زمینی برداشت شده در مطالعه فتحیان (۹) برای بازه روز ۱۳ مرداد تا ۱۶ مرداد سال ۱۳۹۰ (۹)، بررسی ۵۰۰ نقطه لایه‌ای تصادفی در نرم‌افزار تحت وب Google earth برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ و با دید کارشناسی از تفسیر بصری ترکیب رنگی مادون قرمز تصاویر لندست انتخاب شدند.

قوانین منطقی بوده و به ترتیب در ادامه تشریح شده‌اند (۲۱).

ارزیابی و ادغام کلاس‌ها

بر مبنای اهداف مطالعه و نقشه‌های موجود از کاربری منطقه، در ابتدا ۶ کلاس شامل اراضی شامل کشت آبی، پهنه‌های آبی، اراضی مرتعی، اراضی کشت دیم، اراضی بایر و شوره‌زار و سایر کلاس‌ها انتخاب گردید. سپس با استفاده از پردازش‌های رقومی، پراکندگی کلاس‌ها در فضای دوبعدی باندها بررسی شد و کلاس‌های اراضی مرتعی و اراضی کشت دیم به علت تشابه‌های طیفی تلفیق گشتند. استخراج اراضی دیم در طبیعت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلایلی نظیر ارتفاع قطع محصول پس از برداشت، استفاده از زمین به‌عنوان چراگاه، آیش نگه‌داشتن زمین، رشد گیاهان مهاجم و یک‌ساله، زمان و عمق شخم و... بسیار مشکل می‌باشد و لذا مجموعه این عوامل وضعیت‌های بسیار متنوعی را ایجاد می‌کند که تفکیک این اراضی را از اراضی مرتعی فقیر مشکل می‌سازد (۲). همچنین به‌علت استفاده از تصاویر تابستانه در مطالعه حاضر و برداشت محصولات دیمی در ماه می (خردادماه)، تصاویر فاقد پوشش دیمی بوده و شناسایی اراضی دیم را مشکل‌تر می‌سازد.

اصلاح با ماسک شیب و ارتفاع

پس از تهیه نقشه شیب از DEM منطقه، مختصات ۵۰۰ نقطه نمونه برداری شده از Google earth که دارای کاربری مشخص هستند بر روی نقشه شیب منتقل و ارزش متناظر شیب این نقاط استخراج گردید. با استناد به مقادیر به‌دست آمده، ارزش شیب حداکثر ۱۰ درصد به کلاس اراضی کشت آبی تعلق یافت. برای جمع‌آوری این اطلاعات از نقشه‌های سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ Google earth استفاده شده است. سپس از مجموع پیکسل‌های منطقه، به‌کل پیکسل‌های با شیب بالای ۱۰ درصد ارزش صفر و به پیکسل‌های زیر ۱۰ درصد عدد یک اختصاص یافت (۲۴). در مراحل بعدی ماسک اصلاحی حاصل با نقشه حاصل از طبقه بندی ادغام و کل پیکسل‌های حاصل با ارزش صفر یا با

شیب بالای ۱۰٪ از کاربری کشت آبی حذف شدند. همچنین با توجه به بررسی بصری نواحی مرتفع و مزارع کشت آبی در نرم‌افزار تحت وب Google earth و با انتقال محدوده‌های فوق به نقشه DEM محدوده‌های ارتفاعی بالاتر از ۲۷۰۰ متر از مناطق اختصاص داده‌شده به کاربری کشت آبی استخراج و در کلاس سایر کاربری‌ها قرار گرفت.

اعمال فیلتر اکثریت (Majority filter)

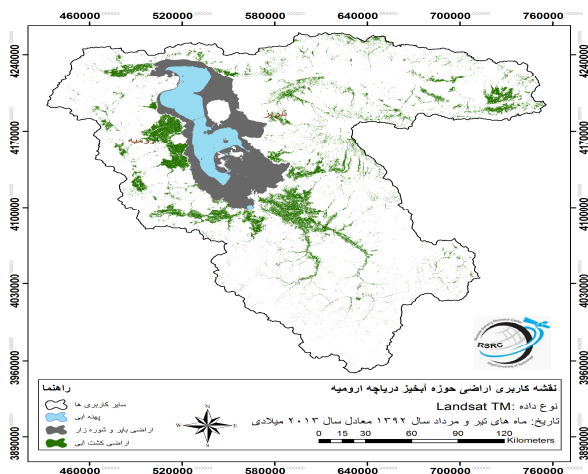
در نقشه‌های موضوعی حاصل از طبقه‌بندی که مبتنی بر اطلاعات پیکسل هستند، معمولاً در داخل کلاس‌ها نواحی کوچکی وجود دارند؛ این نواحی غالباً ناشی از عوامل خطا و جزئیات غیرمفید موجود در داده‌ها بوده و مانع مطلوبیت نقشه‌های طبقه‌بندی شده می‌شوند (۱۸). برای رفع این مشکل در مطالعه فوق، از فیلتر اکثریت در نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از مقادیر چهار همسایه متعامد و آستانه جایگزینی به‌روش اکثریت استفاده گردید. بدین ترتیب اعمال این فیلتر منجر به حذف پیکسل‌های منفرد و اصلاح طبقه‌بندی گردید.

تصحیحات توپوگرافی

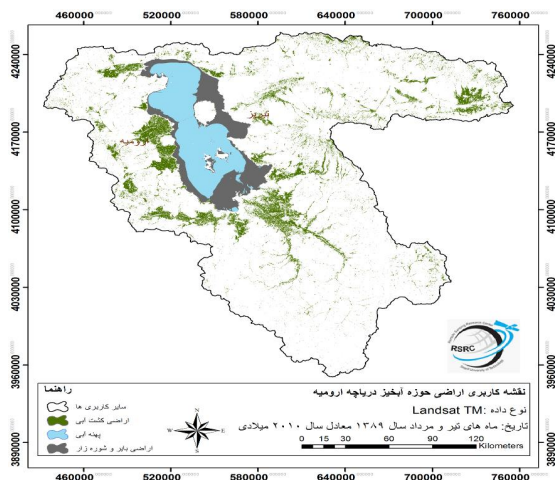
در این مرحله به دلیل متفاوت بودن زاویه پیکسلی خورشید، تأثیر ارتفاعات و نقاط پرشیب در تغییرات بازتابش تصاویر، همچنان نیاز به مقایسه منطقه به منطقه نقشه حاصل از کلاس‌بندی با لایه ترکیب رنگی و سایر نقشه‌های پایه وجود دارد (۲۱). برای مثال در این مرحله تالاب‌های حوضه که توسط الگوریتم طبقه‌بندی به کلاس اراضی کشت آبی اختصاص داده شده بودند، تفکیک و به طبقه پهنه‌های آبی اختصاص یافتند (۱۱).

آزمون صحت‌سنجی نتایج

به دلیل در اختیار نداشتن داده‌های زمینی، به‌منظور برآورد صحت مناطق تخصیصی به اراضی کشاورزی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ میلادی از تصاویر Google Earth برای سال‌های



شکل ۳. نقشه پراکنش اراضی کشت آبی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر- شورزار در حوضه آبخیز ارومیه، تابستان سال ۱۳۹۲



شکل ۲. نقشه پراکنش اراضی کشت آبی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر- شورزار در حوضه آبخیز ارومیه، تابستان سال ۱۳۸۹

نتایج

با بررسی توأم شاخص مطلوبیت، تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و همچنین تحلیل مشخصات آماری کلاس‌ها برای تصاویر سنجنده‌های TM و OLI به ترتیب ترکیب باندهای ۴-۳-۲ و ۵-۴-۳ جهت شرکت در طبقه‌بندی انتخاب گردید. شایان ذکر است که باندهای ۵-۴-۳ سنجنده OLI، معادل باندهای ۴-۳-۲ از سنجنده TM است. به دلیل همپوشانی طیفی بالای کلاس‌های مرتع و دیم و با توجه به هدف اصلی پژوهش که تفکیک اراضی زراعی می‌باشد، سایر کلاس‌ها ادغام گشته و در نهایت طبقه‌بندی براساس چهار کلاس اراضی کشت آبی، پهنه‌های آبی، اراضی بایر و شورزار و سایر کاربری‌ها ارائه گشت. شکل (۲) نحوه آرایش مکانی اراضی کشاورزی آبی و باغی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر و شورزار را در سال ۱۳۸۹ و شکل (۳) این اراضی را در سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، اراضی کشاورزی حوضه ارومیه غالباً در مخروط افکنه‌های اطراف دریاچه گسترده شده‌اند.

مساحت کاربری‌های تعیین شده براساس روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال در جدول (۴) بیان شده است. این جدول نشان

مختلف استفاده گردید. به همین صورت ۹۱۱ نقطه برای هر یک از سال‌ها در نرم‌افزار گوگل با کاربری‌های مختلف (اراضی زراعی آبی و باغی، اراضی بایر و شورزار، پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها) انتخاب شده و ارزش نظیر نقاط فوق از نقشه‌های کاربری سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ استخراج گردید و به وسیله آنها ماتریس خطا، ضریب خطا و صحت کلی برای هر یک از سال‌ها تعیین گردید.

مقایسه نتایج به دست آمده با محصولات پوشش زمین سالانه MODIS در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱

به منظور مقایسه نتایج به دست آمده، از محصولات پوشش زمین سالانه (MODIS MCD12Q1) با فرمت HDF استفاده گردید. این تصاویر براساس طبقه‌بندی نوع یک (Type 1(IGBP)) دارای ۱۷ کلاس پوشش می‌باشند. در این سیستم طبقه‌بندی اراضی کشت آبی با کلاس پوشش شماره ۱۲، پهنه‌های آبی با کلاس شماره صفر و اراضی شورزار و بایر با کلاس شماره ۱۶ مشخص شده‌اند. در ادامه تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ به فرمت پلی‌گون تبدیل شده، مساحت پوشش‌های مورد نظر محاسبه و با اعداد به دست آمده از مطالعه حاضر مقایسه گردید.

جدول ۴. مساحت کلاس‌های مختلف پوشش زمین (کیلومتر مربع) برگرفته ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲

نسبت سال ۱۳۹۲ به سال ۱۳۸۹	۱۳۹۲	۱۳۸۹	نوع کاربری
۱/۶	۴۳۳۷	۴۰۸۳	اراضی کشت آبی
۰/۶	۱۹۷۶	۳۳۱۶	پهنه‌های آبی
۱/۵۵	۳۷۶۶	۲۴۲۷	اراضی بایر و شورزار

جدول ۵. ماتریس خطا و صحت طبقه‌بندی سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰)

خطای کمیسیون	جمع	سایر کاربری‌ها	پهنه‌های آبی	اراضی شور و زمین‌های بایر	زمین‌های زراعی آبی و باغی	
۰/۲۴	۴۴۰	۱۰۷	۰	۰	۳۳۳	زمین‌های زراعی آبی و باغی
۰/۲۷	۱۳۱	۰	۳۵	۹۶	۰	اراضی شور و زمین‌های بایر
۰/۰۲	۱۹۰	۰	۱۸۶	۴	۰	پهنه‌های آبی
۰/۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۰	۰	۰	سایر کاربری‌ها
		۲۵۷	۲۲۱	۱۰۰	۳۳۳	جمع
		۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۰	خطای امپسیون
					۹۱۱	جمع پیکسل‌ها
					٪ ۸۳/۹۷	دقت کلی
					۰/۷۷	کاپای کلی

سال‌های ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) و ۱۳۹۲ (۲۰۱۳) به ترتیب ۸۳/۹۷ و ۹۰/۷۸ درصد و مقدار ضریب کاپا به ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۸۷ می‌باشد. شکل ۴ نقشه پوشش زمین MODIS را برای شماره کلاس‌های ۱۲/۰ و ۱۶ و برای دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. براساس شکل (۴) سطح دریاچه کاهش و اراضی کشاورزی به‌ویژه در نواحی جنوبی و جنوب غربی دریاچه ارومیه افزایش داشته است. جدول (۷) مقادیر معادل کاربری‌های فوق را در محصول پوشش زمین از سنجنده MODIS نشان می‌دهد. براساس این جدول نسبت اراضی کشت آبی، پهنه‌های آبی و زمین‌های بایر با پوشش گیاهی پراکنده سال ۱۳۹۱ به سال ۱۳۸۹ به ترتیب ۱/۱۳، ۰/۸۳ و ۱/۷۹ می‌باشد. نسبت کاربری کشت آبی، پهنه‌های آبی و زمین‌های

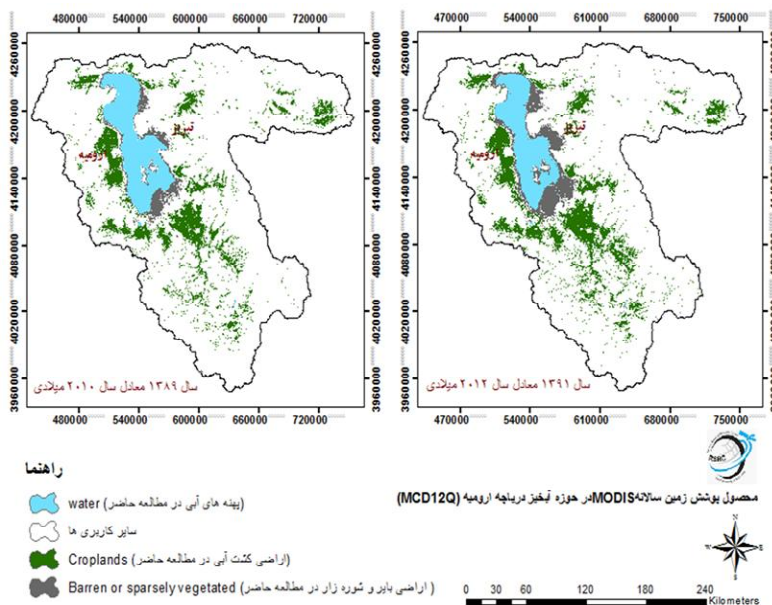
می‌دهد که مساحت اراضی کشت آبی در سال ۱۳۸۹ معادل ۴۰۸۳ کیلومتر مربع و در سال ۱۳۹۲ معادل ۴۳۳۷ کیلومتر مربع است و نسبت مساحت اراضی کشت آبی سال ۱۳۹۲ به سال ۱۳۸۹ برابر ۱/۶ می‌باشد. سطح پوشش آبی در سال ۱۳۸۹ معادل ۳۳۱۶ کیلومتر مربع و در سال ۱۳۹۲ معادل ۱۹۷۶ کیلومتر مربع بوده و نسبت مساحت پهنه‌های آبی سال ۱۳۹۲ به سال ۱۳۸۹ برابر ۰/۶ می‌باشد. براساس همین جدول نسبت مساحت اراضی بایر و شورزار سال ۱۳۹۲ به سال ۱۳۸۹ برابر ۱/۵۵ می‌باشد؛ که نشان از افزایش قابل توجه این کاربری در این بازه زمانی دارد. جداول (۵) و (۶) ماتریس خطای کاربری‌های اراضی حاصل از ماهواره لندست برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهند. با توجه به این جداول مقدار صحت کلی برای

جدول ۶. ماتریس خطا و صحت طبقه‌بندی سال ۱۳۹۲ (۲۰۱۳)

خطای کمیسیون	جمع	سایر کاربری‌ها	پهنه‌های آبی	اراضی شور و زمین‌های بایر	زمین‌های زراعی آبی و باغی	
۰/۰۵۹۱	۴۴۰	۲۶	۰	۰	۴۱۴	زمین‌های زراعی آبی و باغی
۰/۲۹۰۰	۲۰۰	۰	۵۸	۱۴۲	۰	اراضی شور و زمین‌های بایر
۰/۰۰۰۰	۱۲۱	۰	۱۲۱	۰	۰	پهنه‌های آبی
۰/۰۰۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۰	۰	۰	سایر کاربری‌ها
		۱۷۶	۱۷۹	۱۴۲	۴۱۴	جمع
		۰/۱۴۸	۰/۳۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	خطای امیسیون
					۹۱۱	جمع پیکسل‌ها
					٪ ۹۰/۷۸	دقت کلی
					۰/۸۷	کاپای کلی

جدول ۷. مساحت و تغییر مساحت کاربری‌های مورد مطالعه در حوضه آبخیز ارومیه، سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱

نسبت سال ۱۳۹۱ به سال ۱۳۸۹	۱۳۹۱	۱۳۸۹	نوع کاربری در مطالعه حاضر	نوع پوشش در محصول مودیس
۱/۱۳	۵۸۶۴	۵۱۶۹	اراضی کشت آبی	زمین‌های زراعی
۰/۸۳	۳۱۵۰	۳۸۰۴	پهنه‌های آبی	پهنه‌های آبی
۱/۷۹	۲۱۳۵	۱۱۹۰	اراضی بایر و شوره‌زار	زمین‌های بایر یا دارای پوشش پراکنده



شکل ۴. نحوه پراکنش کاربری‌های مورد مطالعه در محصول پوشش زمین MODIS در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱

که همانند ماهواره لندست نشان از افزایش مساحت زمین‌های کشت آبی و زمین‌های بایر و شورزار و کاهش پهنه‌های آبی می‌باشد.

تصاویر ماهواره لندست و مودیس در سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد که ماهواره مودیس کاربری کشت آبی و پهنه‌های آبی را با دقت بهتری نسبت به سایر کاربری‌ها نشان می‌دهد. همچنان که در مقاله کوهن در سال ۲۰۰۳ بیان شده است، دلیل اختلافات موجود در نتایج استخراج شده از ماهواره لندست و مودیس را می‌توان به اختلاف در قدرت تفکیک مکانی آنها نسبت داد (۱۵). درزمینه زمین‌های بایر و شورزار تصاویر مودیس دارای اختلاف قابل توجهی با تصویر لندست می‌باشد. دلایل اختلاف نتایج میان ماهواره لندست و مودیس را می‌توان عدم قدرت تفکیک مکانی یکسان میان این تصاویر دانست. علاوه بر تفاوت قدرت تفکیک مکانی، اختلاف حاصل به ماهیت سالانه بودن محصول MODIS و روزانه بودن محصول لندست برمی‌گردد. نقشه‌های کاربری روزانه تنها قادر به محاسبه سطح اراضی در روز تصویربرداری بوده و این سطح می‌تواند بسته به ماه‌های مختلف سال تغییر کند. علاوه بر اهمیت رشد فنولوژیکی و حضور گیاه در زمان تصویربرداری، مسائل دیگری مثل درصد تاج پوشش و نیاز آبی گیاهان از عوامل مهم مصرف آب در حوضه هستند که در تصاویر مربوط به یک روز خاص در نظر گرفته نمی‌شوند.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از راهنمایی‌های ارزنده جناب آقای دکتر تجریشی، سرکار خانم دکتر سیما، جناب آقای دکتر کریمی و جناب آقای دکتر حمید طاهری شهر آیینی که با مشاوره‌های علمی و عملی و پیشنهادهای سازنده خود در غنای این مقاله نقش بسزایی داشتند.

بایر و شورزار سال ۱۳۸۹ حاصله از ماهواره مودیس نسبت به ماهواره لندست ۱/۲۶، ۱/۱۵ و ۰/۴۹ می‌باشد. با توجه به این نسبت‌ها می‌توان بیان نمود که ماهواره مودیس پهنه‌های آبی را با کمترین اختلاف و زمین‌های بایر و شورزار را با اختلاف قابل توجهی پیش‌بینی نموده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ توسط ماهواره لندست نشان می‌دهد که نسبت اراضی کشت آبی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر و شورزار سال ۱۳۹۲ به سال ۱۳۸۹ برابر ۱/۶، ۰/۶ و ۱/۵۵ می‌باشد؛ که بیانگر این می‌باشد که مساحت اراضی کشت آبی و اراضی بایر و شورزار در این بازه زمانی افزایش و مساحت اراضی پهنه‌های آبی کاهش قابل توجهی نموده است. ضریب کاپا برای سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) و ۱۳۹۲ (۲۰۱۳) به ترتیب برابر ۰/۷۷ و ۰/۸۷ می‌باشد. پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب (۱۲)، مساحت اراضی کشت آبی و باغی را برای سال ۱۳۹۲ را ۴۶۸۰ کیلومتر مربع برآورد نموده است که اختلاف ۸ درصدی در نتایج میان این تحقیق و پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب مشاهده گردید. مساحت اراضی کشت آبی و باغی در سال ۱۳۸۸ توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران و آشناسنامه (۷) معادل ۴۶۲۰ کیلومتر مربع برآورد گردید. با بررسی نتایج کاربری حاصله برای سال ۱۳۸۹ حاصل از این تحقیق با شرکت مدیریت منابع آب ایران، اختلاف ۱۳٪ در نتایج مشاهده گردید. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته نتایج کاربری اراضی زراعی آبی و باغی محاسبه شده در این تحقیق بسیار نزدیک به نتایج مطالعات دیگران می‌باشد.

بررسی کاربری اراضی حاصله از ماهواره مودیس برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ نشان داد که نسبت مساحت کاربری‌های کشت آبی، پهنه آبی و زمین‌های بایر و شورزار سال ۱۳۹۱ به سال ۱۳۸۹ به ترتیب ۱/۱۳، ۰/۸۳ و ۱/۷۹ می‌باشد

منابع مورد استفاده

۱. احمدپور، ا. ک. سلیمانی، م. شکری و ج. قربانی. ۱۳۹۳. مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی. مجله‌ی سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی ۳: ۷۷-۸۹.
۲. براتی قهرخی، س.، س. س. س. س. س. س. س. س. س. ج. خواجه‌الدین و ب. رایگانی. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوضه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۵۴-۱۳۸۱). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳: ۳۴۹-۳۶۵.
۳. جامعه مهندسان مشاور ایران. ۱۳۹۰. گزارش نهایی ارزشیابی پایداری فرآیند توسعه و پی‌آمدهای آن در دریاچه ارومیه (بحران زیست‌محیطی دریاچه ارومیه).
۴. خسروشاهی، س. ش.، س. عبدالله‌آبادی، م. دهقانان، خ. عمرانی، ح. رضایی و م. شهابی. ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات حوضه آبریز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۲. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۲۷ بهمن تا ۳۰ بهمن ۱۳۹۲.
۵. زاهدی فرد، ن.، س. ج. خواجه‌الدین و ا. جلالیان. ۱۳۸۳. کاربرد داده‌های رقومی سنجنده TM در تهیه نقشه کاربری اراضی آبخیز رودخانه بارفت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۲: ۹۱-۱۰۵.
۶. زبیری، م و ع. مجد. ۱۳۹۰. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران.
۷. شرکت مهندسی آشناسنامه. ۱۳۸۸. گزارش نهایی کاربری اراضی ارومیه. شرکت مدیریت منابع آب ایران.
۸. شرکت مهندسی مشاور یکم. ۱۳۸۴. گزارش نهایی مدیریت جامع منابع آب حوضه دریاچه ارومیه.
۹. فتحیان، ف. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و متغیرهای آب و هواشناسی در حوضه دریاچه ارومیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۰. فیضی زاده، ب و س. م. حاجی میر رحیمی. ۱۳۸۷. کاربرد داده‌های سنجش از دور در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی. همایش ژئوماتیک. سازمان نقشه برداری کشور. تهران
۱۱. مرکز سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۹۵. گزارش نهایی بررسی تحلیلی کاربری اراضی (کشاورزی آبی) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳).
۱۲. پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب. ۱۳۹۲. گزارش نهایی بررسی تغییر شرایط محیطی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (کاربری اراضی).
13. Ahmad, A. 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. J. Appl. Math. Sci. 6: 6425-6435.
14. Al-Ahmadi, F. S and A. S. Hames, 2007. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for Some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia. JKAU; J. Earth. Sci. 20:167-191.
15. Cohen, W. B., T. K. Maierperger. Z. Yang. S. T. Gower. D. P. Turner. W. D. Ritts. M. Berterretche and S. W. Running. 2003. Comparisons of land cover and lai estimates derived from ETM+ and MODIS for four sites in North America: a quality assessment of 2000/2001 provisional MODIS products. J. Remote. Sens. Environ. 88: 233-255.
16. FAO/UNEP. 1999. Terminology for integrated resources planning and management, Food and Agriculture Organization/United Nations Environmental Program, Rome, Italy and Nairobi, Kenya.
17. Heumann, B.W. 2011. An object-based classification of mangroves using a hybrid decision tree-support vector machine approach. J. Remote. Sens. 3: 2440-2460.

18. Kenduiywo, B. K., E. W. Nduati. C. N. Mundia and T. Korme. 2013. Land-cover mapping using landsat for sustainable greenhouse gas (GHG) inventory development. 14th GSDI. Addis Ababa.
19. Li, P., L. Jiang and Z. Feng. 2014. Cross- comparison of vegetation indices derived from landsat-7 enhanced thematic mapper plus (ETM+) and landsat-8 operational land imager (OLI) sensors. *J. Remote. Sens.* 6: 310-329.
20. Liu, X., A. K. Skidmore and H. V. Oosten. 2002. Integration of classification methods for improvement of land-cover map accuracy. *J. Photogramm. Remote. Sens.* 56: 257-267.
21. Manandhar, R., I. O. A. Odeh and T. Ancev. 2009. Improving the accuracy of land use and land cover classification of landsat data using post-classification enhancement. *J. Remote. Sens.* 1: 330-344.
22. Saadat, H., J. Adamowski. R. Bonnell. F. Sharif. M. Namdar and S. Ale-Ebrahim. 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *J. Photogramm. Remote. Sens* 66: 608-619.
23. Seto, K. C., C. E. Woodcock. C. Song. X. Huang. J. Lu and R. K. Kaufmann. 2002. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using landsat TM. *Int. J. Remote. Sens.* 23: 1985-2004.
24. Sousa, P. M. and J. Rocha. 2005. Land use/cover maps by RS and ancillary data integration in a GIS environment. global developments in environmental earth observation from space. 25th EARSeL Symposium, Porto, Portugal.

Analytical Study of Land Use Changes (Irrigated Agriculture) in the Watershed of Lake Urmia using Landsat Imagery

S. Youneszadeh Jalili¹, M. Kamali^{*1} and P. Daneshkar Arasteh²

(Received: June 07-2015 ; Accepted: May 11-2016)

Abstract

Integrated management of watershed basins depends on deep knowledge of basic concepts such as the arrangement of lands and their uses. Location and distribution of agricultural land use help to balance water resources in the watershed basins. In this research with the help of satellite images of Landsat 5 and 8, and the method of maximum likelihood classification algorithm, land use types of water, barren areas and salt lands, and irrigated agriculture were studied in the Urmia watershed in the years 2010 and 2013. Then applications of modis images and product Urmia watershed land cover for years 2010 and 2012 were compared and finally modis and Landsat land covers in 2010 were compared. Results showed that the area of irrigated farmlands of Urmia basin has increased in the years between 2010 and 2013; while, the water zone has declined. Comparison between modis and landsat in 2010 showed that modis can estimate irrigated lands and water zone better than barren areas. The kappa coefficient for years 2010 and 2013 in Landsat images are 0/77 and 0/87, respectively.

Keywords: Irrigated agricultural lands, Land use, Maximum likelihood classification, Urmia watershed basin.

1. Remote Sensing Res. Center, Sharif Univ. of Technol., Tehran, Iran.

2. Faculty of Eng. and Technol., Imam Khomeini International Univ., Qazvin, Iran.

*: Corresponding Author, Email: meisamkamali_63@yahoo.com