



دانشگاه صنعتی شریف

مرکز تحقیقات سنجش از دور (RSRC)

بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

تهیه کنندگان

میثم کمالی

سهیلا یونس زاده جلیلی

تیر ۱۳۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شناسه سند		
بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای		عنوان سند
<input type="checkbox"/> پروپوزال	<input type="checkbox"/> گزارش پیشرفت	نوع سند
<input type="checkbox"/> مقاله	<input type="checkbox"/> خلاصه مدیریتی	
TR-۹۳-۵		کد سند
		شماره قرارداد
		تاریخ قرارداد
دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه		کارفرما
		گروه فنی
دکتر پیمان دانشکار آراسته		مدیر فنی طرح
دکتر حمید طاهری شهرآئینی		داوران خارجی
مهندس میثم کمالی، مهندس سهیلا یونس زاده		کارشناسان فنی طرح
تیر ۱۳۹۵		تاریخ انتشار
دوم		ویرایش

سپاس‌گزاری

از پیشنهادهای سازنده‌ی سرکار خانم دکتر سیما، جناب آقای دکتر کریمی و آقایان مهندس شادزاد و مهندس جلیوند در مسیر اجرای پروژه نیز قدردانی به عمل می‌آید.

چکیده

حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه در شمال غربی ایران واقع شده و یکی از حوضه‌هایی است که در طول سال-های اخیر با چالش‌های جدی از قبیل خشک شدن دریاچه، بیلان منفی آبخوان‌ها تغییرات کاربری، افزایش سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی و تغییر الگوی کشت از سمت محصولات کم‌مصرف به محصولاتی با نیاز آبی بالا مواجه شده است. به‌منظور مدیریت بهتر آب در حوضه داشتن دانش عمیق از اطلاعات پایه از جمله آرایش اراضی و نوع کاربرد آن ضروری است. متأسفانه منابع اطلاعاتی و آماری موجود در مورد وضعیت کاربری حوضه پراکنده، ناکافی و بعضاً متناقض می‌باشند. هدف اصلی از این مطالعه بررسی سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی و سطح پوشش منابع آبی حوضه ارومیه و بررسی نحوه تغییرات آن‌ها در فاصله سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۳ میلادی می‌باشد. لذا مطالعه حاضر، تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (با تأکید بر کاربری کشت آبی) را در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (روش حداکثر درست‌نمایی) تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین با استفاده از محصولات پوشش زمین سنجنده مودیس در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ تغییرات پوشش زمین (Land Cover) در حوضه ارومیه در این بازه استخراج و تحلیل گردیده است.

برخی از نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که مساحت مجموع اراضی زراعی آبی و باغی، در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۳۱۸۶، ۴۰۸۳ و ۴۳۳۷ کیلومتر مربع می‌باشند. لذا نسبت اراضی زراعی آبی و باغی در سال ۲۰۱۳ به سال ۱۹۷۶ برابر ۱,۳۶ می‌باشد. نسبت مساحت اراضی کشاورزی در نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال ۲۰۱۳ به مساحت حاصل از محصول پوشش زمین سنجنده مودیس مربوط به سال ۲۰۱۲ برابر ۰,۷۴ می‌باشد. به‌طور کلی آنچه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و در بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۳ رخ داده شامل افزایش سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی و کاهش سطح دریاچه است.

کلیدواژه‌ها: حوضه آبریز دریاچه ارومیه، تغییرات کاربری اراضی، تصاویر لندست، روش حداکثر

درست‌نمایی، محصول پوشش زمین سنجنده مودیس، اراضی زراعی آبی و باغی

فهرست مطالب

۱- مقدمه	۱
۲- اهداف تحقیق	۵
۳- مروری بر ادبیات	۵
۳-۱- روش حداکثر درستمایی	۵
۳-۲- تجربیات دیگران در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌های جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی	۶
۳-۳- تحقیقات پیشین در زمینه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه	۱۰
۴- روش‌شناسی تحقیق	۱۳
۴-۱- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌های به روش حداکثر درستمایی	۱۳
۴-۱-۱- طبقه‌بندی نظارت شده	۱۳
۴-۱-۲- طبقه‌بندی به روش حداکثر درستمایی	۱۳
۴-۲- مراحل انجام کار	۱۶
۴-۲-۱- گردآوری داده‌ها و آماده‌سازی تصاویر	۱۶
۴-۲-۲- تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی	۱۹
۴-۲-۳- انتخاب و ارزیابی باندها	۲۰
۴-۲-۴- انتخاب نمونه‌های تعلیمی	۲۰
۴-۲-۵- طبقه‌بندی به روش حداکثر درستمایی	۲۱
۴-۲-۶- انجام اصلاحات پس از طبقه‌بندی	۲۱
۴-۲-۷- آزمون صحت سنجی نتایج	۲۳
۴-۲-۸- مقایسه نتایج بدست آمده با محصولات پوشش زمین سالانه مودیس در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲	۲۳
۴-۲-۹- تحلیل محصولات پوشش زمین سالانه مودیس در فاصله سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲	۲۳
۴-۲-۱۰- تحلیل سریهای زمانی NDVI ۲۵۰ متری مودیس با محصولات سری زمانی مودیس	۲۴
۵- نتایج و بحث:	۲۵
۵-۱- نتایج استخراج کاربری با روش طبقه‌بندی نظارت شده	۲۵
۵-۲- تغییرات مساحت پوشش زمین در سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ با تصاویر مودیس	۴۰
۵-۳- بررسی و تحلیل سری زمانی NDVI از محصولات ۲۵۰ متری مودیس	۴۷
۶- نتیجه‌گیری کلی	۵۵
۷- پیشنهادها	۵۶
۸- مراجع	۵۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- محل قرارگیری حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه در کشور، به همراه مسیر رودخانه‌های منتهی به دریاچه‌ی ارومیه ... ۲
- شکل ۲- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۴-۵-۷ لندست ۲ در سال ۱۹۷۶..... ۲۷
- شکل ۳- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۲-۳-۴ لندست ۵ در سال ۲۰۱۰..... ۲۸
- شکل ۴- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۳-۴-۵ لندست ۸ در سال ۲۰۱۳..... ۲۹
- شکل ۵- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۱۹۷۶..... ۳۰
- شکل ۶- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۲۰۱۰..... ۳۱
- شکل ۷- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۲۰۱۳..... ۳۲
- شکل ۸- نقشه‌ی کلاس بندی شیب حوضه‌ی ارومیه برحسب درصد..... ۳۵
- شکل ۹- نقشه DEM حوضه آبخیز ارومیه بر حسب متر..... ۳۶
- شکل ۱۰- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درستمایی، سال ۱۹۷۶..... ۳۷
- شکل ۱۱- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درستمایی، سال ۲۰۱۰..... ۳۸
- شکل ۱۲- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درستمایی، سال ۲۰۱۳..... ۳۹
- شکل ۱۳- نقشه پوشش زمین از سنجنده مودیس مربوط به سال ۲۰۰۱..... ۴۳
- شکل ۱۴- نقشه پوشش زمین از سنجنده مودیس مربوط به سال ۲۰۱۲..... ۴۴
- شکل ۱۵- مساحت پهنه‌های آبی با استفاده از محصولات کاربری مودیس بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲..... ۴۵
- شکل ۱۶- مساحت اراضی کشاورزی با استفاده از محصولات کاربری مودیس بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲..... ۴۵
- شکل ۱۷- مقایسه‌ی اراضی زراعی آبی و باغی از محصولات کاربری مودیس و تصاویر لندست ۸ ماه‌های می (اردیبهشت) و اوت (مرداد)..... ۴۶
- شکل ۱۸- محدوده ۱ انتخاب شده در حاشیه جنوبی دریاچه..... ۴۷
- شکل ۱۹- روند تغییرات ماهانه شاخص پوشش گیاهی در طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی در استان آذربایجان غربی، ۴ ماه از سال ۲۰۱۴ در استان آذربایجان غربی و در سال ۲۰۱۰ در محدوده یک..... ۴۸
- شکل ۲۰- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه می سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک..... ۴۸
- شکل ۲۱- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ میلادی در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک..... ۴۹
- شکل ۲۲- موقعیت محدوده ۲ در باغات واقع در بخش غربی دریاچه ارومیه..... ۴۹
- شکل ۲۳- روند شاخص پوشش گیاهی در بازه سالهای ۲۰۰۰-۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و محدوده ۲ در سال ۲۰۱۰..... ۴۹
- شکل ۲۴- هیستوگرام تغییرات شاخص پوشش گیاهی در ماه می سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده دو..... ۵۰
- شکل ۲۵- هیستوگرام تغییرات شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت (مرداد) سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده ۲..... ۵۰
- شکل ۲۶- محدوده ۳ از دیم‌زارهای جنوبی دریاچه ارومیه..... ۵۱

- شکل ۲۷- روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در سالهای ۲۰۰۰-۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده ۳ (دیم‌زارهای جنوب دریاچه) ۵۲
- شکل ۲۸- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه می سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده سه (دیم‌زارهای جنوب دریاچه) ۵۳
- شکل ۲۹- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و محدوده سه در سال ۲۰۱۰ ۵۳
- شکل ۳۰- روند شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان غربی در بازه سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ ۵۴
- شکل ۳۱- روند شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان شرقی در بازه سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ ۵۴

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱- مرور مطالعات انجام شده در زمینه ی کاربری حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۲
- جدول ۲- مشخصات فنی ماهواره ی لندست ۲ ۱۶
- جدول ۳- مشخصات فنی سنجنده MSS ۱۷
- جدول ۴- مشخصات سنجنده TM ۱۷
- جدول ۵- مشخصات سنجنده OLI ۱۸
- جدول ۶- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست مربوط به سال ۱۹۷۶ ۱۸
- جدول ۷- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۲۰۱۰ ۱۹
- جدول ۸- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۲۰۱۳ ۱۹
- جدول ۹- کلاس‌های قدیم و جدید مودیس ۲۴
- جدول ۱۰- مساحت کاربری‌های مختلف و تغییرات زمانی آنها به کیلومتر مربع در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ ۳۳
- جدول ۱۱ ضرایب صحت سنجی برای کاربری‌های مختلف و ضرایب کاپا برای سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ ۳۴
- جدول ۱۲- مساحت کلاس‌های مختلف پوشش زمین (کیلومتر مربع) بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ میلادی ۴۱
- جدول ۱۳- مساحت کلاس‌های مختلف پوشش زمین (کیلومتر مربع) بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ و نسبت مساحت کاربری سال ۲۰۱۲ به سال ۲۰۰۱ ۴۱

۱- مقدمه

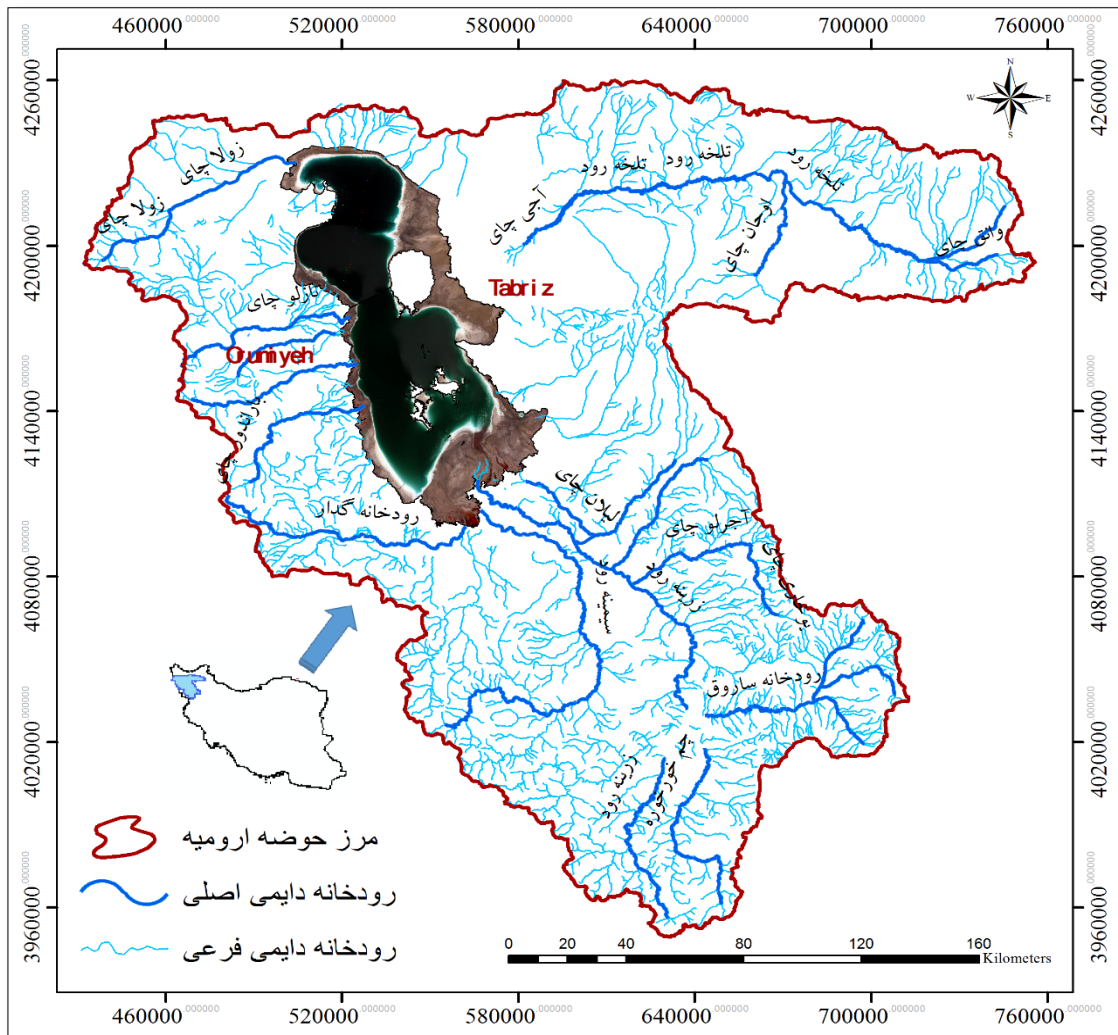
دریاچه‌ی ارومیه در شمال غربی جمهوری اسلامی ایران، یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های دائمی فوق‌شور در جهان و بزرگ‌ترین دریاچه از این نوع در خاورمیانه است که به لحاظ جغرافیایی مابین استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و آذربایجان غربی و در محدوده‌ی ۳۶/۴۵ تا ۳۸/۲۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۴/۵۰ تا ۴۶/۱۰ درجه‌ی طول شرقی استقرار یافته است. (Sima and Tajrishy, 2013)؛ برنامه‌ی مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۹). شکل (۱) محل قرارگیری حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه در کشور، به همراه مسیر رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه را نمایش می‌دهد. حداکثر سطح دریاچه در دوران پرآبی در حدود ۶۱۰۰ کیلومتر مربع ارزیابی شده است؛ با این حال، از سال ۱۹۹۵ میلادی وسعت دریاچه کاهش داشته و مطابق اطلاعات به دست آمده از تحلیل داده‌های ماهواره‌ی لندست، در اوت سال ۲۰۱۱ میلادی به ۲۳۶۶ کیلومتر مربع رسیده است (Pengra, 2012). بدنه‌ی آبی دریاچه نسبتاً کم عمق بوده (عمق متوسط ۵/۴ متر) و طول دریاچه از ۱۳۰ تا ۱۴۵ کیلومتر در راستای شمالی- جنوبی متغیر است؛ حداکثر عرض گزارش شده برای دریاچه معادل ۵۸ کیلومتر می‌باشد. میزان نوسانات سطح آب در سال‌های کم‌آب و پرآب در حدود ۶ متر است (برنامه‌ی مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۹).

ویژگی‌های منحصربه‌فرد دریاچه‌ی ارومیه سبب شده تا این دریاچه به همراه جزایر درونی آن از سوی سازمان یونسکو^۱ به عنوان ذخیره گاه طبیعی ثبت جهانی شود. این دریاچه به دلیل داشتن ارزش‌های اکولوژیک و منحصربه‌فرد، در سال ۱۳۴۶ براساس مصوبه‌ی شماره‌ی ۶۳ شورای عالی حفاظت محیط زیست کشور، به عنوان منطقه‌ی حفاظت شده و طبق مصوبه‌ی شماره‌ی ۶۳ شورای عالی در سال ۱۳۵۴ به عنوان پارک ملی ارتقا یافته است. همچنین در سال ۱۳۵۶ براساس مصوبات MAB^۲ (انسان و کره‌ی مسکونی) به عنوان یکی از مناطق بین‌المللی ذخیره گاه‌های زیست کره در سطح جهان به ثبت رسیده است. این دریاچه با تمامی جزایر آن در سال ۱۳۵۴ به عنوان یکی از تالاب‌های بین‌المللی در کنوانسیون رامسر ثبت و از طرف مؤسسه‌ی بین‌المللی تالاب‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین زیست گاه‌های پرندگان انتخاب شده است (وبسایت کنوانسیون رامسر، ۱۹۷۱؛ جامعه‌ی مهندسان مشاور ایران، ۱۳۹۰). علاوه بر این، این دریاچه و تالاب‌های اقماری آن به عنوان

^۱ سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی سازمان ملل متحد

^۲ Man and the Biosphere Programme

یکی از سایت‌های نمونه‌ی طرح حفاظت از تالاب‌های ایران با مشارکت برنامه‌ی عمران سازمان ملل^۱ انتخاب گردیده است.



شکل ۱- محل قرارگیری حوضه آبریز دریاچه ارومیه در کشور، به همراه مسیر رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه

برخی از مهم‌ترین تغییرات عمده‌ی اکولوژیک دریاچه را می‌توان به دسته‌های زیر طبقه‌بندی نمود: کاهش سطح دریاچه و ایجاد پهنه‌های وسیع شوره‌زار، افزایش غلظت نمک و کاهش شدید آرتمیا، کاهش شدید ظرفیت دریاچه برای پذیرش پرندگان آبی، تبدیل تالاب اقماری شورگل به مخزن ذخیره آب دائمی، خشک شدن تالاب یادگارلو در اثر احداث زهکش و وقوع پدیده‌ی تغذیه‌گرانی در اثر کاهش جریان‌های ورودی در تمامی تالاب‌های اقماری (برنامه‌ی مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۹). براساس مطالعات انجام شده طی دهه‌ی اخیر، مادامی که سطح آب دریاچه بالاتر از تراز ۱۲۷۴/۱ متر از سطح دریاهای آزاد در نوسان

^۱ United Nations Development Program/The Global Environmental Funds (UNDP/GEF)

باشد، دریاچه به عملکرد عادی اکولوژیک خود برای حفظ تنوع زیستی و تولید آرتمیا ادامه خواهد داد. با توجه به میزان سالیانه‌ی تبخیر از سطح دریاچه، برای حفظ تراز آبی دریاچه‌ی ارومیه در طی دوره‌های نرمال، سالیانه حداقل حدود ۳/۱ میلیارد مترمکعب آب مورد نیاز است (شرکت مهندسی مشاور یکم، ۱۳۸۴).

حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه با مساحتی بالغ بر ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع در شمال غربی ایران، بین مختصات جغرافیایی ۳۵/۶۷ تا ۳۸/۵۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۴/۱۲ تا ۴۷/۸۸ درجه‌ی طول شرقی واقع شده است. حدود ۶۷/۷ درصد از سطح حوضه‌ی آبریز را مناطق کوهستانی، ۱۷/۵ درصد را اراضی کوهپایه‌ای، تپه‌ها و دشت‌ها و ۱۴/۸ درصد را سطح دریاچه و مناطق باتلاقی تشکیل می‌دهند. مساحت این حوضه‌ی آبریز در استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کردستان و قسمت بسیار کمی نیز در کشور ترکیه واقع شده است. با صرف نظر از مقدار ناچیز سهم ترکیه، سهم هر یک از استان‌ها از وسعت این حوضه‌ی آبریز عبارت است از: استان آذربایجان غربی ۴۶٪، استان آذربایجان شرقی ۴۳٪ و استان کردستان ۱۱٪. (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) از نظر موقعیت محیط طبیعی نیز توسط بخش شمالی کوه‌های زاگرس، دامنه‌ی جنوبی کوه سبلان و دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. این حوضه‌ی آبریز در ارتفاعی بین ۱۲۸۰ تا ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته است که پست‌ترین نقطه‌ی آن دریاچه‌ی ارومیه و دشت‌های وسیع اطراف آن می‌باشد.

حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه از سمت شمال به حوضه‌ی رودخانه‌ی ارس (بیش‌ترین مرز مشترک به میزان ۴۱۰ کیلومتر)، از سمت شرق به حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی سفیدرود و سیروان و از غرب به حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی زاب محدود شده است. زیرحوضه‌های حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه، باراندوزچای و زولاچای در غرب، دریان‌چای و تسوج‌چای در شمال شرقی، آجی‌چای، آذرشهرچای و صوفی‌چای در شرق، دریاچه ارومیه در مرکز، زرینه‌رود، لیلان‌چای، مردوق‌چای و سیمینه‌رود در جنوب و مهابادچای و گدارچای در جنوب غربی می‌باشند. از تعداد ۱۹ رودخانه‌ی منتهی به دریاچه ارومیه، رودخانه‌های زرینه‌رود، سیمینه‌رود، گدارچای، آجی‌چای، باراندوزچای، نازلوچای، شهرچای، زولاچای، صوفی‌چای، آذرشهرچای، لیلان‌چای، مردوق‌چای، قلعه‌چای و مهابادچای دارای رژیم آبدهی دائم بوده و بقیه‌ی رودخانه‌ها فصلی هستند (جامعه‌ی مهندسان مشاور ایران، ۱۳۹۰).

از لحاظ شرایط اقلیمی، این حوضه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. متوسط میزان بارش در منطقه حدوداً ۳۵۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود که بخش عمده‌ی بارش از فصل پاییز تا

اواسط بهار رخ می‌دهد. در ماه‌های تابستان در مقایسه با دیگر فصول سال، میزان بارش بسیار اندک است. متوسط دمای سالانه برحسب ارتفاع بین ۶/۵ تا ۱۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر است. ماه‌های مرداد و شهریور گرم‌ترین و ماه‌های دی و بهمن سردترین ماه‌های سال هستند. متوسط سالانه‌ی تبخیر سطحی حوضه حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر تخمین زده شده و با توجه به شرایط، بین ۱۰۰۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر نوسان دارد. متوسط تبخیر سالانه از سطح دریاچه بین ۹۰۰ تا ۱۱۷۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود (برنامه‌ی مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۹).

مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز درگرو دانش عمیق از اطلاعات پایه حوضه و از جمله آرایش اراضی و نوع کاربرد آن می‌باشد. مفهوم کاربری اراضی^۱ به صورت چیدمان، فعالیت‌ها و ورودی‌های مردم در یک نوع زمین خاص در جهت تولید، تغییر و یا حفظ آن تعریف می‌شود (FAO/UNEP, 1999). یکی از مناطقی که در طول سال‌های اخیر با چالش‌های جدی در این زمینه مواجه شده، حوضه آبخیز ارومیه است. 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 زراعی آبی و باغی و تغییر الگوی کشت از سمت محصولات کم‌مصرف به محصولات با نیاز آبی بالا همگی نمونه‌هایی از تأثیرات تغییرات کاربری اراضی در بحران به وجود آمده در حوضه ارومیه هستند (پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، ۱۳۹۲). لذا تهیه نقشه کاربری اراضی از ملزومات مدیریتی این حوضه به حساب می‌آید.

تعیین انواع کاربری در یک حوضه به روش‌های گوناگون نظیر روش استفاده از پرسش‌نامه، برآورد از طریق بررسی میزان تولید محصولات کشاورزی، نقشه‌برداری زمینی و استفاده از فن‌های سنجش‌ازدور صورت می‌پذیرد؛ در بین فن‌های فوق روش استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع مکانی، قدرت تفکیک بالا، هزینه کم، آرشو زمانی غنی تصاویر ماهواره‌ای و سهولت روش‌های تعیین کاربری کاربرد فراوانی در مطالعات آبخیزداری داشته است (پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، ۱۳۹۲). لذا با توجه به مزایای روش سنجش‌ازدور و اهمیت تعیین سطح کشت اراضی زراعی آبی و باغی، مطالعه حاضر به بررسی سطوح کاربری حوضه آبخیز ارومیه و با تأکید بر کاربری‌های آبی، شوره‌زار و کشت اراضی زراعی آبی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و مودیس می‌پردازد.

^۱ Land use

۲-اهداف تحقیق

این مطالعه به دنبال استخراج نقشه کاربری اراضی با تمرکز بر کشت آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست، تحلیل تغییرات آن‌ها و همچنین استخراج و تحلیل سری زمانی تغییرات پوشش سطح برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ میلادی با استفاده از محصولات سنجنده مودیس می‌باشد. با استناد به اهداف فوق، خروجی‌های این مطالعه شامل نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ و مساحت کاربری‌های تعیین شده در هر سال، نقشه‌های NDVI مربوط به سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۳ و تحلیل تغییرات مساحت کلاس‌های پوشش زمین (سنجنده مودیس) بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ می‌باشد.

مهمترین سؤالات مهم مدنظر این مطالعه عبارت‌اند از:

۱. سطح زیر کشت اراضی کشاورزی و تغییرات آن‌ها در فاصله سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۳ به چه صورتی بوده است؟

۲. تغییرات پوشش زمین^۱ در حوضه ارومیه بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ چگونه بوده است؟

۳-مروری بر ادبیات

در این بخش ابتدا در مورد روش حداکثر درست‌نمایی توضیح داده می‌شود و سپس به بررسی تجربیات دیگران در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و تحقیقات پیشین در زمینه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخته می‌شود.

۳-۱-روش حداکثر درست‌نمایی

یکی از دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش‌ها از میان روش‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر درست‌نمایی می‌باشد. این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌های مختلف را ارزیابی می‌کند. در روش حداکثر درست‌نمایی فرض می‌شود که همه مناطق آموزشی از تابع توزیع نرمال برخوردارند. روش طبقه‌بندی حداکثر درست‌نمایی طی سه مرحله زیر صورت می‌گیرد (علوی پناه، ۱۳۸۵):

(۱) محاسبه بردار میانگین، واریانس و همبستگی برای کلاس‌ها در نمونه‌های آموزشی

(۲) لحاظ کردن پراکندگی پیکسل‌های اطراف بردار میانگین از طریق توابع احتمالی

^۱ Land cover

۳) معرفی کل داده‌ها به کلاس‌هایی که حداکثر درستی در آن کلاس را داشته باشند. در روش حداکثر درست‌نمایی، بعد از ارزیابی احتمالات در هر کلاس، پیکسل‌ها به کلاس‌هایی که بیشترین شباهت را دارند، اختصاص می‌یابند و در صورت پایین‌تر بودن مقادیر احتمال از حد آستانه، به عنوان پیکسل طبقه‌بندی نشده معرفی می‌شوند (علوی پناه، ۱۳۸۵). در بخش روش شناسی روابط مربوط به روش حداکثر درست‌نمایی ارائه می‌گردد.

۳-۲- تجربیات دیگران در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

استخراج اطلاعات مساحت و توزیع مکانی مزارع برنج در مناطق مرکزی استان مازندران توسط Alizadeh et al. (2014) انجام شده است. در این مطالعه از ماهواره‌های Aqua و Terra و محصولات MOD13Q1^۱ و MOD09A1^۲ استفاده گردید. الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش بر مبنای دو شاخص NDVI و LSWI (شاخص آب سطحی خاک که به رطوبت خاک و رطوبت برگ حساس است) می‌باشد. مفروضات مورد استفاده در این الگوریتم عبارت‌اند از اینکه در هنگام نشاء کاری برنج، به علت حالت سیلابی مزارع، مقدار LSWI افزایش می‌یابد و بعد از رشد برنج مقدار LSWI کاهش می‌یابد. شاخص NDVI در این دوره‌ها رفتار کاملاً معکوسی دارد. لذا بر اساس رابطه بین NDVI و LSWI مزارع برنج تشخیص و تفکیک داده شده و نتایج با ۱۸۳ نقطه مرجع زمینی صحت‌سنجی گردید.

شاخص‌های پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر لندست ۷ (ETM^۳+) با شاخص‌های حاصل از لندست ۸ (OLI^۴)، توسط Li et al. (2014) مقایسه شده است. نتایج مقایسه‌ی 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. آن‌ها بیان نمودند که LSWI (شاخص آب سطحی خاک) دارای عملکرد بهتری نسبت به شاخص NDVI برای مقایسه میان این دو حس‌گر می‌باشد.

^۱ 16-day composite MODIS vegetation Indices Product

^۲ MODIS 8-days surface reflectance product

^۳ Enhanced Thematic Mapper Plus

^۴ Operational Land Imager

کاربری زمین در حوضه سد گلستان با استفاده از اطلاعات کمکی موجود و آنالیز تصاویر لندست ETM+ توسط Saadat et al. (2011) برای سه تاریخ مجزا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آن‌ها نشان داد که تصاویر تابستانی برای نقشه‌های کاربری زمین اکثراً مناسب می‌باشند. در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی در دلتای رود پیرل (واقع در کشور چین) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی Landsat TM بررسی شده است. دستورالعمل‌های دولتی در سال‌های پایانی دهه‌ی ۱۹۷۰ و سال‌های آغازین دهه‌ی ۱۹۸۰ موجب رشد و توسعه‌ی سریع اقتصادی در منطقه گردید که این رخداد، عامل اصلی تغییرات گسترده در کاربری‌های زمین دلتای رود پیرل بوده است. 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. ارزیابی‌های زمینی نیز گویای دقت بالای نقشه‌های تغییر کاربری (۹۳/۵ درصد) بوده و مؤید مناسب بودن استفاده از این تصاویر برای پایش تغییرات کاربری اراضی است (Seto et al. 2002).

فتحی زاد و همکاران (۱۳۹۴)، به مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر درستی و شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی در استخراج نقشه پوشش مرتعی (مطالعه موردی: مرتع حوضه دویرج دهلران) پرداختند. آن‌ها از تصاویر سال ۲۰۰۷ سنجنده ETM+ ماهواره Landsat استفاده نمودند. نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که ارزیابی دقت این دو روش با استفاده از ضریب کاپا نشان داده که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی با ضریب ۰٫۹۶۱۴ نسبت به الگوریتم حداکثر درستی با ضریب ۰٫۸۰۵۸ از دقت بیشتری برخوردار می‌باشد. نتایج آن‌ها همچنین نشان می‌دهد که الگوریتم‌های سنتی طبقه‌بندی مانند روش‌های آماری به دلیل انعطاف‌پذیری پائین و انواع پارامتریک آن مانند روش حداکثر درستی به علت وابستگی به مدل آمار گوسی نمی‌توانند نتایج بهینه‌ای، در صورت نرمال نبودن نمونه‌های تعلیمی فراهم آورند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تغییرات کاربری اراضی در ایجاد مناطق سیل‌خیز طغیانی پرداختند. منطقه مطالعاتی در این پژوهش حوضه آبخیز رودخانه نکا در استان مازندران می‌باشد. به منظور بررسی تغییرات اراضی از دو تصویر ماهواره‌ای Landsat-ETM مربوط به سال ۲۰۰۰ و تصویر IRS-ID مربوط به سال ۲۰۱۱ استفاده گردید. پس از مراحل پیش‌پردازش تصاویر، با استفاده از ۱۳۲ منطقه تعلیمی، طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال و در ۵ طبقه صورت پذیرفت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۱، مناطق شهری و اراضی غیرقابل استفاده روند افزایشی و اراضی جنگلی و مراتع روند کاهشی نسبت به

سال ۲۰۰۰ دارند.

علیپور و همکاران (۱۳۹۳)، به تفکیک محدوده و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به کمک تصاویر ماهواره‌ی ETM+ در اطراف شهر مشهد (مزرعه نمونه آستان قدس رضوی) پرداختند. آن‌ها به منظور شناسایی و تفکیک اراضی زیر کشت محصولات مختلف از دو تصویر (مربوط به ماه‌های اردیبهشت و شهریور) داده‌های رقومی ماهواره لندست، سنجنده ETM+ مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده نموده‌اند. جهت طبقه‌بندی از روش‌های حداکثر درستنمایی و شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. ضریب کاپا و صحت کلی برای روش حداکثر درستنمایی به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد و برای شبکه عصبی به ترتیب ۸۴ و ۸۷ درصد برآورد گردید. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تصاویر ماهواره‌ی از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است.

چشمه گل و حسینیان (۱۳۹۳)، به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی حداکثر درستنمایی، نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی برای تصاویر ماهواره‌ی پرداختند. آن‌ها از تصویر IKONOS جهت مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماکزیمم شباهت، نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی برای تصاویر ماهواره‌ی استفاده نموده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد روش شبکه عصبی دارای بیشترین دقت می‌باشد.

آرخی (۱۳۹۳)، به تهیه نقشه کاربری اراضی دشت عباس ایلام با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر درستنمایی با استفاده از داده‌های رقومی سنجنده ETM+ پرداخت. او نقشه‌های پوشش گیاهی خود را به چهار کلاس اراضی کشاورزی، مرتع فقیر، اراضی بایر و پهنه‌های ماسه‌ای طبقه‌بندی نمود. نتایج تحقیقاتش نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب با صحت کلی ۹۸,۳۷ درصد و ضریب کاپای ۰,۹۷ نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان (با صحت کلی ۹۲,۳۶ درصد و ضریب کاپای ۰,۸۷) و حداکثر درستنمایی (با صحت کلی ۸۱,۴۲ درصد و ضریب کاپای ۰,۷۳) عملکرد بهتری در تهیه نقشه کاربری اراضی از خود داشته است. مطالعه حاضر بیانگر این بود که روش طبقه‌بندی شبکه عصبی، قابلیت تهیه نقشه پوشش اراضی را با صحت بالا دارا می‌باشد.

احمد پور و همکاران (۱۳۹۳)، به مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده (روش حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی السطوح و روش حداکثر درستنمایی) در تشخیص گروه‌های گیاهی منطقه حفاظت شده گلول و سرانی (استان خراسان شمالی) پرداختند. آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ی Landsat

ETM+ و IRS LISS III استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در بین روش‌های بکار برده شده، روش حداکثر درستنمایی بیشترین میزان دقت در طبقه‌بندی هر دو گروه داده‌های ماهواره‌ای را دارا و در مقابل روش متوازی السطوح نیز کمترین میزان دقت را در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه دارا می‌باشد. آن‌ها همچنین بیان نمودند که برداشت نمونه‌های تعلیمی کافی از طبقات موجود در طبیعت و بررسی میزان احتمال تعلق هر یک از پیکسل‌های تصاویر ماهواره‌ای به این طبقات، به خوبی می‌تواند در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی موجود در منطقه مفید واقع شود.

راعی و همکاران (۱۳۹۲)، به برآورد تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن‌های جی آی اس و سنجش از دور در منطقه کیاسر ساری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و تصاویر ماهواره‌ای IRS سنجنده LISS III در دو دوره زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۲ پرداختند. آن‌ها برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده از الگوریتم‌های حداکثر درستنمایی و حداقل فاصله و متوازی السطوح استفاده نموده‌اند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که روش حداکثر درستنمایی با صحت کلی ۹۱٪ و ضریب کاپا برابر با ۰٫۸۷ نسبت به روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین با صحت کلی ۸۸٫۸٪ و ضریب کاپای ۰٫۸۳ و روش طبقه‌بندی متوازی السطوح با صحت کلی ۳۰٫۴٪ و ضریب کاپای ۰٫۲۲ دارای نتایج بهتری می‌باشد. در مجموع نتایج تحقیقات آن‌ها بیانگر این بود که سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت بالایی در تعیین کاربری اراضی می‌باشند.

میرزایی زاده و همکاران (۱۳۹۳)، به مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر درستنمایی و فاصله ممالانویس در تهیه نقشه جنگل در منطقه بیوره استان ایلام با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست مربوط به سال ۲۰۰۷ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم طبقه‌بندی کننده حداکثر درستنمایی با صحت کلی ۸۴ درصد دارای دقت و صحت بیشتری نسبت به الگوریتم طبقه‌بندی فاصله ممالانویی با صحت کلی ۸۳ درصد می‌باشد.

قره چلو (۱۳۸۹)، به ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی در تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ پرداخت. آن‌ها روش‌های طبقه‌بندی با الگوریتم‌های حداقل فاصله، جعبه‌ای و حداکثر درستنمایی را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که روش حداکثر درستنمایی دارای بالاترین میزان دقت می‌باشد. آن‌ها همچنین بیان نمودند که در روش حداکثر درستنمایی باید دقت نمود تا طبقات از یک توزیع نرمال برخوردار باشد.

۳-۳- تحقیقات پیشین در زمینه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب (۱۳۹۲)، به بررسی تغییر شرایط کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخته است. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM در دو تاریخ ششم مردادماه سال ۱۳۶۳ و دهم مردادماه سال ۱۳۸۸ استفاده شده است. به دلیل وسعت قابل توجه حوضه و تنوع توپوگرافی و اقلیمی دریاچه ارومیه، در این مطالعه از ترکیب روش‌های درخت تصمیم‌گیری^۱ و سگمنت-بندی استفاده شده است.

فتحیان (۱۳۹۰)، به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فناوری سنجنده‌های 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.

فیضی‌زاده و حاجی میر رحیمی (۱۳۸۷)، با هدف استخراج کاربری‌های اراضی حاشیه‌ی شرق دریاچه‌ی ارومیه (چهارده کلاس از جمله باغ هسته‌دار، باغ ریزدانه، باغ خشک میوه و ...) با وسعتی معادل ۳۷۶۰۱۶ هکتار، از تصاویر ماهواره‌ی SPOT 5 استفاده نموده‌اند. برای انجام این تحقیق در مرحله‌ی پیش‌پردازش، تصحیحات هندسی و اتمسفری بر تصاویر دریافتی از سنجنده اعمال شده است. نهایتاً دقت کلی به‌دست آمده برای طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال معادل ۸۷٪ و ضریب کاپا نیز برابر ۰/۸۶۸ محاسبه شده‌اند.

دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۶ الف) و در قالب طرح برآورد سطح و تهیه نقشه اراضی کشاورزی استان آذربایجان غربی با استفاده از تفسیر رقومی داده‌های ماهواره‌ای (پروژه مشترک با سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی) اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان غربی نموده است. سطح اراضی کشاورزی محاسبه شده در این پروژه شامل مجموع اراضی زراعی و باغی (آبی و دیم) و آیش می‌باشد که با تصاویر SPOT با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و مربوط به بهار و تابستان سال ۱۳۸۴ تهیه گردیده است. برای نمونه سطح کلی اراضی کشاورزی آبی، باغی و دیم مربوط به ارومیه معادل ۲۱۹،۳۷۳ هکتار، میاندوآب ۸۶،۰۸۴ هکتار و سلماس ۵۸،۲۰۵ هکتار می‌باشد. در این تحقیق مجموع اراضی کشاورزی کل استان معادل ۱،۱۰۴،۳۴۴ هکتار برآورد شده است.

^۱ Decisio tree

همچنین دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۶ ب)، در قالب طرح برآورد سطح و تهیه نقشه اراضی کشاورزی استان آذربایجان شرقی اقدام به تهیه نقشه کاربری این استان نموده است. در این پروژه، داده‌های ماهواره‌ای سطح استان به تفکیک شهرستان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اراضی کشاورزی از سایر عوارض تفکیک شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مجموع مساحت بخش کشاورزی آبی، باغی و دیم برای شهرستان‌های بناب، عجب‌شیر و ملکان به ترتیب معادل ۱۹،۱۶۶ هکتار، ۱۶،۲۳۱ و ۴۸،۳۳۱ هکتار می‌باشد.

جدول (۱) به بیان مرور مطالعات انجام شده در زمینه کاربری حوضه دریاچه ارومیه پرداخته است. با توجه به اینکه رقم مساحت کاربری‌های مختلف در منابع مطالعاتی و آماری مختلف، مقادیر متفاوتی ذکر شده است، مطالعه حاضر به استخراج مساحت کاربری‌های مختلف در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ می‌پردازد.

جدول ۱- مرور مطالعات انجام شده در زمینه‌ی کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

منبع	سال بررسی	مراعات (کیلومتر مربع)	اراضی زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی (کیلومتر مربع)	دیم‌زارها (کیلومتر مربع)	توضیحات	مقادیر ضریب کاپا
جامعه‌ی مهندسين مشاور ايران (۱۳۹۰)	۱۳۵۸	-	۱۵۰۰	-	-	-
	۱۳۸۵	-	بیش از ۴۰۰۰	-	-	-
شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت خدمات فنی و مهندسی آشناسامانه (۱۳۸۸)	۱۳۵۳	۲۹۱۰۰	۳۳۵۰	۱۱۰۳۰	ماهواره‌ی لندست سنجنده‌ی MSS	۸۳,۱٪
	۱۳۶۹	۲۱۲۵۰	۳۱۳۰	۱۰۳۸۰	ماهواره‌ی لندست سنجنده‌ی TM	۸۶,۹٪
	۱۳۷۷	۲۵۵۵۰	۵۱۹۰	۱۴۳۲۰	ماهواره‌ی لندست ETM+	۸۷,۴٪
	۱۳۸۸	۲۶۳۳۰	۴۶۲۰	۱۰۹۱۰	ماهواره‌های اسپات و استر و لندست	۸۷,۶٪
	۱۳۶۹	-	۵۴۶۴	۷۹۹۱	-	-
خسرو شاهی و همکاران (۱۳۹۲)	۱۳۷۷	۱۶۶۷۶	۳۹۳۹	۹۲۷۸	ماهواره لندست سنجنده TM و ETM+	۸۴,۲٪
	۱۳۹۲	۱۶۵۸۸	۳۹۲۷	۱۱۹۶۰	ماهواره لندست سنجنده OLI	۸۷,۷٪
	۱۳۶۳	۲۲۵۴۰	۳۷۷۰	۶۷۳۰	ماهواره‌ی لندست سنجنده‌ی TM	مقدار ضریب کاپا سال ۸۸ نسبت به سال ۶۳ برابر ۰,۵۸ است.
پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب (۱۳۹۲)	۱۳۸۸	۱۹۲۵۰	۴۶۸۰	۸۹۹۰	ماهواره‌ی لندست سنجنده‌ی TM	مقدار ضریب کاپا سال ۸۸ نسبت به سال ۶۳ برابر ۰,۵۸ است.
	۱۳۶۳	۲۲۵۴۰	۳۷۷۰	۶۷۳۰	ماهواره‌ی لندست سنجنده‌ی TM	مقدار ضریب کاپا سال ۸۸ نسبت به سال ۶۳ برابر ۰,۵۸ است.

۴- روش‌شناسی تحقیق

۴-۱- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش حداکثر درستنمایی

طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به فرایند جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی می‌باشند، گفته می‌شود. در فرآیند طبقه‌بندی، پیکسل‌ها با توجه به درجه‌ی روشنایی به کلاس‌های پوشش اراضی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و دیگر عوارض سطح زمین نسبت داده می‌شوند. در طبقه‌بندی اطلاعات سعی می‌شود پس از اختصاص تمام پیکسل‌های تصویر به کلاس‌های خاص، نقشه‌ی موضوعی حاصل شود. طبقه‌بندی تصاویر به دو صورت نظارت‌نشده و نظارت‌شده صورت می‌گیرد (علوی پناه، ۱۳۸۵). که در این بخش به بیان و توضیح روش نظارت‌شده پرداخته خواهد شد.

۴-۱-۱- طبقه‌بندی نظارت‌شده

در این شیوه‌ی طبقه‌بندی نیاز به اطلاعات قبلی و شناخت پدیده‌های مرتبط با داده‌ها می‌باشد. در این روش تعدادی از پیکسل‌ها به عنوان معرف به نرم‌افزار معرفی می‌گردد، سپس نرم‌افزار بقیه پیکسل‌ها را با توجه به دستورالعمل خاصی طبقه‌بندی می‌نماید. روش حداکثر درستنمایی یکی از روش‌های مشهور طبقه‌بندی نظارت‌شده است که در این مطالعه استفاده می‌شود. در این بخش به بیان مختصری از شیوه حداکثر درستنمایی پرداخته می‌شود (علوی پناه، ۱۳۸۵).

۴-۱-۲- طبقه‌بندی به روش حداکثر درستنمایی

یکی از معروف‌ترین روش‌های آماری طبقه‌بندی، روش حداکثر درستنمایی می‌باشد و این روش یک روش طبقه‌بندی پیکسل پایه است. در این روش طبقه‌بندی، احتمال تعلق یک پیکسل به تمامی کلاس‌های موجود محاسبه شده و سپس کلاسی به آن پیکسل نسبت داده می‌شود که احتمال تعلق پیکسل مورد نظر به آن کلاس بیشتر از بقیه کلاس‌های موجود باشد. به بیان ریاضی این منطق را این‌گونه بیان می‌نمایند، معادله (۱):

$$\bar{x} \in w_i \text{ if } P(w_i | \bar{x}) > P(w_j | \bar{x}) \text{ for all } j \neq i \quad (1)$$

در این رابطه w_i و \bar{x} کلاس طیفی i ام و بردار مقادیر طیفی می‌باشند.

$$P(w_i | \bar{x}) = \frac{P(\bar{x} | w_i) P(w_i)}{P(\bar{x})} \quad (2)$$

$P(w_i|\bar{x})$ را احتمال پسین^۱ کلاس w_i نامیده و برای تمام کلاس‌ها محاسبه می‌گردد. در روش حداکثر درست‌نمایی، احتمالات پسین اساس تصمیم‌گیری خواهد بود. احتمال اینکه پیکسلی از کلاس w_i در موقعیت \bar{x} می‌باشد را با $P(\bar{x}|w_i)$ به نمایش می‌گذارند. احتمال پیشین^۲ کلاس w_i را $P(w_i)$ می‌نامند. یک بردار احتمال $P(w_i|\bar{x})$ پس از محاسبه اجزاء مختلف قانون بیز تولید می‌شود که می‌توان بر اساس آن تصمیم‌گیری نمود.

مرحله اول در طبقه‌بندی به این شیوه محاسبه $P(\bar{x}|w_i)$ است. برای محاسبه‌ی آن، فرض می‌شود توزیع احتمال کلاس‌ها به صورت توزیع نرمال می‌باشد و به صورت معادله (۳) بیان می‌گردد:

$$P(\bar{x}|w_i) = (2\pi)^{-f/2} \left| \sum_i \right|^{-1/2} \exp \left\{ (-1/2) (\bar{x} - \bar{m}_i)^t \sum_i^{-1} (\bar{x} - \bar{m}_i) \right\} \quad (۳)$$

\bar{m}_i و \sum_i در رابطه ۳ به ترتیب بیانگر ماتریس کواریانس (covariance Matrix)، بردار میانگین کلاس w_i و تعداد درایه‌های بردار پیکسل \bar{x} هستند. مقادیر \bar{m}_i و \sum_i توسط روابط ۴ و ۵ محاسبه می‌شوند:

$$\sum_i = E \left[(\bar{x} - \bar{m}_i).(\bar{x} - \bar{m}_i)^t \right] \quad (۴)$$

$$\bar{m}_i = E(\bar{x}) \quad (۵)$$

در رابطه‌های ۴ و ۵، E ، t و \bar{x} بیانگر عملگر ترانپوز (transpose)، امید ریاضی (Expected value) و بردار پیکسل متعلق به کلاس w_i هستند و بر اساس نمونه‌های میدانی (داده‌های آموزشی) \bar{m}_i و \sum_i بصورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$\sum_i = \frac{1}{q_i - 1} \sum_{k=1}^{q_i} (\bar{x}_k - \bar{m}_i).(\bar{x}_k - \bar{m}_i)^t \quad (۶)$$

$$\bar{m}_i = \frac{1}{q_i} \sum_{k=1}^{q_i} \bar{x}_k \quad (۷)$$

^۱ Posterior Probability

^۲ Prior Probability

که در این روابط q_i بیانگر تعداد نمونه‌های میدانی برداشتی از کلاس w_i است و \vec{x}_k بیانگر k م بردار پیکسل متعلق به کلاس w_i در نمونه‌های میدانی (داده‌های آموزشی) می‌باشد. بدین ترتیب \sum و m برای تمامی کلاس‌ها محاسبه می‌شوند. ($\vec{m}_i, i=1, \dots, M$ و M تعداد کل کلاس‌ها) اکنون اگر روابط ۱ و ۲ ترکیب شوند می‌توان قانون تصمیم (Decision rule) را برای روش حداکثر درستنمایی به صورت رابطه ۸ بیان کرد.

$$\vec{x} \in w_i \text{ if } \frac{P(\vec{x}|w_i).f(w_i)}{P(\vec{x})} > \frac{P(\vec{x}|w_j).f(w_j)}{P(\vec{x})} \text{ for all } j \neq i \quad (8)$$

مقدار $P(x)$ که در مخرج قرار دارد برای تمامی کلاس‌ها مقدار ثابتی است و لذا می‌تواند حذف شود و بدین ترتیب می‌توان قانون تصمیم را به صورت زیر بیان کرد.

$$\vec{x} \in w_i \text{ if } P(\vec{x}|w_i).f(w_i) > P(\vec{x}|w_j).f(w_j) \text{ for all } j \neq i \quad (9)$$

اگر تابع تمیز (Discreminant function) $g_i(x)$ را به صورت $g_i(x) = \text{Ln}[P(\vec{x}|w_i).f(w_i)]$ تعریف کنیم آنگاه می‌توان گفت:

$$\vec{x} \in w_i \text{ if } g_i(x) > g_j(x) \text{ for all } j \neq i \quad (10)$$

که $g_i(x)$ به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$g_i(x) = -\frac{1}{2} \text{Ln} \left| \sum_i \left| -\frac{1}{2} (\vec{x} - \vec{m}_i)' \sum_i^{-1} (\vec{x} - \vec{m}_i) + \text{Ln}(P(w_i)) \right. \right| \quad (11)$$

چون که عبارت $\text{Ln} \left[(2\pi)^{-\frac{f}{2}} \right]$ مقدار ثابتی است لذا از $g_i(x)$ حذف شده است.

احتمالات پیشین ($P(w_i)$) می‌توانند از طریق اطلاعات اولیه در مورد منطقه مطالعاتی تعیین شوند ولی معمولاً اطلاعات کافی و مفیدی در مورد $P(w_i)$ وجود ندارد. در این شرایط مقدار احتمالات پیشین برای تمامی کلاس‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شوند و لذا عبارت $\text{Ln}[P(w_i)]$ در رابطه ۱۱ نقشی در تعیین کلاس‌ها نخواهد داشت و از تابع $g_i(x)$ حذف می‌شود. پس می‌توان پس از ساده‌سازی تابع $g_i(x)$ را به صورت رابطه ۱۲ نوشت.

$$g_i(x) = \text{Ln} \left| \sum_i \left| -(\vec{x} - \vec{m}_i)' \cdot \sum_i^{-1} (\vec{x} - \vec{m}_i) \right. \right| \quad (12)$$

و بدین ترتیب قانون تصمیم روش حداکثر درستنمایی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\bar{x} \in w_i \text{ if } \ln \left| \sum_i \left| -(\bar{x} - \bar{m}_i)' \sum_i^{-1} (\bar{x} - \bar{m}_i) \right| \right| > \ln \left| \sum_j \left| -(\bar{x} - \bar{m}_j)' \sum_j^{-1} (\bar{x} - \bar{m}_j) \right| \right| \quad j \neq i \quad (13)$$

۴-۲- مراحل انجام کار

۴-۲-۱- گردآوری داده‌ها و آماده‌سازی تصاویر

برای انجام این مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲، لندست ۵ و لندست ۸ مربوط به سنجنده‌های MSS، TM و OLI در حوضه ارومیه برای سه بازه‌ی زمانی ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ از طریق وب سایت دانلود تصاویر لندست (<http://earthexplorer.usgs.gov>) دریافت 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 ماه‌های ۷ و ۸ میلادی انتخاب شدند تا تفکیک پذیری اراضی کشت آبی از سایر پوشش‌ها تسهیل یابد. این تصاویر پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریکی، موزاییک شده و در مرز حوضه ارومیه برش یافتند. در مرحله آخر عملیات بارزسازی خطی تصاویر جهت نمایش و استخراج بهتر اطلاعات صورت پذیرفت (Sousa and Rocha, 2005). در ادامه ابتدا به معرفی ماهواره‌های لندست ۲، ۵ و ۸ پرداخته می‌شود.

❖ معرفی ماهواره‌های لندست ۲، ۵ و ۸

• مشخصات ماهواره‌ی لندست ۲

سنجنده‌ی MSS یا اسکن کننده‌ی چند طیفی، در جهت عمود بر مسیر پرواز ماهواره تصویربرداری می‌نماید. در سنجنده‌های MSS ماهواره‌های لندست ۱، ۲ و ۳ آینه‌ای متحرک تعبیه گردیده است و امواج منعکس شده از یک نوار به پهنای ۴۷۴ متر (در شش نوار کوچک‌تر و هر نوار به پهنای ۷۹ متر تقسیم می‌شود) به آینه برخورد می‌نماید. مشخصات ماهواره لندست ۲ و سنجنده MSS در جداول (۲) و (۳) بیان می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات فنی ماهواره‌ی لندست ۲

ماهواره	زمان پرتاب	زمان از کارافتادن	سنجنده	زمان پوشش کامل زمین/ارتفاع مدار
لندست ۲	۲۲ جولای ۱۹۷۵	۲۵ فوریه ۱۹۸۲	MSS	۱۸ روز/۹۰۰ کیلومتر

جدول ۳- مشخصات فنی سنجنده MSS

ابعاد پوشش (کیلومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)	نام دامنه طیفی	دامنه طیفی باند (میکرومتر)	شماره باند	نام سنجنده
۱۸۵*۱۸۵	۵۷*۷۹	سبز	۰/۶-۰/۵	۴	MSS
۱۸۵*۱۸۵	۵۷*۷۹	قرمز	۰/۷-۰/۶	۵	
۱۸۵*۱۸۵	۵۷*۷۹	مادون قرمز نزدیک	۰/۸-۰/۷	۶	
۱۸۵*۱۸۵	۵۷*۷۹	مادون قرمز نزدیک	۱/۱-۰/۸	۷	

• مشخصات ماهواره‌ی لندست ۵

مدار این ماهواره دارای ارتفاع مداری ۷۰۵ کیلومتر و متمایل شده در زاویه‌ی ۹۸/۲ درجه می‌باشد. دوره‌ی بازگشت آن ۱۶ روزه و عرض منطقه‌ی برداشت تصویر ۱۸۵ کیلومتر (۱۱۵ مایل) است. سنجنده نصب شده بر روی ماهواره لندست ۵، TM نام دارد که مشخصات آن در جدول (۴) ذکر شده است. (وبسایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده‌ی آمریکا)

• مشخصات ماهواره‌ی لندست ۸

OLI سنجنده نصب شده بر روی ماهواره لندست ۸ است که قابلیت برداشت تصاویری با کیفیت متوسط، از سطح زمین و نواحی قطبی تهیه می‌نماید و حاوی طیف‌های فروسرخ حرارتی، فروسرخ موج کوتاه، فروسرخ نزدیک و قابل رؤیت می‌باشد (<http://blogs.esri.com>). جدول (۵) مشخصات باندهای لندست ۸ را نشان می‌دهد. جداول (۶)، (۷) و (۸) اطلاعات تکمیلی راجع به تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از منطقه مطالعاتی را در اختیار می‌گذارد.

جدول ۴- مشخصات سنجنده TM

باند طیفی	طول موج (میکرومتر)	رزولوشن تصویر (متر)
باند ۱ (مرئی)	۰/۴۵-۰/۵۲	۳۰
باند ۲ (مرئی)	۰/۵۲-۰/۶	۳۰
باند ۳ (مرئی)	۰/۶۳-۰/۶۹	۳۰
باند ۴ (فروسرخ نزدیک)	۰/۷۶-۰/۹	۳۰
باند ۵ (فروسرخ نزدیک)	۱/۵۵-۱/۷۵	۳۰
باند ۶ (حرارتی)	۱۰/۴۰-۱۲/۵۰	۱۲۰
باند ۷ (فروسرخ میانه)	۲/۰۸-۲/۳۵	۳۰

جدول ۵- مشخصات سنجنده OLI

باند طیفی	طول موج (میکرومتر)	رزولوشن (تصویر (متر))	باند طیفی	طول موج (میکرومتر)	رزولوشن (تصویر (متر))
باند ۱	۰/۴۳۳-۰/۴۵۳	۳۰	باند ۷ (فروسرخ طول موج کوتاه)	۲/۱-۲/۳	۳۰
باند ۲ (آبی)	۰/۴۵-۰/۵۱۵	۳۰	باند ۸ (پانکروماتیک)	۰/۶۸-۰/۵	۱۵
باند ۳ (سبز)	۰/۶-۰/۵۲۵	۳۰	باند ۹	۱/۳۹-۱/۳۶	۳۰
باند ۴ (قرمز)	۰/۶۸-۰/۶۳	۳۰	باند ۱۰ (فروسرخ طول موج بلند)	۱۱/۳-۱۰/۳	۱۰۰
باند ۵ (فروسرخ نزدیک)	۰/۸۸۵-۰/۸۴۵	۳۰	باند ۱۱ (فروسرخ طول موج بلند)	۱۲/۵-۱۱/۵	۱۰۰
باند ۶ (فروسرخ طول موج کوتاه)	۱/۶۶-۱/۵۶	۳۰			

جدول ۶- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست مربوط به سال ۱۹۷۶

ماهواره	شماره	ردیف و ستون	تاریخ اخذ تصویر
ماهواره لندست سنجنده MSS2	۱	۱۸۰-۳۵	۱۹۷۵/۰۷/۱۰
	۲	۱۸۱-۳۵	۱۹۷۶/۰۸/۲۸
	۳	۱۸۰-۳۴	۱۹۷۵/۰۷/۲۸
	۴	۱۸۱-۳۳	۱۹۷۶/۰۸/۲۸
	۵	۱۸۱-۳۴	۱۹۷۶/۰۸/۲۸
	۶	۱۸۲-۳۳	۱۹۷۶/۰۷/۲۴
	۷	۱۸۲-۳۴	۱۹۷۶/۰۷/۲۴

جدول ۷- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۲۰۱۰

ماهواره	شماره	ردیف و ستون	تاریخ اخذ تصویر
ماهواره لندست ۵ سنجنده TM	۱	۱۶۷-۳۴	۲۰۱۰/۰۷/۱۱
	۲	۱۶۷-۳۵	۲۰۱۰/۰۷/۱۱
	۳	۱۶۹-۳۳	۲۰۱۰/۰۸/۱۰
	۴	۱۶۸-۳۳	۲۰۱۰/۰۷/۰۲
	۵	۱۶۹-۳۴	۲۰۱۰/۰۷/۰۹
	۶	۱۶۸-۳۴	۲۰۱۰/۰۷/۰۲
	۷	۱۶۹-۳۵	۲۰۱۰/۰۷/۰۹
	۸	۱۶۸-۳۵	۲۰۱۰/۰۸/۱۹

جدول ۸- اطلاعات تکمیلی تصاویر لندست سال ۲۰۱۳

ماهواره	شماره	ردیف و ستون	تاریخ اخذ تصویر
ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI	۱	۱۶۷-۳۴	۲۰۱۳/۰۷/۱۹
	۲	۱۶۷-۳۵	۲۰۱۳/۰۸/۲۰
	۳	۱۶۸-۳۳	۲۰۱۳/۰۷/۱۰
	۴	۱۶۸-۳۴	۲۰۱۳/۰۷/۱۰
	۵	۱۶۸-۳۵	۲۰۱۳/۰۸/۲۷
	۶	۱۶۹-۳۳	۲۰۱۳/۰۸/۱۸
	۷	۱۶۹-۳۴	۲۰۱۳/۰۸/۱۸

۴-۲-۲- تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی

جذب شدید اشعه الکترومغناطیسی توسط کلروفیل در طول موج‌های آبی و قرمز و همچنین عبور نسبتاً بالا در این محدوده باعث پایین بودن میزان انعکاس می‌گردد. در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک مقدار جذب و عبور، کاهش و در نتیجه میزان انعکاس به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) برای نمایش توده‌ی حیاتی (بیومس) پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ، تولیدات گیاهی و

تفکیک پوشش گیاهی بسیار مناسب بوده و همچنین در ارتباط با مسائل مرتبط با پوشش گیاهی از این شاخص به وفور استفاده می‌گردد. لذا نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی (NDVI) بر اساس باندهای ۴ و ۲ سال ۱۹۷۶، ۳ و ۴ سال ۲۰۱۰ و باندهای ۴ و ۵ سال ۲۰۱۳ و بر مبنای معادله (FAO/UNEP, 1999) تولید گردید.

$$NDVI = \frac{\rho(NIR) - \rho(R)}{\rho(NIR) + \rho(R)} \quad (14)$$

❖ در این رابطه $\rho(NIR)$ و $\rho(R)$ به ترتیب بازتابش باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز می‌باشند. با افزایش پوشش گیاهی، میزان ارزش NDVI نیز افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که دامنه تغییرات این شاخص بین +۱ و -۱ است.

۴-۲-۳- انتخاب و ارزیابی باندها

برای دستیابی به بهترین ترکیب رنگی جهت برداشت نقاط تعلیمی، لازم است تا بهترین ترکیب باندی مشخص شود. انتخاب بهترین ترکیب باندی از طریق مقایسه چشمی تصاویر مشکل و وقت گیر است. بنابراین می‌توان از روش‌های مختلف بهترین ترکیب باندی را که دارای بیشترین اطلاعات را دارا می‌باشد، تهیه نمود (علوی پناه، ۱۳۸۵). در این مطالعه برای یافتن ترکیب باندی مناسب از شاخص مطلوبیت (Optimal Index Factor (OIF)) برای باندهای غیرحرارتی استفاده شده است. این شاخص از تقسیم مجموع انحراف معیار سه باند بر مجموع قدرمطلق ضرایب همبستگی دوه‌دوی آن‌ها محاسبه شده و مقدار OIF بالاتر نشان‌دهنده کارایی بیشتر ترکیب باندی در تفکیک عارضه‌های تصویر می‌باشد. با محاسبه‌ی شاخص مطلوبیت، باندهایی که انحراف معیار بالاتر و ضریب همبستگی کمتری دارند انتخاب می‌شوند. همچنین نمودار پراکنده‌ی دوبعدی (2D scatter plots) باندهای مختلف تصاویر ترسیم و جهت انتخاب ترکیب بهینه تحلیل شد. لذا با ترکیب روش‌های فوق و بررسی منابع موجود، بهترین ترکیب باندی جهت تفکیک اراضی زراعی آبی و باغی از سایر کاربری‌ها تعیین گردید. با توجه به نتایج OIF، بهترین ترکیب رنگی مورد استفاده برای سال ۱۹۷۶ معادل ۴-۲-۱ و برای سال ۲۰۱۰ معادل ۴-۳-۲ و نهایتاً برای سال ۲۰۱۳ معادل ۵-۴-۳ می‌باشد.

۴-۲-۴- 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 بر اساس پیکسل‌های معلوم، در مورد اختصاص باقی پیکسل‌ها به طبقات کاربری تصمیم‌گیری می‌کند (Sousa and Rocha, 2005). در

مطالعه حاضر ۵۰۰ نمونه تعلیمی از نرم‌افزار تحت وب Google earth و با دید کارشناسی از تفسیر بصری ترکیب رنگی کاذب تصاویر لندست انتخاب شدند.

۴-۲-۵- طبقه‌بندی به روش حداکثر درست‌نمایی

این مرحله شامل جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و طبقه‌بندی آن‌ها می‌باشد. این فرآیند با استفاده از نقاط تعلیمی تعیین شده و با استفاده از نوار ابزار رده‌بندی تصویر در نرم‌افزار ARC GIS 10.1 این طبقه‌بندی صورت گرفته است. در این روش جهت طبقه‌بندی از سه باند حاصله از روش OIF استفاده شده است. سه باند انتخابی برای سال ۱۹۷۶ معادل ۱-۲-۴ و برای سال ۲۰۱۰ معادل ۲-۳-۴ و نهایتاً برای سال ۲۰۱۳ معادل ۳-۴-۵ می‌باشد.

۴-۲-۶- انجام اصلاحات پس از طبقه‌بندی

معمولاً نتایج طبقه‌بندی به طور خام نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به پردازش‌هایی به منظور آماده‌سازی این داده‌ها برای اهداف بعدی دارد. این پردازش‌ها با کمک داده‌های کمکی و قوانین منطقی بوده و به ترتیب در ادامه تشریح شده‌اند (Manandhar et al, 2009).

❖ ارزیابی و ادغام کلاس‌ها

بر مبنای اهداف مطالعه و نقشه‌های موجود از کاربری منطقه، در ابتدا ۶ کلاس شامل اراضی زراعی آبی و باغی، پهنه‌های آبی، اراضی شوره‌زار و سایر کلاس‌ها انتخاب گردید. سپس با استفاده از پردازش‌های رقومی، پراکندگی کلاس‌ها در فضای دوبعدی باندها بررسی شدند. به دلیل مشکلات در شناسایی دقیق اراضی دیم، مرتع و آیش این کلاس‌ها در یکدیگر اقدام و در نهایت نقشه‌های طبقه‌بندی شامل کلاس‌های اراضی زراعی آبی و باغی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر و شوره‌زار و سایر کاربری‌ها تهیه گردید.

❖ اصلاح با ماسک شیب و ارتفاع

پس از تهیه نقشه‌ی شیب از DEM منطقه، مختصات ۵۰۰ نقطه نمونه‌برداری 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 به دست آمده، ارزش شیب حداکثر ۱۰ درصد به کلاس اراضی کشت آبی تعلق یافت. سپس از مجموع پیکسل‌های منطقه، به کل پیکسل‌های با شیب بالای ۱۰ درصد ارزش صفر و به پیکسل‌های زیر ۱۰ درصد عدد یک اختصاص یافت (Sousa and Rocha, 2005). در مراحل بعدی ماسک اصلاحی حاصل با

نقشه‌ی حاصل از طبقه‌بندی 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 داده شده به کاربری کشت آبی استخراج و در کلاس سایر کاربری‌ها قرار گرفت.

❖ اصلاح با ماسک پوشش گیاهی

با مقایسه پیک هیستوگرام در نقشه‌های NDVI و با بررسی حدود NDVI در هر کاربری و با همپوشانی NDVI و تصویر ترکیب رنگی، محدوده‌ی NDVI بالای ۰/۳ به کاربری اراضی زراعی آبی و باغی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ اختصاص یافت. با توجه به اختلافات طیفی تصاویر سال ۱۹۷۶، محدوده شاخص پوشش گیاهی در قسمت‌های مختلف حوضه متفاوت است. به طوری که در بخش‌های واقع در بالای حوضه آبریز برابر ۰,۲۳ و در بخش‌های واقع در پایین حوضه آبریز برابر ۰,۳ در نظر گرفته شده است.

❖ 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 غیر مفید موجود در داده‌ها بوده و مانع مطلوبیت نقشه‌های طبقه‌بندی شده می‌شوند (Kenduiwo et al, 2013) برای رفع این مشکل در مطالعه فوق، از فیلتر اکثریت در نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از مقادیر چهار همسایه متعامد و آستانه جایگزینی به روش اکثریت استفاده گردید. بدین ترتیب اعمال این فیلتر منجر به حذف پیکسل‌های منفرد و اصلاح طبقه‌بندی گردید.

❖ تصحیحات محلی

در این مرحله به دلیل متفاوت بودن زاویه پیکسلی خورشید، تأثیر ارتفاعات و نقاط پرشیب در تغییرات بازتابش تصاویر، همچنان نیاز به مقایسه‌ی منطقه به منطقه نقشه‌ی حاصل از کلاس‌بندی با لایه‌ی ترکیب رنگی و سایر نقشه‌های پایه وجود دارد (Manandhar et al, 2009). برای مثال در این مرحله تالاب‌های حوضه که توسط الگوریتم طبقه‌بندی به کلاس اراضی زراعی آبی و باغی اختصاص داده شده بودند، تفکیک و به طبقه پهنه‌های آبی اختصاص یافتند.

۴-۲-۷-آزمون صحت سنجی نتایج

به دلیل در اختیار نداشتن داده‌های زمینی، به منظور برآورد دقت مناطق تخصیصی به اراضی زراعی آبی و باغی، پهنه‌های آبی و شوره‌زارها، ۹۱۱ نقطه از نقشه‌های گوگل برای هر یک از سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ انتخاب و سپس میزان دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید. به دلیل عدم در اختیار داشتن اطلاعات دقیق در مورد کاربری سال ۱۹۷۶، امکان صحت سنجی این سال برای محققین وجود نداشت.

۴-۲-۸-مقایسه نتایج بدست آمده با محصولات پوشش زمین سالانه مودیس در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲
به منظور مقایسه نتایج بدست آمده، از محصولات پوشش زمین سالانه مودیس (MCD12Q1) با فرمت HDF استفاده گردید. این تصاویر بر اساس 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 ۰ و اراضی شوره‌زار 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. شایان ذکر است که بازه زمانی محصول پوشش زمین MODIS تا سال ۲۰۱۲ می‌باشد.

۴-۲-۹-تحلیل محصولات پوشش زمین سالانه مودیس در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲
برای این منظور از محصولات سالانه مودیس^۱ با فرمت HDF و قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر استفاده گردید. این تصاویر بر اساس طبقه‌بندی نوع یک دارای ۱۷ کلاس پوشش زمین یا Land cover (مواد فیزیکی پوشاننده سطح زمین) می‌باشند. سپس تصویر هر سال توسط مرز منطقه ماسک و با تبدیل به سیستم UTM مورد تصحیح هندسی قرار گرفت. تصاویر پوشش هر سال سپس مورد طبقه‌بندی مجدد^۲ قرار گرفت و نقشه‌های نهایی هر سال به ۱۰ کلاس تقییل یافت. در ادامه هر تصویر به فرمت برداری تبدیل و مساحت کاربری‌های آن به دست آمد. با وارد کردن جداول اطلاعات توصیفی هر سال به نرم‌افزار اکسل روند تغییرات مساحت پوشش‌های زمین در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ تخمین زده شد. جدول (۹)، کلاسهای قدیم و جدید مودیس را نشان می‌دهد.

^۱ MCD12Q1

^۲ reclassification

همان‌طور که جدول (۹) نشان می‌دهد، در راستای کاهش تعداد کلاس‌ها و ساده‌سازی روند محاسبات، کلیه کلاس‌های مربوط به کاربری جنگلی مثل جنگل‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ، همیشه‌سبز، برگ‌ریز و مخلوط همگی تحت عنوان یک کلاس واحد جنگل بررسی شده‌اند. همچنین دو کلاس بوته‌زارهای بسته و باز به یک کلاس بوته‌زار تقلیل یافتند و انواع ساوانا و ساوانای چوبی نیز در یک کلاس قرار گرفتند.

جدول ۹- کلاس‌های قدیم و جدید مودیس

کلاس‌های قدیمی	IGBP (Type 1)	کلاس‌های جدید
۰	Water	۱
۱	Evergreen Needleleaf forest	۲
۲	Evergreen Broadleaf forest	۲
۳	Deciduous Needleleaf forest	۲
۴	Deciduous Broadleaf forest	۲
۵	Mixed forest	۲
۶	Closed shrublands	۳
۷	Open shrublands	۳
۸	Woody savannas	۴
۹	Savannas	۴
۱۰	Grasslands	۵
۱۱	Permanent wetlands	۶
۱۲	Croplands	۷
۱۳	Urban and built-up	۸
۱۴	Cropland/Natural vegetation mosaic	۹
۱۵	Snow and ice	۸
۱۶	Barren or sparsely vegetated	۱۰

۴-۲-۱۰- تحلیل سری‌های زمانی NDVI ۲۵۰ متری مودیس با محصولات سری زمانی مودیس

در این بخش محصولات NDVI مودیس از وب‌سایت محصولات MODIS NDVI استخراج و مورد تحلیل موردی قرار گرفت. شیوه‌ی کار به این صورت بود که با انتخاب محدوده‌هایی در کاربری‌های مختلف، سری‌های زمانی سالانه ۲۵۰ متری NDVI و به‌صورت جداگانه در ماه‌های می (اردیبهشت) و اوت

(مرداد) استخراج گردید. تشریح این سری‌های زمانی اطلاعات خوبی از زمان برداشت و اوج NDVI محصولات مختلف را نشان می‌دهد.

۵- نتایج و بحث

۵-۱- نتایج استخراج کاربری با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده

شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) نقشه‌ی نهایی موزاییک، ماسک و ترکیب رنگی کاذب^۱ را برای سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. با بررسی توأم شاخص مطلوبیت، تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و همچنین تحلیل مشخصات آماری کلاس‌ها برای تصاویر سنجنده‌های TM، MSS و OLI به ترتیب ترکیب باندهای ۴-۵-۷، ۲-۳-۴ و ۳-۴-۵ جهت شرکت در طبقه‌بندی انتخاب گردید. بخش‌های دارای بیومس در نقشه‌های فوق به رنگ قرمز می‌باشند. نکته شایان‌ذکر این است که این تصاویر تنها قادر به استخراج اراضی دارای بیومس در روز خاص تصویربرداری می‌باشند. این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل تولید خطا در محاسبه سطح زیر کشت واقعی محصولات می‌باشد. به‌طور مثال گیاهی مثل یونجه که از محصولات مهم حوضه ارومیه می‌باشد و ۳۲٪ از کل اراضی زراعی آبی و باغی این منطقه را شامل می‌شود؛ در سال دارای چندین چین (در کنار دریاچه تا ۵ چین) بوده و برای آغاز رشد در فصل بهار به ۲ تا ۳ بار آبیاری اولیه زمین نیاز دارد. سپس با رشد یونجه و رسیدن آن به ارتفاع حدود ۴۰ سانتی‌متر برداشت صورت می‌گیرد و در این مرحله هیچ اثری از یونجه‌زار در تصاویر ماهواره‌ای نیست و این در شرایطی است که با ادامه آبیاری یونجه دوباره رشد کرده و در حدود ۱۵ روز به‌طور ۱۰۰ درصد سطح زمین را می‌پوشاند. لذا با این مثال مشخص می‌شود که سطح محاسبه شده تا چه میزان وابسته به‌روز تصویربرداری و نوع محصول می‌باشد.

علاوه بر مرحله رشد فنولوژیکی گیاه در زمان تصویربرداری، مسائل دیگری مثل درصد تاج پوشش و نیاز آبی در تصاویر مربوط به یک روز خاص در نظر گرفته نمی‌شوند. برای مثال باغات اطراف ارومیه که در بعد تصویر بسیار متراکم به نظر می‌رسد ۳ برابر کمتر از کشت گیاه سیب‌زمینی نیاز آبی دارد و این در شرایطی است که گیاه سیب‌زمینی از نظر خصوصیات تاج پوشش بسیار تنک می‌باشد. از مثال‌های دیگر محصول استراتژیک پیاز قرمز در این منطقه می‌باشد که ۲۵ درصد از پیاز کل کشور را تأمین می‌کند و در کنار نیاز آبی بالا در اوایل رشد با بیومس روی زمینی بسیار ناچیزی داشته و عملاً توسط تصاویر ماهواره‌ای

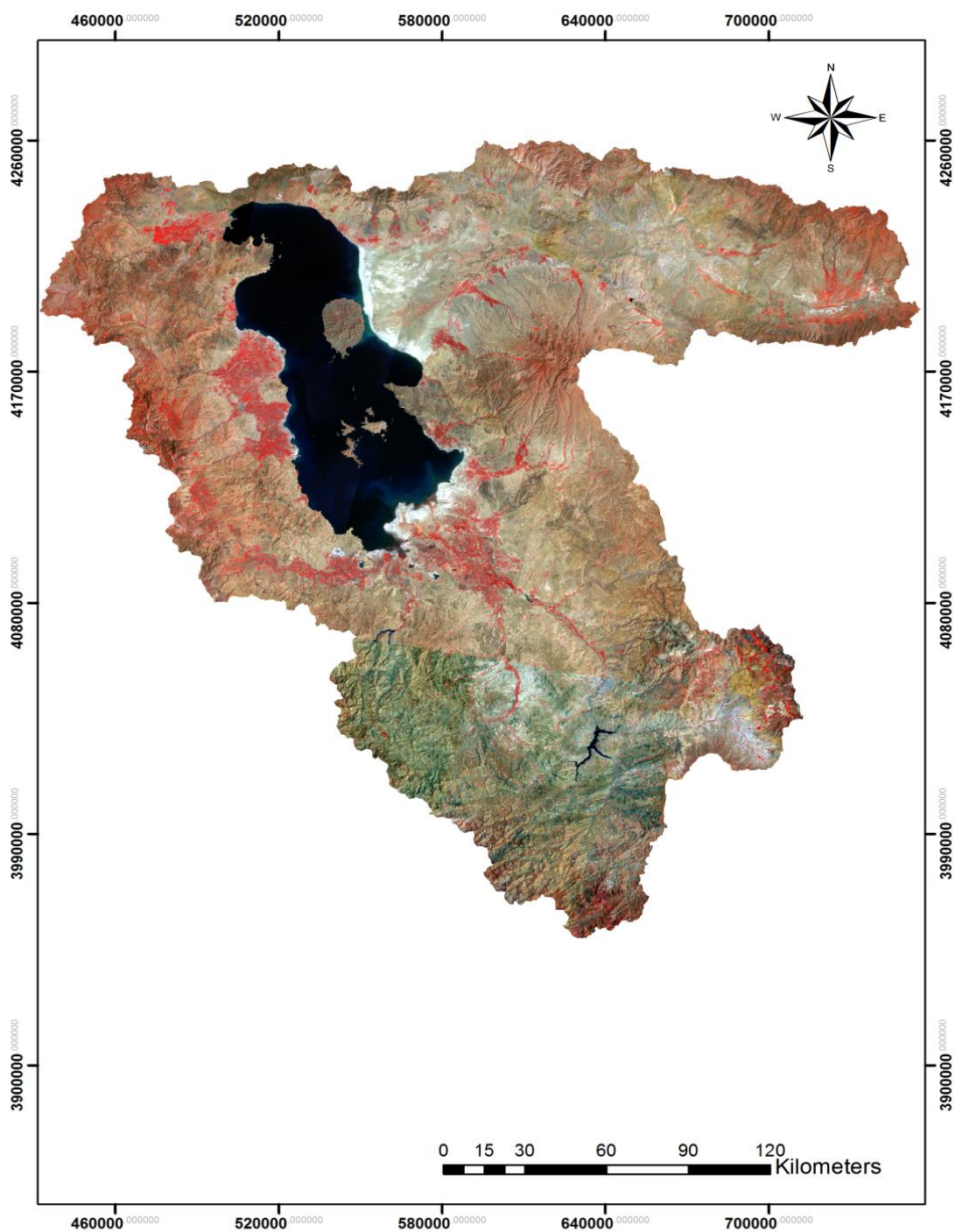
^۱ False color composite

قابل تشخیص نیست. لذا در کل آشنایی از نوع محصول و مراحل فنولوژیک آن تأثیر بسزایی در انتخاب روز مناسب تصویربرداری و تعیین سطح زیر کشت دارد.

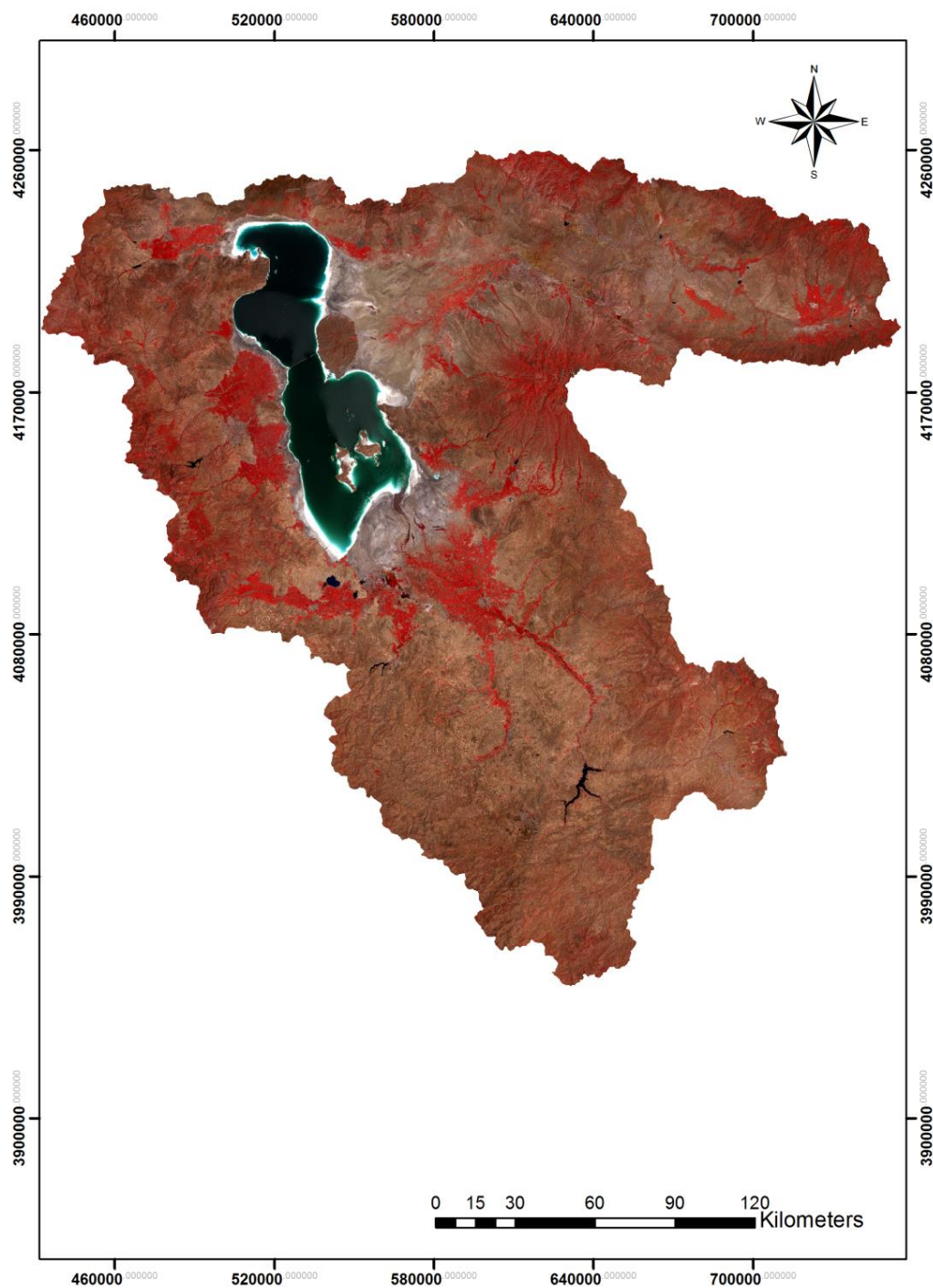
همان‌طور که گفته شد ترکیب‌های رنگی بر اساس ترکیب رنگی کاذب تولید شده‌اند که در آن‌ها پوشش گیاهی خود را به صورت قرمز نشان می‌دهد. کاربری آب رنگ سیاه، نمک زار سفید و مرتع به رنگ قهوه‌ای می‌باشد. جهت ایجاد موزاییک ماه‌های ۷ و ۸ میلادی در سال ۱۹۷۶ از دو سری تصویر متفاوت لندست ۲ استفاده شده که هرچند از نظر ارزش پیکسل‌ها همگن هستند، اما از نظر تن رنگ ظاهری متفاوت بوده و به همین دلیل آنالیزها در بخش بالا و پایین حوضه در سال ۱۹۷۶ به تفکیک صورت گرفت. با استفاده از نقشه‌های ترکیب رنگی کاذب به وضوح می‌توان مشاهده نمود که مساحت کاربری پهنه‌های آبی (مساحت آب دریاچه) از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۳ به شدت کاهش یافته است. با کمک باندهای قرمز و نزدیک مادون قرمز از هر سال، نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI در هر سه سال به دست آمد. به دلیل متفاوت بودن زاویه تابش خورشید در هر پیکسل، در بعضی از ارتفاعات تن رنگ قرمزی دیده می‌شود که حاکی از بیومس بالا در فصل تابستان می‌باشد که با چک کردن این بخش‌ها در نرم‌افزار Google earth مشخص شد که این بخش‌ها دارای بیومس نبوده و عملاً مراتع فقیر می‌باشند. دانستن این نکته کمک می‌کند که در صورت اختصاص این نواحی به اراضی زراعی آبی و باغی، با اصلاحات پس پردازش^۱ آن را اصلاح نمود.

شکل‌های (۵)، (۶) و (۷) به ترتیب نقشه‌های NDVI مربوط به سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ می‌باشند. برای کاهش خطای تصاویر در شناسایی مناطق کشاورزی از شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده زیادی می‌شود. در این زمینه نواحی با NDVI بالای ۰/۳ نشان می‌دهد که این مناطق در روز تصویربرداری حاوی بیومس بوده و با توجه به کمی آب برای کشت دیم در این فصل، به اراضی زراعی آبی و باغی تعلق دارند. با افزایش کلاس‌های NDVI که عمدتاً منطبق بر پیک‌های معنی‌دار هیستوگرام آن می‌باشد، می‌توان کاربری‌های مختلف را تا حد زیادی از هم تفکیک نمود. کاربری‌های آب، پوشش گیاهی و نواحی بایر اطراف دریاچه به خوبی توسط مقادیر مختلف NDVI شناسایی می‌گردند. شایان ذکر می‌باشد که این شاخص قدرت زیادی در تفکیک اراضی مرتعی از اراضی دیم‌زار ندارد.

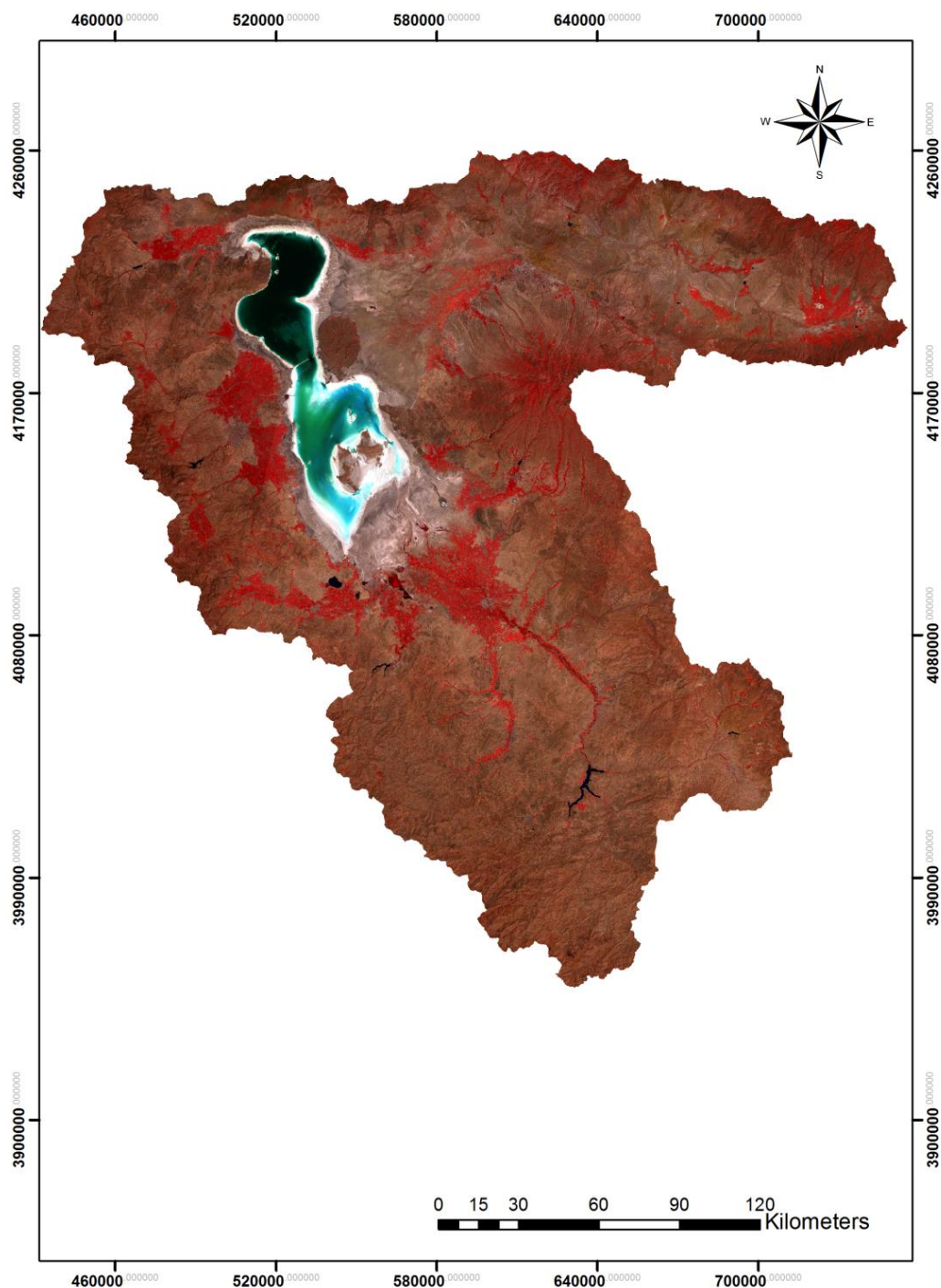
^۱ Post-Processing



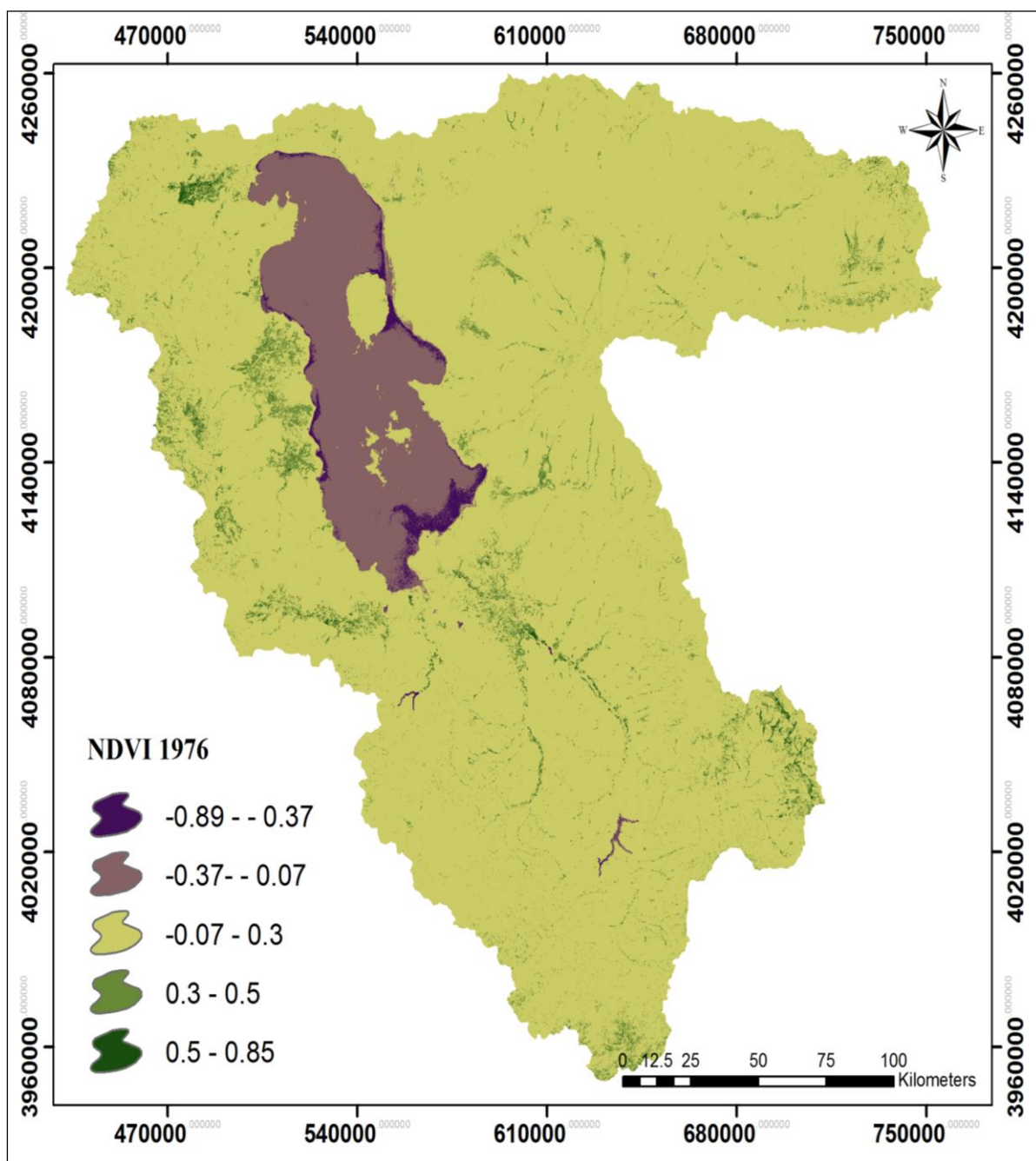
شکل ۲- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۴-۵-۷ لندست ۲ در سال ۱۹۷۶



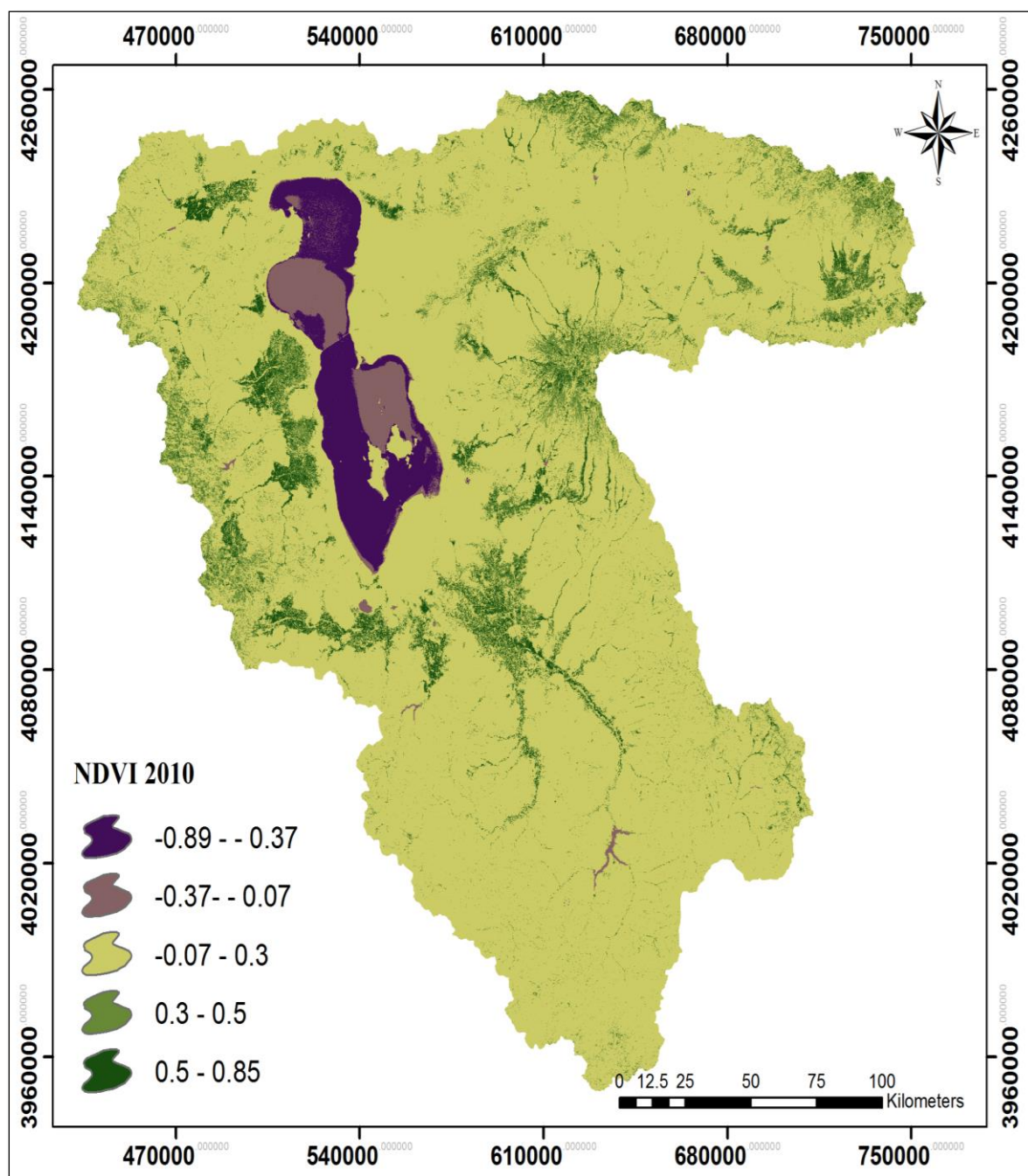
شکل ۳- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۲-۳-۴ لندست ۵ در سال ۲۰۱۰



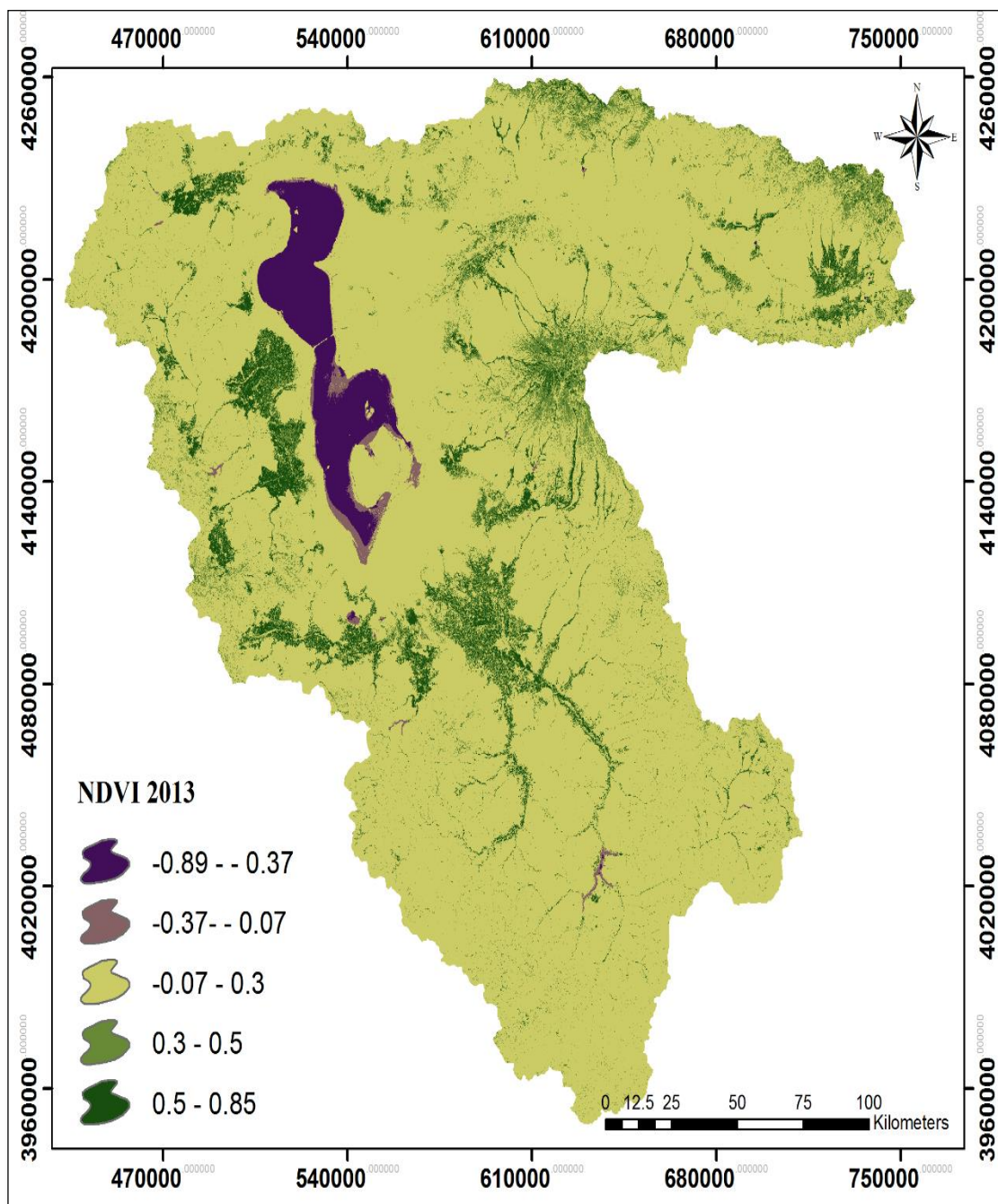
شکل ۴- ترکیب رنگی کاذب باندهای ۳-۴-۵ لندست ۸ در سال ۲۰۱۳



شکل ۵- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۱۹۷۶



شکل ۶- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۲۰۱۰



شکل ۷- نقشه‌ی شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۲۰۱۳

شکل‌های (۸) و (۹)، نمایی از نقشه‌های شیب و توپوگرافی حوضه را نشان می‌دهند. حال با استفاده از روش حداکثر درستیابی نقشه‌های پوشش گیاهی برای سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ تهیه گردید. 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 بر اساس چهار کلاس اراضی زراعی آبی و باغی،

پهنه‌های آبی، اراضی بایر و شورزار و سایر کاربری‌ها ارائه گشت. شکل‌های (۱۰) تا (۱۲) نحوه آرایش مکانی اراضی کشاورزی آبی و باغی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر و شورزار را در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این اشکال مشخص است، اراضی کشاورزی حوضه ارومیه غالباً در مخروط افکنه‌های اطراف دریاچه گسترده شده‌اند. جدول (۱۰) مشخصات مساحت کاربری‌های مختلف را در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. با توجه به این جدول میزان نسبت اراضی زراعی آبی و باغی و پهنه‌های آبی سال ۲۰۱۳ به سال ۱۹۷۶ به ترتیب برابر با ۱,۳۶ و ۰,۳۸ می‌باشد که نشانگر این می‌باشد که مساحت اراضی زراعی آبی و باغی افزایش و مساحت پهنه‌های آبی کاهش یافته است. این افزایش مساحت در کنار تغییرات الگوی کشت و سایر عوامل اقلیمی می‌تواند پاسخ‌گوی کاهش حجم وسیع دریاچه در این بازه باشد. نگاه اولیه به نحوه آرایش مکانی اراضی زراعی آبی و باغی نشان می‌دهد که کاربری مزبور نسبت به دریاچه دارای حالت حلقه‌ای^۱ بوده و دریاچه را احاطه کرده است. لذا سطح دریاچه به شدت تحت تأثیر هرگونه سیاست‌گذاری مرتبط با تغییر سطح و یا تغییر نوع محصول این اراضی می‌باشد.

جدول ۱۰- مساحت کاربری‌های مختلف و تغییرات زمانی آن‌ها به کیلومتر مربع در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳

کاربری	۱۹۷۶	۲۰۱۰	۲۰۱۳	نسبت سال ۲۰۱۰ به سال ۱۹۷۶	نسبت سال ۲۰۱۳ به سال ۱۹۷۶	نسبت سال ۲۰۱۳ به سال ۲۰۱۰
Agriculture-garden	۳۱۸۶	۴۰۸۳	۴۳۳۷	۱,۲۸	۱,۳۶	۱,۰۶
Bare lands-salt marsh	۳۷۷۱	۲۴۲۷	۳۷۶۶	۰,۶۴	۰,۹۹	۱,۵۵
water	۵۲۳۱	۳۳۱۶	۱۹۷۶	۰,۶۳	۰,۳۸	۰,۶
سایر کاربری‌ها	۳۹۴۴۲	۴۱۸۰۱	۴۱۵۵۳	۱,۰۶	۱,۰۵	۰,۹۹

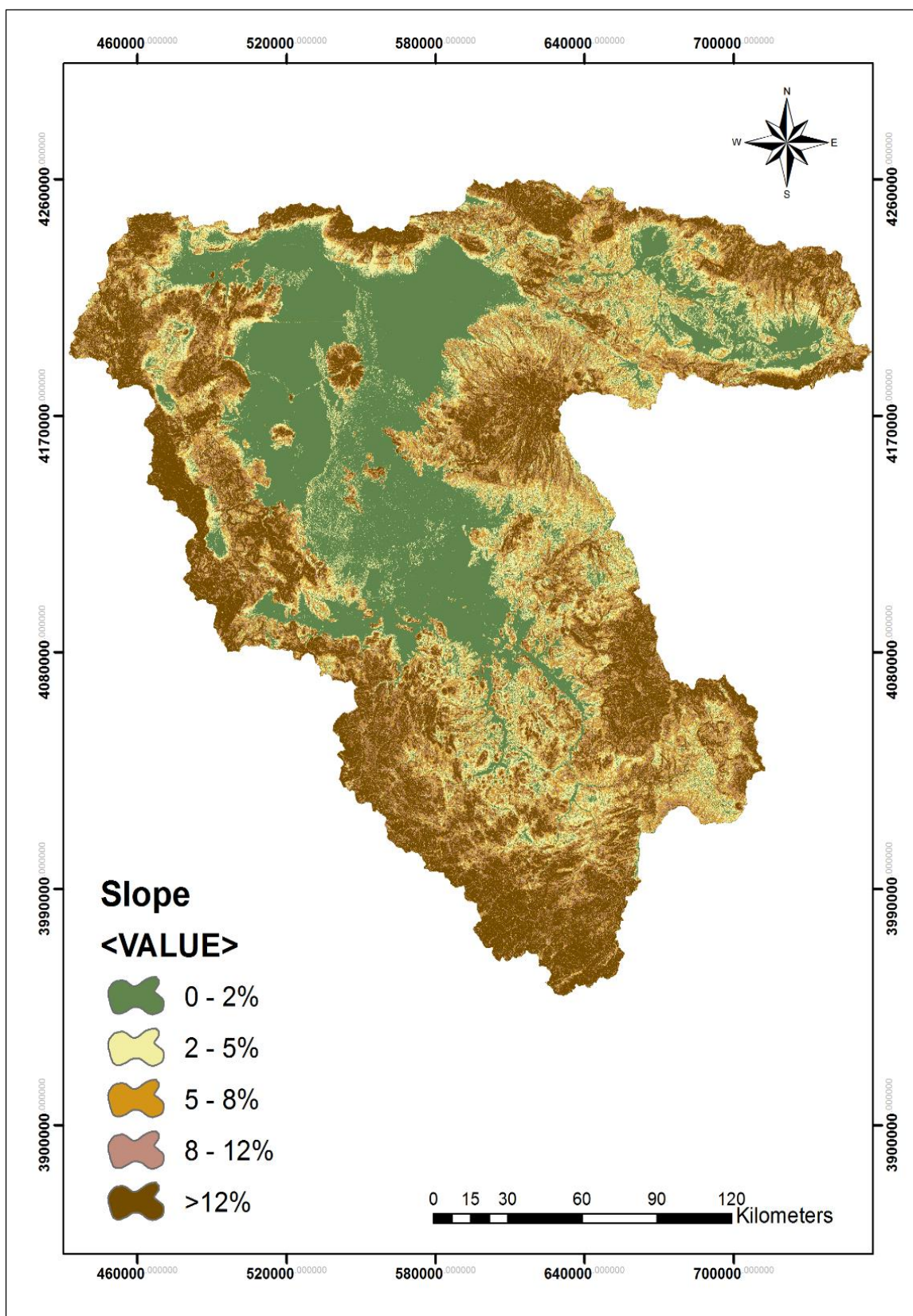
طبق روش به کار گرفته شده در این تحقیق، مساحت کاربری زراعی آبی و باغی در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۳۱۸۶، ۴۰۸۳ و ۴۳۳۷ کیلومتر مربع می‌باشند. مساحت محاسبه شده مربوط به اراضی زراعی آبی و باغی است که در روز تصویربرداری دارای بیومس با NDVI بالای ۰/۳ می‌باشند. بدیهی است قسمتی از اراضی که در بین اراضی کشاورزی به صورت آیش تشخیص داده شده‌اند می‌توانند در فاصله زمانی چندین روز دارای بیومس قابل‌شناسایی توسط تصاویر ماهواره‌ای شوند. به نظر می‌رسد

^۱ ring

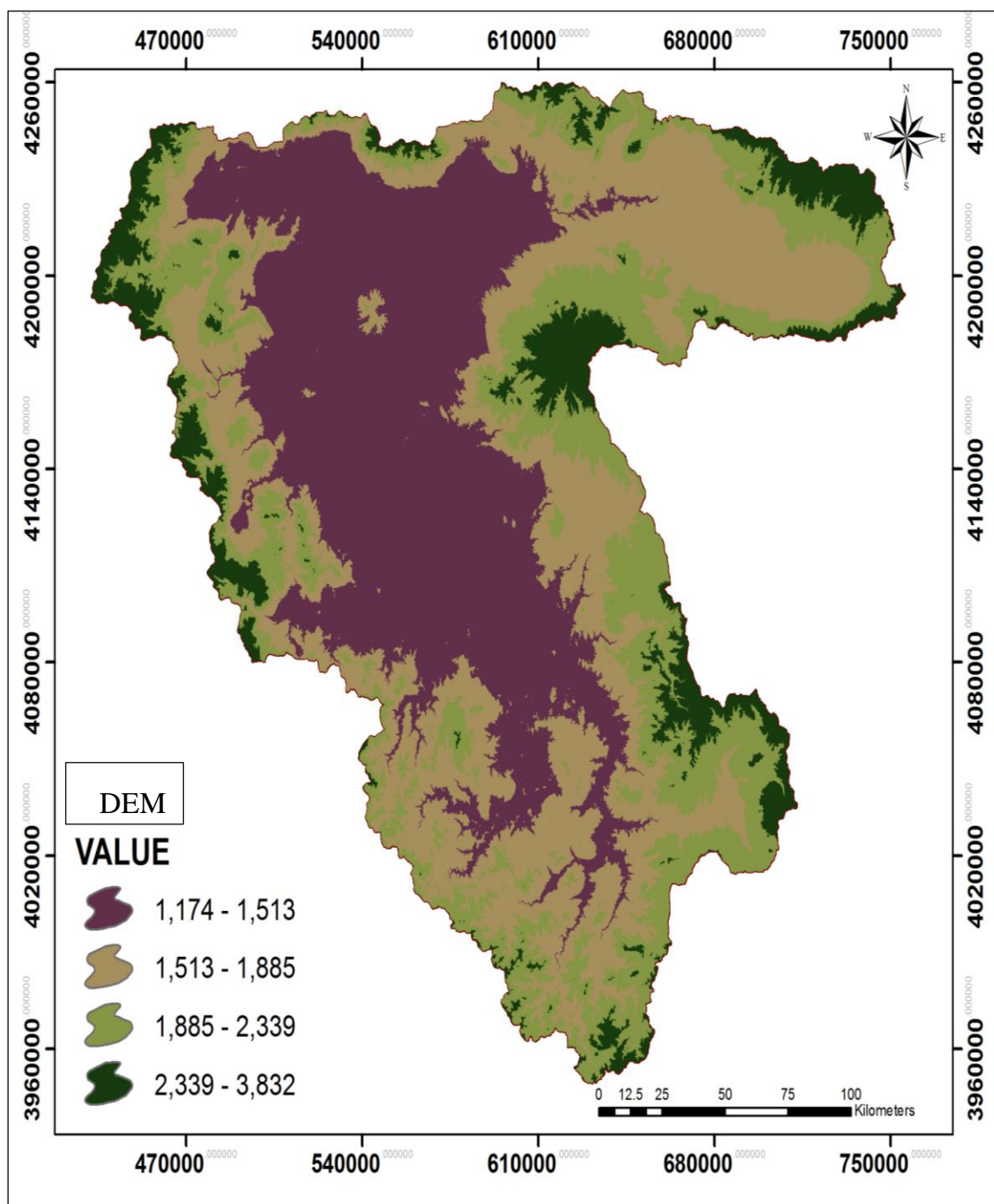
مساحت کلی اراضی کشاورزی که به صورت سالانه و با تناوب‌های فصلی در حوضه مورد استفاده قرار می‌گیرد در حدود مساحت سالانه محاسبه شده در محصول کاربری مودیس و معادل ۵۸۶۰۰۰ هکتار می‌باشد. سه مرجع مهتاب قدس (۱۳۸۹)، مطالعات مؤسسه‌ی تحقیقات آب (۱۳۹۲) و پژوهشکده‌ی مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۹۱) به ترتیب ۴۵۳۳/۲، ۴۹۹۰ و ۴۸۷۸/۲۶ کیلومتر مربع را برای سطح زیر کشت اراضی کشاورزی (بدون آیش) اعلام کرده‌اند که با ارقام اراضی زراعی آبی و باغی سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ مطابقت نسبی دارد. همچنین آمار آشناسامانه از سطح زیر کشت ۳۳۵۰۰۰ هکتاری در سال ۱۳۵۳ و ۴۶۲۰۰۰ هکتاری در سال ۱۳۸۸ حکایت دارد که در تطبیق نسبی با مطالعه حاضر است. اعداد به دست آمده نسبت به محصولات کاربری مودیس مقدار کمتری را نشان می‌دهند. آنچه از تحلیل بالابر می‌آید نشان می‌دهد که این منطقه به برنامه‌ریزی اساسی نه تنها در جهت کاهش سطح کشت بلکه عمدتاً در راستای تغییر الگوی کشت و استفاده از تجهیزات به روز کشاورزی نیاز دارد. با توجه به نقشه گوگل برای هر یک از سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳، مقادیر دقت کلی و ضریب کاپا برای کاربری‌های مختلف و ضریب کاپا در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ محاسبه شد. جدول (۱۱) به بیان دقت طبقه‌بندی هر یک از کاربری‌ها، دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های مختلف می‌پردازد. با توجه به این جدول، مقادیر ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۰,۷۷ (در شرایط قابل توجه) و ۰,۸۷ (شرایط تقریباً عالی) می‌باشد.

جدول ۱۱- دقت طبقه‌بندی برای کاربری‌های مختلف، دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳

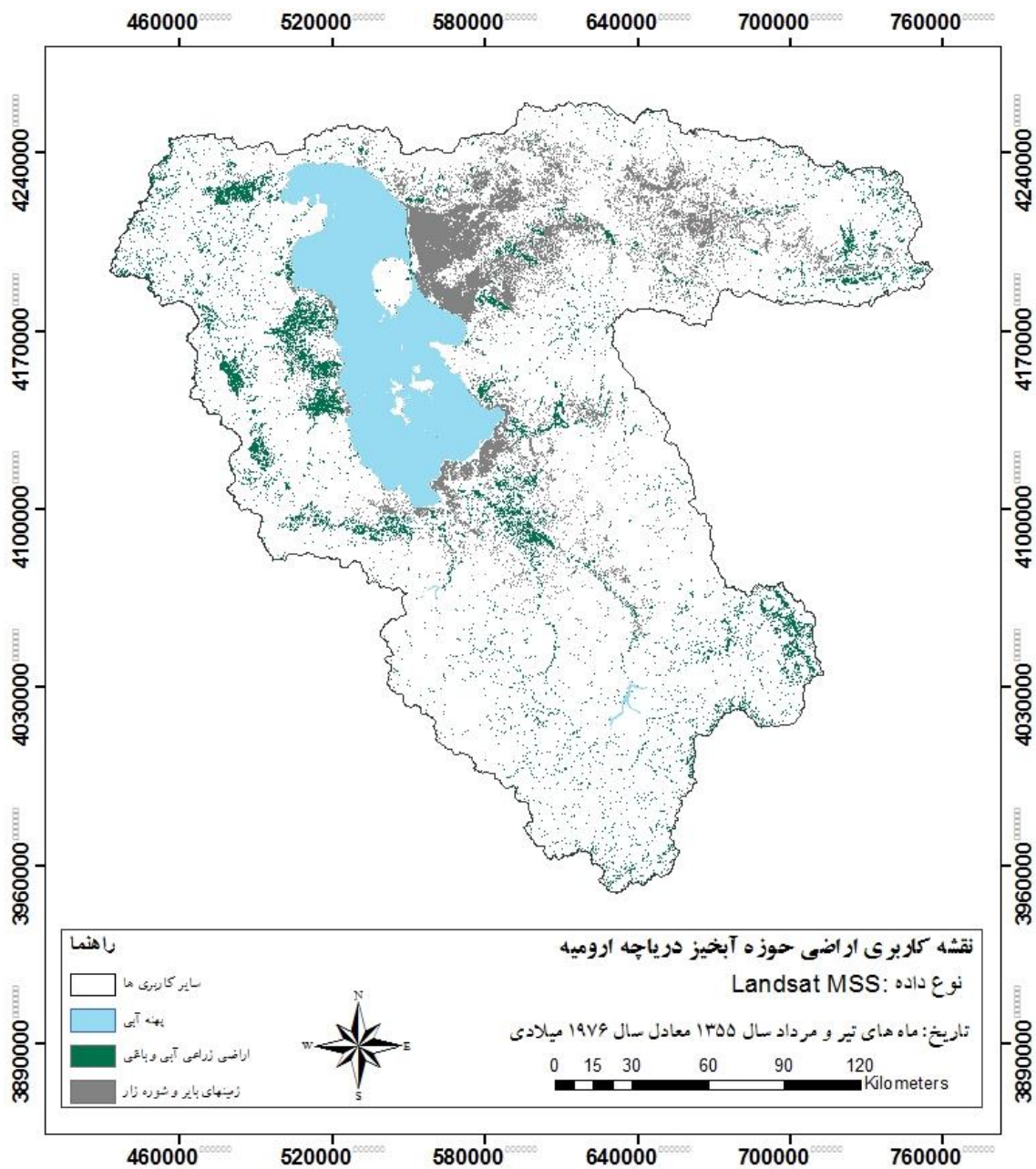
دقت طبقه‌بندی/کاپا	تعداد نقاط سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۱۰	تعداد نقاط سال ۲۰۱۳	سال ۲۰۱۳
دقت طبقه‌بندی اراضی زراعی آبی و باغی	۴۴۰	٪۷۶	۴۴۰	٪۹۴
دقت طبقه‌بندی پشته‌های آبی	۱۹۰	٪۹۸	۱۲۱	٪۱۰۰
دقت طبقه‌بندی اراضی بایر و شوره‌زار	۱۳۱	٪۷۳	۲۰۰	٪۷۱
دقت طبقه‌بندی سایر کاربری‌ها	۱۵۰	٪۱۰۰	۱۵۰	٪۱۰۰
دقت کلی	۹۱۱	٪۸۳,۹۷	۹۱۱	٪۹۰,۷۸
ضریب کاپا	۹۱۱	۰,۷۷	۹۱۱	۰,۸۷



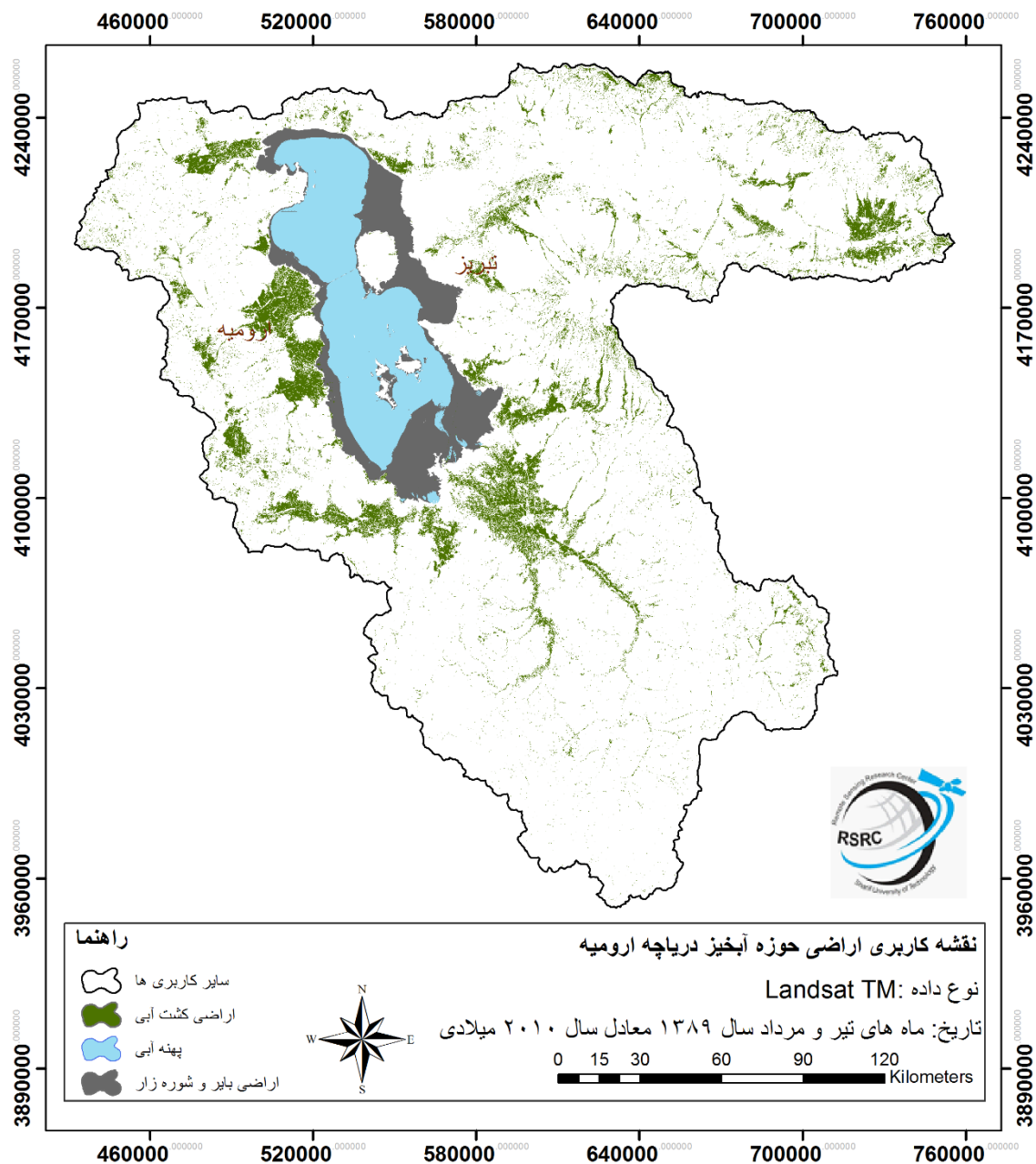
شکل ۱- نقشه‌ی کلاس‌بندی شیب حوضه‌ی ارومیه برحسب درصد



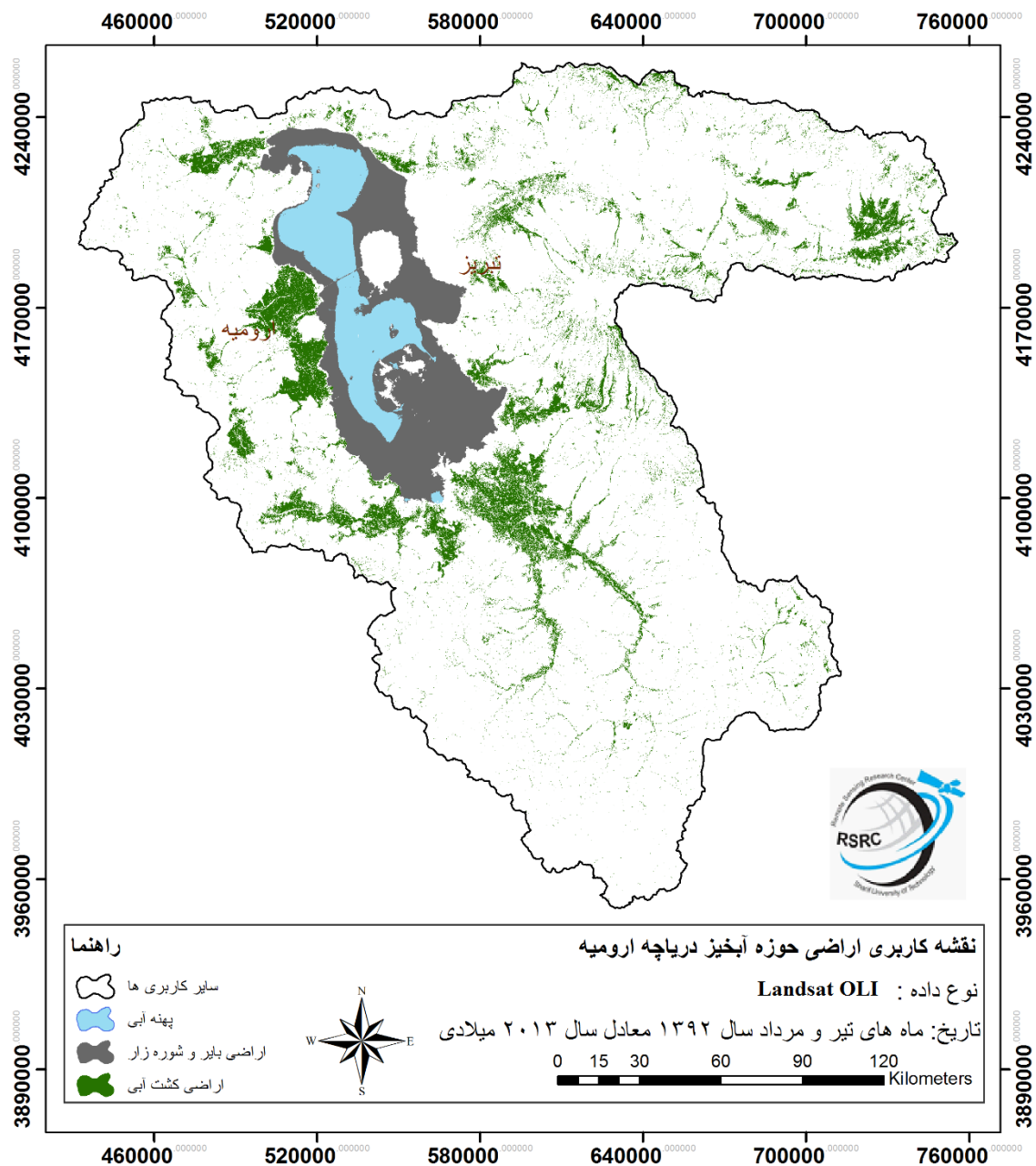
شکل ۹- نقشه DEM حوضه آبخیز ارومیه بر حسب متر



شکل ۱۰- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درستنمایی، سال ۱۹۷۶



شکل ۱۱- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درست‌نمایی، سال ۲۰۱۰



شکل ۱۲- نقشه‌ی کاربری اراضی به روش حداکثر درست‌نمایی، سال ۲۰۱۳

۵-۲- تغییرات مساحت پوشش زمین در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ با تصاویر مودیس

جداول (۱۲) و (۱۳)، مساحت هر کلاس را به تفکیک و به صورت سالانه و بر حسب کیلومتر مربع نشان می‌دهد. این جداول از محصولات پوشش زمین مودیس استخراج گردیده‌اند. بررسی جداول (۱۲) و (۱۳) نشان می‌دهد که انواع پوشش در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ دارای تغییراتی بعضاً چشمگیر می‌باشند. بررسی اجمالی روند این تغییرات نشان می‌دهد که پهنه‌های آبی در سال ۲۰۰۳ بیشترین میزان سطح خود را تجربه کرده که معادل ۴۶۰۹ کیلومتر مربع می‌باشد. مساحت پهنه‌های آبی از سال ۲۰۰۵ به بعد دارای روند نزولی می‌باشد. پوشش بوته‌زار از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ روند کاهشی و از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ روند افزایشی دارد. زمین‌های کشاورزی در این بازه زمانی روند افزایشی داشته و در سال ۲۰۱۱، پوشش سطحی آن‌ها به اوج خود می‌رسد. چمن‌زارها در فاصله ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ مساحت نسبتاً ثابتی دارند و در دو سال آخر روند کاهشی نشان می‌دهند. پوشش شهری در این بازه زمانی تغییرات مساحتی زیادی نداشته و به نظر می‌رسد که افزایش جمعیت با افزایش تراکم شهری تعدیل شده است. همچنین بررسی مساحت تالاب‌های دائمی در حوضه نشان می‌دهد که این پوشش در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ حداکثر مساحت خود را معادل به ترتیب ۴ و ۵ کیلومتر مربع دارد. بر اساس جداول ۱۲ و ۱۳، در بازه سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ بیشترین نرخ افزایش مساحت مربوط به زمین‌های بایر و زمین‌های با پوشش پراکنده (۱,۶۴) و بیشترین نرخ کاهش مساحت مربوط به پوشش دشت (۰,۱۲) می‌باشد. در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه و در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ بیشترین افزایش مساحت کاربری به ترتیب مربوط به زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بایر و یا پوشیده از پوشش تنک به ترتیب با افزایش ۱۶۴۸ و ۸۳۷ و بیشترین کاهش مساحت کاربری به ترتیب مربوط به پهنه‌های آبی و پوشش بیابانی با کاهش ۱۳۸۳ و ۱۱۵۹ کیلومتر مربع می‌باشد. محصولات پوشش زمین مودیس نشان می‌دهد که میزان پوشش جنگلی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بسیار ناچیز است. لذا در طبقه‌بندی‌های انجام شده در این مطالعه توسط تصاویر لندست، پوشش جنگلی لحاظ نشده است.

جدول ۱۲- مساحت کلاس‌های مختلف پوشش زمین (کیلومتر مربع) بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ میلادی

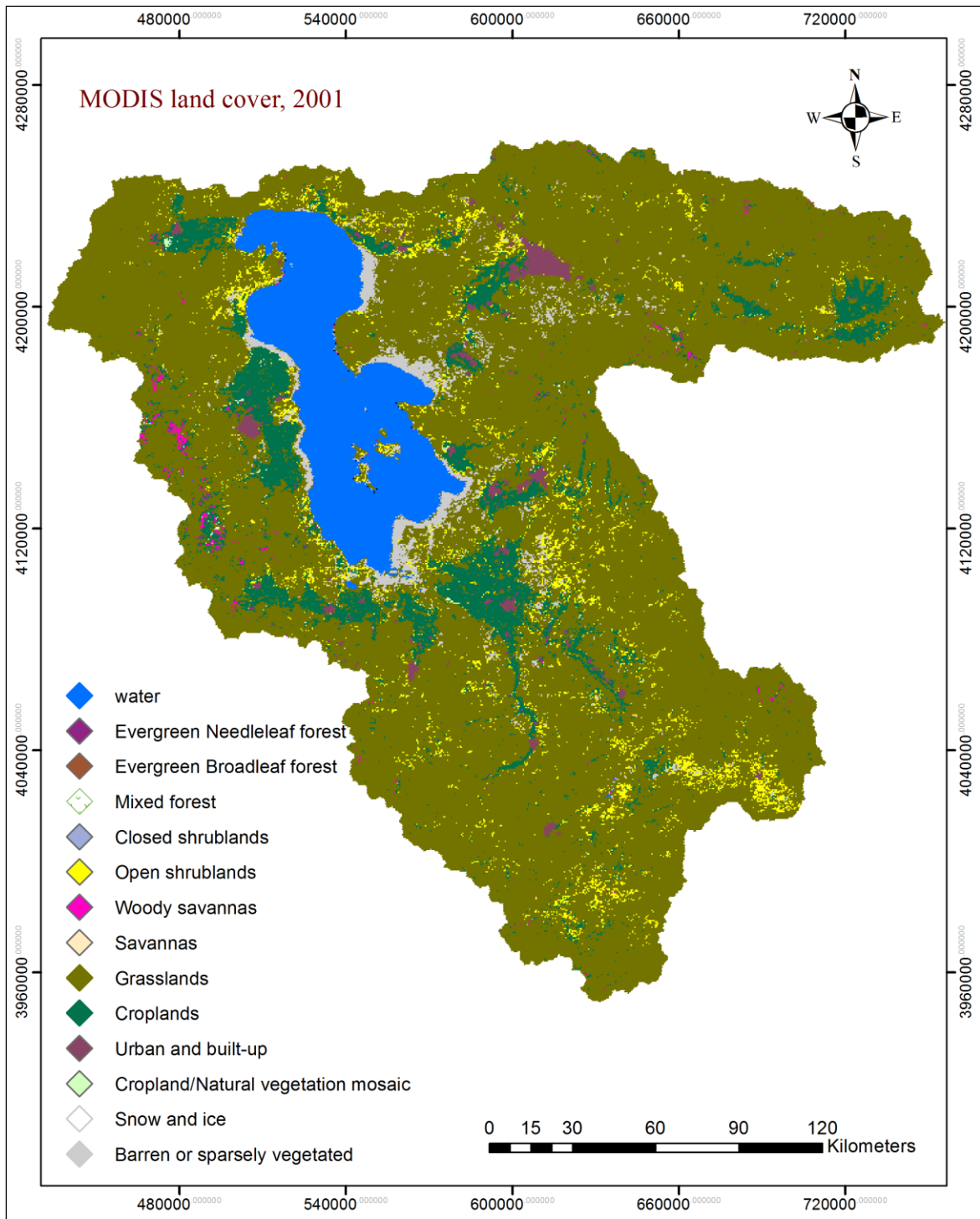
ردیف	نوع پوشش		۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶
۱	پهنه‌های آبی	water	۴۵۳۳	۴۵۲۲	۴۶۰۹	۴۴۵۲	۴۵۱۳	۴۲۹۳
۲	پوشش جنگلی	Forest	۶	۰/۶	۰/۲	۱/۲	۱/۵	۱۹
۳	پوشش بیابانی	scrublands	۱۷۴۱	۱۰۹۷	۷۵۲	۵۴۰	۵۳۲	۳۰۷
۴	پوشش دشت	Savannas	۱۶۱	۱۲۵	۴۲	۲۶	۸	۱۴
۵	چمنزار	Grasslands	۳۹۰۴۹	۴۰۱۳۴	۴۰۳۱۹	۴۱۲۰۲	۴۰۱۹۵	۴۰۷۴۰
۶	تالاب دائمی	permanent Wetlands	۰	۰	۰/۲۱	۰/۸۵	۱/۷۱	۴/۹۳
۷	زمین‌های کشاورزی	Croplands	۴۲۱۲	۴۲۶۸	۴۴۱۳	۳۹۷۱	۴۷۰۲	۴۷۸۸
۸	پوشش شهری و یخ	Urban/ice	۵۸۶	۵۸۳	۵۸۳	۵۸۳	۵۸۳	۵۸۳
۹	پوشش طبیعی	Cropland/Natural vegetation	۶۷	۲۲	۱۷	۲۱	۳۹	۲۲
۱۰	زمین‌های بایر یا زمین‌های با پوشش پراکنده	Barren or sparsely vegetated	۱۲۹۸	۹۰۱	۹۱۸	۸۵۶	۱۰۷۸	۸۸۳

جدول ۱۳- مساحت کلاس‌های مختلف پوشش زمین (کیلومتر مربع) بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ و نسبت مساحت کاربری سال ۲۰۱۲ به سال ۲۰۰۱

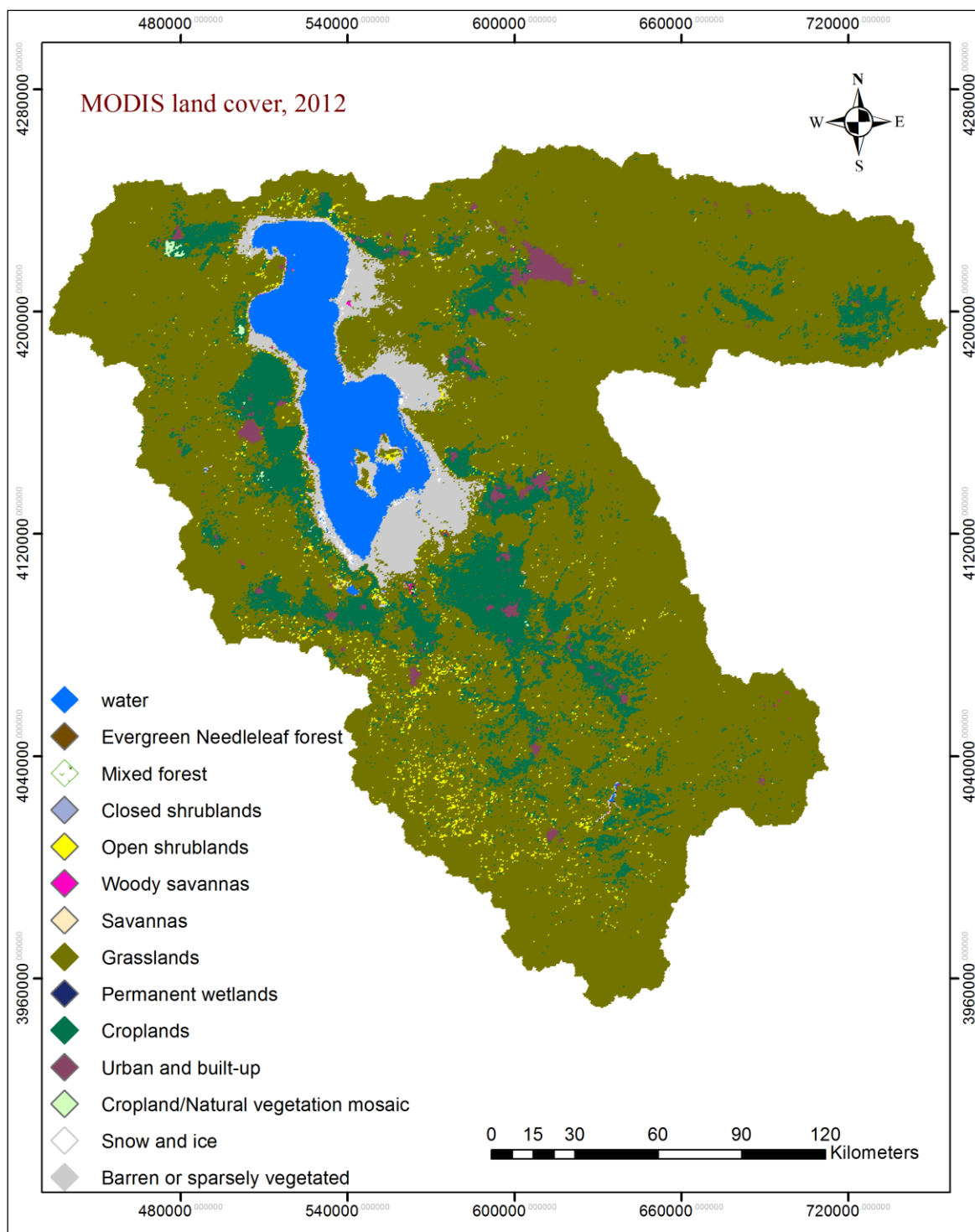
ردیف	نوع پوشش		۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	نسبت سال ۲۰۱۲ به سال ۲۰۰۱
۱	پهنه‌های آبی	water	۴۲۴۱	۴۰۹۸	۴۰۲۶	۳۸۵۰	۳۳۴۲	۳۱۵۰	۰,۷
۲	پوشش جنگلی	Forest	۱۵	۱۲	۲۴	۲۲	۹	۹	۱,۵
۳	پوشش بیابانی	scrublands	۳۰۸	۳۶۰	۴۵۴	۷۴۰	۶۸۱	۵۸۲	۰,۳۳
۴	پوشش دشت	Savannas	۱۸	۱۴	۱۱	۱۲	۱۵	۱۹	۰,۱۲
۵	چمنزار	Grasslands	۴۰۴۴۴	۴۰۷۹۰	۴۰۲۵۰	۴۰۰۹۵	۳۸۷۵۶	۳۹۲۲۹	۱
۶	تالاب دائمی	permanent Wetlands	۴	۵	۱	۱	۰/۶	۰/۸	---
۷	زمین‌های کشاورزی	Croplands	۴۷۴۷	۴۷۹۱	۴۹۳۸	۵۱۶۵	۶۳۸۵	۵۸۶۰	۱,۳۹
۸	پوشش شهری و یخ	Urban/ice	۵۸۳	۵۸۴	۵۸۳	۵۸۷	۶۰۸	۶۳۱	۱,۱
۹	پوشش طبیعی	Cropland/Natural vegetation	۶۲	۲۵	۵۷	۳۵	۴۹	۳۶	۰,۵۳
۱۰	زمین‌های بایر یا زمین‌های با پوشش پراکنده	Barren or sparsely vegetated	۱۲۳۱	۹۷۳	۱۳۰۷	۱۱۹۱	۱۸۰۸	۲۱۳۵	۱,۶۴

شکل‌های (۱۳) و (۱۴) نحوه پراکنش انواع پوشش زمین را در حوضه ارومیه و در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۲ نشان می‌دهد. شکل‌ها نمایشی از پوشش سالانه حوضه بوده و لذا تغییرات فصلی آن‌ها را نشان نمی‌دهد. اراضی کشاورزی به رنگ سبز نمایش داده شده‌اند و عمدتاً در حاشیه دریاچه ارومیه و در مصب رودخانه‌ها قرار دارند. یک محدوده کشاورزی نیز در ناحیه شمال شرقی و در فاصله نسبتاً زیادی از دریاچه قرار دارد. مقایسه چشمی دو تصویر نشان می‌دهد که سطح دریاچه کاهش چشمگیری داشته و در سال ۲۰۱۱ سطح وسیعی از حاشیه دریاچه با شوره‌زار و اراضی بایر جایگزین شده است. کلاس برف و یخ Snow/Ice در سال‌های مورد مطالعه سطح بسیار کمی از حوضه را در مقیاس سالانه به خود اختصاص داده (در حد چند پیکسل) و به همین دلیل در مطالعه حاضر با کلاس مناطق شهری ادغام شده است.

شکل (۱۵) مساحت پوشش آب را در حوضه ارومیه نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۲ به مقدار ۱۳۸۳ کیلومتر مربع کاهش داشته است. این نمودار نشان می‌دهد که بنا بر تصاویر مودیس نسبت مساحت پهنه‌های آبی سال ۲۰۱۲ به سال ۲۰۰۱، ۰,۷ می‌باشد. در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ تغییرات سطح آب شیب تندتری نسبت به سال‌های قبل از آن نشان می‌دهد و از سال ۲۰۱۰ این شیب باز هم تندتر شده است. مساحت پهنه‌های آبی در سال ۲۰۰۴ دارای افت جزئی اما محسوسی نسبت به سال قبل و بعد از خود می‌باشد. این پیک جزئی می‌تواند با تغییرات بارندگی یا دمای حوضه مقایسه شود. این نکته شایان ذکر است که محصولات مودیس سطح سالانه پهنه‌های آبی را نشان می‌دهد که به مراتب بیش‌تر از سطح آب تابستانه محاسبه شده توسط تصاویر لندست می‌باشد. مساحت پهنه‌های آبی حاصله از تصاویر لندست در سال ۲۰۱۳ معادل ۱۹۷۶ کیلومتر مربع بوده و از مساحت حاصله از تصویر مودیس در سال ۲۰۱۲ (۳۱۵۰ کیلومتر مربع)، ۱۱۷۴ کیلومتر مربع کمتر و نسبت مساحت پهنه‌های آبی حاصله از تصاویر لندست در سال ۲۰۱۳ به تصاویر حاصله از تصویر مودیس در سال ۲۰۱۲ برابر ۰,۶۳ می‌باشد.



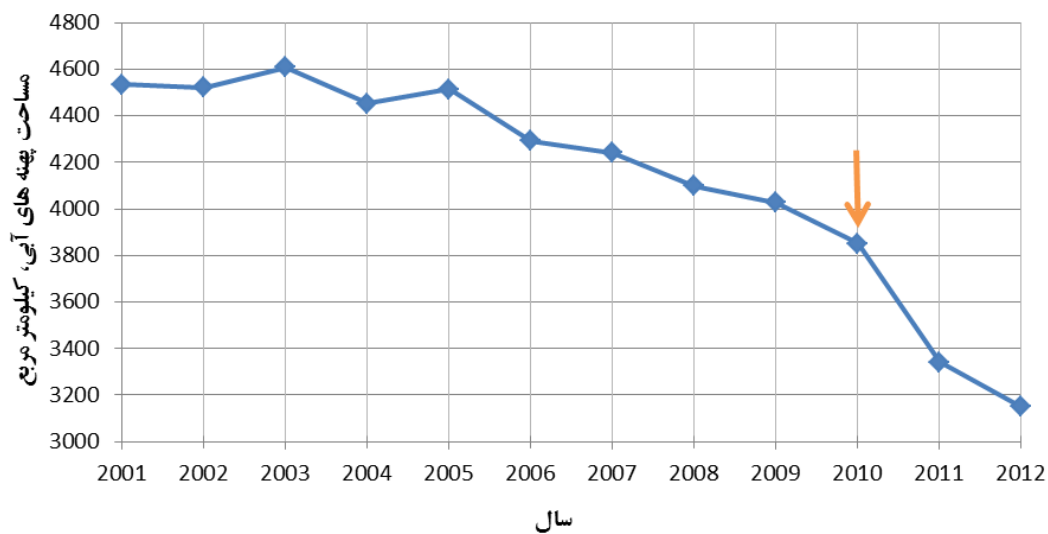
شکل ۱۳- نقشه پوشش زمین از سنجنده مودیس مربوط به سال ۲۰۰۱



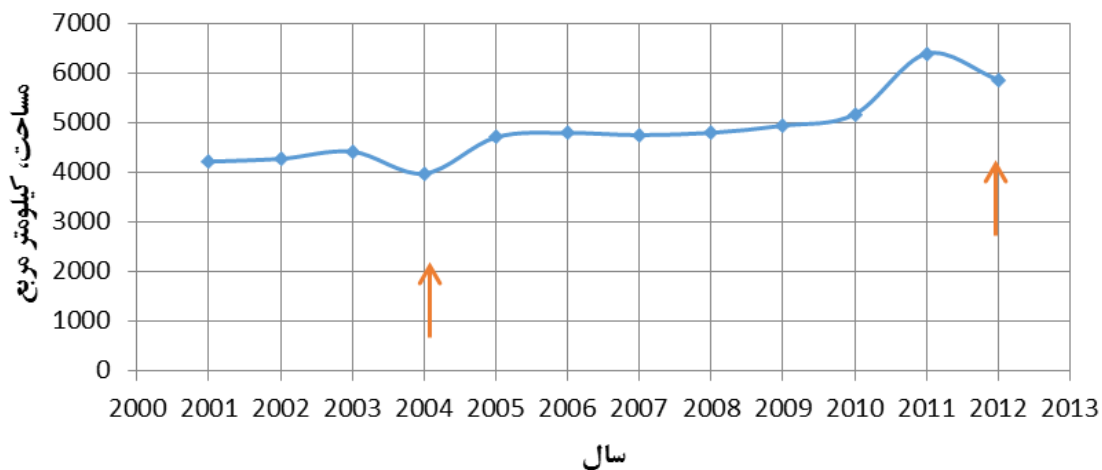
شکل ۱۴- نقشه پوشش زمین از سنجنده مودیس مربوط به سال ۲۰۱۲

شکل (۱۶) مساحت کاربری اراضی کشاورزی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۲ کاربری کشاورزی به مقدار ۱۶۴۷ کیلومتر مربع افزایش یافته است. این نمودار

نشان می‌دهد که نسبت مساحت زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال ۲۰۰۱ ۱,۳۹ می‌باشد. هم‌چنین روند تغییرات نشان می‌دهد که مساحت این بخش بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ روند نسبتاً ثابتی داشته و در سال ۲۰۱۱ به بیش‌ترین حد خود رسیده است. از سال ۲۰۱۱ مساحت بخش فعال کشاورزی کاهش داشته و به نظر می‌رسد این کاهش همچنان تا سال ۲۰۱۲ ادامه داشته باشد. در سال ۲۰۱۰ سطح اراضی کشاورزی نیز رو به افزایش است که این روند افزایشی تنها تا سال ۲۰۱۱ ادامه داشته و بعد از آن دوباره افت می‌کند. این افت می‌تواند بنا به سیستم‌های طبیعی فیدبک منفی حوضه از قبیل پیشروی شوره‌زار باشد.



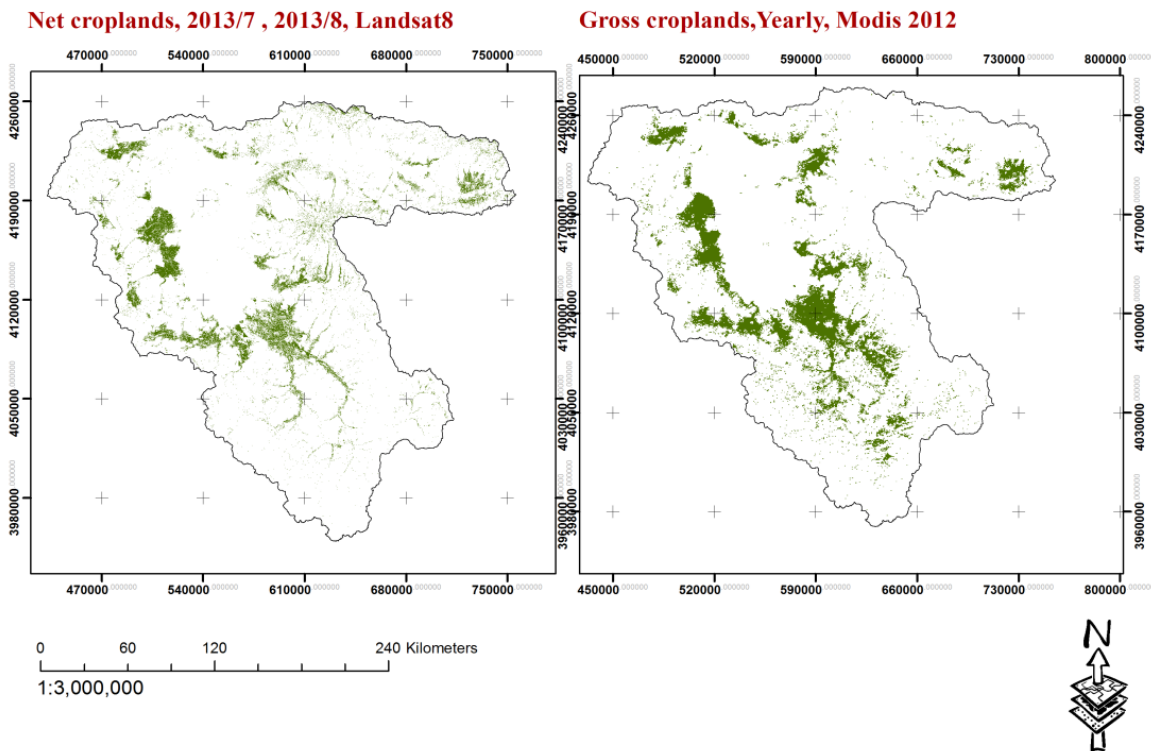
شکل ۱۵- مساحت پهنه‌های آبی با استفاده از محصولات کاربری مودیس بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲



شکل ۱۶- مساحت اراضی کشاورزی^۱ با استفاده از محصولات کاربری مودیس بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲

^۱ croplands

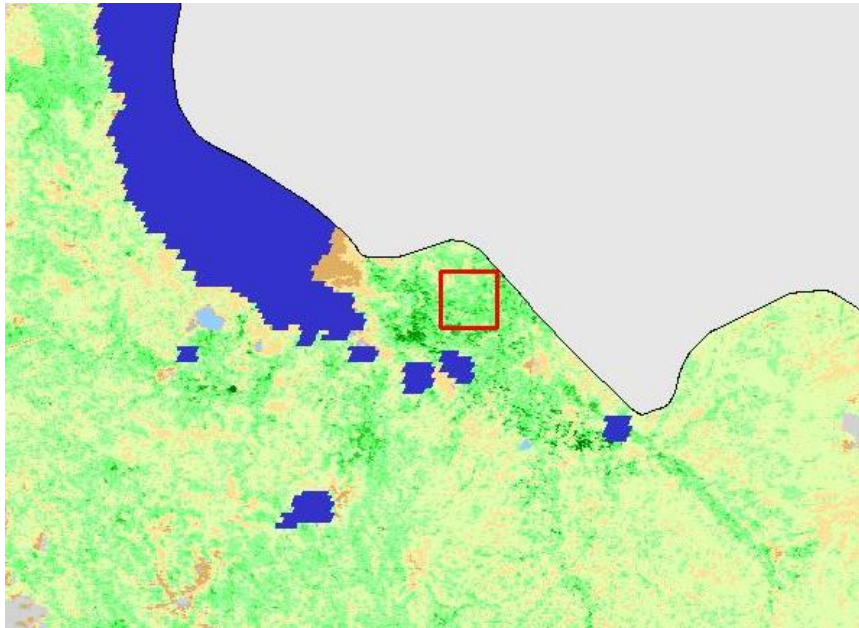
شکل (۱۷) اراضی زراعی آبی و باغی را نشان می‌دهد که از نقشه‌ی کاربری سال ۲۰۱۳ لندست و هم‌چنین محصولات پوشش زمین مودیس سال ۲۰۱۲، استخراج شده است. بنابراین شکل، مساحت این اراضی در نقشه استخراجی از لندست ۴۳۳۷ کیلومتر مربع و در محصول مودیس، ۵۸۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد و این افزونی مساحت به این دلیل است که تصاویر مودیس به صورت میانگین سالانه تهیه می‌شود و زمین‌هایی که در بخشی از سال محصول دارند و در بخش دیگر فاقد محصول است را به صورت کلی جزو اراضی کشاورزی به حساب می‌آورد. در حالی که در کاربری لندست عملاً زمین‌هایی که در روز برداشت تصویر دارای پوشش است را در برمی‌گیرد. به نظر می‌رسد که مساحت اراضی در مودیس شامل مجموع کشت و آیش است، در حالی که در کاربری لندست مساحت بخش‌های آیش تفکیک شده است. علاوه بر مورد بالا، تصاویر مودیس و لندست فاقد باندهای مشابه، عدم قدرت تفکیک مکانی، روش محاسبه و زمان مشابه نیز می‌باشند. پس تفاوت‌های موجود میان نتایج کاملاً طبیعی است.



شکل ۱۷- مقایسه‌ی اراضی زراعی آبی و باغی از محصولات کاربری مودیس و تصاویر لندست ۸ ماه‌های می (اردیبهشت) و اوت (مرداد)

۵-۳- بررسی و تحلیل سری زمانی NDVI از محصولات ۲۵۰ متری مودیس

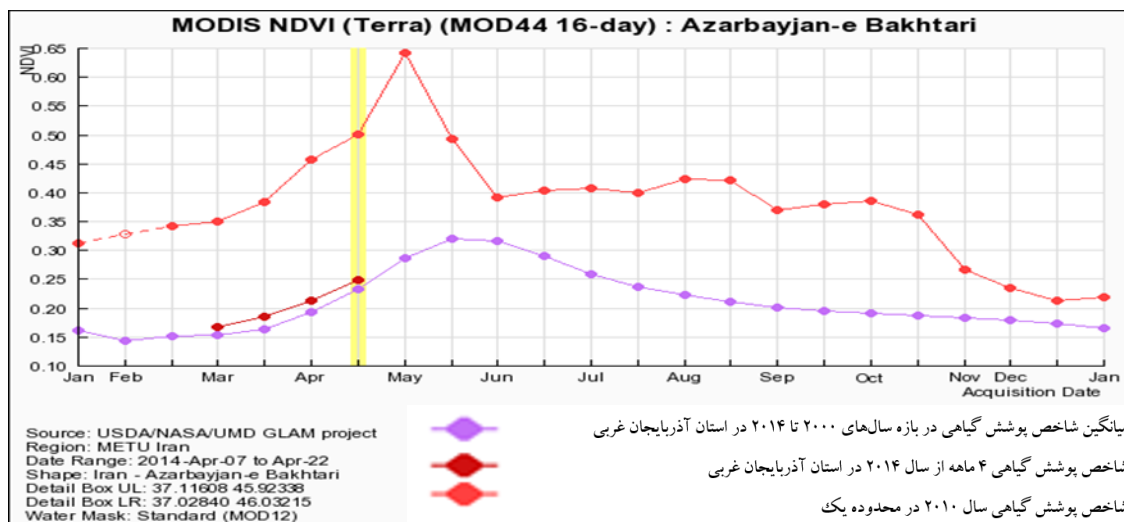
در زیر نمونه‌ای از محدوده‌های ۱۰ کیلومتر مربعی انتخابی در کاربری‌های مختلف و تحلیل روند شاخص پوشش گیاهی آن آمده است. شکل (۱۸) محدوده ۱ انتخابی در محدوده‌ی جنوب دریاچه را نشان می‌دهد. محدوده انتخابی در محدوده اول عموماً نواحی با کاربری کشاورزی آبی هستند که از مخروط افکنه‌های جنوبی دریاچه انتخاب شده است.



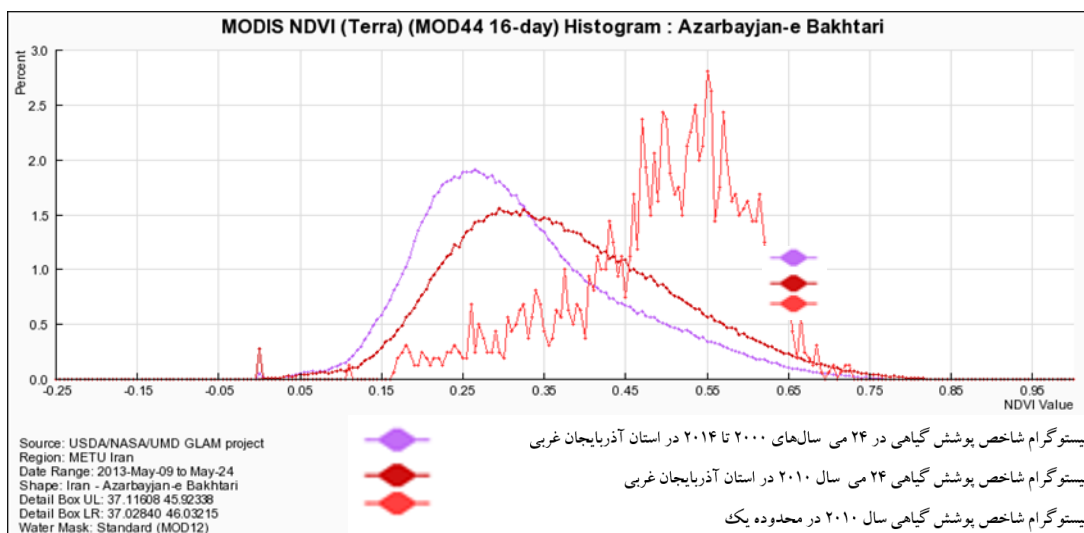
شکل ۱۸- محدوده ۱ انتخاب شده در حاشیه جنوبی دریاچه

شکل (۱۹) روند تغییرات ماهانه شاخص پوشش گیاهی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی در استان آذربایجان غربی، ۴ ماه از سال ۲۰۱۴ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک را نشان می‌دهد. تحلیل روند شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد که این شاخص از اواسط فوریه شروع به ظهور کرده و در اوایل ماه می (اردیبهشت) به حداکثر خود می‌رسد. پیک شاخص پوشش گیاهی در ماه می (اردیبهشت) می‌تواند به دلیل وجود اراضی دیم و یا کشت اول (بهاره) محصولات زراعی باشد. پیک‌های بعدی این شاخص بعد از ماه جون (تیر) و در اوت (مرداد) و اکتبر (مهر) عمدتاً مربوط به اراضی زراعی آبی و باغی سایر محصولات می‌باشد. تحلیل این پیک‌ها می‌تواند به تعیین زمان محصول دهی و یابرداشت انواع محصولات کشاورزی عمده در منطقه کمک کند. اطلاع از روند این تغییرات کمک شایانی در شناسایی انواع فصل کشت و ماه مناسب تصاویر جهت استخراج کاربری‌های مختلف می‌نماید. شکل‌های ۲۰ و ۲۱ به ترتیب هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی ماه‌های می و اوت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک را نشان می‌دهد.

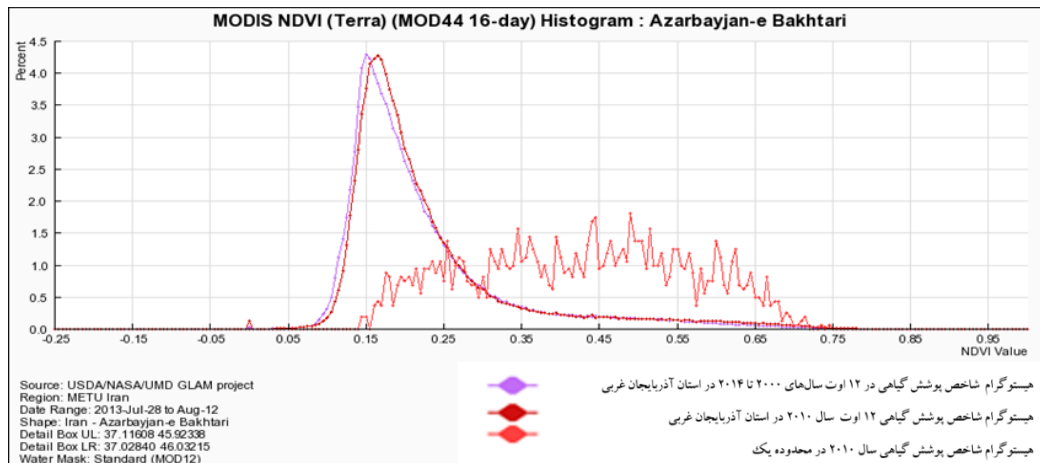
شکل (۲۲) مربوط به محدوده دوم منطقه است که عمدتاً در باغات منطقه‌ی ارومیه است. شکل (۲۳) روند شاخص پوشش گیاهی در بازه سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و محدوده ۲ در سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد.



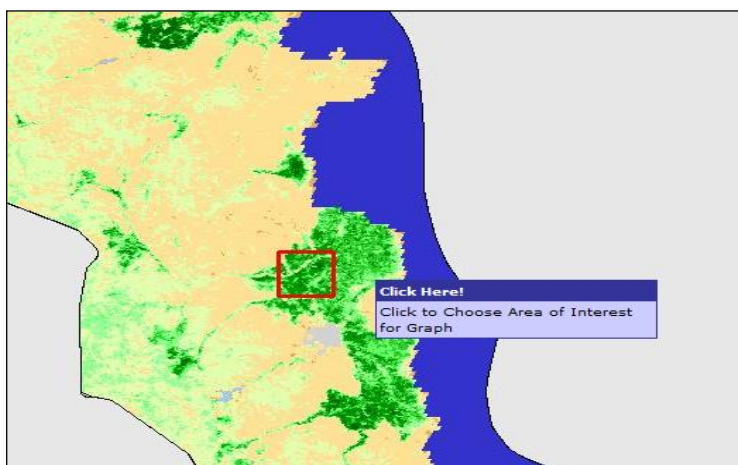
شکل ۱۹- روند تغییرات ماهانه شاخص پوشش گیاهی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی در استان آذربایجان غربی، ۴ ماه از سال ۲۰۱۴ در استان آذربایجان غربی و در سال ۲۰۱۰ در محدوده یک



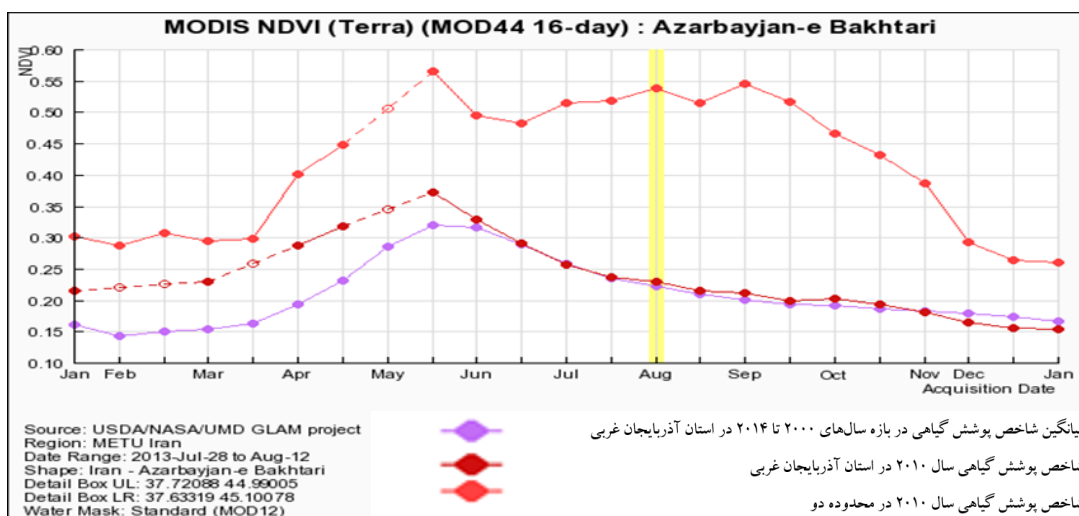
شکل ۲۰- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه می سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک



شکل ۲۱- هستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ میلادی در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده یک



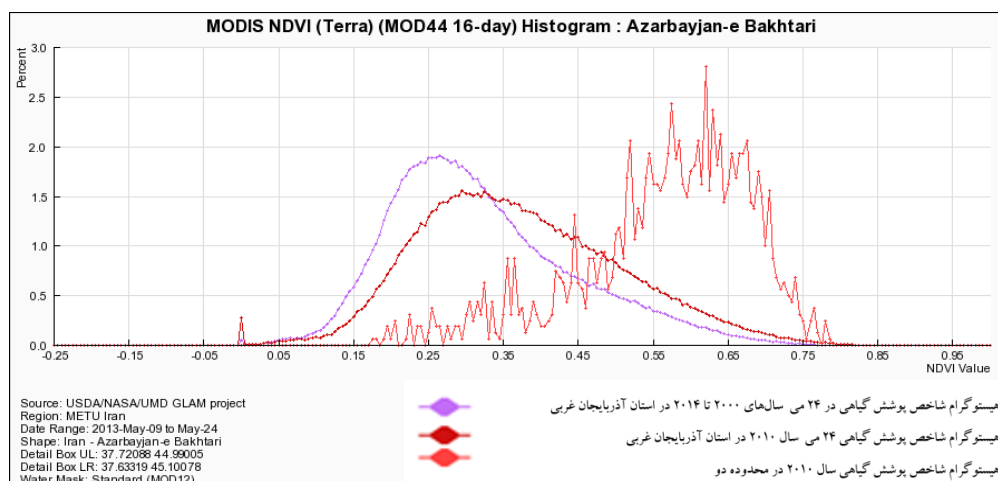
شکل ۲۲- موقعیت محدوده ۲ در باغات واقع در بخش غربی دریاچه ارومیه



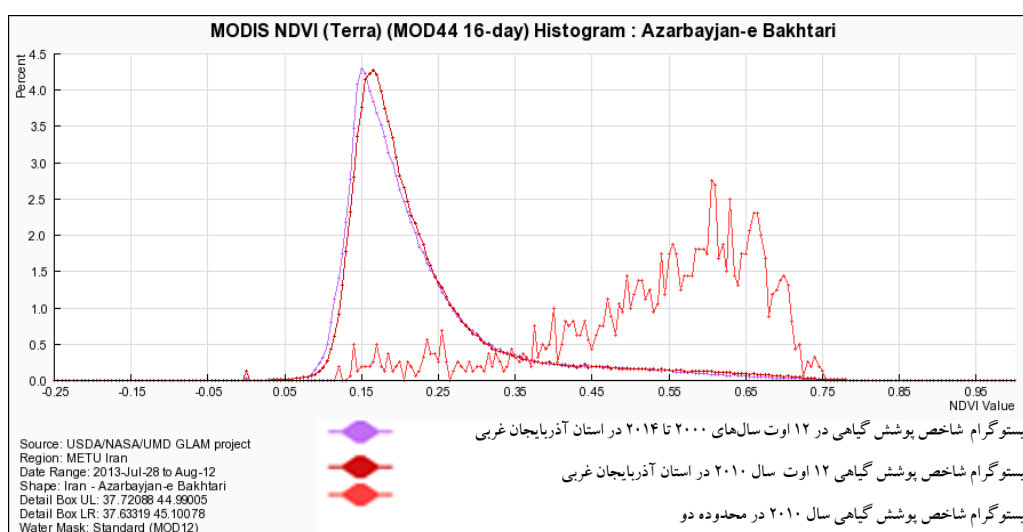
شکل ۲۳- روند شاخص پوشش گیاهی در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و محدوده ۲ در سال

۲۰۱۰

روند شکل (۲۳) عاری از نوسانات مربوط به دیم و یا کشت اول است و شاخص پوشش گیاهی روند نسبتاً ثابتی را در طول فصل کشت از خود نشان می‌دهد که مربوط به باغات می‌باشد. نکته‌ای که از این شکل برمی‌آید این است که میانگین سالانه شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۰ بالاتر از میانگین ۱۴ ساله آن (از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۴) می‌باشد و می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که این سال یک سال خشک نیست و مقدار مصرف آب بیشتری داشته است. روند شاخص پوشش گیاهی در محدوده باغات دارای دو پیک عمده در می (اردیبهشت) و سپتامبر (شهریور) می‌باشد. شکل (۲۴) و شکل (۲۵) هیستوگرام تغییرات شاخص پوشش گیاهی در ماه‌های می و اوت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده دو را نشان می‌دهد.



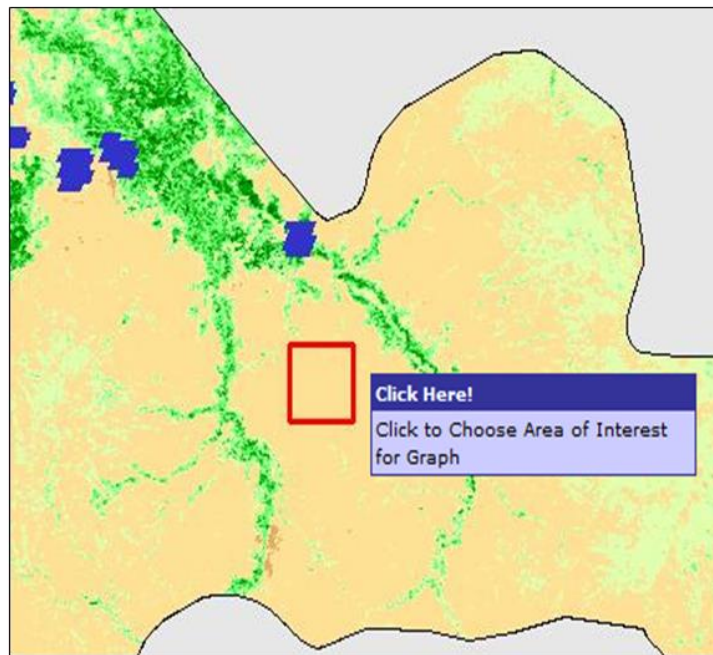
شکل ۲۴- هیستوگرام تغییرات شاخص پوشش گیاهی در ماه می سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده دو



شکل ۲۵- هیستوگرام تغییرات شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت (مرداد) سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان

آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده ۲

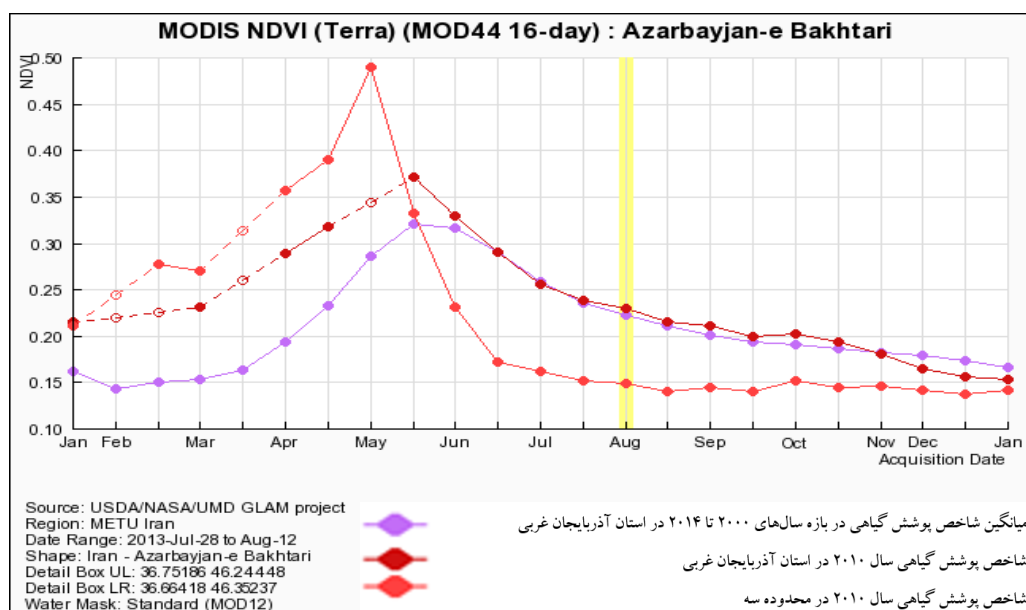
مقایسه‌ی هیستوگرام شکل‌های (۲۴) و (۲۵) نشان می‌دهد که هیستوگرام دو ماه از نظر روند تغییرات و شکل پیک شباهت زیادتری از محدوده ۱ دارند که این موضوع می‌تواند به دلیل روند یکنواخت تر شاخص پوشش گیاهی در اراضی باغی و همچنین مطرح نبودن بحث کشت اول و یا آیش در این محدوده باشد. نکته‌ی دیگر قابل استخراج از تحلیل سری‌های شاخص پوشش گیاهی به دست آوردن آستانه شاخص پوشش گیاهی در کاربری‌های مختلف است. غالباً کاربری‌های کشاورزی در این محدوده دارای میانگین شاخص پوشش گیاهی بالاتر از ۰/۳ می‌باشد. در هر دو ماه می (اردیبهشت) و اوت (مرداد) محدوده شاخص پوشش گیاهی بین ۰/۱۵ تا ۰/۷۵ می‌باشد، ولی سطح زیر نمودار در ماه می (اردیبهشت) بیشتر از ماه اوت (مرداد) است. شکل (۲۶) محدوده انتخابی سوم را نشان می‌دهد. محدوده انتخابی سوم مربوط به منطقه عمدتاً دیم‌زار است. شکل (۲۷) روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده ۳ (دیم‌زارهای جنوب دریاچه) و شکل‌های (۲۸) و (۲۹) به هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه‌های می و اوت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده سه (دیم‌زارهای جنوب دریاچه) را نشان می‌دهد. محدوده ۳ مربوط به کاربری دیم می‌باشد و پیش‌بینی می‌گردد بیومس قابل‌شناسایی این کاربری در تصاویر ماهواره‌ای برخلاف محدوده باغات در ماه‌های مختلف مقادیر بسیار متفاوتی باشد.



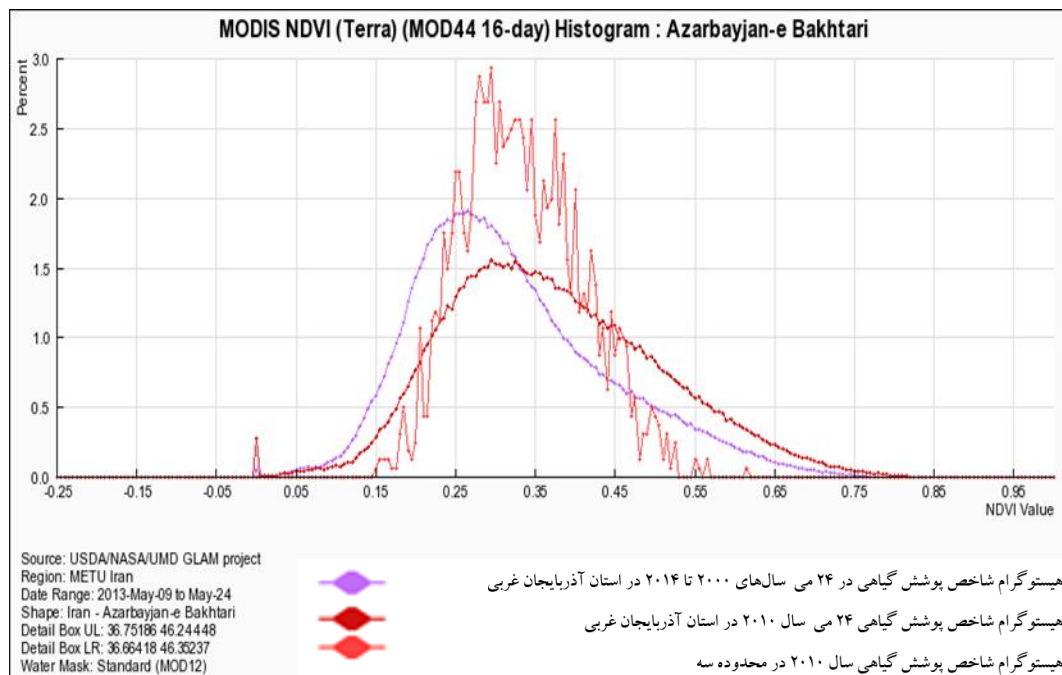
شکل ۲۶- محدوده ۳ از دیم‌زارهای جنوبی دریاچه ارومیه

مقایسه‌ی شکل‌های (۲۸) و (۲۹) نشان می‌دهد که محدوده‌ی انتخابی ترکیبی از کاربری‌های عمدتاً دیم و مقداری مرتع می‌باشد که در ماه می (اردیبهشت) دارای محصول بوده و در ماه‌های جولای (تیر) و اوت (مرداد) عملاً شاخص پوشش گیاهی کمی دارد. از این اطلاعات می‌توان نتیجه گرفت که ماه می (اردیبهشت)، ماه مناسبی جهت آنالیز تصاویر و استخراج کاربری دیم می‌باشد. برخلاف هیستوگرام ماه‌های می (اردیبهشت) و اوت (مرداد) در مورد باغات که شباهت زیادی داشتند، در مورد اراضی دیم تفاوت مشهود است. محدوده شاخص پوشش گیاهی ماه می در این اراضی بین ۰/۱۵ تا ۰/۵۵ و در ماه اوت محدوده باریکی در حد ۰/۱۵ می‌باشد. دلیل این موضوع آن است که در ماه‌های قبل از اوت دیم‌زارها عملاً برداشت شده و بیومسی ندارند.

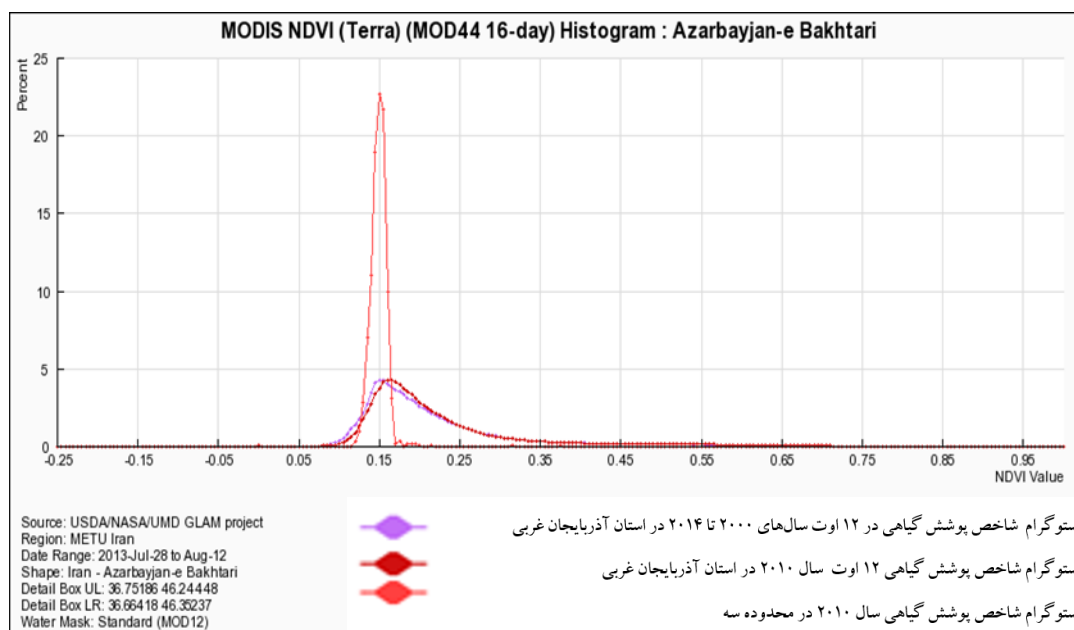
با توجه به مقایسه شکل‌های (۱۹)، (۲۳) و (۲۷) که به ترتیب بیانگر شاخص پوشش گیاهی اراضی کشاورزی، باغی و دیم می‌باشند می‌توان استنباط نمود که در ماه‌های جولای (تیر) و اوت (مرداد) اراضی کشاورزی و باغی دارای شاخص پوشش گیاهی بالایی می‌باشند؛ در حالیکه اراضی دیم در این ماه‌ها دارای مقادیر شاخص پوشش گیاهی بسیار کمی می‌باشند. به عبارت دیگر استفاده از تصاویر لندست ماه‌های جولای (تیر) و اوت (مرداد) باعث استخراج مناسب اراضی آبی و باغی و تفکیک این اراضی از اراضی دیم می‌شود. لذا انتخاب این ماه‌ها جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از ماهواره لندست، انتخاب درستی بوده است.



شکل ۲۷- روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده ۳ (دیم‌زارهای جنوب دریاچه)



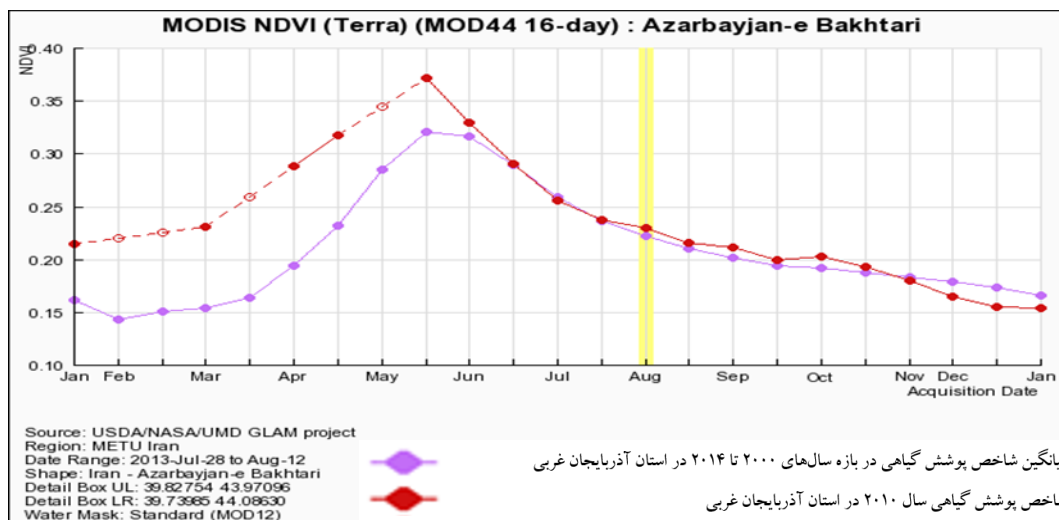
شکل ۲۸- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه می سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و سال ۲۰۱۰ در محدوده سه (دیم زارهای جنوب دریاچه)



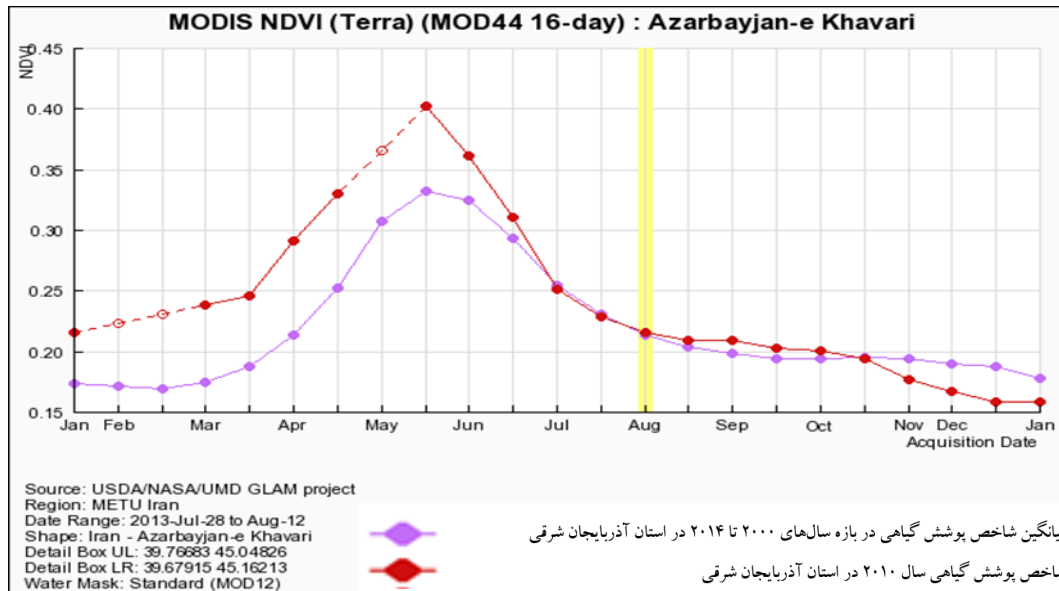
شکل ۲۹- هیستوگرام شاخص پوشش گیاهی در ماه اوت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در استان آذربایجان غربی و محدوده سه در سال ۲۰۱۰

روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان غربی و استان آذربایجان شرقی در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰ در شکل‌های (۳۰) و (۳۱) نشان داده شده است. حدود شاخص پوشش گیاهی شکل‌های (۳۰) و (۳۱) نشان می‌دهند که پیک کلی شاخص پوشش گیاهی در هر دو استان در میانه‌ی

ماه می (اردیبهشت) اتفاق می‌افتد. همچنین مشخص است که ظهور شاخص پوشش گیاهی از اوایل مارس (اسفند) شروع شده، در اواسط می (اردیبهشت) به پیک خود رسیده و از ماه می به بعد رو به کاهش می‌گذارد. نمودار میانگین شاخص پوشش گیاهی در فاصله سال‌های بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ در هر دو استان روند نسبتاً یکسانی را نشان می‌دهد که پیک آن در شاخص پوشش گیاهی حدود ۰/۳ قرار دارد.



شکل ۳۰- روند شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان غربی در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰



شکل ۳۱- روند شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان شرقی در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۰

۶- نتیجه‌گیری کلی

نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با توجه به زمان محدود پروژه و تفاوت‌های بین ارقامی که در جلسات کارگروه‌ها توسط سازمان‌ها و نهادهای مسئول، در مورد سطوح اراضی زراعی آبی و باغی مطرح گردید و عدم امکان بازدید زمینی و تنها متکی بر دید کارشناسی و فن‌های موجود سنجش از دور تولید گردید. هرچند اعداد و ارقام به دست آمده تطابق نسبتاً خوبی با آمار و مطالعات مشابه موجود دارد، اما بدیهی است با اختصاص زمان کافی نتایج پتانسیل بهبود زیادی دارند. اهم نتایج این مطالعه عبارت‌اند از:

۱- با بررسی توأم شاخص مطلوبیت، تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و همچنین تحلیل مشخصات آماری کلاس‌ها برای تصاویر سنجنده‌های MSS، TM و OLI به ترتیب ترکیب باندهای ۴-۵-۷، ۲-۳-۴ و ۳-۴-۵ جهت شرکت در طبقه‌بندی انتخاب گردید.

۲- مساحت به دست آمده برای اراضی زراعی آبی و باغی در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۳۱۸۶، ۴۰۸۳ و ۴۳۳۷ کیلومتر مربع می‌باشند و نشان‌گر افزایش سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی در منطقه است.

۳- مساحت پهنه‌های آبی حوضه از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۰ به شدت کاهش یافته به صورتی که این سطح در تابستان ۱۹۷۶ معادل ۵۲۳۱ کیلومتر مربع و در تابستان ۲۰۱۰ معادل ۳۳۱۶ کیلومتر مربع می‌باشد.

۴- همچنین تحلیل تصاویر نشان می‌دهد که در همین فصل و در سال ۲۰۱۳ این سطح پهنه‌های آبی تا ۱۹۷۶ کیلومتر مربع کاهش می‌یابد. آنچه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و در بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۳ رخ داده شامل افزایش سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی و باغی و کاهش سطح دریاچه است که در این تحقیق و با ارائه نتایج کمی به اثبات رسیده است.

۵- مقادیر ضریب کاپا حاصل از طبقه‌بندی تصاویر لندست به روش حداکثر درستی برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۰,۷۷ (در شرایط قابل توجه) و ۰,۸۷ (شرایط تقریباً عالی) می‌باشد.

۶- بر اساس اطلاعات تصاویر مودیس نسبت مساحت زمین‌های کشاورزی و پهنه‌های آبی در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال ۲۰۰۱، به ترتیب ۱,۳۹ و ۰,۶۹ می‌باشد.

۷- نسبت مساحت پهنه‌های آبی و زمین‌های کشاورزی حاصله از تصاویر لندست در سال ۲۰۱۳ به تصاویر حاصله از تصویر مودیس در سال ۲۰۱۲ به ترتیب برابر ۰,۶۳ و ۰,۷۴ می‌باشد. این افزونی مساحت به این دلیل است که تصاویر مودیس به صورت میانگین سالانه تهیه می‌شود و زمین‌هایی که در بخشی از سال

محصول دارند و در بخش دیگر فاقد محصول است را به صورت کلی جزو اراضی کشاورزی به حساب می‌آورد. در حالی که در کاربری لندست عملاً زمین‌هایی که در روز برداشت تصویر دارای پوشش است را در برمی‌گیرد. به نظر می‌رسد که مساحت اراضی در مودیس شامل مجموع کشت و آیش است، در حالی که در کاربری لندست مساحت بخش‌های آیش تفکیک شده است. علاوه بر مورد بالا، تصاویر مودیس و لندست فاقد باندهای مشابه، عدم قدرت تفکیک مکانی، روش محاسبه و زمان مشابه نیز می‌باشند. پس تفاوت‌های موجود میان نتایج کاملاً طبیعی است.

۸- با بررسی روند شاخص پوشش گیاهی در اراضی کشاورزی در جنوب دریاچه این نتیجه حاصل گردید که پیک ماه می (اردیبهشت) عمدتاً به محصولات دیم و یا کشت اول (بهاره) محصولات زراعی مربوط می‌شود و در حالی که در ماه اوت مربوط به محصولات زراعی آبی و باغی است.

۹- با بررسی روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در کل استان آذربایجان غربی و استان آذربایجان شرقی در سال ۲۰۱۰ این نتیجه حاصل گردید که پیک کلی شاخص پوشش گیاهی در هر دو استان در میانه‌ی ماه می (اردیبهشت) اتفاق و پیک شاخص پوشش گیاهی در بازه سال‌های بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ در هر دو استان حدود ۰/۳ می‌باشد.

۱۰- با بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در دیمزارهای جنوب دریاچه ارومیه ماه می (اردیبهشت)، ماه مناسبی جهت آنالیز تصاویر و استخراج کاربری دیم می‌باشد.

۱۱- در این گزارش با استفاده از تحلیل سری زمانی شاخص پوشش گیاهی این نتیجه حاصل گردید که در ماه‌های جولای (تیر) و اوت (مرداد) اراضی کشاورزی و باغی دارای شاخص پوشش گیاهی بالاتری از اراضی دیم می‌باشند.

۷- پیشنهادها

✓ پیشنهادهایی که برای تکمیل کار می‌توان ارائه کرد، عبارت‌اند از:

۱. انجام بازدید محلی و تهیه ضریب کاپا با داده‌های زمینی
۲. بدیهی است جهت کسب اطلاعات تکمیلی برای تفکیک بهتر سایر کاربری‌ها، می‌توان تشخیص کاربری را نه محدود به یک ماه، بلکه حداقل در چهار فصل هر سال انجام داد. با تهیه نقشه کاربری فصلی و بر مبنای تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان و همچنین بر اساس تقویم کاشت و داشت (کشت اول و دوم) اراضی زراعی آبی و باغی و زمان برداشت اول و دوم محصولات دیم به نتایج به مراتب دقیق‌تری می‌رسیم. هم‌چنین

بررسی تصویر زمستانه اطلاعات خوبی جهت تفکیک باغات میوه از جنگل و تشخیص نوع همیشه‌سبز و برگ‌ریز دارد. همچنین با تفسیر تصویر زمستانه مساحت دریاچه در فصل حداقل تبخیر و نیاز آبی اراضی زراعی آبی و باغی محاسبه می‌گردد. مقایسه‌ی این مساحت با مساحت فصل تابستان تأثیر آبیاری را با وضوح بهتری نشان خواهد داد.

۳. ایجاد ماسک اصلاحی برای سایر کاربری‌ها

۴. اصلاحات محلی

۵. مقایسه‌ی سری زمانی NDVI بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ و متناسب کردن پیک‌های NDVI با زمان برداشت دیم، کشت اول زراعی آبی، کشت دوم زراعی آبی و پوشش بهاره.

۶. بررسی کاربری اراضی در سال‌هایی که سرشماری عمومی مرکز آمار سطح اراضی را استخراج کرده است: ۱۳۵۲، ۱۳۶۲، ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲.

۷. تهیه نقشه کاربری با دیگر روش‌های طبقه‌بندی از جمله روش درخت تصمیم‌گیری و مقایسه با مطالعه حاضر و انتخاب روش مناسب

✓ پیشنهادهایی که برای ادامه کار می‌توان ارائه کرد، عبارت‌اند از:

۸. تحلیل سری زمانی NDVI با رزولوشن ۳۰ متری در فاصله سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۴ و تطبیق این سری با سری زمانی بارش و دمای حوضه.

۹. تحلیل چگونگی آرایش مکانی اراضی کشاورزی در محدوده بافر رودخانه‌های اصلی در سال‌های مختلف و مرتبط کردن سطح زیر کشت و نوع کشت این اراضی با دبی رودخانه.

۱۰. تعیین موقعیت مکانی اراضی زراعی آبی و باغی که بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۳ و در حاشیه رودخانه‌های ورودی اصلی دریاچه اضافه شده‌اند.

۱۱. رسم سری زمانی مساحت بخش اراضی زراعی آبی و باغی بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۳ و بررسی روند تغییرات منحنی با محرک‌های اقلیمی، جمعیتی، تغییرات نوع کشت و سیاست‌گذاری‌های کلان آبی در منطقه و وزن دهی به هر یک از پارامترهای دخیل فوق.

۱۲. انجام مطالعات آمایش سرزمین و ایجاد نقشه کاربری بهینه که در حد پتانسیل آبی حوضه می‌باشد و بالانس آب دریاچه را در درازمدت بهبود می‌بخشد.

۱۳. رسم سری زمانی مساحت دریاچه بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۳ و تحلیل این سری با تغییرات درازمدت بارش و دمای حوضه.

۱۴. محاسبه کاربری حوضه با قدرت تفکیک مکانی بهتر که قادر به تفکیک بهتر اراضی زراعی از باغات باشد.

۱۵. تعیین تغییرات الگوی کشت گیاهان از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۴ و ارتباط دادن این تغییرات با کاهش سطح آب دریاچه.

۸- مراجع

- ابراهیمی و همکاران. (۱۳۹۳). تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر ایجاد مناطق سیل‌خیز طغیانی با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. بیست و یکمین همایش ملی ژئوماتیک.
- احمدپور و همکاران. (۱۳۹۳). مقایسه میزان کارآیی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. سال پنجم. شماره سوم. ص ۷۷-۸۹
- آرخی (۱۳۹۳). تهیه نقشه کاربری اراضی دشت عباس ایلام با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال. نشریه مرتعداری. سال اول. شماره دوم. ص ۳۰-۴۳
- برنامه‌ی مدیریت جامع دریاچه ارومیه. (۱۳۸۹). تهیه شده با همکاری سازمان‌های دولتی، تشکل‌های زیست‌محیطی و جوامع محلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.
- پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب. (۱۳۹۲). گزارش بررسی تغییر شرایط محیطی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (کاربری اراضی).
- جامعه‌ی مهندسان مشاور ایران. (۱۳۹۰). ارزشیابی پایداری فرآیند توسعه و پی‌آمدهای آن در دریاچه ارومیه (بحران زیست‌محیطی دریاچه ارومیه).
- چشمه گل و حسینیان. (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماکزیم شباهت، نزدیکترین همسایه و شبکه عصبی برای تصاویر ماهواره‌ای. نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد
- حسینی و همکاران (۱۳۸۹). تخصیص بهینه‌ی منابع آب سطحی حوضه دریاچه ارومیه به ذینفعان با لحاظ حقابه‌ی زیست‌محیطی. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده‌ی محیط‌زیست.
- خسرو شاهی و همکاران. (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات حوضه آبریز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۲. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین
- دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۸۶الف). برآورد سطح و تهیه نقشه اراضی کشاورزی استان آذربایجان غربی با استفاده از تفسیر رقومی داده‌های ماهواره‌ای (پروژه مشترک با سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی).
- دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۸۶ب). برآورد سطح و تهیه نقشه اراضی کشاورزی استان آذربایجان شرقی با استفاده از تفسیر رقومی داده‌های ماهواره‌ای (پروژه مشترک با سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی).
- زیرری، و مجد. (۱۳۹۰). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران
- راعی و همکاران. (۱۳۹۲). برآورد تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های RS & GIS (مطالعه موردی: منطقه کیاسر-ساری). سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین
- شرکت مهندسی مشاور یکم. (۱۳۸۴). گزارش مدیریت جامع منابع آب حوضه دریاچه ارومیه.

شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت خدمات فنی و مهندسی آشناسامانه. (۱۳۸۸). تولید سیستم اطلاعات جغرافیایی بر اساس پردازش داده‌های ماهواره‌ای و تولید محتوای رقومی (تغییرات کاربری و پوشش اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه). علوی پناه (۱۳۸۵). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.

علیپور و همکاران. (۱۳۹۳). تفکیک محدوده و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به کمک تصاویر ماهواره‌ای ETM+ (مطالعه موردی: مزرعه نمونه آستان قدس رضوی). نشریه ماشین‌های کشاورزی. جلد شماره ۴. شماره ۲ ص ۲۴۴-۲۵۴

فتحی زاد و همکاران. (۱۳۹۴). مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی آرتیمپ فازی در استخراج نقشه پوشش مرتعی (مطالعه موردی: مرتع حوضه دوبرج دهلران). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۲۲. شماره ۱. ص ۵۹-۷۲

فتحیان. (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن آوری سنجش از دور و متغیرهای آب و هواشناسی در حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه. رساله‌ی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس.

فیضی‌زاده و حاجی میر رحیمی. (۱۳۸۷). کاربرد داده‌های سنجش از دور در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی. همایش ژئوماتیک

قره چلو. (۱۳۸۹). ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه بندی در تهیه نقشه شوری سطحی خاک. همایش ملی ژئوماتیک

میرزایی‌زاده و همکاران. (۱۳۹۳). مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و فاصله ماهالانویی در تهیه نقشه جنگل (مطالعه موردی: منطقه بیوره- استان ایلام). چهارمین کنفرانس بین‌المللی چالش‌های زیست محیطی و گیاه‌شناسی درختی

وبسایت داندلود تصاویر لندست <http://earthexplorer.usgs.gov>

وبسایت محصولات MODIS NDVI <http://pekko.geog.umd.edu>

وبسایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده‌ی آمریکا (USGS):

https://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php ، http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php

وبسایت شرکت اِزری: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>

وبسایت کنوانسیون رامسر: <http://ramsar.wetlands.org/Database>

Alizadeh et al. (2014). Delineation rice cropping patterns using time-series vegetation Indices. Geomatics 93 (National Conference).

Bhandari, A. K., Kumar, A., & Singh, G. K. (2012). Feature extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): a case Study of Jabalpur city. *Procedia Technology*, 6, 612-621.

Chander. (2009). Summary of current radiometric calibration for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113, 893-903.

- FAO/UNEP. (1999). Terminology for Integrated Resources Planning and Management. Food and Agriculture Organization/United Nations Environmental Program, Rome, Italy and Nairobi, Kenya.
- Kenduiywo et al. (2013) Land-cover mapping using Landsat for sustainable greenhouse gas (GHG) inventory development. In Proceedings of Global Geospatial Conference (GSDI 14).Addis Ababa.
- Li et al. (2014). Cross- comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) sensors. *Remote Sens*, 6, 310-329.
- Manandhar et al. (2009). Improving the accuracy of Land Use and Land Cover Classification of Landsat Data Using Post-Classification Enhancement. *Remote Sens*.1:330-344. doi:10.3390/rs1030330.
- Pengra. (2012). The Drying of Iran's Lake Urmia and its Environmental Consequences. Article reproduced from United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS). *Environmental Development* 2, 128-137.
- Saadat et al. (2011). Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66, 608-619.
- Seto et al. (2002). Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1985-2004.
- Sousa, and Rocha (2005). Land use/cover maps by RS and ancillary data integration in a GIS environment. Global developments in environmental earth observation from space. Proceedings of the 25th EARSeL Symposium, Porto, Portugal.
- Sima and Tajrishy. (2013). Using satellite data to extract volume-area-elevation relationship for Urmia Lake, Iran. *Journal of Great Lakes Research*, 39, 90-99.

بسمه تعالی

گزارش " بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای " انجام شده توسط مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف (RSRC)، مورد بررسی اینجانب قرار گرفته و نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که پژوهش از نظر محتوا، روش مطالعه، اعتبار یافته‌ها و منطقی بودن تفسیرها و استدلال‌ها از کفایت لازم برخوردار است. همچنین نتایج این گزارش به صورت ساده، و قابل فهم ارائه شده و با یافته‌های دیگران به خوبی مقایسه شده است. نکات قوت و ضعف مشخص شده و در نهایت نتیجه‌گیری منطقی از پژوهش در دسترس است.

با تشکر

دکتر حمید طاهری شهرآیینی

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Hamid Taheri Shahr-Ayeni'.

۱۳۹۸، ۳، ۳۱



Sharif University of Technology
Remote Sensing Research Center

Investigation of Landuse changes in Urmia Lake basin using remotely sensed images

By:

Meysam Kamali

Soheila Youneszadeh Jalili

July, 2015