نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۶، پاییز ۱۴۰۱

ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۱۵-۱۹۸۵) در حوزه آبخیز روضه‌چای ارومیه

دریافت مقاله: ۹۸/۲/۱۸ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۷/۱۲

صفحات: ۱۸۹-۱۷۱

خدیجه حاجی: کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
Email:khadijehaji95@gmail.com
اباذر اسمعلی‌عوری: دانشیار گروه آموزشی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
Email:esmaliouri@uma.ac.ir
رئوف مصطفی‌زاده: استادیار گروه آموزشی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.[۱]
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
حبیب نظرنژاد: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران.
hnazarnejad2000@gmail.com **Email**:

چکیده

بر اثر فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی چهره زمین همواره دست‌خوش تغییر می‌باشد. بنابراین برای مدیریت بهینه مناطق طبیعی آگاهی از نسبت تغییرات پوشش/کاربری اراضی نیز ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی حوزه آبخیز روضه‌چای ارومیه در سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. بنابراین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ و سنجنده‌های TM و ETM^{+} به‌صورت نظارت شده به روش حداکثر احتمال استفاده شد و سپس براساس تصویر قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر را با روش شیءگرا برای سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ طبقه‌بندی کرد. هم‌چنین نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ از سازمان جغرافیایی تهیه و با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، اطلاعات به‌دست آمده در مورد مرزبندی و تیپ‌بندی کاربری اراضی تصحیح شد. لذا پس از انجام تصحیحات مورد نیاز در مرحله پیش‌پردازش، با طبقه‌بندی شیءگرا نقشه ارزیابی تغییرات تهیه شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که سطح مراتع در بازه زمانی ۳۰ سال بیش‌ترین درصد کاربری را در بین تمام کاربری‌ها به‌خود اختصاص داده است، ولی در فاصله سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ سطح مراتع دارای روند کاهشی بود که بیان‌گر روند تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط-فقیر و مرتع خوب توسط کاربری زراعت دیم است. براساس ماتریس تغییرات می‌توان گفت که بیش‌ترین تغییرات افزایشی در سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ مربوط به اراضی تبدیل یافته به زراعت دیم می‌باشد که افزایش سطح زراعت دیم احتمالاً به‌دلیل شخم مراتع متوسط و فقیر بود در حالی‌که در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ هم بیش‌ترین تغییرات افزایشی باغ ناشی از زراعت آبی است. بنابراین صحت کل برای سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب برابر با ۹۷، ۹۰ و ۹۶ ٪ و شاخص کاپا هم به‌ترتیب برابر با ۹۱، ۸۴ و ۹۴ ٪ بود که نشان‌دهنده صحت بالای روش شیءگرا در طبقه‌بندی است.

کلید واژگان: پوشش‌گیاهی، طبقه‌بندی شیءگرا، شاخص کاپا، حوزه آبخیز روضه‌چای

---

۱. **نویسنده مسئول**: اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

مقدمه

کاربری اراضی عامل ارتباط انسان و محیط‌زیست و ایجاد موازنه میان اقتصاد، هیدرولوژی و اکولوژی است و هم‌چنین، واکنش رواناب و رسوب خروجی حوزه آبخیز به ویژگی‌های فیزیوگرافی، الگوی پراکنش کاربری اراضی، نوع خاک، شدت و مدت وقوع بارندگی و دخالت‌های انسانی بستگی دارد که در میان آن‌ها نقش کاربری اراضی دارای اهمیت بیش‌تری است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۳؛ مصطفی‌زاده، ۱۳۹۳: ۲۸). اطلاع از نسبت کاربری‌ها/پوشش اراضی در یک محیط طبیعی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌ها می‌باشد. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی نموده و اقدامات مقتضی را انجام داد. در حال حاضر تکنولوژی سنجش از دور بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج پوشش/کاربری‌های اراضی بوده که بیش‌ترین سرعت و دقت را دارد. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با کم‌ترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نموده و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی نمود (راجش و موریاما[1]، ۲۰۰۶: ۴؛ مارشال[2] و همکاران، ۲۰۱۷: ۵۸). دلایل تغییر پوشش اراضی شامل تغییرات اقلیمی، فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و اکولوژیکی از قبیل فرسایش خاک و فرآیند توالی در گیاهان و فعالیت‌های انسانی از جمله جنگل‌زدایی و تخریب اراضی هستند (لمبین و استراهلر[3]، ۱۹۹۴: ۲۳۳). طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود. طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای با استفاده از دو روش امکان‌پذیر است. روش پیکسل‌پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر می‌باشد و روش جدید شیءگرا که علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به محتوا و بافت و زمینه نیز در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۵). طبقه‌بندی شیءگرا روشی مبتنی بر قطعه‌بندی است. قطعه‌بندی تصویر، فرآیند یکپارچه‌سازی پیکسل‌ها براساس همگنی پدیده‌های تصویری است و براساس چهار فاکتور پهنای پنجره، تلرانس تشابه، میانگین وزنی و فاکتور واریانس وزنی کنترل می‌شود (آرخی، ۱۳۹۴: ۵۴). قطعات باید در داخل خود همگن بوده و تنها نماینده یک طبقه باشند، نه ترکیبی از چند طبقه و در عین حال باید در کل تصویر، ناهمگنی و اختلاف بین پدیده‌های مجاور وجود داشته باشد (شنانی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵: ۲۳۹). ایجاد شبکه سلسله مراتب قطعه‌بندی با استفاده از شاخص مقیاس امکان‌پذیر است که در آن سطوح مختلفی از قطعات ایجاد می شوند. در این سلسله مراتب، قطعات کوچک‌تر همواره محاط در قطعات سطوح بالاتر هستند. محدودیت‌های موجود در روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه سبب گردیده که روش شیءگرا مطرح گردد (رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۳). یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که باعث می‌شود از روش شیءگرا کم‌تر استفاده شود نبودن نرم‌افزار مربوطه به آن می‌باشد. تاکنون تمامی کارهای انجام گرفته در زمینه این روش با استفاده از نرم‌افزار eCognition بوده است. ولی در پژوهش حاضر روش طبقه‌بندی شیءگرا با استفاده از نسخه جدید نرم‌افزار ایدریسی انجام شده است که یک نرم‌افزار با قابلیت دسترسی برای عموم می‌باشد. با توجه به این‌که جهت تصحیح هندسی یک تصویر لازم است از یک نقشه مرجع

1- Rajesh and Murayama
2- Marshall
3- Lambin and Strahler

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

یا تصویری که قبلاً تصحیحات روی آن انجام گرفته و دارای طول و عرض می‌باشد، استفاده شود. مطالعات متعددی در زمینه به‌کارگیری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات ایجاد شده در پوشش زمین در سراسر جهان صورت گرفته است. بوری[1] و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس تغییرات پوشش اراضی پارک ملی آلتا میورگا[2] واقع در ایتالیا را مطالعه نمودند. این محققین براساس اختلاف در توزیع مکانی و الگوهای شکل کاربری اراضی، تبدیلات کاربری اراضی را در محدوده مورد نظر مطالعه نمودند. آن‌ها برای طبقه‌بندی تصویر از روش طبقه‌بندی شیءگرا استفاده نموده و نتیجه گرفتند که روش طبقه‌بندی شیءگرا در مقایسه با روش‌های سنتی نتایج بهتری را به‌دست می‌دهد. هم‌چنین ساندراکومار[3] و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات پوشش زمین و تحلیل پراکندگی شهری در شهر ویجیاوادا در هند را با استفاده از داده‌های لندست در طول ۳۶ سال ۱۹۷۳-۲۰۰۹ بررسی کردند، تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات نشان می‌دهد که در طی دوره مورد مطالعه، مناطق شهری ۳۷/۲۸ ٪ افزایش و زمین‌های کشاورزی و جنگلی هر کدام به‌ترتیب ۱۶/۶۵ و ۶۰/۹۸ ٪ کاهش پیدا کردند. مکی[4] (۲۰۱۳) در پژوهشی به تحلیل ساختار روش شیءگرا پرداخته و نشان داد که در این روش داده‌ها با هم ترکیب شده و قطعاتی را ایجاد می‌کنند که این قطعات کمک بسیاری به حل مشکلات طبقه‌بندی و افزایش دقت تصویر نهایی می‌کند. باتار[5] و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی و تقسیم جنگل در منطقه هیمالیان گاروال هند پرداختند. برای تجزیه و تحلیل تغییرات مشاهده شده در پوشش اراضی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۴ در منطقه هیمالیان گاروال از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲، ۵ و ۸ و سنجنده‌های MSS، TM و OLI استفاده کردند. مقادیر تغییرات سالانه پوشش جنگلی برای سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۷۶ و ۲۰۱۴-۱۹۹۸ به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲٪ و ۰/۲۷ ٪ بوده است. آنالیز قطعه قطعه شدن جنگل نشان می‌دهد که جنگل اصلی بزرگ در طول دوره مورد مطالعه کاهش یافته و سطح قطعه قطعه شدن جنگل هم‌چنین از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۴ افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی علی اصلی از دست دادن پوشش جنگل و تکه تکه شدن جنگل هستند، در حالی‌که عوامل طبیعی کمک به بهبود زمین‌های از دست رفته و غیرجنگلی می‌کنند. در نتیجه تعیین روند و میزان حفاظت پوشش اراضی برای برنامه‌ریزان توسعه به‌منظور ایجاد یک سیاست منطقی کاربری اراضی، ضروری می‌باشد. براتی قهفرخی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز قلعه شاهرخ طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴ پرداختند، آن‌ها بدین منظور از داده‌های سنجنده‌های MSS، TM و ETM^+ ماهواره لندست استفاده کردند، بیش‌ترین و سعت کاربری اراضی مربوط به مرتع تنک و اراضی با پوشش پراکنده با ۴۱/۶ ٪ و کم‌ترین و سعت مربوط به کشاورزی آبی با ۵/۱ ٪ بوده است. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۱ اراضی مرتعی به شدت به دیم‌زارها تبدیل شدند. آرخی (۱۳۹۴) با هدف آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیءگرای در منطقه آبدانان پرداختند.

1- Borri
2- Alta murgia
3- Sundarakumar
4- Mackie
5- Batar

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

برای انجام پژوهش از تصاویر سال ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ سنجنده TM، ETM^{+} و TM ماهواره لندست استفاده شد و پس از تصحیحات اعمال شده در مرحله پیش پردازش، با طبقه‌بندی شیءگرا نقشه آشکارسازی تغییرات تهیه شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹، شاهد روند کاهشی اراضی با پوشش مرتعی متوسط و خوب بوده که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط و خوب توسط کاربری‌های مرتع فقیر و اراضی بایر می‌باشد. ضرایب ارزیابی صحت کل و شاخص کاپا به‌ترتیب برابر با ٪۹۵ و ۹۴٪ نشان‌دهنده صحت بالای این روش طبقه‌بندی است. موسوی و همکاران (۱۳۹۵) پایش و روندیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه ابرکوه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۱۴-۱۹۷۶) بررسی کردند. در این راستا از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های MSS (۱۹۷۶)، TM (۱۹۹۰)، ETM^{+} (۲۰۰۰ و ۲۰۰۶) و OLI (۲۰۱۴) و تکنیک‌های سنجش از دور نظیر طبقه‌بندی نظارت شده و ارزیابی صحت پس از طبقه‌بندی برای شناسایی نوع کاربری‌ها، استفاده کردند. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد که سال ۲۰۱۴ با مقادیر صحت کل ۰/۷۶ و شاخص کاپا ۸۲/۱۸ ٪ بالاترین صحت را دارد. بیش‌ترین تغییرات کاربری از نوع مخرب و ویرانگر بود و از لحاظ مکانی منطبق بر محدوده اطراف مراکز تجمع انسانی مانند شهرهای ابرکوه و مهردشت می‌باشد. غفاری و همکاران (۱۳۹۷) به مقایسه عملکرد روش‌های پیکسل پایه و شیءگرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی در دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان پرداختند و بررسی تغییر کاربری اراضی در طول دوره آماری با استفاده از تصاویر لندست TM (۱۹۸۵) و OLI (۲۰۱۵) می‌باشد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیءگرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد به‌ترتیب در دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان مساحت کاربری مسکونی برابر با ۲/۰۹، ۹/۶۶، ۳/۷۴ درصد افزایش و کاربری مرتعی برابر با ۷/۴۸، ۱۰/۹۴ و ۱۷/۷۳ درصد کاهش در طول دوره مورد مطالعه داشته‌اند. هم‌چنین در دشت چادگان سطح اراضی زراعی و تحت آیش به‌ترتیب به میزان ۸/۳۱ و ۵/۶۴ درصد افزایش داشته است. پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM^{+} در شهرستان اردبیل توسط اصغری سراسکانرود و امامی (۱۳۹۸) انجام شد. ابتدا به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه طبقه‌بندی شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ با استفاده از روش شیءگرا استخراج شد. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. به این صورت که کاربری شهری، دارای دمایی حدود ۴۱ درجه سانتی‌گراد (۲۰۱۷) می‌باشد که به‌دلیل جذب حرارت، عوارض شهری دارای دمای بیش‌تری نیز می‌باشد. این در حالی است که کاربری مناطق آبی به‌دلیل جذب کم‌تر حرارت دارای دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد (۲۰۱۷) می‌باشد. در نتیجه نواحی هم‌چون خاک و شهری که دارای پوشش‌گیاهی کم‌تری نسبت به نواحی کشاورزی و مرتع می‌باشند، دارای دمای بیش‌تری نیز هستند. زیرا پوشش‌گیاهی همواره به‌صورت مانع برای ورود حرارت بوده است و رابطه معکوس با حرارت سطحی دارد. عفیفی (۱۳۹۹) تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و LCM را در شهر شیراز مطالعه نمودند. ایشان تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۴، ۵ و OLI لندست ۸ به‌ترتیب برای سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ و هم‌چنین نقشه‌های توپوگرافی و پوشش منطقه استفاده کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات در دوره ۱۹۸۵ با ضریب کاپا ۰/۸۸، در دوره ۲۰۰۰ با ضریب کاپا ۰/۷۷ و در دوره ۲۰۱۵ با ضریب کاپا ۰/۹۲ نشان

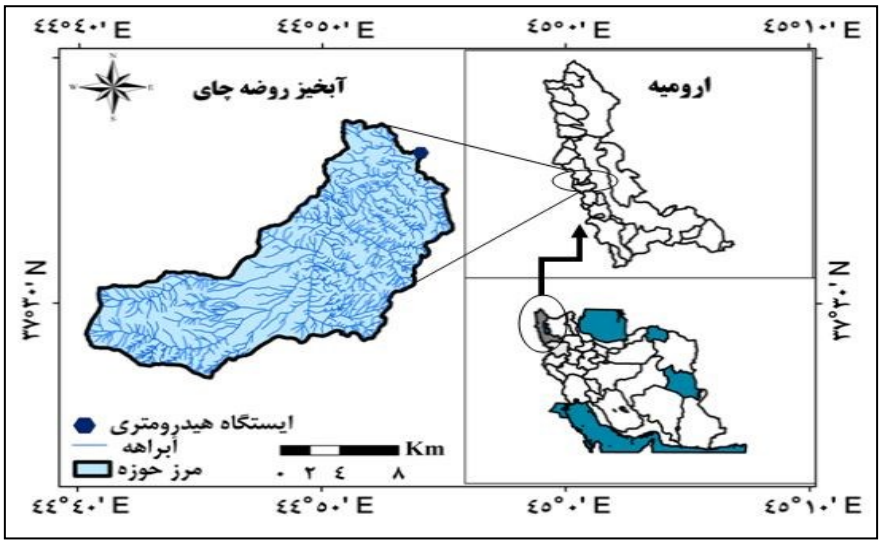
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

داده شد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۲۰۳۰ به گونه‌ای بود که در صورت ادامه روند موجود در منطقه ۲۰/۳۳ درصد به طبقه کاربری زراعی افزوده خواهد شد، به‌طوری که در سال ۲۰۳۰ کاربری کشاورزی آبی ۶۰/۹۵ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود. در کاربری‌های بایر و باغ به‌ترتیب ۲۱/۱۲ و ۰/۲۱ درصد از مساحت تشکیل دهنده هر کاربری کاسته و مساحت کاربری شهری افزوده شد. جمع‌بندی مرور منابع این تحقیق نشان می‌دهد که شیءگرا روش پرکاربرد و دقیقی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد. استان آذربایجان‌غربی یکی از مناطق مستعد کشاورزی (زراعت آبی و دیم) در ایران است، در این مناطق مشاهده عینی و رجوع به گذشته نشان می‌دهد که زراعت آبی و دیم از گذشته مرسوم بوده است. به‌طور مثال بیش‌تر کشاورزان منطقه محصولات خود را خصوصا گندم دیم در شیب‌های نامناسب یعنی بالاتر از ۱۲ ٪ کشت می‌کنند و عدم توجه به پتانسیل‌های موجود موجب نابودی این اراضی شده است. هم‌چنین توسعه بی‌رویه باغ‌ها و تخریب اراضی ملی موجب از بین رفتن پوشش‌گیاهی و افزایش فرسایش خاک می‌شود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ و سنجنده‌های TM و ETM^+ در حوزه آبخیز روضه‌چای در طی دوره زمانی ۳۰ ساله ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ می‌باشد.

روش تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در حوزه آبخیز روضه‌چای از زیر حوزه‌های دریاچه ارومیه با مساحت ۱۸۶/۴۱ کیلومترمربع، در ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان ارومیه و در محدوده جغرافیایی ´۲۷ °۳۷ الی ´۳۶ °۳۷ عرض شمالی و ´۴۰ °۴۴ الی ´۵۵ °۴۴ طول شرقی در زون ۳۸ سیستم مختصات UTM و مبنای مسطحاتی WGS84 قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع حوزه ۳۵۴۵ متر و حداقل ارتفاع در خروجی برابر ۱۴۷۱ متر از سطح دریا می‌باشد. طول رودخانه‌ی اصلی آن ۳۱/۵ کیلومتر است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل (۱). موقعیت حوزه آبخیز روضه‌چای در ایران و استان آذربایجان غربی *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]

[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

داده و روش کار

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این مطالعه، شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ که به‌ترتیب دارای سنجنده‌های TM و ETM^+ می‌باشند. این تصاویر به فرمت GeoTiff از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده[1] (USGS) تهیه شده و فاقد هر گونه علائم ناخواسته بودند. لذا سعی شد حتی‌الامکان تصاویر ماهواره‌ای تاریخ برداشت نزدیکی داشته باشند تا تأثیر شرایط فنولوژیکی و عامل تغییرات فصلی از بررسی‌ها کاسته شده و تصاویر جهت پایش تغییرات طبیعی در زمان‌های مشابه دو سال قابل قیاس گردند جدول(۱). هم‌چنین تصویر ماهواره‌ای Google Earth برای تاریخ ۲۰۱۵/۰۷/۰۴ در حوزه آبخیز روضه‌چای شامل ماهواره QuickBird توسط شرکت Digital Globe توسعه یافته که تصاویری با وضوح بسیار دقیق و تجاری از زمین ارائه می‌دهد.

جدول (۱). مشخصات سری تصاویر ماهواره لندست در سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰

تاریخ تصاویر	نام سنجنده	ردیف/گذر	پیش‌پردازش	Ortho-rectification
۱۹۸۵/۰۷/۱۰	TM	۱۶۹/۳۴	رجیستر تصویر به تصویر	Resample to UTM/WGS84
۲۰۰۰/۰۶/۲۶	ETM^+	۱۶۹/۳۴	رجیستر تصویر به تصویر	Resample to UTM/WGS84

تصحیحات هندسی تصاویر ماهواره‌ای

در تصاویر لندست بسیاری از خطاهای دستگاهی و زمین مرجع کردن قبل از فروش تصویر مورد توجه و برطرف می‌گردد. لذا تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر نیز توسط سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) زمین مرجع شده ولی برای کنترل تصاویر در این مرحله ابتدا تصحیحات هندسی و سپس تصحیحات رادیومتری بر روی تصاویر سنجنده TM و ETM^+ سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ انجام شد. لذا با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اخذ شده از سازمان جغرافیایی، تصحیح هندسی باندهای ۲، ۳ و ۴ انجام گرفت. ابتدا موقعیت ۲۵ نقطه بر روی نقشه مشخص و سپس موقعیت همان نقاط بر روی تصویر منتقل شده و سعی گردید، نقاط مذکور از پراکنش خوبی در کل تصویر برخوردار بوده و بیش‌تر از محل‌های قابل تشخیص استفاده گردید. در نهایت پس از انتخاب نقاط با استفاده از معادله چند جمله‌ای خطی و روش نمونه‌گیری از نوع نزدیک‌ترین همسایه تصحیح هندسی انجام گرفت و سعی شد که مقدار خطای جذر میانگین مربعات[2] (RMSE) کم‌تر از ۰/۵ شود که برای این امر تعدادی از نقاط که خطای زیادی را نشان می‌دادند، حذف گردیدند (زبیری و مجد، ۱۳۹۰: ۸۷).

تصحیحات رادیومتری تصاویر ماهواره‌ای

در بررسی حاضر از میان تصحیحات رادیومتری متداول تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات اتمسفری انتخاب و برای انجام آن از روش تصحیح مبتنی بر تصویر موسوم به مدل COST که توسط اسکروین[3] و همکاران (۲۰۰۰) معرفی شده است، استفاده گردید (عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹: ۳۶). برای اجرای این مدل فاکتورهایی چون تاریخ تهیه تصویر،

1- United States Geological Survey (USGS)

2- Root Mean Square Error (RMSE)

3- Skirvin

GMT[1]، مقدار ارزش طیفی نمایان‌گر کدری آسمان[2] و مرکز طول موج باند مورد نظر و در قسمت کالیبراسیون رادیانس نیز فاکتورهایی چون offset/gain، زاویه دید ماهواره، ارتفاع خورشید به‌کار رفتند. سپس به‌منظور بارزسازی و افزایش کنتراست تصاویر، اقدام به نرمال‌سازی ارزش‌های طیفی از طریق ابزار Stretch در نرم‌افزار TerrSet شد (فنگلی[3] و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۳۲).

ایجاد نمونه‌های تعلیمی

برای ایجاد فایل برداری نمونه‌های تعلیمی[4] سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰، ابتدا تصویر رنگی کاذب از باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز ایجاد شد سپس با هم‌پوشانی شدن فایل برداری بر روی تصویر رنگی کاذب اقدام به ترسیم پلیگون‌های نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقه با استفاده از پیکسل‌های همگن گردید. لازم به ذکر است با توجه به عدم دسترسی به داده‌های مرجع مانند نقشه‌های قدیمی و عکس‌های هوایی، برای تهیه و تشخیص نمونه‌های تعلیمی سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ به تفسیر چشمی تصاویر رنگی کاذب و تجربیات کارشناسی اکتفا گردید.

هم‌چنین سعی گردید تعداد پیکسل‌های تعلیمی هر طبقه به حد کافی باشند تا نمونه‌های تعلیمی معرف هر طبقه، دامنه طیفی مربوط به آن طبقه را شامل گردد (جدول ۲). نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقه، در داخل مناطق همگن و در اندازه‌های کوچک انتخاب شدند تا اثر پیکسل‌هایی که به بیش از یک طبقه پوشش تعلق دارند حذف شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۹۱؛ عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹: ۲۶). جدول (۲).

جدول (۲). مقادیر نمونه‌های تعلیمی گرفته شده برای هر یک از طبقات کاربری اراضی *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

طبقات کاربری اراضی	تعداد سلول (۱۹۸۵)	تعداد سلول (۲۰۰۰)
زراعت آبی	۶۳۴	۵۲۱
زراعت دیم	۸۸۵	۸۹۷
باغ	۸۵۶	۹۳۲
مناطق مسکونی	۴۲۶	۵۶۱
مراتع متوسط و فقیر	۱۲۰۲	۱۰۱۱
مراتع خوب	۱۰۶۲	۹۳۸

ایجاد نمونه‌های معرف

برای تولید نمونه‌های معرف طیفی مربوط به سال ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ از نمونه‌های تعلیمی و هم‌چنین باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ و نقشه DEM[5] استفاده شده است.

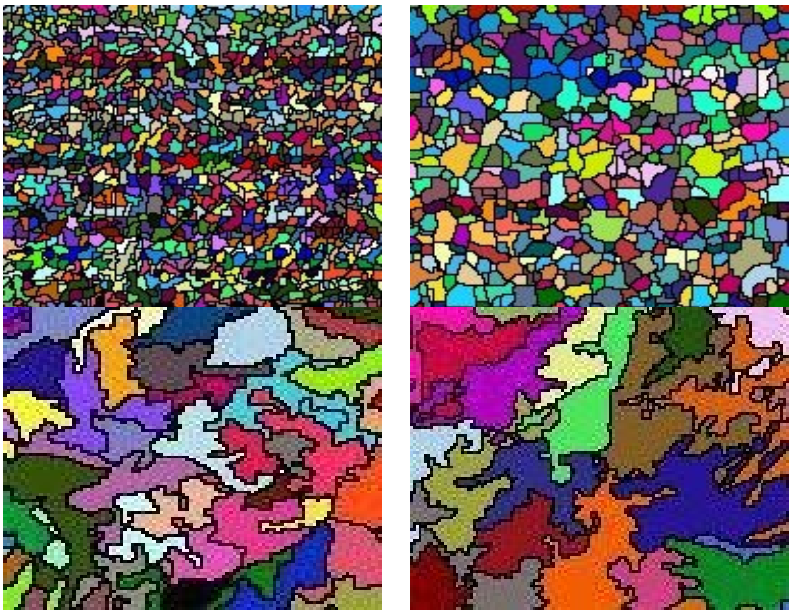
طبقه‌بندی به روش شیءگرا

1- Greenwich Mean Time (GMT)
2- Digital Number of Haze
3- Fenglei
4- Training Sites
5- Digital Elevation Model (DEM)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

در پژوهش حاضر، برای طبقه‌بندی شیءگرای[1] تصاویر سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰، ابتدا قطعات همگن تصویر ایجاد گردید. با استفاده از نرم‌افزار TerrSet تصویر براساس چهار فاکتور پهنای پنجره[2]، تلرانس تشابه[3]، میانگین وزنی[4] و فاکتور واریانس وزنی[5] به قطعات همگن تقسیم گردید که بهترین میزان این فاکتورها با آزمون و خطا به‌دست آمد. در مرحله بعد بر مبنای تصاویر قطعه‌بندی شده و براساس نمونه تعلیمی انتخاب شده از میان آن‌ها، تصاویر با روش طبقه‌بندی نظارت شده، طبقه‌بندی گردید، که از روش حداکثر احتمال[6] استفاده شد. در مرحله آخر نرم‌افزار TerrSet براساس تصویر قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی نظارت شده تصویر را با روش شیءگرا طبقه‌بندی کرد.

شی‌های تصویری حاصل از فرآیند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیءگرا هستند و آن‌ها حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند و هر چه قدر این فرآیند با صحت بیش‌تری انجام گیرد، مستقیماً در کیفیت طبقه‌بندی شیءگرا تأثیر خواهد گذاشت (آرخی، ۱۳۹۴: ۵۶؛ یان[7]، ۲۰۰۳: ۲۰). نمایی از مقیاس‌های مختلف قطعه‌بندی تصویر در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲). نتایج قطعه‌بندی تصاویر با مقیاس‌های متفاوت *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

1- Object oriented
2- Window width
3- Similarity tolerance
4- Weight mean factor
5- Weight variance factor
6- Maximum likelihood
7- Yan

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت و ضریب فشردگی فرآیند سگمنت‌سازی (Segmentation) انجام شد و براساس نسبت اهمیت هر یک از عوامل در خصوصیات کلاس‌های مورد نظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها در فرآیند سگمنت‌سازی اعمال شد. مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار در قطعه‌بندی تصاویر، تلرانس تشابه انتخاب شد (آرخی، ۱۳۹۴: ۵۶). هر چه میزان این شاخص به ۱۰۰ نزدیک‌تر گردید، اندازه نهایی قطعات کوچک شد. این فرآیند تا زمانی که بهترین نتیجه براساس نظر استفاده کننده به‌دست بیاید، تکرار گردید، که بهترین حالت برای هر چهار فاکتور، پهنای پنجره، تلرانس تشابه، فاکتور میانگین وزنی و فاکتور واریانس وزنی به‌ترتیب برابر با ۳، ۴۰، ۲ و ۰/۸ بود.

ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

در پژوهش حاضر با استفاده از نقاط کنترل تصادفی و تصاویر Google Earth، ماتریس خطای نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ تهیه و صحت کل[۱]، شاخص کاپا[۲]، خطای حذف[۳] و خطای اضافه[۴]، صحت تولید کننده[۵] و صحت استفاده کننده[۶] برای هر یک محاسبه گردید (ویو[۷] و همکاران، ۲۰۰۶: ۳۲۶؛ سیسنی[۸] و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱۵۰).

به‌عبارتی دیگر برای ماتریس خطا، از نقاط کنترلی تصادفی به‌عنوان نمونه‌های مرجع با نقشه حاصل از طبقه‌بندی از ابزار ERRMAT در نرم‌افزار TerrSet استفاده شد و براساس آن و با توجه به شاخص‌های فوق‌الذکر، صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که در کنترل صحت نقشه سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰، به علت عدم وجود اطلاعات در آن زمان و عدم نقاط کنترلی حاصل از برداشت میدانی توسط GPS[۹] برای سال ۲۰۱۵، از انتخاب نقاط مرجع و تصاویر Google Earth در کاربری‌های مختلف به‌صورت تصادفی در کنترل صحت نقشه‌ها استفاده گردید. بنابراین شاخص کاپا نیز براساس رابطه (۱) ارائه شده است.

$$Kappa = \frac{P_i - P_c}{1 - P_c} \times 100 \qquad \text{رابطه(۱)}$$

که در آن، (P_i) صحت مشاهده شده و (P_c) احتمال توافق می‌باشد. حالت ایده‌آل برای مقدار شاخص کاپا عدد یک می‌باشد و چنان‌چه این مقدار برابر صفر باشد طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و اگر مقدار منفی به‌دست بیاید نشان‌دهنده خطا در طبقه‌بندی است (رسولی، ۱۳۸۷: ۷۵؛ آرخی، ۱۳۹۴: ۵۷). بنابراین صحت نقشه تغییرات که از دو نقشه طبقه‌بندی شده به‌دست آمده، در کل محصولی از صحت هر یک از نقشه‌های طبقه‌بندی مورد مقایسه می‌باشد.

1- Overall Accuracy
2- Kappa Coefficient
3- Errors of Omission
4- Errors of Commission
5- Producer Accuracy
6- User Accuracy
7- Wu
8- Sesnie
9- Global Positioning System (GPS)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

آشکارسازی تغییرات با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

آشکارسازی تغییرات در طی یک دوره زمانی، امکان آگاهی از نسبت تغییرات را فراهم می‌سازد. ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین تکنیک‌های ارزیابی تغییرات محیطی مطرح بوده و نقش عمده‌ای را در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا نموده است (فیضی‌زاده، ۱۳۹۶: ۲۲). برای ایجاد نقشه تغییرات، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی و ابزار مقایسه جدول‌بندی متقاطع نقشه‌ها[1] اجرا شد. پس از تهیه ماتریس تغییرات حاصل از تلاقی دو تصویر طبقه‌بندی شده، میزان نوع و توزیع مکانی تبدیل هر یک از طبقات تغییرات به صورت "Frome –To" نیز برای هر مقطع زمانی نرم‌افزار TerrSet با استفاده از ابزارLand Change Modeler مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۱۵ براساس نقشه تهیه شده از سازمان جغرافیایی کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰و تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، نیز به شش طبقه زراعت آبی، زراعت دیم، باغ، اراضی مسکونی، مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب تقسیم شده است. لازم به ذکر است که تشخیص مراتع متوسط و مراتع فقیر از یکدیگر، به علت قدرت تفکیک تصاویر و بازتابش‌های مشابه مشکل بود و بنابراین این دو تیپ در یک گروه طبقه‌بندی شدند. بنابراین مقایسه تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۵ و ۲۰۱۵-۲۰۰۰ بررسی گردید.

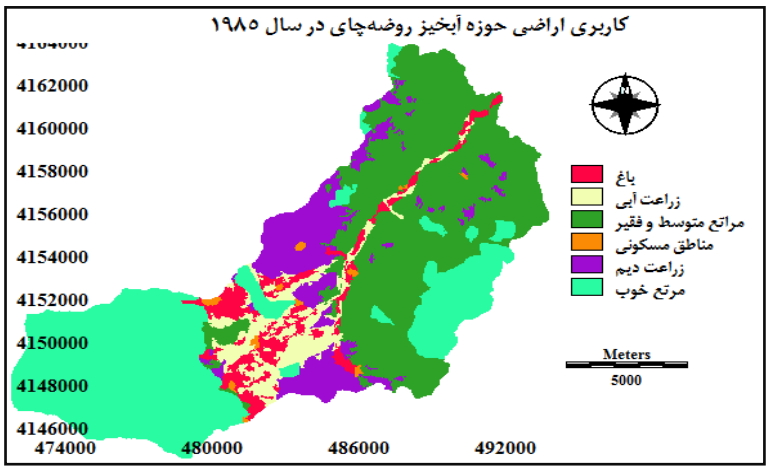
نتایج

نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ در شکل‌های (۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. در نهایت تیپ کاربری اراضی حوزه آبخیز روضه‌چای با توجه به تصاویر و نقشه‌های کاربری موجود و شرایط منطقه مورد مطالعه به شش کلاس شامل زراعت آبی، زراعت دیم، باغ، مناطق مسکونی، مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب مرزبندی شد که پوشش غالب منطقه شامل مراتع متوسط و فقیر در شمال شرقی و جنوب شرقی می‌باشد و الگوی پراکنش آن به گونه‌ای است که مطابق نقشه DEM عمدتاً در محدوده ارتفاعی ۱۸۳۷ تا ۲۱۴۶ متر مشاهده می‌گردد.

نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی در شکل (۳) نشان داد که بیش‌ترین درصد از مساحت منطقه مربوط به مراتع متوسط و فقیر است که مساحتی معادل ۷۲۴۹ هکتار را به خود اختصاص داده و لازم به ذکر است که به‌خاطر قدرت تفکیک تصاویر و ارزش طیفی پیکسل‌ها، مواردی چون خاک لخت، مناطق سنگی و صخره‌ای را نیز شامل می‌گردد. مراتع خوب با وسعتی بالغ بر ۶۸۰۶ هکتار، عمدتاً در جنوب غربی و ارتفاعات متوسط و بالا پراکنده‌اند. پوشش غالب منطقه شامل مراتع متوسط و فقیر در شمال شرقی و جنوب شرقی می‌باشد که با وسعتی معادل ۷۲۴۹ هکتار، از توزیع مکانی منظمی برخوردار می‌باشد.

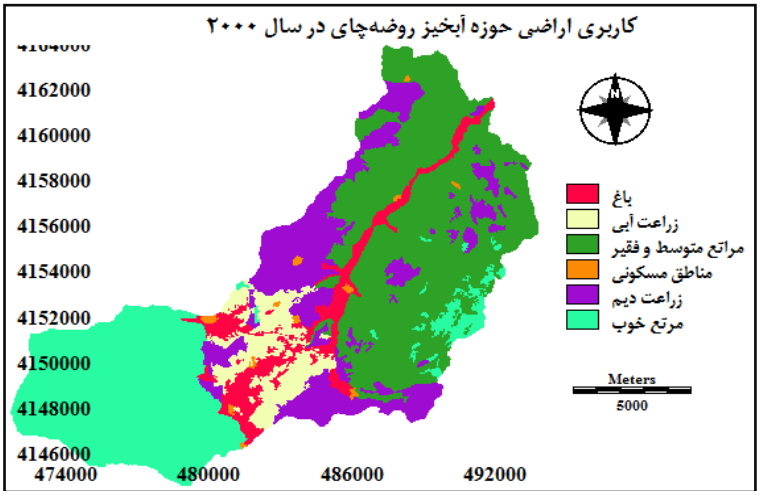
1- Cross Tabulation

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]



شکل (۳). نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ حاصل از طبقه‌بندی شیءگرای تصویر لندست TM در حوزه آبخیز روضه‌چای

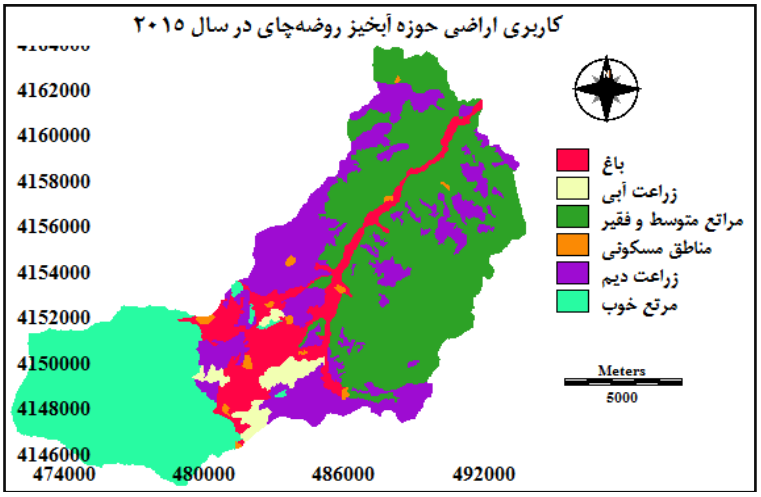
در بین طبقات کاربری اراضی سال ۲۰۰۰، مراتع متوسط و فقیر بیش‌ترین وسعت را داشته و مرتع خوب و زراعت دیم به‌ترتیب مساحت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. ترتیب طبقات پوشش این سال از نظر وسعت، مشابه سال ۱۹۸۵ بوده و فقط مراتع خوب نسبت به دوره قبلی نیز به مقدار ۷/۱۹ درصد کاهش یافته است. شکل(۴).



شکل (۴). نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ حاصل از طبقه‌بندی شیءگرای تصویر لندست ETM^+ در حوزه آبخیز روضه‌چای

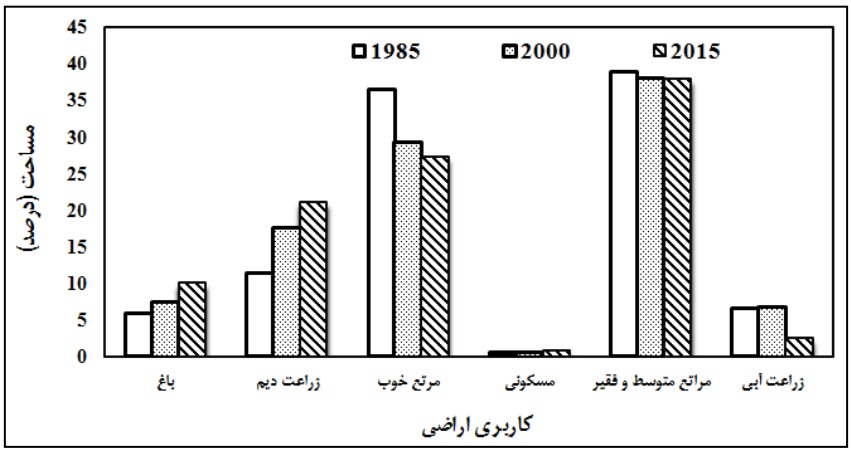
در شکل (۵) کاربری غالب منطقه را پوشش مرتعی تشکیل داده است. قسمت پایین‌دست حوزه اغلب شامل کاربری زراعت آبی و دیم بوده و بالادست حوزه از مراتع تشکیل شده است. جهت داشتن مقایسه‌ای ساده‌تر میان سطح کاربری‌های اراضی موجود در هر سال، هیستوگرام سطح این کاربری‌ها بر حسب درصد در شکل (۶) نشان داده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]



شکل (۵). نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ در حوزه آبخیز روضه‌چای *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

همان‌طور که از شکل (۶) مشاهده می‌شود، در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵، باغ، زراعت دیم و مناطق مسکونی دارای روند افزایشی بوده‌اند. در حالی‌که زراعت آبی در بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۵ افزایش اندکی داشته ولی بعد از سال ۲۰۰۰ از وسعت زراعت آبی کاسته شده است و هم‌چنین مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب در بازه زمانی مورد بررسی نیز کاهش پیدا کرده‌اند. با توجه به این‌که مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب در محدوده زمانی مورد بررسی دارای روند کاهشی بوده است ولی در بین تمام کاربری‌ها بیش‌ترین درصد کاربری را در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به خود اختصاص داده است.



شکل (۶). سطح کاربری اراضی (درصد) در بازه‌های زمانی مختلف در حوزه آبخیز روضه‌چای *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

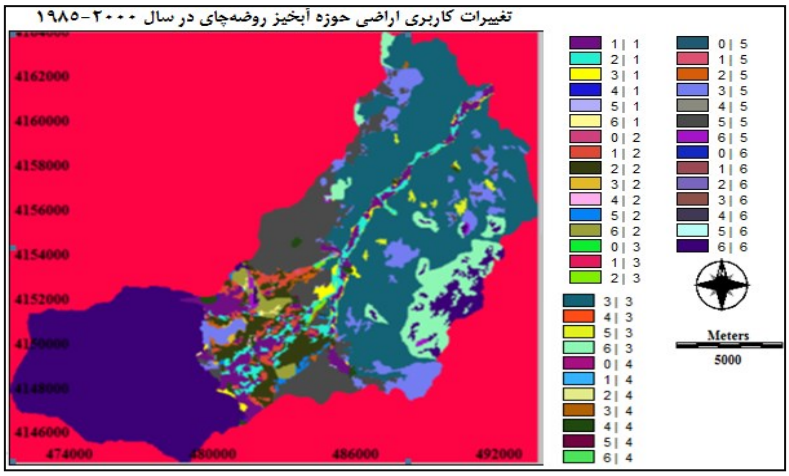
آشکارسازی تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی

از نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده برای سال‌های مورد مقایسه (شکل‌های ۳، ۴ و ۵)، به‌عنوان ورودی‌هایی جهت کمی سازی تغییرات به صورت "Frome –To" استفاده شد و توزیع مکانی مقادیر تغییرات کاربری اراضی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

در طی دوره ۳۰ سال (۲۰۰۰-۱۹۸۵) و (۲۰۱۵-۲۰۰۰) به‌صورت شکل‌های (۷) و (۸) و هم‌چنین ماتریس تغییرات به‌صورت مقایسه هکتار به هکتار در جداول (۳) و (۴) تهیه گردید. به‌عبارتی اعداد مربوط به ستون هر طبقه نشان‌دهنده تغییرات افزایشی (میزان تغییر از هر یک از طبقه‌ها به طبقه مذکور) و اعداد موجود در سطرهای هر طبقه بیان‌گر تغییرات کاهشی (میزان تغییر از طبقه مذکور به سایر طبقه‌ها) و عدد واقع در محل تقاطع سطر و ستون ماتریس (درایه‌های موجود در قطر اصلی) نشان‌دهنده مساحت‌هایی است که تغییر نکرده‌اند.

براساس ماتریس تغییرات در جدول (۳) و شکل (۷) می‌توان گفت که ۱۴۹۸۰ هکتار از اراضی منطقه طی ۱۵ سال (۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰) پوشش خود را حفظ کرده در حالی‌که ۳۶۶۱ هکتار دچار تغییر شده‌اند.



شکل (۷). توزیع مکانی تغییرات سطح کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ در حوزه آبخیز روضه‌چای (۱: باغ، ۲: زراعت آبی، ۳: مراتع متوسط و فقیر، ۴: مناطق مسکونی، ۵: زراعت دیم، ۶: مرتع خوب)

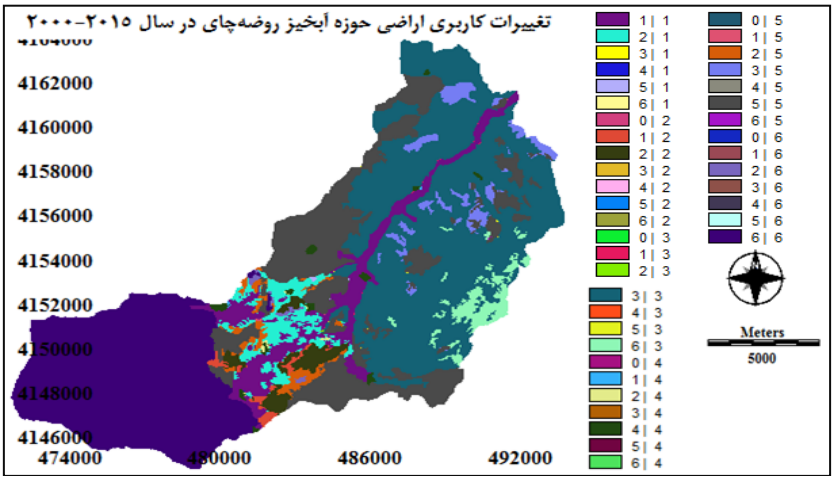
جدول (۳). ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ در حوزه آبخیز روضه‌چای *(مأخذ: نویسندگان، ۱۳۹۸)*

۲۰۰۰ / ۱۹۸۵	باغ	زراعت آبی	مراتع متوسط و فقیر	مناطق مسکونی	زراعت دیم	مرتع خوب
باغ	۸۰۰/۸۲	۲۹۵/۳۸	۱/۶۲	۰/۹	۸/۰۱	۰
زراعت آبی	۴۲۵/۹۷	۷۱۶/۴	۳۰/۳۳	۲/۵۲	۶۸/۷۶	۰
مراتع متوسط و فقیر	۱۴۰/۴	۲۱/۶	۵۹۱۶/۳۳	۸/۷۳	۱۱۶۲/۶۲	۰
مناطق مسکونی	۷/۲	۶/۲۱	۰/۰۹	۱۰۵/۸۴	۰	۰
زراعت دیم	۹/۴۵	۴۹/۴۱	۷۹/۲۹	۲/۶۱	۱۹۷۴/۳۳	۰
مرتع خوب	۱۸/۸۱	۱۸۸/۶۴	۱۰۷۵/۱۶	۰/۳۶	۵۶/۹۷	۵۴۶۶/۹۶

براساس ماتریس تغییرات در جدول (۴) و شکل (۸) می‌توان گفت که ۱۶۷۱۱ هکتار از اراضی منطقه طی ۱۵ سال (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) پوشش خود را حفظ کرده در حالی‌که ۱۹۲۹ هکتار دچار تغییر شده‌اند. تغییرات رخ داده در هر یک از طبقات کاربری اراضی در بازه زمانی مذکور بیانگر این است که تغییرات دارای روند افزایشی بوده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

است. در نتیجه بیش‌ترین تغییرات افزایشی در سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ مربوط به اراضی تبدیل یافته به زراعت دیم می‌باشد که افزایش سطح زراعت دیم احتمالاً به‌دلیل شخم مراتع متوسط و فقیر بوده است در حالی‌که در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ هم بیش‌ترین تغییرات افزایشی باغ ناشی از زراعت آبی بوده است.



شکل (۸). توزیع مکانی تغییرات سطح کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در حوزه آبخیز روضه‌چای
(۱: باغ، ۲: زراعت آبی، ۳: مراتع متوسط و فقیر، ۴: مناطق مسکونی، ۵: زراعت دیم، ۶: مرتع خوب)

جدول (۴). ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در حوزه آبخیز روضه‌چای

۲۰۱۵ / ۲۰۰۰	باغ	زراعت آبی	مراتع متوسط و فقیر	مناطق مسکونی	زراعت دیم	مرتع خوب
باغ	۱۲۷۴/۰۱	۱۱۶/۴۶	۳/۰۶	۵/۹۴	۲/۷	۰
زراعت آبی	۶۰۱/۶۹	۳۵۶/۴	۱/۷۱	۱۳/۲۳	۲۵۹/۳۵	۰
مراتع متوسط و فقیر	۰/۳۶	۰	۶۶۵۴/۷۹	۱۰	/۶۷۳۴۳	۸
مناطق مسکونی	۰/۱۸	۰	۰	۱۲۰/۷۸	۰	۰
زراعت دیم	۵/۴۹	۰	۳/۵	۱۰	۳۲۵۱/۶۵	۲
مرتع خوب	۰/۰۹	۰	۴۱۰/۰۳	۵	۰/۹	۵۰۵۴/۱۱

ارزیابی صحت نقشه طبقه‌بندی نهایی کاربری اراضی

ماتریس خطا برای سری داده‌های سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ براساس نقشه کاربری اراضی و داده‌های مرجع مربوطه مطابق جدول‌های (۵) تا (۷) محاسبه شده‌اند. هم‌چنین صحت کل، شاخص کاپا، صحت تولیدکننده و صحت استفاده کننده برای دوره زمانی مذکور برآورد گردید.

خطای زیاد یا به‌عبارتی دیگر صحت کم در جدول (۵) نا شی از طبقه مراتع متو سط و فقیر در سال ۱۹۸۵ را می‌توان ناشی از تفکیک‌پذیری نامناسب این طبقه با طبقه مرتع خوب دانست چرا که از مجموع ۸۴۵۹ پیکسل نمونه مرجع، تعداد ۱۶۱۷ پیکسل به ا شتباه به‌عنوان طبقه مرتع خوب محسوب گردیده ا ست. هم‌چنین مقدار صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب در سال ۱۹۸۵ برابر با ۹۷ و ۹۱ درصد برآورد شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

جدول (۵). ماتریس خطای طبقه‌بندی شیءگرا در تصویر لندست سال ۱۹۸۵ حوزه آبخیز روضه‌چای

کاربری اراضی	باغ	زراعت آبی	مراتع متوسط و فقیر	مناطق مسکونی	زراعت دیم	مرتع خوب	خطای اضافه (درصد)	صحت استفاده کننده (درصد)
باغ	۶۱۸	۷۲	۰	۱۴	۰	۱۷	۱۴	۸۶
زراعت آبی	۲	۲۳۰۵	۰	۲۳	۷۵۱	۲۶	۲۶	۷۴
مراتع متوسط و فقیر	۰	۰	۸۴۵۹	۸۱	۲۰۶	۱۶۱۷	۱۸	۸۲
مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۶۷۳	۰	۰	۰	۱۰۰
زراعت دیم	۰	۰	۲۲۱	۰	۶۱۱۴	۲۴	۴	۹۶
مرتع خوب	۰	۰	۰	۱	۰	۷۵۳۵۲	۰	۱۰۰
خطای حذف (درصد)	۰	۳	۳	۱۵	۱۴	۲		
صحت تولید کننده (درصد)	۱۰۰	۹۷	۹۷	۸۵	۸۶	۹۸		
صحت کلی (درصد)	۹۷							
شاخص کاپا (درصد)	۹۱							

همان‌طور که از جدول (۶) مشاهده می‌شود، خطای زیاد یا به‌عبارتی دیگر صحت کم طبقه زراعت دیم در سال ۲۰۰۰ را می‌توان ناشی از تفکیک‌پذیری نامناسب این طبقه با طبقه مراتع متوسط و فقیر دانست چرا که از مجموع ۷۳۳۱ پیکسل تعداد ۳۲۵۰ پیکسل به عنوان طبقه مراتع متوسط و فقیر محسوب گردیده است. بنابراین صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب در سال ۲۰۰۰ برابر با ۹۰ و ۸۴ درصد می‌باشند.

جدول (۶). ماتریس خطای طبقه‌بندی شیءگرا در تصویر لندست سال ۲۰۰۰ حوزه آبخیز روضه‌چای

کاربری اراضی	باغ	زراعت آبی	مراتع متوسط و فقیر	مناطق مسکونی	زراعت دیم	مرتع خوب	خطای اضافه (درصد)	صحت استفاده کننده (درصد)
باغ	۵۱۶	۱۳۹	۱۲	۱۵	۰	۲	۲۵	۷۵
زراعت آبی	۹۷	۹۶۰	۷۲	۴۹	۴۰	۶۲۶	۴۸	۵۲
مراتع متوسط و فقیر	۰	۰	۱۴۵۳۵	۲	۱۹۷	۰	۱	۹۹
مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۶۸۸	۰	۰	۰	۱۰۰
زراعت دیم	۰	۰	۳۲۵۰	۰	۷۳۳۱	۱۲۸	۳۲	۶۸
مرتع خوب	۰	۰	۸۸	۰	۰	۱۶۲۵۳	۱	۹۹
خطای حذف (درصد)	۱۶	۱۳	۱۹	۹	۳	۴		
صحت تولید کننده (درصد)	۸۴	۸۷	۸۱	۹۱	۹۷	۹۶		
صحت کلی (درصد)	۹۰							
شاخص کاپا (درصد)	۸۴							

در جدول (۷) خطای زیاد یا به‌عبارتی دیگر صحت کم طبقه زراعت دیم در سال ۲۰۱۵ را می‌توان ناشی از تفکیک‌پذیری نامناسب این طبقه با طبقه مراتع متوسط و فقیر دانست چرا که از مجموع ۱۷۲۵ پیکسل تعداد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

۹۶ پیکسل به‌عنوان طبقه مراتع متوسط و فقیر محسوب گردیده است. بنابراین صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب در سال ۲۰۱۵ برابر ۹۶ و ۹۴ درصد است.

جدول (۷). ماتریس خطای کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ در حوزه آبخیز روضه‌چای

کاربری اراضی	باغ	زراعت آبی	مراتع متوسط و فقیر	مناطق مسکونی	زراعت دیم	مرتع خوب	خطای اضافه (درصد)	صحت استفاده کننده (درصد)
باغ	۱۴۹۷	۹۴	۲۰	۱۰	۲۲	۲۹	۱۰	۹۰
زراعت آبی	۱۲	۵۹۶	۰	۵	۰	۳۰	۷	۹۳
مراتع متوسط و فقیر	۲۳	۰	۳۶۰۶	۰	۲۷	۰	۱	۹۹
مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۱۳۰	۹	۰	۶	۹۴
زراعت دیم	۲۴	۳۲	۱۱	۰	۱۷۲۵	۹۶	۹	۹۱
مرتع خوب	۰	۲۲	۰	۰	۰	۴۳۹۶	۰	۱۰۰
خطای حذف (درصد)	۴	۲۰	۱	۱۰	۳	۳		
صحت تولید کننده (درصد)	۹۶	۸۰	۹۹	۹۰	۹۷	۹۷		
صحت کلی (درصد)	۹۶							
شاخص کاپا (درصد)	۹۴							

نتیجه‌گیری

بر پایه فرآیندهای سگمنت‌سازی و تعیین پارامترهای پهنای پنجره، تلرانس تشابه، فاکتور میانگین وزنی و میانگین واریانس وزنی، نقشه پوشش/کاربری اراضی حوزه آبخیز مورد مطالعه در طی دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) از تصاویر ماهواره‌ای لند ست ۵ و ۷ و سنجنده‌های TM و ETM^{+} به صورت نظارت شده به روش طبقه‌بندی شیءگرا در سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ و هم‌چنین نقشه کاربری اراضی تهیه شده سال ۲۰۱۵ از سازمان جغرافیایی، استفاده شده است. از طرفی سگمنت سازی روش شیءگرا نیز مستلزم انتخاب تجربی و همراه با سعی و خطای چند پارامتر است که مقدار داده شده به این پارامترها تعیین کننده صحت و ظرافت طبقه‌بندی نهایی هستند. در نهایت تیپ پوشش اراضی حوزه آبخیز روضه‌چای به شش کاربری اراضی شامل زراعت آبی، زراعت دیم، باغ، اراضی مسکونی، مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب مرزبندی شد که کاربری غالب منطقه را پوشش مرتعی تشکیل داده است. بنابراین طبقه‌بندی دو تیپ مراتع متوسط و فقیر در یک گروه به علت قدرت تفکیک تصاویر و بازتابش‌های مشابه از یکدیگر می‌باشد. پس از تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی هر دوره نقشه تغییرات پوشش/کاربری اراضی استخراج شد. هم‌چنین استفاده از لایه DEM باعث افزایش میزان تفکیک‌پذیری کلیه طبقه‌ها شد.

در حالی‌که زراعت آبی، مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب به‌ترتیب هر سال کاهش پیدا کرده‌اند. با توجه به این‌که سطح مراتع متوسط و فقیر و مرتع خوب به‌ترتیب هر سال دارای روند کاهشی بوده‌اند بیانگر روند تخریب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط - فقیر و مرتع خوب توسط کاربری زراعت دیم است که با نتایج براتی قهفرخی و همکاران (۱۳۸۸) و آرخی (۱۳۹۴) هم‌خوانی دارد. هم‌چنین براساس ماتریس تغییرات می‌توان گفت که ۱۴۹۸۰ هکتار از اراضی منطقه دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ پوشش خود را حفظ کرده در حالی‌که ۳۶۶۱ هکتار دچار تغییر شده‌اند. در نتیجه بیش‌ترین تغییرات افزایشی در سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ مربوط به کاربری اراضی تبدیل یافته به زراعت دیم می‌باشد که افزایش سطح زراعت دیم به‌دلیل شخم مراتع متوسط و فقیر بوده است. در حالی‌که در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ براساس ماتریس تغییرات از ۱۶۷۱۱ هکتار از اراضی منطقه ۱۹۲۹ هکتار نیز تغییر یافته است که بیش‌ترین تغییرات افزایشی مربوط به باغ ناشی از زراعت آبی بوده است. هم‌چنین جداول حاصل از ماتریس خطا نشان‌دهنده این است که مقادیر مشاهده شده در قطر ماتریس خطا بسیار بیش‌تر از مقادیر خارج از قطرها بوده و همین امر مؤید صحت نسبتاً بالای این روش می‌باشد. بنابراین صحت کل برای سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب برابر با ۹۷، ۹۰ و ۹۶ ٪ و شاخص کاپا هم به‌ترتیب برابر با ۹۱، ۸۴ و ۹۴ ٪ می‌باشد که نشان‌دهنده صحت نسبی بالای این روش در طبقه‌بندی کاربری اراضی سال‌های مذکور می‌باشد که با نتایج یافته‌های بوری و همکاران (۲۰۰۵)، مکی (۲۰۱۳)، آرخی (۱۳۹۴)، غفاری و همکاران (۱۳۹۷) و عفیفی (۱۳۹۹) مطابقت دارد. با توجه به مطالب فوق مشاهده می‌گردد که داده‌های سنجش از دور TM و ETM^{+} قابلیت نسبتاً خوبی را در تعیین پوشش‌گیاهی دارند. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تغییرات و تخریب در بازه زمانی بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ است. عمده‌ترین این تغییرات به زیر کشت رفتن مراتع متوسط و فقیر می‌باشد. به‌منظور اطلاع از میزان، توزیع مکانی و نوع تغییرات در اراضی در طول زمان، فرآیند تعیین تغییرات مناسب‌ترین راهکار به شمار می‌آید. با استفاده از این اطلاعات مدیران، سیاست‌گزاران و بهره‌برداران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری درباره تملک، حفاظت و استفاده پایدار منابع طبیعی اتخاذ کنند. بررسی مناسب تغییرات به نحوه کاربرد اطلاعات موجود درباره منطقه مورد مطالعه و میزان جزئیات موردنیاز، هم‌چنین دانش محلی موجود درباره منطقه مورد مطالعه و روابط متقابل موجود در بین طبقات مختلف پوشش و کاربری اراضی بستگی دارد. تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی می‌تواند بر برخی ویژگی‌های فیزیکی، حاصل‌خیزی و شاخص کشت‌پذیری خاک تأثیر داشته باشد که برخورد با منابع طبیعی بایستی با پتانسیل طولانی‌مدت آن‌ها باشد. به نظر می‌رسد در صورت عدم ارائه طرح و راهکار مناسب در کشور، تبدیل عرصه‌های طبیعی مانند مراتع به مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی در آینده نیز ادامه داشته باشد. عدم فرهنگ‌سازی و عدم وجود قوانین مناسب و قدرتمند در زمینه منابع طبیعی سال‌هاست که باعث تخریب منابع طبیعی است. حضور فعالانه سازمان‌های مردم نهاد می‌تواند تا حدودی این مشکلات را رفع کند، اما این مهم مستلزم بازنگری سیاست‌ها و قوانین ملی در زمینه منابع طبیعی است.

منابع

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ امامی، هادی. (۱۳۹۸). **پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM^{+} مطالعه موردی: (شهرستان اردبیل)**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۵۳): ۱۹۵-۲۱۵.

آرخی، صالح. (۱۳۹۴). **آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selva در منطقه آبدانان، اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۴(۹۵): ۶۲-۵۱.

براتی قهفرخی، سوسن؛ سلطانی کوپایی، سعید؛ خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین؛ رایگانی، بهزاد. (۱۳۸۸). **بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیرحوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴)**، علوم آب و خاک، ۱۳(۴۷): ۳۶۵-۳۴۹.

رسولی، علی‌اکبر. (۱۳۸۷). **مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای**، چاپ اول، تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز، ۵۴۴.

رضایی مقدم، محمد حسین؛ رضایی بنفشه، مجید؛ فیضی‌زاده، بختیار؛ نظم‌فر، حسین. (۱۳۸۹). **طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی براساس تکنیک شیءگرا و تصاویر ماهواره‌ای، (مطالعه موردی: استان آذربایجان‌غربی)**، پژوهش و سازندگی، ۸۷: ۳۵-۲۰.

رضایی مقدم، محمد؛ اندریانی، صغری؛ الماس‌پور، فرهاد؛ ولی‌زاده کامران، خلیل؛ مختاری اصل، ابوالفضل. (۱۳۹۳). **بررسی اثرات تغییر کاربری و پوشش اراضی بر روی سیل‌خیزی و دبی رواناب (مطالعه موردی: حوضه آبریز سد علویان)**، هیدروژئومورفولوژی، ۱(۱): ۵۷-۴۱.

زبیری، محمود؛ مجد، علیرضا. (۱۳۹۰). **آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی**، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۳۰.

شنانی هویزه، سیده مائده؛ زارعی، حیدر. (۱۳۹۵). **بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس)**، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷(۱۴): ۲۴۴-۲۳۷.

عبدالعلی‌زاده، زهرا. (۱۳۸۹). **بررسی تغییرات پوشش سطح زمین طی سه دهه گذشته (سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۵۴) و پیش‌بینی وضعیت آینده با استفاده از RS و GIS در منطقه سبزکوه**، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ۸۵.

عفیفی، محمد ابراهیم. (۱۳۹۹). **مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و مدل LCM**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰(۵۶): ۱۵۸-۱۴۱

غفاری، صدیقه؛ مرادی، حمید رضا؛ مدرس، رضا. (۱۳۹۷). **مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیءگرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان)**، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۱): ۵۷-۴۰.

فیضی‌زاده، بختیار. (۱۳۹۶). **مدلسازی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر سیستم فرسایش در حوضه‌ی سد علویان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS**، هیدروژئومورفولوژی، ۳(۱۱): ۳۸-۲۱.

فیضی‌زاده، بختیار؛ هلالی، حسین. (۱۳۸۹). **مقایسه‌ی روش‌های پیکسل پایه، شیءگرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی استان آذربایجان‌غربی**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۱: ۸۴-۷۳.

مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۳۹۳). **تأثیر سناریوهای مختلف مدیریت متریک‌های چشم‌انداز بر تغییرات رواناب و رسوب رگبار در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه- استان آذربایجان غربی**، رساله‌ی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ۱۲۲.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]

موسوی، سید حجت؛ رنجبر، ابوالفضل؛ حاصلی، مهدی. (۱۳۹۵). **پایش و روندیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۱۴-۱۹۷۶)**، اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۵(۹۷): ۱۴۶-۱۲۹.

موسوی، سیدعلیرضا؛ فرح‌پور، مهدی؛ شکری، مریم؛ سلیمانی، کریم؛ گودرزی، محمود. (۱۳۸۵). **بررسی روند تغییرات انبوهی پوشش‌گیاهی در قسمتی از حوضه سد لار در یک دوره ۲۵ ساله با استفاده تلفیقی از RSو GIS**، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۳(۳): ۲۰۰-۱۸۶.

Batar, A.K., Watanabe, T., and Kumar, A. (2017), **Assessment of land-use/land-cover change and forest fragmentation in the Garhwal Himalayan Region of India**. Environments, 4(34):1-16.

Borri, D., Caprioli, M., and Tarantino, E. (2005), **Spatial information extraction from VHR satellite data to detect land cover transformations**. Polytechnic University of Bari, Italy, Pp. 105.

Fenglei, F., Yunpeng, W., and Zhishi, W. (2007), **Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM$^+$ images**. Environmental Monitoring and Assessment, 137(1-3): 127-147.

Lambin, E.F., and Strahler, A.H. (1994), **Change-vector analysis in multi-temporal space: a tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal resolution satellite data**. Remote Sensing of Environment, 48: 231-244.

Mackie, R.I. (2013), **Dynamic analysis of structures on multicore computers-achieving efficiency through object oriented design**. Advances in Engineering Software, 66: 3-9.

Marshall., M., Norton-Griffiths, M., and Herr, H. (2017), **Continuous and consistent land use/cover change estimates using socio-ecological data**. Earth System Dynamic, 8: 55-73.

Rajesh, B., and Murayama, Y. (2006), **Land use change analysis using remote sensing and GIS; A case study of Kathmandu metropolitan**. Journal of Applied Geography, pp 22.

Sesnie, S.E., Gessler, P.E., Finegan, B., and Thesler, S. (2008), **Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees habitat classification and change detection in complex neo tropical environments**. Remote Sensing of Environment, 112: 2145-2159.

Skirvin, S.M., Drake, S.E., Maingi, J.K., Marsh, S.E., and Kepner, W.G. (2000), **An accuracy assessment of 1997 Landsat thematic mapper derived land cover for the upper San Pedro Watershed (US/Mexico)**. Washington, D.C, United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 1-22.

Sundarakumar, K., Harika, M., Begum, S.A., Yamini, S., and Balakrishna, K. (2012), **Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada City using a Landsat data**. Engineering Science & Technology, 4: 170-178.

Wu, Q., Li, H.Q., Wang, R.S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B.H., and Wang, Z. (2006), **Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS**. Landscape and Urban Planning, 78: 322-333.

Yan, G. (2003), **Pixel based an object-oriented image for Coal fire research**, 3-99.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.14.9]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.171]