



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۳۹۴، صفحات ۷۵-۱۰۰

محمدجواد وحیدی^۱
علی اصغر جعفرزاده^۲
احمد فاخری فرد^۳
سید حمیدرضا صادقی^۴
محمدحسین رضایی مقدم^۵
خلیل ولیزاده کامران^۶

بررسی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حوضه آبریز ليقوان در استان آذربایجان شرقی

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۴/۰۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱۱/۰۸

چکیده

سنجش از دور امکانات لازم و کافی را جهت استخراج و به‌روزرسانی نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی در اختیار کاربران قرار می‌دهد. در این مطالعه، تغییرات کاربری و پوشش اراضی ناشی از افزایش جمعیت و فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز ليقوان با استفاده از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه بررسی شده است. به این منظور چهار تصویر ماهواره لندست شامل MSS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۸، ETM+ سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ مورد استفاده قرار گرفت. تکنیک طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از روش حداکثر شباهت به کمک داده‌های معتبر زمینی انجام شد. شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI) و مقایسه پس از طبقه‌بندی به منظور شناسایی

-
- ۱- استادیار دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه زراعت، اصلاح نبات و علوم خاک. E-mail: m.jvdi@birjand.ac.ir
 - ۲- استاد دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه خاک‌شناسی.
 - ۳- استاد دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب.
 - ۴- استاد دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، گروه مهندسی مدیریت آبریز.
 - ۵- استاد دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، گروه ژئومورفولوژی.
 - ۶- استادیار دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، گروه GIS.

تغییرات محیطی در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ بررسی شد. نتایج شاخص NDVI کاهش تراکم پوشش گیاهی را در طول زمان نشان داد. کاهش تراکم پوشش گیاهی عمدتاً ناشی از افزایش نواحی مسکونی، جاده‌سازی، زراعت دیم بدون مدیریت و تبدیل مراتع متراکم به ضعیف (چرای بیش از حد) می‌باشد. بررسی روند تغییرات جمعیت روستاهای ليقوان و سفیده‌خوان نشان داد که تغییرات جمعیت با تغییرات کاربری و پوشش اراضی مطابقت دارد و مهاجرت روستائیان بین سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۵ نقش مهمی را در تغییرات کاربری و پوشش اراضی حوضه آبریز مورد مطالعه ایفا کرده است.

کلید واژه‌ها: پوشش و کاربری اراضی، طبقه‌بندی، تصاویر ماهواره‌ای، NDVI، حوضه آبریز ليقوان.

مقدمه

اهمیت اطلاع از تغییر سطح زمین در پایش و نظارت بر منابع محلی، منطقه‌ای و جهانی و نیز در محیط زیست به طور مداوم بیش‌تر می‌گردد. در سال‌های اخیر مسائل توسعه پایدار، جلوگیری از آلودگی، تغییرات محیطی در مقیاس جهانی و مسائل مربوط به برهم‌کنش انسان-محیط به یک نگرانی عمده در سطح جهان تبدیل شده است. لازم به ذکر است که کاربری اراضی شامل مدیریت و اصلاح محیط طبیعی برای ساخت محیط‌هایی از قبیل مزارع، مراتع و مناطق مسکونی می‌باشد. همچنین به عنوان «تنظیمات، فعالیت‌ها و درآمدهای مردم که در یک نوع خاص از پوشش اراضی برای تولید، تغییر یا حفظ آن انجام می‌شود»، تعریف می‌گردد (فائو، ۱۹۹۹: ۱۴۵)؛ درحالی‌که پوشش اراضی، مواد فیزیکی در سطح زمین می‌باشد؛ به طور مثال، پوشش‌های اراضی شامل چمن، آسفالت، درختان، اراضی لخت، آب و غیره هستند.

دو روش اولیه برای کسب اطلاعات از پوشش اراضی وجود دارد که شامل نقشه‌برداری صحرایی و تجزیه و تحلیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد (فیشر و همکاران، ۲۰۰۵: ۹۸-۸۵). داده‌های سنجش از دور (عمدتاً عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای) در ترکیب با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی ارزش بالقوه علمی برای مطالعه اثر متقابل جمعیت-محیط زیست دارند (کدجو، ۲۰۰۷: ۲۱۲-۱۹۷). مجموعه عظیمی از تصاویر سنجش از دور گذشته و حال، تجزیه و تحلیل الگوی مکانی-زمانی عناصر محیطی و تأثیر فعالیت‌های انسان در دهه‌های گذشته را امکان‌پذیر ساخته است (لامبین و همکاران، ۲۰۰۱: ۲۶۹-۲۶۱ و جیانیا و همکاران، ۲۰۰۸: ۷۶۲-۷۵۷). امروزه کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، به‌ویژه در برخورد با چندین داده جغرافیایی و تفسیر منطقه گسترده سطح زمین به طور وسیعی رایج شده است (امیرین و هسمدی، ۲۰۱۰: ۱۹-۱۵). به این ترتیب

داده‌های سنجش از دور می‌توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای داده‌های ثبت‌نشده و مربوط به گذشته مانند داده‌های کاربری اراضی و تغییرات آن در دوره‌های زمانی مختلف مورد استفاده قرار گیرد و به عنوان اطلاعات پایه برای دیگر مطالعات به کار رود (کدج، ۲۰۰۷: ۲۱۲-۱۹۷).

کشف تغییرات یک فرآیند مهم برای پهنه‌بندی و مدیریت منابع طبیعی و توسعه شهری است، زیرا در زمینه مطالعاتی دلخواه می‌تواند تجزیه و تحلیل کمی برای توزیع مکانی فراهم نماید (جیانیا و همکاران، ۲۰۰۸: ۷۶۲-۷۵۷). تغییرات در کاربری و پوشش اراضی به دلیل فعالیت‌های انسان یا عوامل طبیعی می‌تواند با استفاده از داده‌های سنجش از دور حاضر یا بایگانی‌شده مشاهده شود (جنسن، ۲۰۰۷: ۸۲ و زای و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۳-۹). چوویکو (۲۰۰۰: ۴۵۲) اظهار داشت استخراج اطلاعات مفید از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از طبقه‌بندی، یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های سنجش از دور است و هدف سنجش از دور تعیین خصوصیات و پدیده‌هایی است که در سطح زمین رخ می‌دهد. برای طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور الگوریتم‌های مختلفی به کار می‌رود که از مهم‌ترین و رایج‌ترین آن‌ها الگوریتم حداکثر شباهت^۷ است که به داده‌هایی با توزیع نرمال نیاز دارد. (ماس، ۲۰۰۵: ۳۵۴۹-۳۵۴۳).

امروزه عواملی هم‌چون عدم استفاده صحیح از اراضی کشاورزی، شخم روی شیب‌های تند، چرای مفرط، جاده‌سازی و غیره باعث افزایش میزان رسوب و به تبع آن نابودی منابع طبیعی گردیده است، حال اگر از زمین به میزان توان آن استفاده شود خطرات ناشی از فرسایش به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند (صادقی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۲-۱۱). محمود زاده (۲۰۰۷: ۴۱-۳۵) به منظور بررسی تخریب فضای سبز در شهر تبریز با استفاده از داده‌های سنجش از دور، تغییرات را به صورت رقومی بررسی کرد. او در تحقیق خود سه تکنیک کشف تغییرات شامل مقایسه شاخص پوشش گیاهی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی را در بررسی توسعه شهری به ویژه توسعه فیزیکی مکانی تبریز و اثر آن بر تخریب فضای سبز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (TM^۸) و ETM^۹ در دوره زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱ به کار برد. یو (۱۹۹۸: ۱۴۳-۱۶۵) بیان می‌کند که عدم استفاده مناسب از اراضی و عدم شناخت قابلیت‌های آن همراه با مدیریت غلط باعث تخریب و از بین رفتن آن می‌شود. دانستن تغییرات الگوی کاربری و پوشش اراضی می‌تواند در مدیریت فرسایش و حفاظت آب و خاک اهمیت زیادی داشته باشد. درک بهتر از تعیین عوامل تغییر کاربری و پوشش اراضی برای مطالعه تغییرات محیطی جهان از اهمیت حیاتی برخوردار است (کیتا و ژانگ، ۲۰۱۰: ۲۱-۱۲). تغییر کاربری و پوشش اراضی عمدتاً به دلیل فعالیت‌های انسان می‌باشد. به لحاظ بررسی تاریخی عاملی برای بیش‌تر این تغییرات، رشد جمعیت است (رامانکوتی و همکاران،

7- Maximum likelihood

8- Thematic Mapper (TM)

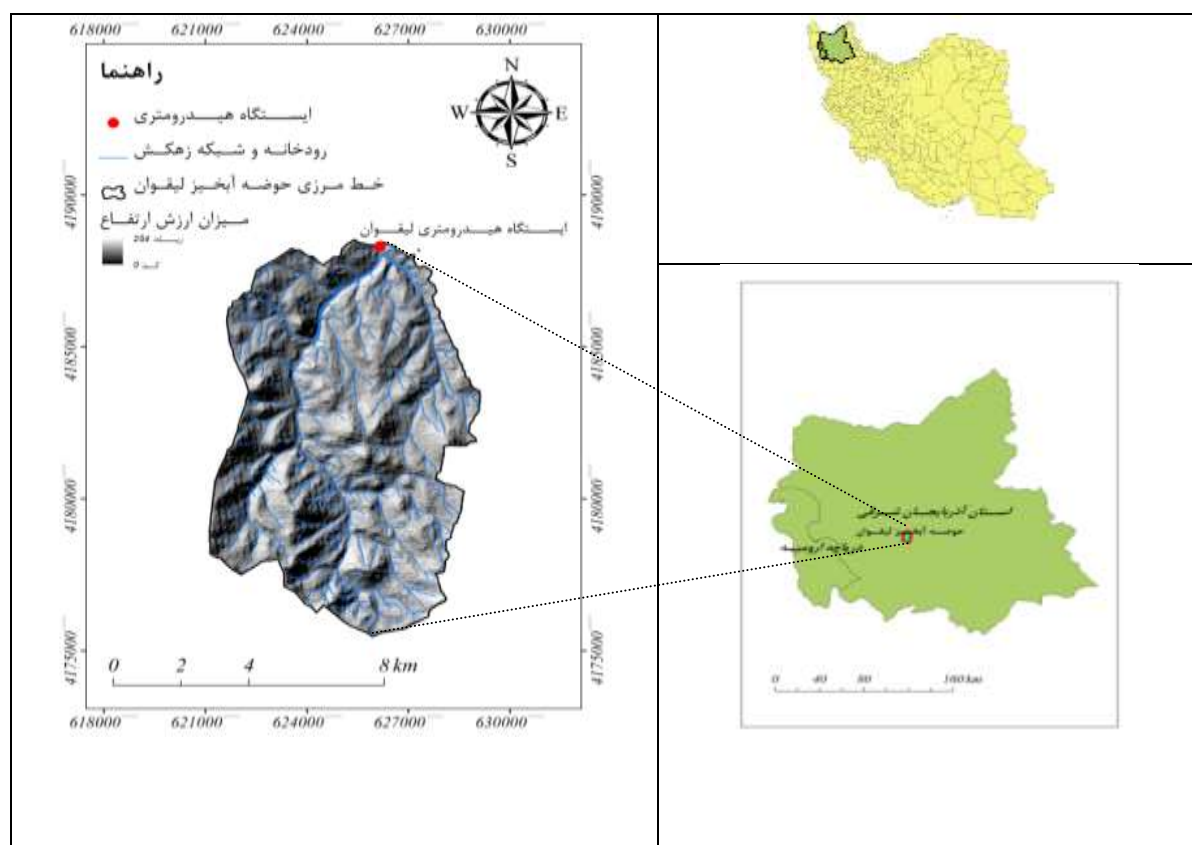
9- Enhanced Thematic Mapper (ETM)

۲۰۰۲: ۲۵۷-۲۵۱) هر چند برهم‌کنش چندین عامل را نیز در بر می‌گیرد (لامبین و همکاران، ۲۰۰۱: ۲۶۹-۲۶۱). در مقیاس‌های جهانی و فرا منطقه‌ای، رشد جمعیت به عنوان یک نماینده برای تغییر کاربری و پوشش اراضی به کار می‌رود (کوک، ۲۰۰۴: ۸۹-۷۳) ولی در مقیاس کوچک‌تر مجموعه‌ای از عوامل پیچیده بسیار مهم می‌باشند (لامبین و همکاران، ۲۰۰۱: ۲۶۹-۲۶۱). تحقیق حاضر در نظر دارد تا با توجه به اهمیت اثر کاربری اراضی و تغییر آن بر عوامل محیطی و بالعکس، از طریق تحلیل زمانی و مکانی تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبریز ليقوان رابطه تغییرات شدید کاربری اراضی، جمعیت و فعالیت‌های انسانی را در این منطقه بررسی نماید. لازم به ذکر است که حوضه آبریز مورد مطالعه از لحاظ تولیدات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای در استان آذربایجان شرقی برخوردار است و کمی کردن تغییرات پوشش و کاربری اراضی در آن، اطلاعات پایه مفیدی را برای سایر مطالعات در این حوضه آبریز فراهم می‌نماید. همچنین افزایش دقت، سرعت و سهولت دستیابی مکانی در انجام مطالعات کاربری و پوشش اراضی، تغییرات آن و عوامل مؤثر بر این تغییرات با استفاده از تکنولوژی سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور از مزایای این تحقیق می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه معروف ليقوان از زیرحوضه‌های مهم آجی چای بوده که با وسعتی معادل ۷۶ کیلومترمربع و محیط ۴۲/۱۳ کیلومتر در استان آذربایجان شرقی در دامنه شمالی کوه سهند ما بین طول‌های شرقی ۲۵' ۴۶° تا ۲۶' ۴۶° و عرض‌های شمالی ۴۵' ۳۷° تا ۵۰' ۳۷° گسترده شده است. بلندترین نقطه حوضه با ارتفاع ۳۶۲۰ متر از سطح دریای آزاد در جنوب شرقی ارتفاعات سهند و پایین‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۱۴۰ متر در محل ایستگاه هیدرومتری ليقوان (طول جغرافیایی ۵۶/۴۵' ۲۵' ۴۶° شرقی و عرض جغرافیایی ۵۷/۰۹' ۴۹' ۳۷° شمالی) می‌باشد. شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز ليقوان را نشان می‌دهد. نقشه پوشش و کاربری اراضی که توسط اداره جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه شده است (شکل ۲) مناطق ليقوان، باسمنج و بخشی از شهرستان تبریز را در بر می‌گیرد و به عنوان اطلاعات پایه برای تشریح و تکمیل کلاس‌بندی پوشش و کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در این مطالعه استفاده شده است. در شکل ۲ روستاهای واقع در محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. این نقشه پوشش و کاربری اراضی را در سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد و بر اساس تصویر ماهواره اسپات و باهدف کلاس‌بندی اراضی کشاورزی منطقه برای این سازمان تهیه شده است. در این نقشه بعضی از کاربری‌ها از جمله جاده شناسایی و

طبقه‌بندی نشده است؛ لذا در این تحقیق، مشاهدات مزرعه‌ای و نقاط معتبر زمینی^{۱۰} و همچنین گزارش‌هایی که درباره کاربری‌های منطقه در ادوار مختلف ارائه شده است برای تکمیل اطلاعات به کار گرفته شد. با توجه به مطالعات صحرایی و داده‌های اولیه، پوشش و کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به ۸ کلاس طبقه‌بندی نمود که عبارتند از: زراعت آبی، باغات، اراضی متفرقه، اراضی مسکونی، جاده، مراتع ضعیف، زراعت دیم و مراتع متراکم. در جدول ۱ پوشش و کاربری‌های مذکور تشریح شده‌اند.



شکل ۱: جانمایی حوضه آبریز ليقوان در استان آذربايجان شرقی و کشور ایران

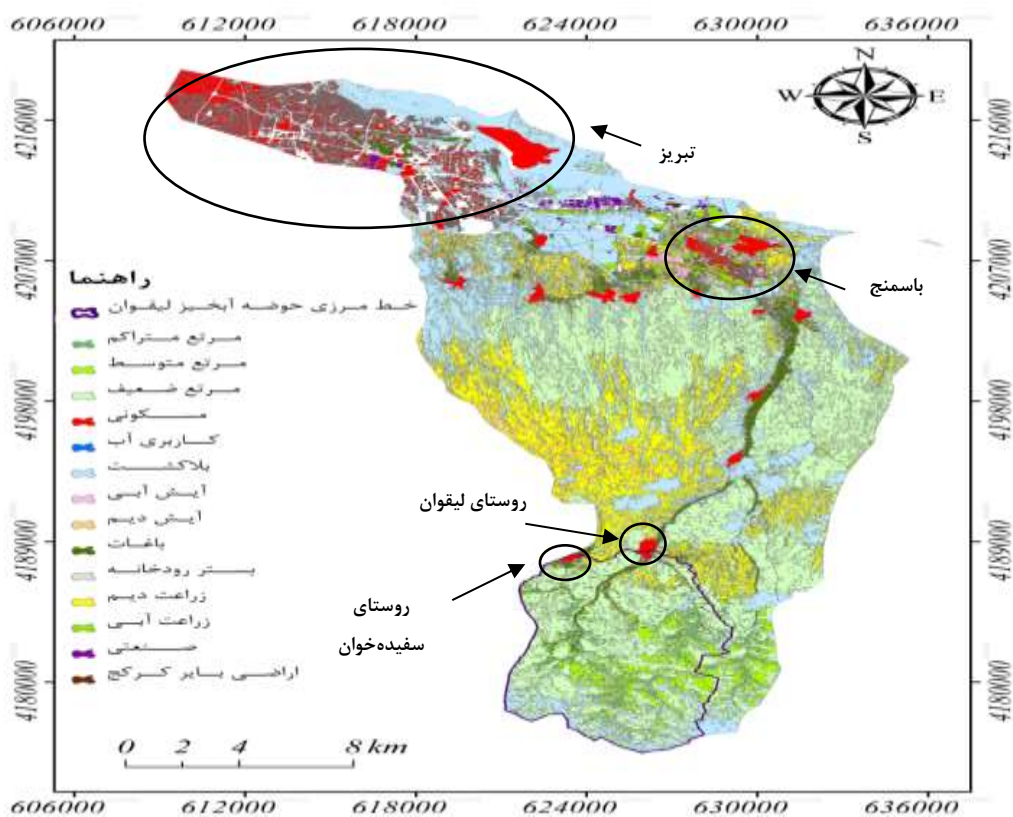
بر اساس گزارش‌ها اداره جهاد کشاورزی استان آذربايجان شرقی (وزارت جهاد کشاورزی ایران، ۱۳۹۰: ۱۲-۵)، تغییرات زیادی در کاربری‌های مرتع، زراعت دیم و آبی و همچنین باغات و مناطق درخت‌کاری شده در دهه‌های اخیر در حوضه آبریز مورد مطالعه صورت گرفته است که با تغییرات جمعیت، نوع مدیریت و سطح آگاهی ساکنان روستاها در این منطقه در ارتباط می‌باشد. لازم به ذکر است که در سال‌های اخیر ساخت ویلا و مناطق مسکونی در اطراف رودخانه ليقوان و سطح حوضه آبریز مورد مطالعه بسیار گسترش یافته است. این روستاها زیرمجموعه‌ای از شهرستان باسمنج هستند که در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز قرار دارد. شغل اصلی اغلب این روستاییان

کشاورزی و دام‌داری می‌باشد. بر اساس گزارش مرکز آمار ایران دوره‌هایی که در آن آمارگیری جمعیت روستاهای ليقوان و سفیده‌خوان (واقع در حوضه آبریز مورد مطالعه) انجام شده است، شامل هفت دوره می‌باشد که عبارتند از سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ که بر اساس آن، جمعیت این روستاها گزارش شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰: ۸).

در جدول ۲ و شکل ۳ آمار کل جمعیت این روستاها در دوره‌های مذکور نشان داده شده و در شکل ۴ نیز تغییرات نرخ رشد جمعیت این روستاها گزارش شده است. بین سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۵ ساکنان این روستاها به دلیل مشکلات مالی و فقدان امکانات کافی به تبریز و شهرهای اطراف به طور تدریجی مهاجرت داشته‌اند، ولی به دلیل تسهیلات مناسب و حمایت مالی دولت و وزارت جهاد کشاورزی بین سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ تعداد بسیار زیادی از روستاییان به روستاهای خود بازگشتند که البته این امر با قطع بی‌رویه درختان توسط برخی از اهالی روستا که به تازگی به روستاهایشان بازگشتند و احتمالاً از درختان به عنوان مصالح ساختمانی استفاده کردند، همراه بوده است (وزارت جهاد کشاورزی ایران، ۱۳۹۰: ۱۲-۵). هم‌چنین از عوامل مؤثر کاهش مراتع تراکم در حوضه آبریز مورد مطالعه می‌توان به فقدان آموزش مناسب روستاییان، چرای بیش از حد و مدیریت نامناسب مراتع و تبدیل مراتع به زراعت دیم و دیگر کاربری‌ها (به ویژه در سال‌های اخیر) اشاره نمود (وزارت جهاد کشاورزی ایران، ۱۳۹۰: ۱۲-۵).

جدول ۱- تشریح نوع پوشش و کاربری اراضی نقشه‌برداری شده در حوضه آبریز ليقوان

نام پوشش/کاربری	تشریح پوشش یا کاربری زمین
زراعت آبی	محصولات کشاورزی که با استفاده از آب آبیاری رشد می‌کنند (مانند گندم، جو و سبزیجات)
باغات	قطعاتی از زمین که برای کشت میوه‌هایی مانند سیب استفاده می‌شود، هم‌چنین پوشش درختی طبیعی مانند بید، صنوبر و افرا
اراضی متفرقه	برخی از مناطق که فاقد پوشش گیاهی هستند، شامل اراضی بلاکشت و بایر، مناطق سنگلاخی، رخنمون‌های سنگی کوه‌ها و بدلندها.
اراضی مسکونی	مناطق ساخته‌شده توسط بشر شامل ساختمان‌های تجاری، صنعتی، منازل مسکونی نیمه شهری و روستایی که به راحتی بر روی تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شده است.
جاده	راه‌های عمومی برای عبور وسایل نقلیه، مردم و حیوانات (شامل راه‌های آسفالت و خاکی)
مراتع ضعیف	چمن یا دیگر گیاهان در حال رشد مانند یونجه که به عنوان غذا توسط حیوانات علف خوار به ویژه گاو و گوسفند استفاده می‌شود (با تراکم پوشش گیاهی کم‌تر از ۵۰ درصد)
زراعت دیم	محصولات کشاورزی که با استفاده از آب باران رشد می‌کنند (بدون استفاده از آب آبیاری) مانند گندم، جو و گل رنگ
مراتع تراکم	چمن یا دیگر گیاهان در حال رشد مانند یونجه که به عنوان غذا توسط حیوانات علف خوار به ویژه گاو و گوسفند استفاده می‌شود (با تراکم پوشش گیاهی بیش‌تر از ۵۰ درصد)

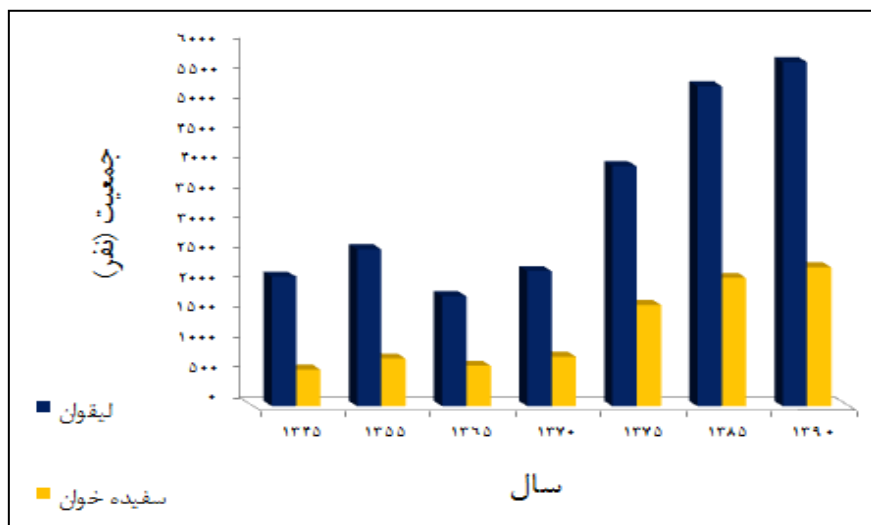


شکل ۲: نقشه کاربری اراضی که از تصویر ماهواره‌ای اسپات سال ۲۰۰۵ استخراج شده است

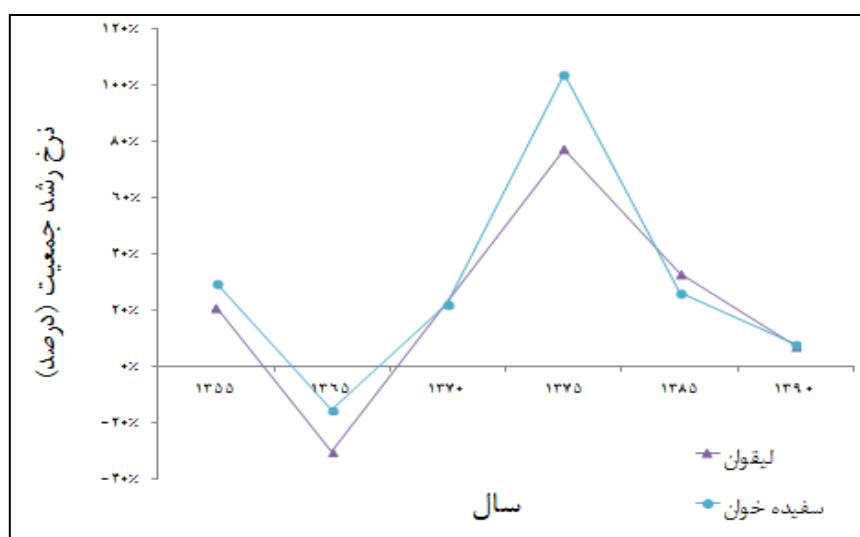
جدول ۲- جمعیت روستاهای لیقوان و سفیده‌خوان از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۰ بر اساس نتایج سرشماری نفوس و مسکن

زمان	لیقوان	سفیده‌خوان
۱۳۴۵	۲۱۶۵	۶۱۲
۱۳۵۵	۲۶۲۵	۷۹۶
۱۳۶۵	۱۸۳۷	۶۷۶
۱۳۷۰	۲۲۵۹	۸۲۸
۱۳۷۵	۴۰۱۱	۱۶۹۳
۱۳۸۵	۵۳۵۰	۲۱۴۵
۱۳۹۰	۵۷۵۲	۲۳۲۰

توجه: واحد ارقام نفر می‌باشد.



شکل ۳: آمار کل جمعیت روستاهای لیقوان و سفیده‌خون از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰



شکل ۴: نرخ رشد جمعیت روستاهای لیقوان و سفیده‌خون از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تفسیر، تحلیل و مقایسه تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است. داده‌های سنجنش از دور مورد بررسی شامل داده‌های رقومی سنجنده چند طیفی^{۱۱} (MSS) تاریخ ۶ شهریور سال ۱۳۵۵، داده‌های رقومی نقشه‌بردار موضوعی^{۱۲} (TM) تاریخ ۹ تیر سال ۱۳۶۸ و داده‌های رقومی

11- Multi Spectral Scanner

12- Thematic Mapper

نقشه‌بردار موضوعی پیشرفته^{۱۳} (ETM+) تاریخ‌های ۱۰ شهریور سال ۱۳۷۹ و ۲۸ مرداد سال ۱۳۸۹ می‌باشند. تصاویر ماهواره‌ای از سایت داده‌های پایانه‌های رصد منابع طبیعی سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا^{۱۴} (USGS) دانلود گردید (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). شماره مسیر/ردیف تصاویر ۱۶۸/۳۴ می‌باشد و بر اساس سیستم مختصات جغرافیایی مرکاتور^{۱۵} (UTM) منطقه مورد مطالعه در WGS_1984 و زون شماره ۳۸ شمالی است. داده‌های چهار تصویری انتخاب شدند که تا حد امکان دارای فصل مشابه از نظر پوشش گیاهی باشند. دلیل اصلی استفاده از داده‌های TM، MSS و ETM+ قابلیت داده‌های ماهواره لندست در استخراج انواع پوشش و کاربری اراضی و نیز عدم دسترسی به سری زمانی تصاویر با قدرت تفکیک بالا در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در جدول ۳ مشخصات اصلی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده و در جدول ۴ برخی از خصوصیات سنجنده‌های این تصاویر شرح داده شده است. در این تحقیق، نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI4.5 با قابلیتی که در تحلیل سامانه اطلاعات جغرافیایی دارد و نرم‌افزار ArcGIS 10 برای تهیه نقشه‌های چند زمانه پوشش-کاربری اراضی و پهنه‌بندی الگوی تغییرات استفاده شد.

جدول ۳- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد استفاده

سنجنده	قدرت تفکیک مکانی (m)	تاریخ تصویربرداری	تعداد باندها	محدوده تصویربرداری (km ²)	توالی زمانی
MSS	۵۷-۷۹	۱۹۷۶	۴	(۱۸۵)(۱۸۵)	۱۸ روز
TM	۲۸/۵-۳۰	۱۹۸۹	۷	(۱۸۵)(۱۸۵)	۱۸ روز
ETM+	۲۸/۵-۳۰	۲۰۰۰ و ۲۰۱۰	۸	(۱۸۵)(۱۸۵)	۱۶ روز

جدول ۴- خصوصیات سنجنده‌های مورد استفاده

نوع سنجنده	باند‌ها و محدوده رنگ‌ها	تفکیک طیفی (طول موج (μ))	نوع سنجنده	باند‌ها و محدوده رنگ‌ها	تفکیک طیفی (طول موج (μ))	نوع سنجنده	باند‌ها و محدوده رنگ‌ها	تفکیک طیفی (طول موج (μ))
MSS	۱ (G)	۰/۵-۰/۶	TM	۱ (B)	۰/۴۵-۰/۵۵	ETM+	۱ (B)	۰/۴۵-۰/۵۵
	۲ (R)	۰/۶-۰/۷		۲ (G)	۰/۵۲-۰/۶۰		۲ (G)	۰/۵۲-۰/۶۰
	۳ (Near IR)	۰/۷-۰/۸		۳ (R)	۰/۶۳-۰/۶۹		۳ (R)	۰/۶۳-۰/۶۹
	۴ (Near IR)	۰/۸-۱/۱		۴ (Near IR)	۰/۷۵-۰/۹۰		۴ (Near IR)	۰/۷۵-۰/۹۰
				۵ (Mid-IR)	۱/۵۵-۱/۷۵		۵ (Mid-IR)	۱/۵۵-۱/۷۵
				۶ (Thermal)	۱۰/۴۰-۱۲/۵		۶ (Thermal)	۱۰/۴۰-۱۲/۵
				۷ (Mid-IR)	۲/۰۹-۳/۳۵		۷ (Mid-IR)	۲/۰۹-۳/۳۵
				۸ (Pan)				

13- Enhanced Thematic Mapper
 14- United States Geological Survey
 15- Universal Transverse Mercator

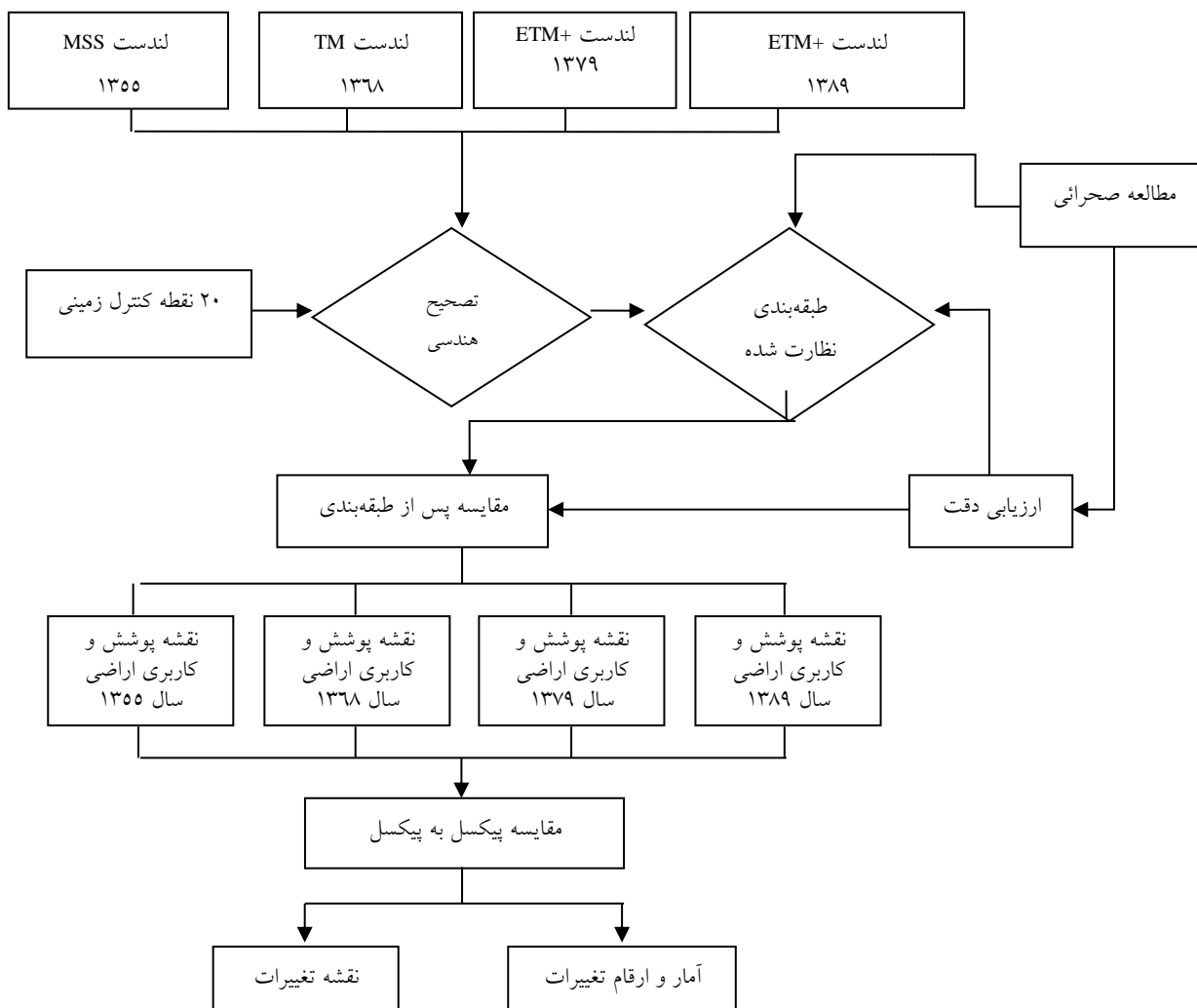
طرح روش برای طبقه‌بندی و تعیین تغییرات کاربری اراضی به کار رفته در این تحقیق در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور کلی مراحل کار سنجش از دور شامل: پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش تصاویر می‌باشد (جنسن، ۲۰۰۷: ۸۲). مراحل پیش‌پردازش در این تحقیق شامل تهیه داده، نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه (نقاط کنترل زمینی)^{۱۶}، ادغام تصویر^{۱۷} (این تکنیک برای تغییر دادن اندازه پیکسل داده‌های رقومی MSS سال ۱۳۵۵ استفاده گردید)، برش تصویر^{۱۸}، تصحیحات هندسی و اتمسفریک^{۱۹} بودند که بر اساس روش‌های استاندارد (مک‌کوی ۲۰۰۵: ۵۴-۴۱) انجام شد. همچنین مراحل پردازش شامل: آشکارسازی^{۲۰}، استخراج ویژگی‌های کیفی، استخراج شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی^{۲۱}، شناسایی انواع عوارض ویژه، طبقه‌بندی تصاویر و کشف تغییرات بودند که همگی بر اساس روش‌های استاندارد انجام شد (زای و همکاران ۲۰۰۸: ۲۳-۹). مراحل پس‌پردازش در این تحقیق شامل تطبیق تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های GPS، روی هم قرار دادن لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS و نقشه‌برداری اتوماتیک هستند که بر اساس روش‌های استاندارد انجام شدند (ویلالون-تورویاتس و شکوارکو ۲۰۰۷: ۱۴۸۸-۱۴۸۵).

پیش‌پردازش تصاویر

به دلیل اینکه قدرت تفکیک داده‌های رقومی TM و ETM+ با داده‌های رقومی MSS متفاوت است، روش ادغام تصویر برای تغییر اندازه پیکسل استفاده شد و تغییر اندازه^{۲۲} تصویر سنجنده MSS سال ۱۳۵۵ بر مبنای تصویر TM سال ۱۳۶۸ انجام شد؛ به این منظور، روش نزدیک‌ترین همسایه^{۲۳} و تکنیک HSV^{۲۴} به عنوان یک تکنیک شفاف‌سازی تصویر^{۲۵} استفاده شد (دشموخ و بوساله ۲۰۱۱: ۵۰۸-۴۸۴). تکنیک HSV به عنوان یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های ادغام داده‌های ماهواره‌ای برای شفاف‌سازی تصویر می‌باشد و یک فرآیند استاندارد در تحلیل تصاویر به منظور بهبود قدرت تفکیک مکانی و ادغام مجموعه داده‌های مجزا به حساب می‌آید (پل و ون‌گندرن ۱۹۹۸: ۸۵۴-۸۲۳). تصحیح اتمسفریک تصاویر به روش کم کردن ارزش پیکسل‌های تیره^{۲۶} و تکنیک حداقل باند^{۲۷} انجام شد

-
- 16- Ground Control Points (GCPs)
 - 17- Image fusion
 - 18- Subsetting
 - 19- Geometric and atmospheric corrections
 - 20- Enhancement
 - 21- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
 - 22- Resizing
 - 23- Nearest neighbor
 - 24- Hue Saturation Value
 - 25- Image sharpening
 - 26- Dark pixel subtraction
 - 27- Band minimum technique

(پت و چاوز ۱۹۸۸: ۴۷۹-۴۵۹)؛ پس از تصحیح اتمسفریک تصاویر به منظور تهیه دو یا چند تصویر ماهواره‌ای برای مقایسه درست تغییرات، تصحیح هندسی تصاویر الزامی است (ماکلود و کونگالتون، ۱۹۹۸: ۲۱۶-۲۰۷). برای تقلیل اثرات خطای تطبیق‌سازی^{۲۸}، تصحیح هندسی به صورت پیکسل به پیکسل انجام شد.



شکل ۵- فلوچارت مراحل پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی و تعیین تغییرات پوشش و کاربری اراضی

اگر خطای تطبیق‌سازی بزرگ‌تر از یک پیکسل باشد، ممکن است اشتباهات فاحشی در نتایج حاصل شود (لونت و الویدج، ۱۹۹۸: ۲۱۲). صحت مکانی معیاری است که درستی ویژگی‌های یک لایه که به طور جغرافیایی ثبت شده را

در رابطه با موقعیت آن‌ها روی سطح زمین نشان می‌دهد و معمولاً با ریشه میانگین مربع خطا^{۲۹} (RMSE) اندازه‌گیری می‌شود. برای تصویر TM ماهواره لندست، RMSE قابل قبول تقریباً ۰/۵ پیکسل می‌باشد (یوان و الویدج، ۱۹۹۸: ۱۷۸-۱۶۶). ۲۰ نقطه کنترل زمینی که همه کاربری‌های اراضی موجود در منطقه را در بر می‌گرفت با استفاده از دستگاه GPS به صورت پراکنده در سطح حوضه آبریز مورد مطالعه ثبت شد. تصویر ETM+ سال ۱۳۸۹ با استفاده از نقاط کنترل زمینی مورد تطبیق قرار گرفت؛ سپس فرآیند ثبت تصویر به تصویر انجام شد و تصویر ادغام‌شده MSS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۸ و ETM+ سال ۱۳۷۹ با استفاده از نقاط کنترل مشابه تصویر ETM+ سال ۱۳۸۹ تطبیق داده شدند. همه تصاویر با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه نمونه‌برداری مجدد^{۳۰} شدند. خطاهای ثبت (RMSE) برای تصویر ETM+ سال ۱۳۸۹، ۰/۱۳ پیکسل و برای MSS سال ۱۳۵۵ (تصویر ادغام‌شده)، TM سال ۱۳۶۸ و ETM+ سال ۱۳۷۹ به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۱۶ و ۰/۱۵ پیکسل برآورد شدند.

طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی

روش‌های طبقه‌بندی عموماً به دو گروه نظارت نشده^{۳۱} و نظارت شده^{۳۲} تقسیم می‌شوند (زای و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۳-۹) که در این تحقیق طبقه‌بندی نظارت شده انجام شد. طبقه‌بندی نظارت شده، فرآیند استفاده از نمونه‌هایی با ماهیت مشخص برای طبقه‌بندی پیکسل‌هایی با ماهیت نامشخص می‌باشد. در این روش، تحلیلگر یک مجموعه فهرست انتخاب‌شده از دسته‌های اطلاعاتی مناسب را برای یک هدف و منطقه جغرافیایی خاص کنترل می‌کند. در تعلیم^{۳۳} نقاط نظارت‌شده، داشتن یک مجموعه کلاس‌های دلخواه در ذهن و سپس ایجاد علائم مناسب از داده‌ها دارای اهمیت است. همچنین محقق باید روشی برای شناسایی پیکسل‌ها در کلاس‌هایی که می‌خواهد استخراج نماید، داشته باشد (پرومال و باسکاران، ۲۰۱۰: ۱۲۹-۱۲۴). در این تحقیق از روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت^{۳۴} که به عنوان کاربردی‌ترین و معتبرترین روش طبقه‌بندی کاربری اراضی شناخته شده است (گاوندر و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۴-۱۴۷، الاحمدی و هامس، ۲۰۰۹: ۱۹۱-۱۶۷)، استفاده شد. در روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت فرض بر این است که آمار هر کلاس کاربری در هر باند تصویر از توزیع نرمال برخوردار است و احتمال هر پیکسلی که متعلق به یک کلاس خاص می‌باشد را محاسبه می‌کند (جنسن، ۲۰۰۷: ۸۲). در نهایت فیلتر میانه^{۳۵} برای داده‌های طبقه‌بندی

29- Root Mean Squared Error

30- Resampling

31- Unsupervised

32- Supervised

33- Training

34- Maximum Likelihood

35- Median filter

شده پوشش و کاربری اراضی به کار رفت (شکل ۶) تا تصاویر وضوح بیشتر داشته و اثر خطای سالت-پیر^{۳۶} کاهش یابد (لی و سونگ، ۲۰۰۴: ۱۷۸-۱۷۱). لازم به ذکر است که رودخانه ليقوان به دلیل پوشش درختان حاشیه رودخانه در تصاویر ماهواره‌ای مورد مطالعه قابل تشخیص نبود. در جدول ۵ مساحت انواع پوشش و کاربری‌های اراضی مورد بررسی در حوضه آبریز ليقوان برای سال‌های ۱۳۵۵، ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ به طور خلاصه گزارش شده است.

جدول ۵- مساحت پوشش و کاربری‌های اراضی طبقه‌بندی شده (بر حسب هکتار و درصد) طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹

کلاس پوشش و کاربری اراضی	۱۳۵۵		۱۳۶۸		۱۳۷۹		۱۳۸۹	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
زراعت آبی	۱۴۲۹/۶۵	۱۹/۰۱	۱۰۱۹/۹۷	۱۳/۵۵	۶۳۵/۳۱	۸/۴۴	۷۱۲/۳۵	۹/۴۷
باغ	۲۲۵/۴۵	۳	۳۲۶/۰۷	۴/۳۳	۱۸۱/۸	۲/۴۲	۴۷۷/۲۷	۶/۳۴
اراضی متفرقه	۹۸/۲۸	۱/۳۱	۹۹/۲۷	۱/۳۲	۲۶۳/۷	۳/۵	۲۳۲/۲۹	۳/۰۹
مسکونی	۱۳/۵۹	۰/۱۸	۱۵/۳	۰/۲	۳۶/۲۷	۰/۴۸	۵۳/۳۷	۰/۷۱
جاده	۳۳۳/۱۸	۴/۴۳	۲۱۷/۴۴	۲/۹	۲۷۳/۵۱	۳/۶۴	۴۷۶/۴۶	۶/۳۳
مرتع ضعیف	۲۲۰/۹۵	۲/۹۴	۱۶۰۹/۸۳	۲۱/۳۹	۲۷۴۲/۴۸	۳۶/۴۵	۱۵۸۴/۹۹	۲۱/۰۶
زراعت دیم	۲۳۷۵/۵۵	۳۱/۶	۲۶۳۸/۷۱	۳۵/۰۶	۲۷۶۷/۸۶	۳۶/۷۹	۳۶۳۰/۹۶	۴۸/۲۶
مرتع متراکم	۲۸۲/۱۵	۳۷/۵۳	۱۵۹۹/۳	۲۱/۲۵	۶۲۲/۸۹	۸/۲۸	۳۵۶/۵۸	۴/۷۴
جمع کل	۷۵۱۸/۱۵	۱۰۰	۷۵۲۵/۸۹	۱۰۰	۷۵۲۳/۸۲	۱۰۰	۷۵۲۴/۲۷	۱۰۰

توجه: تغییرات اندک مجموع مساحت‌ها در طی سال‌های مورد بررسی به دلیل تغییرات خورده پیکسل‌های ناشی از تغییرات کاربری می‌باشد.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی برای کل تصاویر با استفاده ماتریس خطا که به ماتریس ابهام^{۳۷} نیز معروف است انجام شد (کنگالتون و گرین، ۲۰۰۹: ۱۳۴). با استفاده از این ماتریس، صحت کلی^{۳۸} (درصد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) و ضریب کاپا^{۳۹} (نسبت صحت طبقه‌بندی تصادفی به صحت طبقه‌بندی کنترل شده) (لیلساند و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۴) برآورد گردید. خطای حذف‌شده^{۴۰} (پیکسل‌هایی که به طور اشتباه از یک کلاس حذف‌شده‌اند) و خطای گماشته شده^{۴۱} (پیکسل‌هایی که به طور نادرست به یک کلاس خاص تعلق گرفته است درحالی‌که متعلق به کلاس‌های دیگر است) (لیلساند و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۴) نیز محاسبه گردید. همچنین، صحت کاربر^{۴۲} و صحت

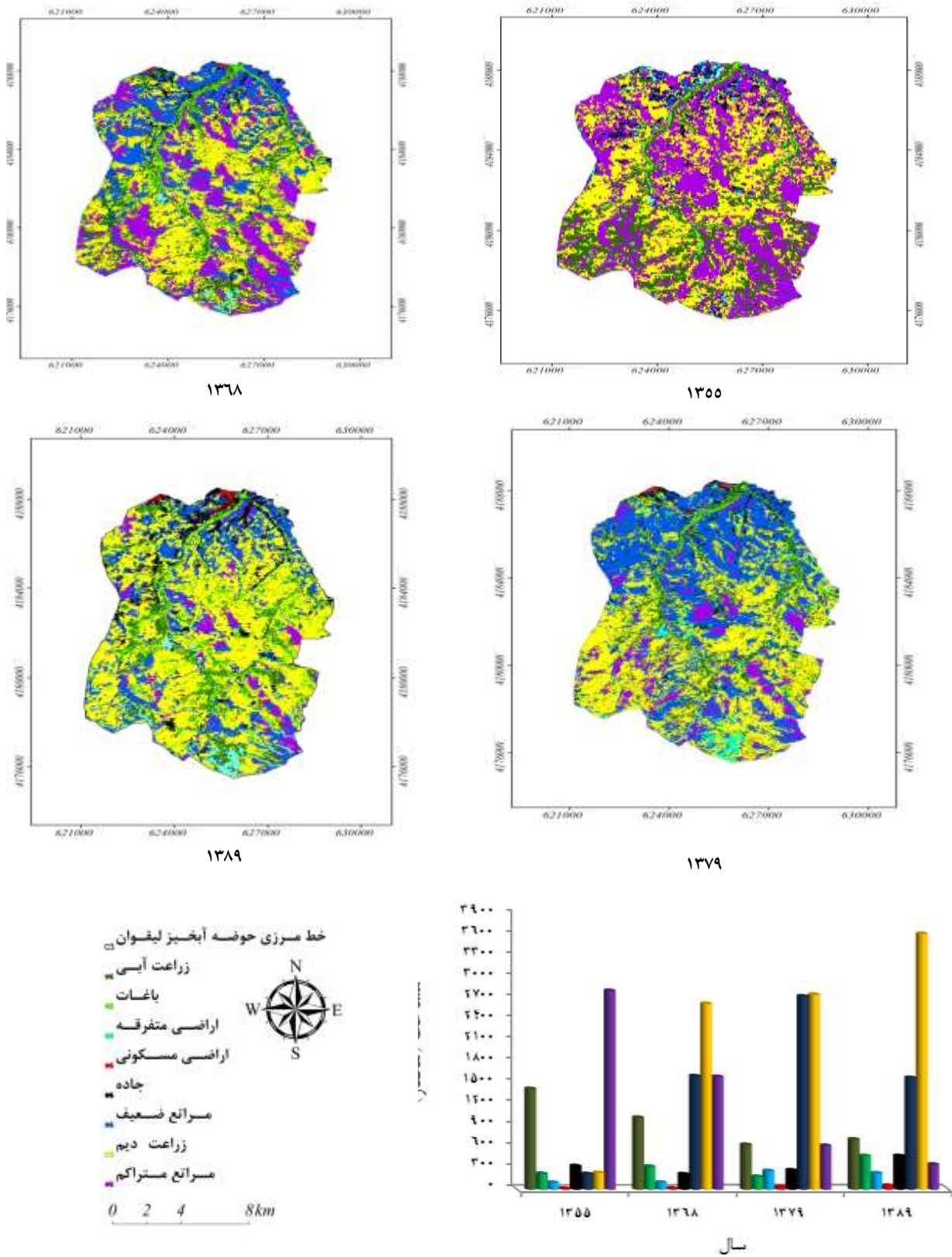
- 36- Salt & Pepper
- 37- Confusion matrix
- 38- Overall accuracy
- 39- Kappa coefficient
- 40- Omission
- 41- Commission
- 42- User accuracy

تولیدکننده^{۴۳} به دست آمد. صحت کاربر معیاری از صحت طبقه‌بندی انجام‌شده در جریان مطالعات صحرایی است درحالی‌که صحت تولیدکننده معیاری از صحت یک طرح طبقه‌بندی خاص می‌باشد که نشان می‌دهد چند درصد از یک کلاس خاص زمینی به طور صحیح طبقه‌بندی شده است (لیلساند و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۵). در جدول ۶ صحت‌های طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ بر حسب درصد گزارش شده است.

جدول ۶- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ بر حسب درصد

کلاس کاربری	۱۳۵۵		۱۳۶۸		۱۳۷۹		۱۳۸۹	
	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر
زراعت آبی	۹۸/۲۴	۹۸/۸۹	۹۵/۷۵	۷۹/۸۰	۹۶/۸۰	۸۶/۵۸	۸۵/۸۲	۹۲/۵۷
باغات	۱۰۰/۰۰	۹۹/۲۹	۹۴/۶۶	۹۲/۲۷	۷۴/۸۵	۸۷/۶۷	۹۴/۳۲	۸۹/۴۸
اراضی متفرقه	۹۸/۰۹	۹۸/۷۲	۹۷/۱۷	۹۶/۹۱	۹۳/۱۳	۹۱/۶۷	۹۸/۵۳	۹۸/۵۷
اراضی مسکونی	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۹۸/۷۵	۹۹/۳۷	۹۶/۳۴	۹۱/۵۶	۹۸/۶۳	۹۷/۳۰
جاده	۹۸/۸۰	۹۹/۸۹	۹۴/۵۷	۹۳/۰۳	۹۴/۴۰	۸۶/۴۶	۹۹/۷۹	۹۸/۸۷
مراعات ضعیف	۹۹/۵۵	۹۹/۳۱	۹۸/۱۶	۹۳/۷۸	۹۱/۳۸	۹۸/۰۴	۹۹/۸۸	۹۹/۵۶
زراعت دیم	۹۸/۹۵	۱۰۰/۰۰	۸۹/۶۳	۹۷/۶۳	۹۷/۲۹	۹۳/۵۶	۹۸/۸۵	۹۸/۲۵
مراعات متراکم	۹۹/۹۴	۹۸/۶۳	۹۵/۳۱	۹۶/۳۶	۹۷/۵۰	۹۲/۹۸	۹۹/۶۰	۹۹/۷۵
صحت کلی	۹۹/۲۱۱۸		۹۳/۷۵۱۰		۹۴/۰۸۰۵		۹۷/۵۴۳۲	
ضریب کاپا	۹۸/۹۰		۹۱/۷۶		۹۱/۶۸		۹۶/۵۱	

کلاس کاربری	۱۳۵۵		۱۳۶۸		۱۳۷۹		۱۳۸۹	
	خطای حذف-گماشته‌شده	خطای حذف-شده	خطای حذف-گماشته‌شده	خطای حذف-شده	خطای حذف-گماشته‌شده	خطای حذف-شده	خطای حذف-گماشته‌شده	خطای حذف-شده
زراعت آبی	۱/۱۱	۱/۷۶	۲۰/۲۰	۴/۲۵	۱۳/۴۲	۳/۲۰	۷/۴۳	۱۴/۱۸
باغات	۰/۷۳	۰/۰۰	۷/۷۳	۵/۳۴	۱۲/۳۳	۲۵/۱۵	۱۰/۵۲	۵/۶۸
اراضی متفرقه	۱/۲۸	۱/۹۱	۳/۰۹	۲/۸۳	۸/۳۳	۶/۸۷	۱/۴۳	۱/۴۷
اراضی مسکونی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۳	۱/۲۵	۸/۴۴	۳/۶۶	۲/۷۰	۱/۳۷
جاده	۰/۱۱	۱/۲	۶/۹۷	۵/۴۳	۱۳/۵۴	۵/۶۰	۱/۱۳	۰/۲۱
مراعات ضعیف	۰/۶۹	۰/۴۵	۶/۲۲	۱/۸۴	۱/۹۶	۸/۶۲	۰/۴۴	۰/۱۲
زراعت دیم	۰/۰۰	۱/۰۵	۲/۳۷	۱۰/۳۷	۶/۴۴	۲/۷۱	۱/۷۵	۱/۱۵
مراعات متراکم	۱/۳۷	۰/۰۶	۳/۶۴	۴/۶۹	۷/۰۲	۲/۵۰	۰/۲۵	۰/۴۰



شکل ۶: نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی و نمودار تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز لیقوان

محاسبه شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI) به شدت با توده زیستی برگ سبز در ارتباط است (توکر، ۱۹۷۹: ۱۵۰-۱۲۷) و با فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR}-\text{Red})}{\text{NIR}+\text{Red}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در فرمول مذکور NIR: طیف مادون قرمز نزدیک و RED: طیف قرمز می‌باشد.

در سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست نمایه b4 (باند ۴) معرف طیف مادون قرمز نزدیک و b3 (باند ۳) معرف طیف قرمز می‌باشد. پس این فرمول به این صورت استفاده شد:

$$\text{NDVI} = \frac{(b4 - b3)}{(b4 + b3)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

درحالی که، برای سنجنده MSS ماهواره لندست، b4 (باند ۴) اشاره به طیف مادون قرمز نزدیک و b2 (باند ۲) اشاره به طیف قرمز دارد، پس این فرمول به صورت زیر استفاده گردید:

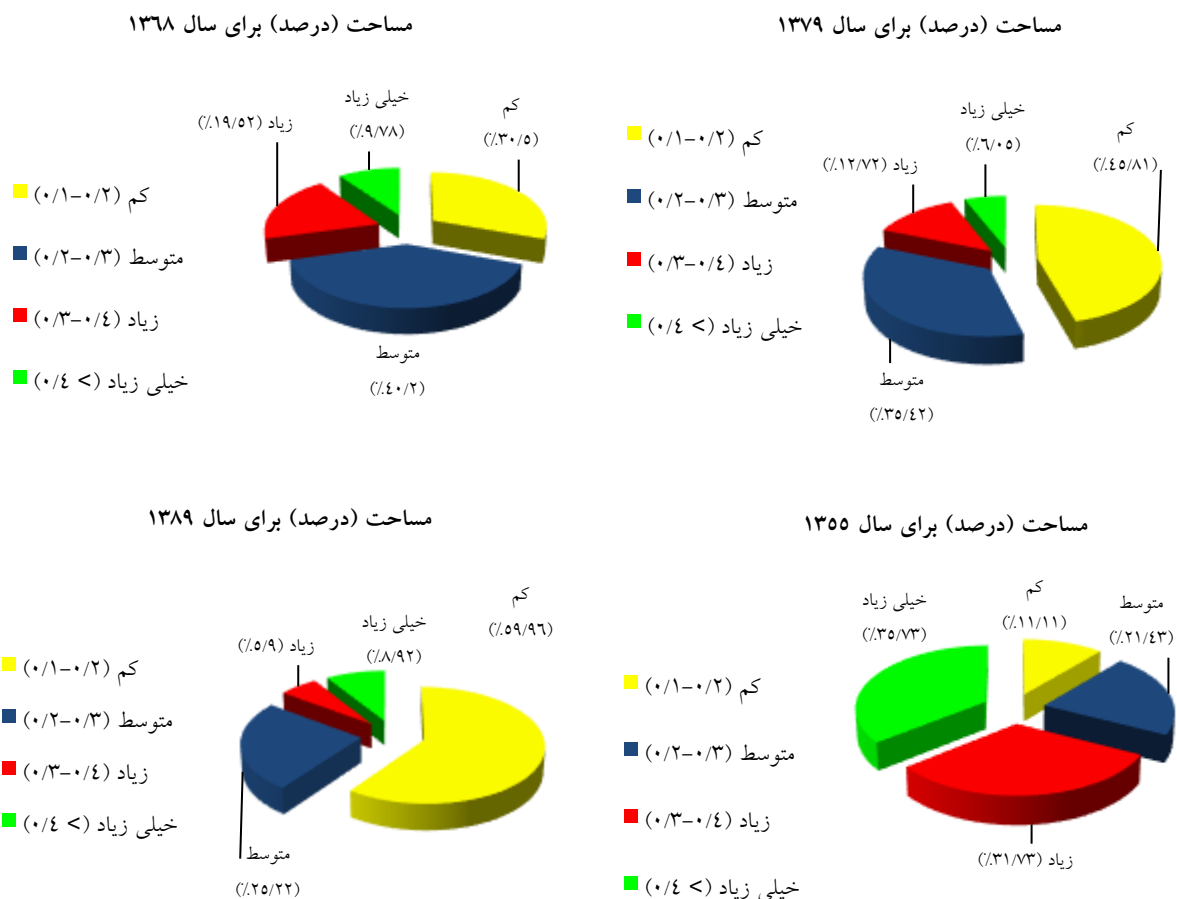
$$\text{NDVI} = \frac{(b4 - b2)}{(b4 + b2)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در واقع مجموع و تفاضل باندهایی که در NDVI به جای مقادیر مطلق استفاده می‌شود، به دلیل این که انتظار می‌رود کم‌تر تحت تأثیر شرایط متغیر جوی قرار گیرد، احتمالاً کاربرد NDVI را برای مطالعات مقایسه‌ای در طول زمان برای یک منطقه واحد، مناسب‌تر می‌کند (مادر و کوک، ۲۰۱۱: ۸۹-۸۱). مقادیر عدد راقومی^{۴۴} (DN) شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی در تصاویر بین ۱- و ۱+ هستند، به طوری که ۱- متعلق به آب‌های خیلی عمیق و ۱+ متعلق به پوشش گیاهی کاملاً متراکم می‌باشد؛ بنابراین، مطالعه تراکم پوشش گیاهی تنها نیاز به بررسی مقادیر مثبت دارد (میننی و همکاران، ۱۹۹۵: ۴۸۶-۴۸۱). در تحقیق حاضر، مقادیر DN در تصاویر به این شکل طبقه‌بندی شدند که مقادیر ۰/۱ تا ۰/۲ به عنوان تراکم کم پوشش گیاهی، ۰/۲ تا ۰/۳ به عنوان تراکم متوسط، ۰/۳ تا ۰/۴ به عنوان تراکم زیاد و ۰/۴ و بیش‌تر به عنوان تراکم خیلی زیاد پوشش گیاهی در نظر گرفته شد و برای ارزیابی تغییرات استفاده گردید (جدول ۷ و شکل‌های ۷ و ۸).

جدول ۷- تغییرات تراکم NDVI در طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ در حوضه آبریز ليقوان

تراکم	ارزش پیکسل	مساحت (هکتار)		مساحت (هکتار)	
		۱۳۵۵	۱۳۶۸	۱۳۷۹	۱۳۸۹
کم	۰/۱-۰/۲	۷۹۳/۲	۲۱۰۳/۷۵	۳۲۴۰/۶	۴۲۷۵
متوسط	۰/۲-۰/۳	۱۵۳۰/۶	۲۷۷۲	۲۵۰۵/۳	۱۷۹۷/۷۵
زیاد	۰/۳-۰/۴	۲۲۶۵/۸۲۵	۱۳۴۶/۲۵	۹۰۰	۴۲۰/۷۵
خیلی زیاد	۰/۴ <	۲۵۵۱/۳۵	۶۷۵	۴۲۷/۷۲۵	۶۳۶

شایان ذکر است که اراضی فاقد پوشش گیاهی در حوضه آبریز ليقوان در سال‌های ۱۳۵۵، ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ به ترتیب ۴/۷۸۷٪، ۸/۰۴٪، ۵/۶۸۵٪ و ۴/۹۴٪ درصد اراضی را تشکیل می‌دهد.



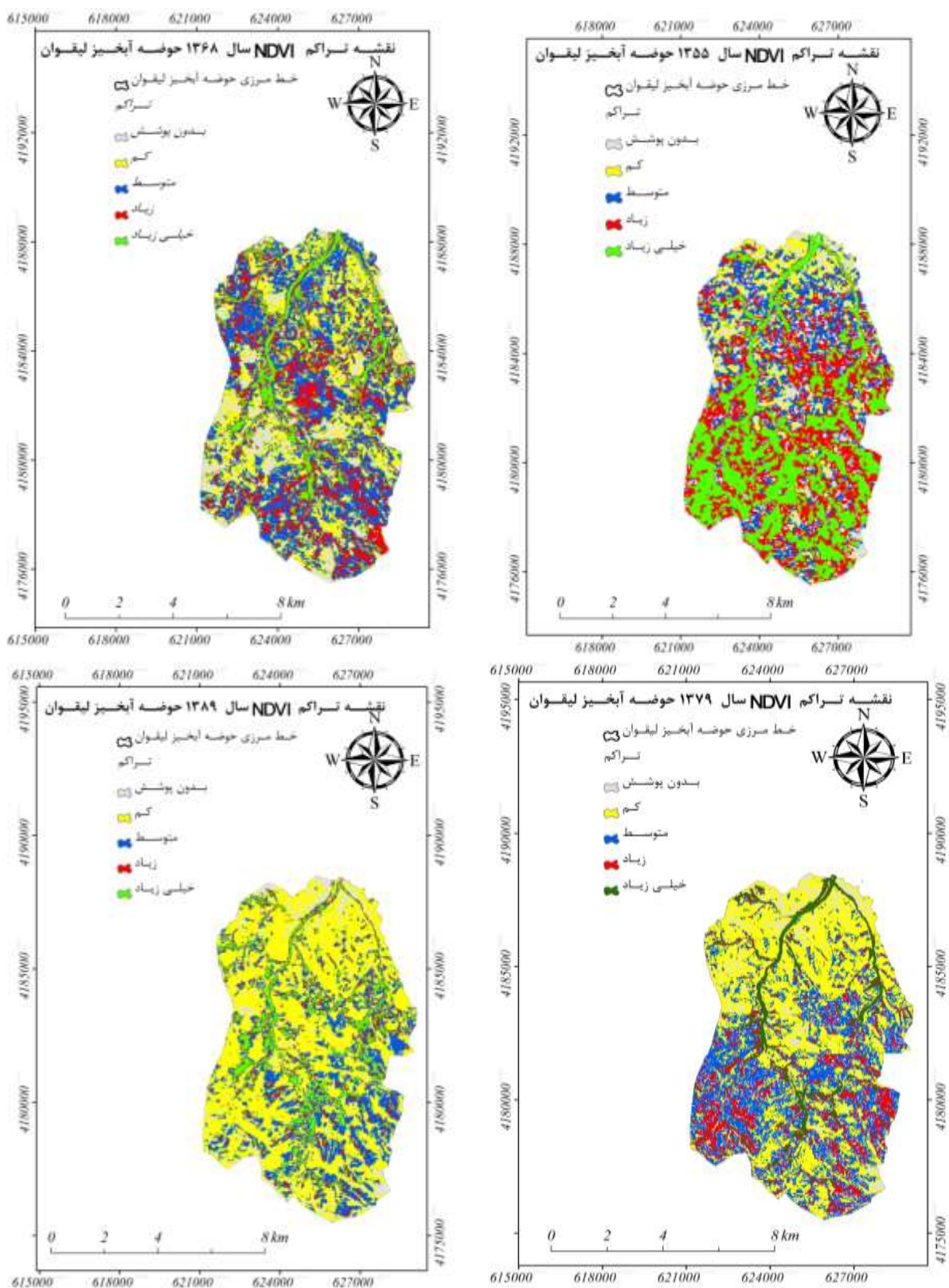
شکل ۷: تغییرات تراکم پوشش گیاهی بر اساس اعداد رقمی شاخص NDVI طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ در حوضه آبریز ليقوان

مقایسه پس از طبقه‌بندی

برای محاسبه عددی^{۴۵} تعیین تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد و تغییرات پوشش و کاربری اراضی در ۴ دوره زمانی شامل: ۱۳۶۸-۱۳۵۵، ۱۳۷۹-۱۳۶۸، ۱۳۸۹-۱۳۷۹ و ۱۳۸۹-۱۳۵۵ تعیین گردید (جدول ۸). مقایسه پس از طبقه‌بندی معروف‌ترین روش تعیین تغییرات است و نیاز به نقشه‌های کلاس‌بندی شده‌ای دارد که به طور مستقل تهیه شده‌اند. از مزایای این روش این است که می‌تواند داده‌های پایه‌ای سازگار با محیط GIS ایجاد کند که به عنوان کلاس یا گروه تعریف می‌شود و مقادیر کمی هر کلاس را تعیین نماید (وارد و همکاران، ۲۰۰۰: ۳۸۶-۳۷۱). این محاسبه عددی به سادگی مقایسه دو نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی را با استفاده از جفت کلاس‌های مشخص شده توسط تحلیلگر انجام می‌دهد و می‌تواند نقشه‌ای که نشان‌دهنده تغییر مساحت‌ها باشد را ایجاد نماید (لونت و الویدج، ۱۹۹۸: ۲۱۲-۲۰۸).

ارزیابی صحت در تعیین تغییرات با مشکل بزرگی مواجه است، به دلیل اینکه نمونه‌برداری از نواحی که در آینده تغییر خواهند کرد قبل از آنکه تغییر کنند امکان‌پذیر نیست (کنگالتون و گرین، ۲۰۰۹: ۱۳۴). در تجزیه و تحلیل تعیین تغییرات، هر دو خطاهای موقعیت و خصوصیت می‌تواند در تاریخ‌های متعدد تکثیر شود؛ به ویژه وقتی بیش از دو تاریخ در تجزیه و تحلیل استفاده شده باشد. ساده‌ترین روش ارزیابی صحت در نقشه تغییرات، برآورد آن از طریق حاصل ضرب صحت‌های نقشه‌های مستقل طبقه‌بندی شده می‌باشد (یوآن و همکاران، ۱۹۹۸: ۱۷۸-۱۶۶).

در این تحقیق، با استفاده از محاسبه اختلاف نقشه در نرم‌افزار ENVI، نقشه‌ای تهیه گردید که نشان‌دهنده اختلافات بین نقشه طبقه‌بندی شده سال ۱۳۵۵ (به عنوان حالت اولیه) و نقشه طبقه‌بندی شده سال ۱۳۸۹ (به عنوان حالت نهایی) می‌باشد (شکل ۹). اختلاف از طریق تفریق حالت اولیه تصویر از حالت نهایی تصویر محاسبه شد و کلاس‌ها بر اساس حدود آستانه تغییرات تعریف شد. یک تغییر مثبت به عنوان پیکسل‌هایی که روشن‌تر شده‌اند تعیین شده است (روشنایی حالت نهایی بیش‌تر از حالت اولیه بوده است)، درحالی‌که یک تغییر منفی به عنوان پیکسل‌هایی که تیره‌تر شده‌اند (روشنایی حالت نهایی کم‌تر از حالت اولیه بوده است)، تعریف شده است. به صورت پیش‌فرض، کلاس‌ها در دامنه‌ای از مثبت تا منفی تعریف می‌شود. تغییرات با فاصله گرفتن از کلاس میانی (کلاس بدون تغییر) افزایش می‌یابد؛ شکل ۹ نقشه این تغییرات می‌باشد که به شکل رنگی کدبندی شده است و اختلاف بین دو تصویر ۱۳۵۵ و ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد.



شکل ۸: نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی NDVI حوزه آبریز لیقوان طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹

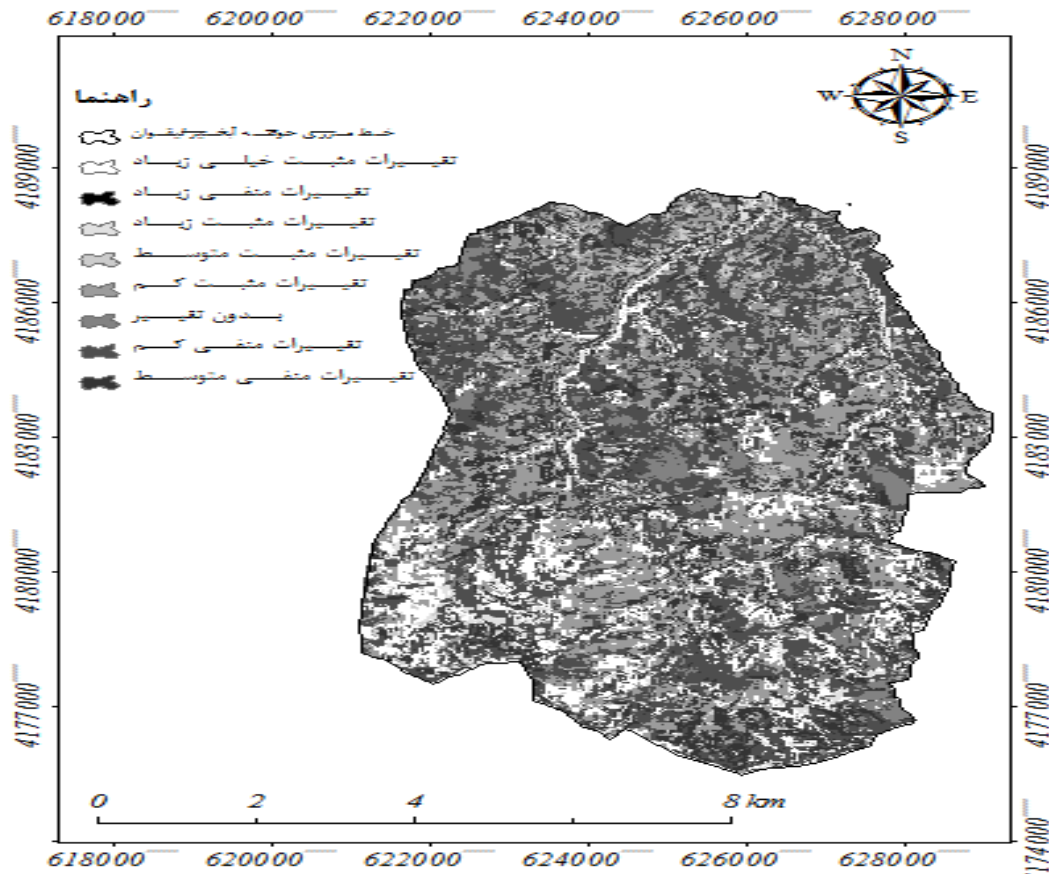
جدول ۸ - ماتریس مقایسه پس از طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ بر حسب هکتار

الف) ۱۳۵۵-۱۳۶۸ (ضریب کاپا: ۰/۹۰/۷۵ و صحت کلی: ۰/۹۳/۰۱)									
مجموع ۱۳۶۸	مراتع متراکم	زراعت دیم	مراتع ضعیف	جاده	اراضی مسکونی	اراضی متفرقه	باغات	زراعت آبی	
۱۰۱۸/۶۲	۳۰۰/۸۷	۳۲۵/۲۶	۴/۹۵	۱۷/۲۸	۰	۰	۱۰۶/۹۲	۲۶۳/۳۴	زراعت آبی
۳۲۴/۹	۱۳۸/۱۵	۲۰/۸۸	۰/۱۸	۰/۷۲	۰	۰	۸۴/۴۲	۸۰/۵۵	باغات
۹۸/۹۱	۲/۹۷	۳۰/۰۶	۱۴/۵۸	۱۸/۵۴	۰/۸۱	۲۴/۵۷	۰	۷/۳۸	اراضی متفرقه
۱۴/۳۱	۰	۰/۵۴	۴/۲۳	۲/۶۱	۰/۸۱	۶/۱۲	۰	۰	اراضی مسکونی
۲۱۵/۸۳	۵/۰۴	۸۴/۷۸	۴۰/۳۲	۴۲/۶۶	۵/۴	۲۸/۷۱	۰	۸/۸۲	جاده
۱۶۰۸/۴۸	۴۹۴/۸۳	۶۲۴/۳۳	۱۵۰/۹۳	۲۲۱/۴۹	۶/۵۷	۳۸/۸۸	۴/۴۱	۶۷/۱۴	مراتع ضعیف
۲۶۳۸/۶۲	۸۴۸/۰۷	۱۰۶۶/۷۷	۴/۹۵	۲۸/۸	۰	۰	۲۶/۳۷	۶۶۳/۶۶	زراعت دیم
۱۵۹۸/۵۸	۱۰۳۱/۶۷	۲۲۲/۹۳	۰/۸۱	۱/۰۸	۰	۰	۳/۳۳	۳۳۸/۷۶	مراتع متراکم
-	۲۸۲۱/۵	۲۳۷۵/۵۵	۲۲۰/۹۵	۳۳۳/۱۸	۱۳/۵۹	۹۸/۲۸	۲۲۵/۴۵	۱۴۲۹/۶۵	مجموع ۱۳۵۵
-	۱۷۸۹/۸۳	۱۳۰۸/۷۸	۷۰/۰۲	۲۹۰/۵۲	۱۲/۷۸	۷۳/۷۱	۱۴۱/۰۳	۱۱۶۶/۳۱	تغییرات کلاس
-	-۱۲۲۲/۹۲	۲۶۳/۱۶	۱۳۸۸/۰۷	-۱۱۷/۴۵	۰/۷۲	۰/۸۱	۹۹/۵۴	-۴۱۰/۹۴	اختلاف تصویر
ب) ۱۳۶۸-۱۳۷۹ (ضریب کاپا: ۰/۸۴/۱۲ و صحت کلی: ۰/۸۸/۲۰)									
مجموع ۱۳۷۹	مراتع متراکم	زراعت دیم	مراتع ضعیف	جاده	اراضی مسکونی	اراضی متفرقه	باغات	زراعت آبی	
۶۳۴/۸۶	۴۰/۱۴	۲۳۹/۷۶	۱۴/۳۱	۲/۰۷	۰	۲/۴۳	۱۳۵	۲۰۱/۱۵	زراعت آبی
۱۸۰/۹۹	۳۱/۴۱	۶۶/۸۷	۱/۳۵	۰/۰۹	۰	۰	۴۶/۷۱	۳۴/۵۶	باغات
۲۶۳/۲۵	۱۵/۴۸	۳۰/۶	۶۰/۳۹	۳۹/۸۷	۰/۷۲	۶۰/۳	۸/۹۱	۴۶/۹۸	اراضی متفرقه
۳۵/۴۶	۰/۸۱	۱/۱۷	۱۵/۴۸	۵/۸۵	۸/۵۵	۱/۶۲	۰/۱۸	۱/۸	اراضی مسکونی
۲۷۲/۷	۸/۲۸	۶۴/۸	۱۰۵/۲۱	۴۴/۱۹	۳/۱۵	۳/۹۶	۸/۳۷	۳۴/۷۴	جاده
۲۷۴۱/۸۵	۶۹۹/۱۲	۷۳۰/۶۲	۱۰۷۲/۸۹	۶۸/۵۸	۱/۸	۱۲/۷۸	۱۴/۹۴	۱۴۱/۱۲	مراتع ضعیف
۲۷۶۶/۷۸	۳۵۹/۱۹	۱۴۰۳/۸۲	۲۸۹/۸۹	۵۵/۱۷	۰/۲۷	۱۷/۲۸	۱۰۵/۳۹	۵۳۵/۷۷	زراعت دیم
۶۲۲/۷۱	۴۴۴/۱۵	۱۰۰/۹۸	۴۸/۹۶	۰	۰	۰/۵۴	۵/۴	۲۲/۶۸	مراتع متراکم
-	۱۵۹۹/۳	۲۶۳۸/۷۱	۱۶۰۹/۸۳	۲۱۷/۴۴	۱۵/۳	۹۹/۲۷	۳۲۶/۰۷	۱۰۱۹/۹۷	مجموع ۱۳۶۸
-	۱۱۵۵/۱۵	۱۲۳۴/۸۹	۵۳۶/۹۴	۱۷۳/۲۵	۶/۷۵	۳۸/۹۷	۲۷۹/۳۶	۸۱۸/۸۲	تغییرات کلاس
-	-۹۷۶/۳۲	۱۲۹/۱۵	۱۱۳۲/۶۵	۵۶/۱۶	۲۰/۹۷	۱۶۴/۴۳	-۱۴۴/۲۷	-۳۸۴/۶۶	اختلاف تصویر
ج) ۱۳۷۹-۱۳۸۹ (ضریب کاپا: ۰/۸۸/۴۸ و صحت کلی: ۰/۹۱/۷۷)									
مجموع	مراتع	زراعت دیم	مراتع	جاده	اراضی	اراضی	باغات	زراعت	

	آبی	متفرقه	مسکونی	ضعیف	متراکم	۱۳۸۹				
زراعت آبی	۱۸۶/۰۳	۲۷/۲۷	۱۷/۸۲	۰/۴۵	۸/۵۵	۷۸/۸۴	۳۶۴/۲۳	۲۸/۸۹	۷۱۲/۰۸	
باغات	۱۶۳/۹۸	۵۱/۳	۱/۹۸	۰/۰۹	۳/۲۴	۴۳/۹۲	۱۹۲/۱۵	۱۹/۸	۴۷۶/۴۶	
اراضی متفرقه	۳/۲۴	۱/۰۸	۷۴/۸۸	۲/۰۷	۴/۳۲	۷۰/۹۲	۵۸/۵۹	۱۶/۴۷	۲۳۱/۸۴	
اراضی مسکونی	۰/۴۵	۰	۷/۱۱	۱۱/۲۵	۱۱/۰۷	۱۷/۳۷	۴/۹۵	۰/۰۹	۵۲/۲۹	
جاده	۱۳/۵	۰/۵۴	۴۹/۲۳	۱۲/۴۲	۷۸/۹۳	۲۴۳/۸۱	۷۶/۰۵	۰/۷۲	۴۷۵/۲	
مراتع ضعیف	۱۹/۹۸	۴/۲۳	۶۸/۹۴	۶/۳	۷۹/۹۲	۹۳۶/۴۵	۳۵۷/۳	۱۱۱/۳۳	۱۵۸۴/۴۵	
زراعت دیم	۲۴۵/۰۷	۹۰/۷۲	۴۳/۲	۲/۶۱	۸۶/۳۱	۱۲۴۲	۱۶۹۸/۸۴	۲۲۲/۰۳	۳۶۳۰/۷۸	
مراتع متراکم	۲/۴۳	۶/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۵۴	۱۰۸/۵۴	۱۴/۶۷	۲۲۳/۱۱	۳۵۵/۵	
مجموع ۱۳۷۹	۶۳۵/۳۱	۱۸۱/۸	۲۶۳/۷	۳۶/۲۷	۲۷۳/۵۱	۲۷۴۲/۴۸	۲۷۶۷/۸۶	۶۲۲/۸۹	-	
تغییرات کلاس	۴۴۹/۲۸	۱۳۰/۵	۱۸۸/۸۲	۲۵/۰۲	۱۹۴/۵۸	۱۸۰۶/۰۳	۱۰۶۹/۰۲	۳۹۹/۷۸	-	
اختلاف تصویر	۷۷/۰۴	۲۹۵/۴۷	-۳۱/۴۱	۱۷/۱	۲۰۲/۹۵	-۱۱۵۷/۴۹	۸۶۳/۱	-۲۶۶/۳۱	-	

(د) ۱۳۵۵-۱۳۸۹ (ضریب کاپا: ۹۵/۴۵٪ و صحت کلی: ۹۶/۷۷٪)

	زراعت آبی	باغات	اراضی متفرقه	اراضی مسکونی	جاده	مراتع ضعیف	زراعت دیم	مراتع متراکم	مجموع ۱۳۸۹
زراعت آبی	۲۱۶/۶۳	۷۸/۳	۲/۱۶	۰/۱۸	۵/۸۵	۳/۴۲	۱۳۴/۵۵	۲۷۰/۹۹	۷۱۲/۰۸
باغات	۱۳۲/۶۶	۹۹/۱۸	۰	۰	۱/۱۷	۰/۶۳	۶۴/۴۴	۱۷۸/۲	۴۷۶/۲۸
اراضی متفرقه	۳۵/۲۸	۰/۵۴	۲۱/۲۴	۲/۵۲	۸/۴۶	۱۴/۹۴	۶/۲۱	۳/۴۲	۵۲/۲۹
اراضی مسکونی	۱/۴۴	۰/۱۸	۱۵/۱۲	۱/۱۷	۶/۱۲	۱۰/۶۲	۵/۴	۱/۴۴	۳۵/۲۸
جاده	۲۴/۳۹	۱/۸۹	۳۹/۱۵	۷/۵۶	۸۴/۹۶	۸۸/۳۸	۱۵۱/۲۹	۷۷/۳۱	۴۷۴/۹۳
مراتع ضعیف	۱۸۹/۱۸	۱/۵۳	۱۵/۹۳	۱/۸	۱۲۱/۵۹	۶۶/۶	۴۹۳/۷۴	۶۹۴/۰۸	۱۵۸۴/۴۵
زراعت دیم	۷۸۹/۱۲	۴۲/۷۵	۴/۶۸	۰/۵۴	۸۶/۶۷	۲۹/۰۷	۱۴۴۳/۵۱	۱۲۳۴/۴۴	۳۶۳۰/۷۸
مراتع متراکم	۴۰/۹۵	۱/۰۸	۰	۰	۰/۴۵	۰/۸۱	۷/۷۴	۳۰۴/۴۷	۳۵۵/۵
مجموع ۱۳۵۵	۱۴۲۹/۶۵	۲۲۵/۴۵	۹۸/۲۸	۱۳/۵۹	۳۳۳/۱۸	۲۲۰/۹۵	۲۳۷۵/۵۵	۲۸۲۱/۵	-
تغییرات کلاس	۱۲۱۳/۰۲	۱۲۶/۲۷	۷۷/۰۴	۱۱/۰۷	۲۴۸/۲۲	۱۵۴/۳۵	۹۳۲/۰۴	۲۵۱۷/۰۳	-
اختلاف تصویر	-۷۱۷/۵۷	۲۵۰/۸۳	۱۳۴/۰۱	۳۹/۲۴	۱۴۱/۷۵	۱۳۶۳/۵	۱۲۵۵/۲۳	-۲۴۶۶	-



شکل ۹: نقشه تغییرات پوشش و کاربری اراضی حوزه آبریز لیقوان از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوزه آبریز لیقوان واقع در استان آذربایجان شرقی انجام شد. این ناحیه از مناطق مهم کشاورزی و دامپروری استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر با تغییرات شدیدی در پوشش و کاربری اراضی مواجه بوده است. مقایسه پس از طبقه‌بندی به عنوان یک روش کارآمد برای تعیین تغییرات پوشش و کاربری اراضی انجام شد. از آنجا که به‌کارگیری این روش به تنهایی برای شناسایی تراکم پوشش گیاهی در دوره‌های مورد بررسی کافی نیست، از شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی برای تکمیل نتایج استفاده شد. روش‌های مذکور بر روی تصاویر ماهواره لندست از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ برای شناسایی تغییرات محیطی و به ویژه تأثیر فعالیت‌های انسانی در این تغییرات انجام شد. در حقیقت یکی از اهداف این تحقیق، مطالعه پوشش و کاربری اراضی و اثر جمعیت بر تراکم پوشش گیاهی حوزه آبریز لیقوان بود. کمی کردن مساحت انواع پوشش و کاربری اراضی حوزه آبریز مورد مطالعه از اهداف مهم دیگر این تحقیق بود که اطلاعات پایه را برای تحقیقات بعدی به ویژه بررسی اثرات اقلیمی بر این تغییرات فراهم می‌نماید.

با توجه به گزارش‌ها، افزایش اراضی مسکونی، جاده‌سازی، زراعت دیم بدون مدیریت صحیح و تبدیل مراتع متراکم به مراتع ضعیف منجر به تخریب پوشش گیاهی در حوضه آبریز ليقوان طی سال‌های اخیر شده است که این تغییرات با نتایج تغییرات پوشش و کاربری اراضی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای منطبق بود. باید توجه داشت که مهاجرت روستاییان طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۵ و بازگشت آن‌ها طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ نقش عمده‌ای در تغییرات پوشش و کاربری اراضی به دست آمده داشته است. در این تحقیق، اثر مهاجرت و فعالیت‌های انسانی در تغییرات کاربری اراضی به خوبی دیده شد که بررسی آن برای داشتن یک توسعه پایدار و برنامه‌ریزی در امور کاربری اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در مطالعات آینده برای تجزیه و تحلیل روابط بین پوشش و کاربری اراضی با فرآیندهای فرسایش و رواناب مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌گردد که کاربری اراضی بر اساس پتانسیل منطقه مورد مطالعه و روش‌های مناسب ارزیابی اراضی انجام‌شده و تناسب اراضی مد نظر قرار گیرد تا با ارائه الگوی کشت مناسب از تخریب اراضی این حوضه آبریز جلوگیری شود. همچنین با توجه به نقشی که جمعیت، فعالیت‌های انسانی و مهاجرت در منطقه مورد مطالعه داشته، لازم است برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تری به منظور فراهم کردن امکانات و تسهیلات مناسب برای ساکنان این منطقه انجام گردد. شایان ذکر است که با توجه به پیشینه پژوهش‌های انجام‌یافته در زمینه مطالعه حاضر، بررسی‌های بیشتر با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا نیز می‌تواند در جهت تکمیل و ارائه راهکارهای مناسب مؤثر باشد، لذا استفاده از آن‌ها در سایر مطالعات این حوضه آبریز توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه بیرجند و سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی که در رابطه با تکمیل این تحقیق همکاری نمودند قدردانی می‌شود.

منابع

- صادقی، س.ح.ر؛ رضوی، س.ل؛ رئیس‌یان، ر (۱۳۸۵)، «مقایسه دیم‌زار و مرتع فقیر در تولید روان‌آب و رسوب در تابستان و زمستان»، *مجله پژوهش کشاورزی (آب، خاک و گیاه در کشاورزی)*، شماره ۴، صص ۱۱-۲۲.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، «تاریخچه اطلاعات مربوط به سرشماری روستایی استان آذربایجان شرقی، دفتر نیروی کار، جمعیت و سرشماری».
- وزارت جهاد کشاورزی ایران (۱۳۹۰)، گزارش تفصیلی برنامه‌ریزی و توسعه روستایی استان آذربایجان شرقی.
- Al-Ahmadi, F.S., Hames, A.S., (2009), "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: Earth Sci*, 20 (1): 167-191.
- Amirin, M.K., Hasmadi, I.M., (2010), «Land Use Changes in Perak Catchment Zone using Remote Sensing and GIS Technique. Journal of GIS Trends», *Academy Journals*, 1 (1):15-19.
- Blaschke, T., (2006), "The Role of the Spatial Dimension within the Framework of Sustainable landscapes and Natural Capital", *Landscape and Urban Planning*, 75 (3-4): 198-226.
- Chuvieco, E., (2000)., "*Fundamentos de la Teledeteccion Espacial*. 3th ed Rialp, Madrid, Espana, 558 p.
- Codjoe, S.N.A., (2007)., "Integrating Remote Sensing, GIS, Census, and Socioeconomic Data in Studying the Population-Land Use/Cover Nexus in Ghana: A Literature Update", *Africa Development*, 32 (2): 197-212.
- Congalton, R.G., Green, K., (2009), "*Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*", CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton Florida.
- Deshmukh, M., Bhosale, U., (2011), "Image Fusion and Image Quality Assessment of Fused Images", *International Journal of Image Processing*, 4(5): 484-508.
- FAO, (1999), "*State of the World's Forests*", Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 154 pp.
- Fisher, P. Comber, A.J., Wadsworth, R., (2005), "Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement (Fisher, P., Unwin, D). Publisher: John Wiley & Sons, New York, pp : 85-98.
- Govender, M. Chetty, K. Naiken, V., Bulcock, H., (2008), "A Comparison of Satellite Hyperspectral and Multispectral Remote Sensing Imagery for Improved Classification and Mapping of Vegetation", *Water SA*. 34 (2): 147-154.
- Jensen, J.R., (2007), "*Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*", 2nd Edition. Prentice Hall: Saddle River.

- Jianya, G. Haigang, S. Guorui, M., and Qiming, Z., (2008), "A Review of Multi-Temporal Remote Sensing Data Change Detection Algorithms", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp 757-762.
- Keita, L.K., Zhang, L. (2010), "Land use change in Siby, Mali, 1986-1999 and 2002: A Remote Sensing Analysis", *Researcher*, 2 (3):12-21.
- Kok, K., (2004), "The role of Population in Understanding Honduran land use patterns", *Journal of Environmental Management*, 72: 73–89.
- Lambin, E.F. Turner, B.L. Helmut, J; et al., (2001), "The Causes of land-use and land-Cover Change: Moving Beyond the Myths", *Glob Environ Chang*, 11: 261–269.
- Li, G., Song, B., (2004), "Image Salt-Pepper Noise Elimination by Detecting Edges and Isolated Noise Points", *Lecture Notes in Computer Science*, 3211 (1): 171-178.
- Lilles, T. Kiefer, R. Chipman, J., (2008), "*Remote Sensing and Image Interpretation*, 6nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., Moran, E., (2004), "Change Detection Techniques", *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2401.
- Lunetta, R.S., Elvidge, C.D., (1998), "*Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications*", Ann Arbor Press, Chelsea, MI, 318 pp.
- Macleod, R.S., Congalton, R.G., (1998), "A quantitative Comparison of Change Detection Algorithms for Monitoring Eeegrass from Remotely Sensed Data", *Photogrammetric and Remote Sens. Environ.*, 64: 207-216.
- Mahmoodzadeh, H., (2007), "Digital Change Detection Using Remotely Sensed Data for Monitoring Green Space Destruction in Tabriz", *Int. J. Environ. Res.* 1(1): 35-41.
- Mas, J.F., (2005), "Un Metodo Para Combinar Datos Espectrales e Informacion Auxiliar en una red Artificial Neuronal", *In Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil*, 16-21 April (2005), pp, 3543-3549.
- Mather, P.M., Koch, M., (2011), "*Computer Processing of Remotely-Sensed Images An Introduction*", 4nd ed. New York: JohnWiley & Sons.
- McCoy, R.M., (2005), "*Field Methods in Remote Sensing*", The Guildford Press", New York, London.
- Myneni, R.B. Hall, F.G. Sellers, P.J., and Marshak, A.L., (1995)., "The Meaning of Spectral Vegetation Indices", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2): 481–486.
- Pat, S., Chavez, J.R., (1988), "An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data", *Remote Sensing of Environment*. 24(3): 459-479.
- Perumal, K., Bhaskaran, R., (2010), "Supervised Classification Performance of Multispectral Images", *Journal of Computing*, 2(2): 124-129 .
- Pohl, C., Van Genderen, J.L., (1998), "Multisensor Image Fusion In Remote Sensing: Concepts, Methods And Applications (Review Article)", *International Journal of Remote Sensing*, 19(5): 823-854.

- Ramankutty, N., Foley, J.A., Olejniczak, N.J., (2002), "People on the land: Changes in Global Population and Croplands During the 20th century", *Ambio*, 31(3): 251–257.
- Tucker, C.J., (1979), "Red and photographic infrared linear Combinations for Monitoring Vegetation", *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127-150.
- Villalon-Turrubiates, I.E. Shkvarko, Y., (2007), "Dynamical Post-Processing of Environmental Electronic Maps Extracted from Large Scale Remote Sensing Imagery", *Geoscience And Remote Sensing Symposium*, pp . 1485-1488.
- Ward, D. Phinn, S.R., Murray, A.T., (2000)., "Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data", *Professional Geographer*, 52(3): 371-386.
- Xie, Y. Sha, Z., Yu, M., (2008), "Remote Sensing Imagery in Vegetation Mapping: a Review", *Journal of Plant Ecology*, 1(1): 9–23.
- Yu, B., (1998), "Rainfall Erosivity and Its Estimation for Australia's Tropics", *Soil Research Journal*, 36: 143-165.
- Yuan, D. Elvidge, C.D., Lunetta, R.S., (1998), "Survey of multi-spectral methods for land cover change analysis. In: Lunetta, R.S., and Elvidge, C.D. (eds)", *Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications*, Tylor & Francis, London.
- Yuan, D., Elvidge, C., (1998), "NALC land cover Change Detection Pilot Study: Washington D.C Area Experiments", *Remote Sensing of Environment*, 66(2): 166-178.