بررسی تغییرات مساحت جنگل‌های ارسباران در دهه گذشته

مهدی اسدی[1]

استادیار، گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران.

Email: asadi.m@cfu.ac.ir

چکیده

تغییرات کاربری اراضی، به‌ویژه کاهش پوشش جنگلی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی در عصر حاضر بوده و کاهش پوشش جنگلی منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای، فرسایش خاک، کاهش منابع آبی و از بین رفتن زیستگاه‌های حیات‌وحش شده است. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات پوشش گیاهی در جنگل‌های ارسباران، یکی از ارزشمندترین ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره ایران، در بازه زمانی ۱۰ ساله (۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴) انجام شده است. برای این منظور از تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش شیءگرا استفاده و کاربری‌های اراضی شامل جنگل، مراتع، اراضی بایر، مناطق مسکونی و سطوح آبی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات در بخش مراتع و اراضی بایر اتفاق افتاده و در بازه زمانی ۱۰ ساله حدود ۵۸۷۶۱/۲ هکتار بر میزان اراضی بایر افزوده‌شده و ۵۹۴۸۴/۱۵ هکتار از میزان مراتع کاسته شده است. بعد از منابع آبی کمترین میزان تغییرات مربوط به بخش جنگل‌های منطقه مطالعاتی بوده که مقدار آن از ۱۰۵۳۴۱/۴ به ۱۰۱۸۶۳/۷ کاهش‌یافته و در حدود ۳۴۷۷/۷ هکتار در طی ۱۰ سال از مساحت جنگل‌های منطقه کاسته شده است. همچنین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین میزان دقت کلی مربوط به سال ۲۰۱۶ با مقدار ۰/۹۹۱ و کمترین آن مربوط به سال ۲۰۱۷ با مقدار ۰/۹۶۷ و بیشترین میزان ضریب کاپا مربوط به سال ۲۰۲۰ با مقدار ۰/۹۸۲ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۱۸ با مقدار ۰/۹۳۹ بوده است. نتایج پژوهش حاضر در زمینه تغییرات کاربری اراضی در جنگل‌های ارسباران، گامی مهم در جهت برنامه‌ریزی جامع و پایدار برای حفاظت از این اکوسیستم ارزشمند محسوب می‌شود. لذا با شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری و پیش‌بینی روندهای آتی، می‌توان تدابیر مدیریتی مؤثری برای حفظ تنوع زیستی، کنترل فرسایش خاک، حفظ منابع آب و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی اتخاذ نمود.

واژگان کلیدی: ارسباران، جنگل، روش شیءگرا، طبقه‌بندی، لندست ۸.

---

[1] نویسنده مسئول: Email: asadi.m@cfu.ac.ir

۱. مقدمه

انسان با فعالیت‌های روزمره خود، تأثیرات گسترده‌ای بر منابع طبیعی زمین گذارده و این تأثیرات هم به‌صورت مستقیم و هم به‌صورت غیرمستقیم، منجر به کاهش و تخریب این منابع ارزشمند شده است (Sun & Yao, 2023: 2). ازجمله مهم‌ترین این اثرات می‌توان به جنگل‌زدایی، آلودگی آب‌وخاک، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زیرزمینی اشاره کرد (Hamid & Qazi, 2022: 321). جنگل‌زدایی برای ایجاد زمین‌های کشاورزی، ساخت‌وساز و تهیه چوب، علاوه بر کاهش تنوع زیستی، باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی شده است. آلودگی آب‌وخاک ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، سلامت انسان‌ها و اکوسیستم‌ها را به خطر انداخته و باعث کاهش کیفیت منابع آب‌وخاک گردیده است. تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای، باعث وقوع پدیده‌هایی مانند خشکسالی، سیل و افزایش دمای زمین شده و به‌نوبه خود بر منابع طبیعی تأثیر منفی می‌گذارد (Malhi et al, 2016: 169). بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زیرزمینی مانند نفت، گاز و آب‌های زیرزمینی، منجر به تخلیه این منابع و بروز مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین نقش مهمی در مدیریت منابع در مناطق درحال‌توسعه و کاهش تاثیر رشد جمعیت ایفا می‌کند. با گسترش سریع شهرنشینی، طبقه‌بندی مؤثر کاربری اراضی و پوشش زمین به بررسی پیامدهای نامطلوب بر منابع انرژی بین‌المللی کمک کرده و برنامه‌ریزی پایدار، مدیریت منابع و حفاظت از محیط‌زیست را امکان‌پذیر می‌کند (Avtar et al, 2019: 137; Qu and Long, 2018: 115; Stehfest et al, 2019: 8679). همچنین در عصر حاضر یکی از دلایل اصلی تغییرات پوشش زمین تغییرات اقلیمی هست که باعث از بین رفتن منابع آب و پوشش گیاهی می‌شود بنابراین نظارت بر کمیت و کیفیت تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند در مدیریت منابع آب و پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد (Li et al, 2022: 1967; Zhao et al, 2024: 131). منطقه جنگلی حفاظت‌شده ارسباران یکی از ذخیره‌گاه‌های مهم زیست‌کره در ایران، دارای ارزش‌های اقتصادی، آموزشی، پژوهشی و تفرجگاهی هست که متأسفانه در سال‌های اخیر مورد بی‌مهری‌های زیادی مانند قطع درختان و آتش‌سوزی جنگل قرار گرفته است. لذا اهمیت این جنگل‌ها از جنبه‌های زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که اطلاعات دقیقی از پتانسیل‌های کاربری اراضی جمع‌آوری گردد. امروزه فن‌آوری

سنجش از دوره به‌عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت شناسایی منابع طبیعی، به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در مناطق مختلف جهان به‌صورت عملی کاربرد داشته و مورد استناد قرار می‌گیرد. لذا در این زمینه روش‌های مختلفی برای بررسی میزان تغییرات کاربری‌های اراضی مختلف ارائه شده است که یکی از دقیق‌ترین و بهترین آن‌ها روش شیءگرا هست (Blaschke & Burnett, 2011: 234; Gillanders et al, 2008: 504). استفاده از روش مذکور در بررسی تغییرات کاربری اراضی مانند جنگل و غیره بسیار رواج یافته است که در ادامه به چند مورد از آن اشاره خواهد شد: لی و شاهو (۲۰۱۴) از عکس‌های هوایی با تفکیک مکانی یک متر و تکنیک‌های پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای استفاده نموده و کاربری‌های کشاورزی را در غرب آمریکا استخراج نمودند. آن‌ها در این تحقیق با شناسایی کلاس‌های عمده کاربری اراضی از الگوهای شکل و بافت برای دست‌یابی به‌دقت بالا در فرآیند طبقه‌بندی استفاده نمودند (Li & Shao, 2014: 11372). گودین و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود از قابلیت روش‌های شیءگرا برای طبقه‌بندی پوشش اراضی استفاده کرده و تغییرات کاربری اراضی را مدل‌سازی نمودند. ایشان در این پژوهش از ویژگی‌های بافت برای هر یک از کلاس‌های کاربری استفاده کرده و در نهایت بر کارایی این الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی کاربری اراضی تأکید نمودند (Goodin et al, 2015: 4702). سونگ و همکاران (۲۰۱۹) به انتخاب ویژگی‌های مبتنی بر شیء برای طبقه‌بندی محصول با استفاده از تصاویر چندبعدی با وضوح بالا پرداختند. ایشان در این پژوهش توانستند با دقت کلی بالای ۰/۹۲ محصولات زارعی منطقه مورد مطالعه خود را شناسایی و طبقه‌بندی نمایند (Song et al, 2019: 2053). وانگ و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از تصاویر لندست و روش شیءگرا به استخراج کاربری شهری پرداختند. نتایج نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹، دقت کلی طبقه‌بندی ۹۱، ۸۷ و ۸۶ درصد و ضریب کاپا ۹۲/۸۵، ۸۶/۷۹ و ۷۷/۴۱ درصد بوده است (Wang et al, 2024: 85). بولارنی و همکاران (۲۰۲۴) برای نقشه‌برداری از منابع گردوغبار از تفسیر بصری و تقسیم‌بندی شیءگرا و تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیءگرا وضوح برابری با پارامترهای بهینه می‌تواند بخش‌های همگن مربوط به منابع انتشار گردوغبار در مناطق مورد مطالعه را با تفکیک فضایی و میانگین ۰/۹۲ نسبت به مناطق مرجع شناسایی کند (Boloorani et al, 2024: 1). لیانگ و همکاران

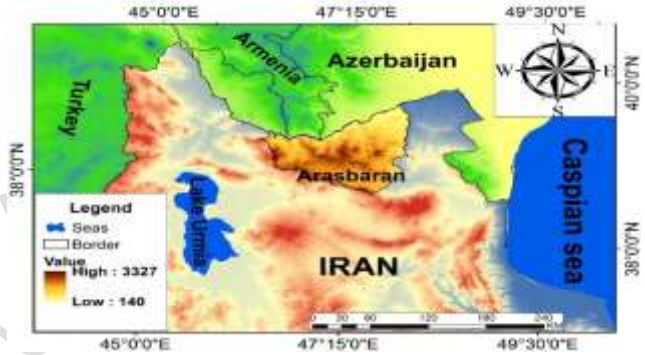
(۲۰۲۴) با استفاده از روش شیءگرا و تصاویر ماهواره‌ای سنتینل به شناسایی درختان میوه معمولی در مناطق خشک پرداختند. نتایج نشان داد که روش شیءگرا به بهبود دقت ویژگی‌های شناسایی درختان میوه کمک می‌کند و تصاویر ماهواره‌ای سپتامبر بهترین بازه زمانی برای شناسایی درختان میوه است، به‌طوری‌که ویژگی‌های طیفی، فنولوژیکی و بافت بیشترین تأثیر را در شناسایی گونه‌های درختان میوه دارند (Liang et al, 2024: 1). همچنین از تحقیقات انجام شده در داخل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: فیضی‌زاده (۱۳۹۸) به ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکسل پایه و شیءگرا در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای *Aster* برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه پرداختند. در میان روش‌های مورد بررسی روش شیءگرا نسبت به سایر روش‌ها از دقت بیشتری با ضریب کاپای ۰/۹۳ و دقت کلی ۹۴/۲۰ درصد برخورداراست. مددی و همکاران (۱۴۰۳) در حوضه آبریز قلعه رودخانه فومن به بررسی تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر پوشش جنگلی و اثرات آن بر فرسایش خاک با استفاده از طبقه‌بندی شیءگرا و تکنیک چندمعیاره مارکوس پرداختند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان، کاهش پوشش جنگلی و تبدیل آن به مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و مراتع، همچنین؛ تبدیل اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی و افزایش کاربری مسکونی و زراعی در حریم و بستر رودخانه‌ها را مهم‌ترین عوامل دخیل در افزایش پتانسیل فرسایش خاک حوضه، دانست. وارمش و محترم عنبران (۱۴۰۳) با استفاده از الگوریتم‌های پیکسل پایه و شیءگرا به پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی پرداختند. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که ارزیابی و پایش دقیق و مناسب تغییرات کاربری و پوشش اراضی با هدف مدیریت و استفاده بهتر از این منابع، زمینه‌ای را برای درک بهینه روابط و تعاملات موجود میان انسان و پدیده‌های طبیعی فراهم می‌کند؛ بنابراین با توجه به مباحث مطروحه و بررسی پیشینه‌ی پژوهش حاضر مشخص گردید که تغییر کاربری اراضی جنگلی در کشور ایران از مسائل بسیار شایع به‌ویژه در مناطقی مناطق جنگل‌های ارسباران است که نیاز پایش دقیق آن است، لذا هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی و بررسی تغییرات سطح کاربری اراضی در منطقه جنگلی ارسباران از تصاویر ماهواره‌ای و روش شیءگرا استفاده نماید. همچنین همان‌گونه که مشخص است در پژوهش‌های قبلی تنها از روش شیءگرا برای برآورد تغییرات استفاده می‌شده است و به علل پدید آمدن

تغییرات کاربری اراضی دقت نمی‌شد که در این پژوهش ضمن بررسی تغییرات علل به وجود آوردند تغییرات مانند تغییرات دمایی و قطع درختان نیز بررسی شد که از این نظر در ایران و حتی برخی تحقیقات در سطح جهان دارای نوآوری است.

۲. روش تحقیق

۱،۲. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های ارسباران در شمال غربی ایران در محدوده جغرافیایی ۳۸/۴۰ درجه الی ۳۹/۸ درجه عرض شمالی و ۴۶/۵ تا ۴۷/۵ درجه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه که شامل شهرستان‌های کلیبر، سیه‌رود، اهر و ورزقان است یکی از اکوسیستم‌های جنگلی منحصربه‌فرد و جزو مناطق ۱۰۳ گانه بیوسفر جهان بشمار می‌رود و دارای بیش ۱۰۰۰ گونه گیاهی و ۳۰۰ گونه جانوری است. طبق آمار این منطقه جنگلی با بیش از ۱۶۰ هزار هکتار مساحت بیش از ۱۰ درصد گونه‌های گیاهی ایران را به خود اختصاص داده است (مرادی و همکاران، ۲۰۱۶: ۵۳۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه. منبع: نگارنده

۲-۲. داده‌های مورد نیاز

در پژوهش حاضر به‌منظور پردازش، تجزیه تحلیل و مدل‌سازی، از داده‌ها و ابزارهای زیر استفاده گردید: الف) داده‌های لندست ۸ در ردیف ۱۶۸ و گذر ۳۳ (جدول ۱)؛ ب) نرم‌افزار ENVI5.2 برای انجام تصحیحات رادیومتریک، لازم به ذکر است چون تصاویر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا[1] دانلود گردید نیاز به تصحیحات هندسی نیست. پ) نرم‌افزار

[1] . https://earthexplorer.usgs.gov/

ARCGIS برای پردازش و انجام تحلیل‌های مکانی (اندازه‌گیری مساحت) و خروجی از نتایج کار؛ ج) نرم‌افزار eCognition برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های مورد مطالعه بر اساس تحلیل‌های شیءگرا و پس پردازش تصاویر و استخراج ماتریس خطا. چ) استفاده از جی‌پی‌اس GARMIN مدل Oregon 750 برای برداشت داده‌های زمینی و تعیین کاربری‌های مورد نظر شامل اراضی بایر، جنگل، مراتع، مناطق مسکونی و سطوح آبی برای تطبیق با نقاط تعلیمی.

جدول ۱. تصویر لندست ۸ مورد استفاده.

ردیف	تاریخ	ردیف	تاریخ	ردیف	تاریخ	ردیف	تاریخ
۱	۲۰۱۵/۰۶/۳۰	۴	۲۰۱۸/۰۸/۲۸	۷	۲۰۲۱/۰۵/۲۹	۱۰	۲۰۲۴/۰۹/۰۲
۲	۲۰۱۶/۰۷/۱۸	۵	۲۰۱۹/۰۷/۱۱	۸	۲۰۲۲/۰۹/۲۹		
۳	۲۰۱۷/۰۷/۲۱	۶	۲۰۲۰/۰۶/۱۱	۹	۲۰۲۳/۰۷/۰۶		

منبع: نگارنده

۲-۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت، از نوع پژوهش‌های کمی، با توجه به هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است. هدف اصلی پژوهش، تهیه نقشه کاربری اراضی و ارزیابی تغییرات آن در جنگل‌های ارسباران در طول دهه گذشته با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور است. مراحل انجام کار شامل دانلود تصاویر، تصحیحات رادیومتریک، پردازش مکانی و طبقه‌بندی شیءگرا است. پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر، از روش طبقه‌بندی شیءگرا برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مختلف استفاده گردید. با بهره‌گیری از ماتریس خطا، دقت طبقه‌بندی ارزیابی و تغییرات کاربری اراضی طی دوره مورد مطالعه تحلیل شد. همچنین با استفاده از روش من کندال و رگرسیون خطی روند پارامتر دما به‌عنوان یکی از شاخص‌های اقلیمی اصلی و تأثیرگذار در خشکسالی نیز برای بررسی عناصر تأثیرگذار در تغییرات کاربری اراضی در کنار قطع درختان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش، ضمن ارائه تصویری دقیق از تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه، می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و مدیریت پایدار منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

۴،۲. طبقه‌بندی شیءگرا

طبقه‌بندی شیءگرا فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویر پیوند می‌دهد. پس از فرآیند طبقه‌بندی، هریک از اشیا تصویری به یکی (یا هیچ‌کدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند. در طبقه‌بندی شیءگرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و شکل نیز در فرآیند طبقه‌بندی استفاده می شود. در این طبقه‌بندی تصویر به عناصری تقسیم می شود که واحدهای طبقه‌بندی را تشکیل خواهند داد و به شکل شبکه‌ی سلسله‌مراتبی در فرآیند طبقه‌بندی به کار گرفته می‌شوند. روش طبقه‌بندی شیءگرا بر پایه تئوری فازی استوار است که در آن عناصر می‌توانند با ارزش‌های عضویت متفاوت در بیش از یک کلاس طبقه‌بندی شوند. طبقه‌بندی فازی بر اساس اختلاف سطوح شی‌های تصویر انجام می‌شود. در این فرآیند کلاس‌های مختلفی از بله و نه به‌صورت پیوسته در محدوده اعداد ۰ و ۱ با درجه عضویت مشخص برای هرکدام از کلاس‌ها ساخته می‌شود و این اجازه را می‌دهد که یک پیکسل بر اساس درجه عضویت معین به چندین کلاس اختصاص یابد (Nguyen et al, 2019: 44). این نوع طبقه‌بندی در نرم‌افزار eCognition یک فرآیند تکرارپذیر است. بدین معنی که طبقه‌بندی چندین بار انجام می‌شود تا بالاترین درجه عضویت (بر اساس منطق فازی) برای طبقات حاصل شود (اسدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۷۵ ;Davis, 2019: 157; Chen et al, 2009: 280).

۵،۲. سگمنت‌سازی تصاویر

سگمنت سازی اولین و مهم‌ترین مرحله در ریز طبقه‌بندی تصویر به واحدهای تصویری مجزا است (Huang & Ni, 2008: 212). سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۸). سگمنت‌سازی یکی از مهم‌ترین مراحل در تحلیل شیءگرای تصاویر است. در طی این فرآیند شیءهای تصویری متناسب با معیار همگنی و ناهمگنی بر اساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی شکل (که مقدار آن را مفسر تعیین می‌کند) ایجاد می شوند (Drăguţ & Eisank, 2012: 24). تعیین مقدار بهینه برای پارامترهای فوق در کیفیت سگمنت سازی اهمیت زیادی دارد، چرا که فرآیند سگمنت سازی متناسب با معیارهای تعیین‌شده انجام می‌گیرد (Chaudhuri & Sarkar, 1995: 73).

۶,۲. ضریب فشردگی و شکلی

ضریب فشردگی مشخص‌کننده‌ی این است که عارضه‌ی مورد بررسی دارای چه شکلی است که اگر به شکل دایره باشد فشردگی برابر با یک و اگر مستطیلی باشد فشردگی کمتر از یک است. ضریب شکلی مشخص‌کننده‌ی این است که ارزش عددی معیار شکل در ارتباط با شکل و رنگ تصویر قرار دارد، به‌طوری‌که با انتخاب ضریب شکل، یک‌میزان تأثیرگذاری شکل صد درصد می‌شود. ارزش عددی این معیار، حداکثر باید ۰/۹ باشد.

۷,۲. صحت کلی

صحت کلی (Overall Accuracy)، به‌عنوان یک معیار تائید صحت طبقه‌بندی است. از محدودیت‌های صحت کلی این است که پیکسل‌هایی که به‌اشتباه به طبقه‌ای اختصاص‌یافته‌اند و پیکسل‌هایی که به‌عنوان طبقه واقعی خود طبقه‌بندی نشده‌اند در محاسبه آن لحاظ نمی‌شوند (Lillesand & Kiefer, 2001: 77).

۸,۲. صحت تولیدکننده و ضریب کاپا

صحت تولیدکننده (Producers Accuracy)، نشان‌دهنده میزان طبقه‌بندی صحیح پیکسل‌های یک طبقه نسبت به همان طبقه در واقعیت زمینی است، ضریب کاپا (Kappa coefficient) مانند صحت کلی معیار تعین صحت کل است، به دلیل اینکه پیکسل‌های درست طبقه‌بندی نشده را نیز در نظر می‌گیرد از معیار صحت کلی گویاتر است.

۹,۲. آزمون من کندال

آزمون من – کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت و کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید (Kaplan & Avdan, 2019: 114). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. از دیگر مزیت‌های این روش می‌توان به اثرپذیری ناچیز آن از مقادیر فرین که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند اشاره نمود. فرض صفر این آزمون مبین تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری زمانی است و پذیرش فرض یک، دال بر وجود روند در سری داده‌هاست. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است: نخست محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع

علامت و استخراج پارامتر s بر اساس رابطه ۱:

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right)$$

رابطه(۱).

در رابطه فوق: n: تعداد مشاهدات سری زمانی، X_j و X_k: به ترتیب داده‌های j ام و k ام. sgn: تابع علامت است که به طریق زیر محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right)=\begin{cases}+1 & \text{if} \quad \left(x_j-x_k\right)>0\\ 0 & \text{if} \quad \left(x_j-x_k\right)=0\\ -1 & \text{if} \quad \left(x_j-x_k\right)<0\end{cases}$$

رابطه(۲).

به علت اینکه تمام ایستگاه‌ها دارای آمار بیش از ۱۰ سال هستند، برای محاسبه واریانس از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Var(S)=\frac{\left[n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m}t_i(t_i-1)(2t_i+5)\right]}{18}$$

رابطه(۳).

در رابطه فوق: m: مبین تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t: بیانگر فراوانی داده‌هایی با ارزش برابر است. در نهایت آماره z: با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z=\begin{cases}\frac{s-1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad s>0\\ 0 & if \quad s=0\\ \frac{s+1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad s<0\end{cases}$$

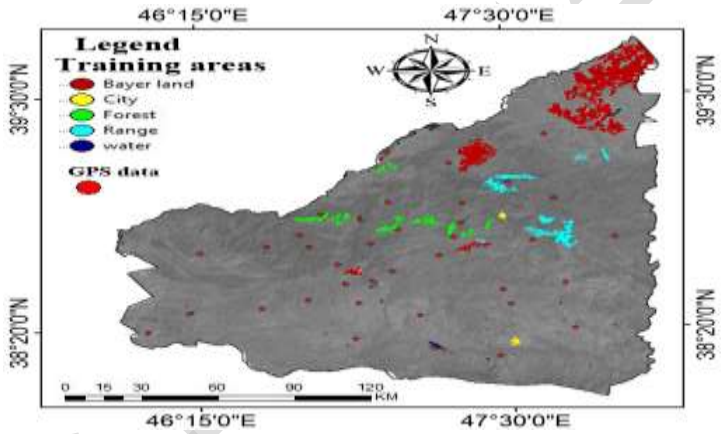
رابطه(۴).

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها فرض صفر پذیرفته می‌شود اگر: $|Z| \leq Z_{a/2}$ که سطح معنی‌داری و Z_a آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری a است. با توجه به دو دامنه بودن آزمون از a/2 استفاده شده است. در این پژوهش، آزمون من – کندال برای سطح اعتماد ۰/۹۵ بکار گرفته شد. در صورت مثبت بودن آماره z روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آماره z روند سری داده‌ها نزولی است (اسدی و کرمی، ۲۰۲۲: ۱۰۳۷).

۳. یافته‌های تحقیق

۳-۱. کاربری‌های مختلف در منطقه مطالعه

کاربری‌های اصلی در محدوده جنگل‌های ارسباران شامل اراضی بایر، جنگل، مراتع، مناطق مسکونی و سطوح آبی می‌باشد. شکل ۲ نشان‌دهنده نقاط تعلیمی و نقاط زمینی بر روی منطقه مورد مطالعه و جدول ۲ نشان‌دهنده مختصات جغرافیایی نقاط زمینی در پژوهش حاضر می‌باشند. بر این اساس به‌منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات کاربری اراضی، ۴۰ نقطه زمینی شامل کاربری‌های بایر، جنگل، مراتع، مناطق مسکونی و سطوح آبی به‌صورت تصادفی-سیستماتیک در منطقه انتخاب و داده‌برداری میدانی انجام گردید و در تطبیق با نقاط تعلیمی مورداستفاده قرار گرفت (جدول ۲).



شکل ۲. نمونه‌های تعلیمی و نقاط زمینی بر روی منطقه مورد مطالعه. منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲. مختصات جغرافیایی نقاط زمینی در پژوهش حاضر.

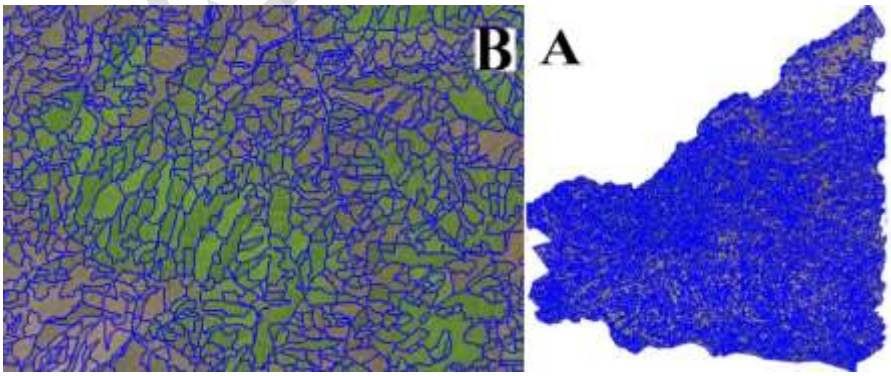
ردیف	طول	عرض	ارتفاع	کلاس	ردیف	طول	عرض	ارتفاع	کلاس
۱	۴۶ ۲۲	۳۸ ۵۱	۲۱۶۸	شهر	۲۱	۴۶ ۷۴	۳۸ ۷۸	۲۱۷۵	مرتع
۲	۴۶ ۳۲	۳۸ ۵۷	۲۰۲۰	شهر	۲۲	۴۶ ۸۱	۳۸ ۸۳	۲۴۰۹	مرتع
۳	۴۶ ۴۹	۳۸ ۵۸	۱۹۳۴	شهر	۲۳	۴۶ ۹۰	۳۸ ۷۵	۲۰۷۷	مرتع
۴	۴۶ ۵۹	۳۸ ۶۱	۲۰۱۰	زمین بایر	۲۴	۴۶ ۹۳	۳۸ ۸۱	۲۱۳۹	آب
۵	۴۶ ۷۰	۳۸ ۴۸	۱۷۲۲	زمین بایر	۲۵	۴۶ ۹۵	۳۸ ۹۱	۱۸۲۸	آب
۶	۴۶ ۸۸	۳۸ ۴۶	۱۴۳۱	زمین بایر	۲۶	۴۶ ۹۵	۳۸ ۸۵	۱۳۲۹	آب
۷	۴۷ ۰۴	۳۸ ۴۳	۱۴۲۰	زمین بایر	۲۷	۴۷ ۰۶	۳۸ ۵۹	۱۸۵۷	آب

۸	۴۶ ۸۵	۳۸ ۵۵	۱۷۸۵	آب	۲۸	۴۷ ۲۱	۳۸ ۵۱	۱۵۱۸	جنگل
۹	۴۶ ۷۱	۳۸ ۶۰	۲۰۲۰	آب	۲۹	۴۷ ۰۵	۳۸ ۶۴	۲۱۷۵	جنگل
۱۰	۴۶ ۶۸	۳۸ ۶۵	۲۴۶۱	آب	۳۰	۴۷ ۱۹	۳۸ ۶۶	۱۶۲۹	آب
۱۱	۴۶ ۷۵	۳۸ ۶۶	۲۲۶۸	آب	۳۱	۴۷ ۱۲	۳۸ ۷۹	۱۵۱۲	آب
۱۲	۴۶ ۷۹	۳۸ ۷۰	۲۰۱۸	آب	۳۲	۴۷ ۳۱	۳۸ ۷۹	۱۷۵۴	مرتع
۱۳	۴۶ ۶۶	۳۸ ۷۳	۱۹۵۵	جنگل	۳۳	۴۷ ۱۷	۳۸ ۹۳	۱۸۳۴	مرتع
۱۴	۴۶ ۶۰	۳۸ ۷۷	۱۶۱۵	جنگل	۳۴	۴۷ ۰۶	۳۸ ۹۷	۱۳۱۴	مرتع
۱۵	۴۶ ۵۸	۳۸ ۸۱	۱۰۶۴	جنگل	۳۵	۴۶ ۹۲	۳۹ ۰۳	۶۶۶	زمین بایر
۱۶	۴۶ ۴۹	۳۸ ۷۸	۱۶۹۶	جنگل	۳۶	۴۷ ۱۵	۳۹ ۱۲	۵۷۴	زمین بایر
۱۷	۴۶ ۳۴	۳۸ ۷۵	۱۶۳۶	مرتع	۳۷	۴۷ ۳۱	۳۹ ۱۷	۴۷۴	زمین بایر
۱۸	۴۶ ۶۲	۳۸ ۸۷	۸۳۵	مرتع	۳۸	۴۷ ۲۸	۳۹ ۳۱	۲۹۱	زمین بایر
۱۹	۴۶ ۷۴	۳۸ ۷۸	۲۱۵۹	مرتع	۳۹	۴۷ ۳۴	۳۹ ۳۴	۲۷۵	زمین بایر
۲۰	۴۶ ۷۱	۳۸ ۸۶	۱۰۱۶	مرتع	۴۰	۴۷ ۳۶	۳۹ ۲۲	۳۰۲	زمین بایر

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۲. سگمنت‌سازی تصاویر

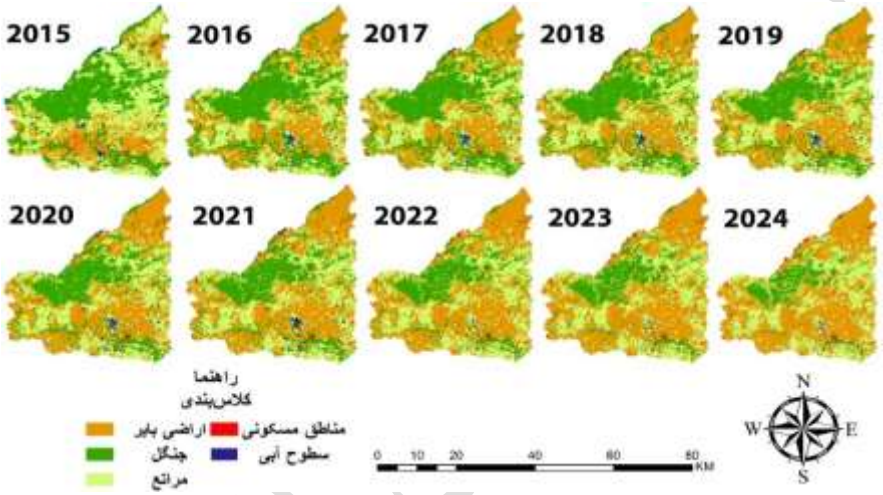
در ادامه با ا ستفاده از نرم‌افزار eCognition اقدام به سگمنت سازی ت صاویر با مقیاس ۳۰، ضریب شکل ۰/۴ و ضریب ف شردگی ۰/۶ ت صاویر گردید. شکل ۲ ن شان‌دهنده‌ی ت صویر سگمنت‌سازی شده کل منطقه **(الف)** و بخشی از منطقه مورد مطالعه **(ب)** است.



شکل ۲. سگمنت‌سازی تصاویر منطقه مورد مطالعه (الف) برش خورده از منطقه مورد مطالعه (ب) با مقیاس ۳۰، ضریب شکل ۰/۴ و ضریب فشردگی ۰/۶. منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۳. کلاس‌بندی کاربری‌های اراضی با روش شیءگرا

در نهایت با استفاده از روش شیءگرا اقدام به کلاس‌بندی کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه گردید که عبارت از: اراضی بایر، جنگل، مراتع، مناطق مسکونی و سطوح آبی می‌باشند (شکل ۳). همان‌طور که در تصاویر نیز به‌صورت بصری قابل مشاهده است از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ به مساحت اراضی بایر افزوده و از مساحت مراتع و جنگل‌ها کاسته شده است.



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس روش شیءگرا در تاریخ‌های مورد بررسی. منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس تصاویر مذکور، مساحت هر یک از کاربری‌های اراضی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS برای سال‌های مورد مطالعه به دست آمد که در جدول ۳ اشاره‌شده است.

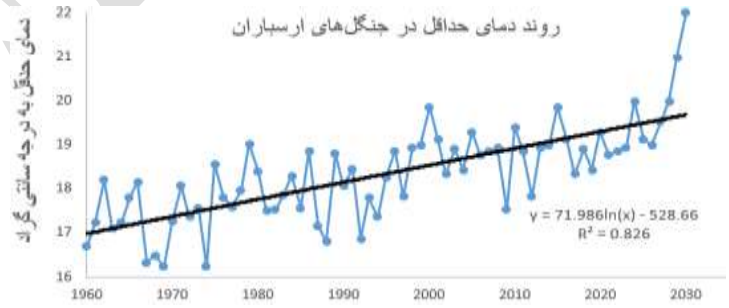
جدول ۳. مساحت (هکتار) کاربری‌های مورد مطالعه در سال‌های مورد بررسی.

نوع کاربری	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹
اراضی بایر	۲۷۵۳۶۴/۱۱	۲۷۹۴۵۱/۱۴	۲۸۳۷۱۲/۳۲	۲۸۷۳۶۵/۴۷	۳۰۱۱۶۷/۴۱
جنگل	۱۰۵۳۴۱/۴	۱۰۵۱۴۲/۱	۱۰۵۰۰۵/۹	۱۰۴۸۱۴/۳	۱۰۴۱۸۵/۲
مراتع	۴۵۴۷۹۹/۰۱	۴۵۰۷۵۵/۱۱	۴۴۶۱۰۶/۲۷	۴۴۱۶۵۷/۴۸	۴۲۷۴۵۷/۳۰
مناطق مسکونی	۱۸۷۴۵/۶۱	۱۹۰۳۹/۱۱	۱۹۵۷۶/۳۶	۲۰۸۳۹/۲۱	۲۱۸۹۶/۰۲
سطوح آبی	۹۴۵۲/۱۷	۹۳۱۴/۸۴	۹۳۰۱/۴۵	۹۰۲۵/۸۴	۸۹۹۶/۳۷
نوع کاربری	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۴

اراضی بایر	۳۱۳۲۵۴/۶۹	۳۱۸۲۹۶/۵۲	۳۲۳۵۲۸/۱۸	۳۳۰۸۱۲/۷۹	۳۳۴۱۲۵/۳۱
جنگل	۱۰۳۶۳۲/۶	۱۰۳۲۲۰/۴	۱۰۲۷۶۹/۸	۱۰۲۴۸۵/۷	۱۰۱۸۶۳/۷
مراتع	۴۱۵۴۶۶/۱۹	۴۱۰۶۹۷/۲۱	۴۰۵۶۴۶/۶۰	۳۹۸۳۲۰/۳۳	۳۹۵۳۱۴/۸۶
مناطق مسکونی	۲۲۳۷۱/۵۷	۲۲۸۸۵/۱۹	۲۳۲۴۵/۰۷	۲۳۷۲۸/۴۲	۲۴۱۰۳/۳۱
سطوح آبی	۸۹۷۷/۲۵	۸۶۰۲/۹۸	۸۵۱۲/۶۵	۸۳۵۵/۰۶	۸۲۹۵/۱۲
مساحت کل	۸۶۳۷۰۲/۳				

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جداول مذکور نیز قابل‌مشاهده است در طی ۱۰ سال مورد مطالعه، بیشترین تغییرات در بخش مراتع و اراضی بایر اتفاق افتاده است به عبارتی از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۴ حدود ۵۸۷۶۱/۲ هکتار بر میزان اراضی بایر افزوده‌شده و ۵۹۴۸۴/۱۵ هکتار از میزان مراتع کاسته شده است. یافته‌های مذکور با توجه به شکل ۴ که نشان‌دهنده‌ی روند دمایی بر اساس روش من کندال و رگرسیون خطی است، منطقه از نظر دمایی دارای روند افزایشی بوده و تقریباً در وضعیت خشکسالی یا همان کمبود آب به سر می‌برد (از مساحت سطوح آبی نیز حدود ۱۱۵۷/۰۷ هکتار از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ کاسته شده است)، لذا افزایش اراضی بایر و کاهش مراتع قابل توجیه است. در این میان بعد از منابع آبی کمترین میزان تغییرات مربوط به بخش جنگل‌های منطقه مطالعاتی می‌گردد که مقدار آن از ۱۰۵۳۴۱/۴ در سال ۲۰۱۵ به ۱۰۱۸۶۳/۷ در سال ۲۰۲۴ کاهش‌یافته است، به عبارتی در حدود ۳۴۷۷/۷ هکتار در طی ۱۰ سال از مساحت جنگل‌های منطقه کاسته شده است.



شکل ۴. روند تغییرات دما در منطقه مورد مطالعه بر اساس رگرسیون خطی. همان‌طور که بیان شد این منطقه شامل شهرستان‌های کلیبر، سیه‌رود، اهر و ورزقان است لذا نمودار حاضر بعد از میانگین‌گیری داده‌های دمایی شهرهای واقع در منطقه جنگلی ارسباران تهیه شد. منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۴. صحت سنجی ماتریس خطا

همچنین برای صحت سنجی مقادیر محاسبه‌شده ماتریس خطایی از طریق نرم‌افزار eCognition تشکیل یافته و دقت هر طبقه‌بندی هر کلاس به همراه ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی محاسبه و خطاهای به وجود آمده از طریق کاربر و تولیدکننده نیز برای هر تصویر برآورد گردید. ا شکال ۶ تا ۱۰ به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر خطاها و ضرایب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی‌ها می‌باشد که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته شده است.

شکل ۶ نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۵، تولیدکننده در طبقه‌بندی سطوح آبی (با دقت ۱) عملکرد بهتری نسبت به کاربر داشته است، درحالی‌که در طبقه‌بندی اراضی بایر، دقت تولیدکننده ۰/۹۶۷ بوده است. کاربر نیز در طبقه‌بندی سطوح آبی (با دقت ۰/۹۹۹) عملکرد بسیار خوبی داشته، اما در طبقه‌بندی مناطق مسکونی (با دقت ۰/۸۶۲) دقت کمتری داشته است. در سال ۲۰۱۶ نیز الگوی مشابهی مشاهده شده است و تولیدکننده در طبقه‌بندی سطوح آبی (با دقت ۱) بالاترین دقت و کاربر در طبقه‌بندی مناطق مسکونی (با دقت ۱) بهترین عملکرد را داشته است.

شکل ۶. نمودار ضرایب دقت تولیدکننده، کاربر و ضرایب کاپا برای هر کلاس برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶. منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۷، در سال ۲۰۱۷، بالاترین دقت تولیدکننده در طبقه‌بندی جنگل با مقدار ۱ و پایین‌ترین آن در طبقه‌بندی مراتع با دقت ۰/۹۵۲ حاصل شده است. همچنین، کاربر در طبقه‌بندی سطوح آبی به بالاترین دقت ۱ و در طبقه‌بندی مراتع به پایین‌ترین دقت ۰/۸۵۷ دست یافته است. در سال ۲۰۱۸، سطوح آبی با دقت ۰/۹۹۵ بالاترین دقت تولیدکننده را

داشته‌اند، اما مناطق مسکونی با دقت ۰/۹۶۲ پایین‌ترین دقت تولید را به خود اختصاص داده‌اند. در این سال، کاربر بالاترین دقت را در طبقه‌بندی اراضی بایر (۰/۹۹۲) و پایین‌ترین دقت را در طبقه‌بندی جنگل (۰/۹۳۶) کسب کرده است.

شکل ۷. نمودار ضرایب دقت تولیدکننده، کاربر و ضرایب کاپا برای هر کلاس برای سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸. منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس شکل ۸ برای سال ۲۰۱۹ بالاترین و پایین‌ترین دقت تولیدکننده به ترتیب مربوط به مناطق مسکونی با مقدار عددی ۱ و مراتع با مقدار عددی ۰/۹۴۱ می‌باشد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به مراتع با مقدار عددی ۰/۹۸۹ و سطوح آبی با مقدار عددی ۰/۹۲۱ است. در سال ۲۰۲۰ نیز بالاترین و پایین‌ترین دقت تولیدکننده به ترتیب مربوط به اراضی بایر با مقدار عددی ۱ و مراتع با مقدار عددی ۰/۹۴۳ می‌باشد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به اراضی بایر با مقدار عددی ۰/۹۹۶ و مناطق مسکونی با مقدار عددی ۰/۹۵۲ است.

شکل ۸. نمودار ضرایب دقت تولیدکننده، کاربر و ضرایب کاپا برای هر کلاس برای سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰. منبع: یافته‌های پژوهش

بر ا ساس شکل ۹ برای سال ۲۰۲۱ بالاترین و پایین‌ترین دقت تولیدکننده به ترتیب مربوط به اراضـــی بایر با مقدار عددی ۰/۹۹۲ و مراتع با مقدار ۰/۹۲۴ می‌باشـــد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به ســـطوح آبی با مقدار عددی ۰/۹۹۹ و اراضـــی بایر با مقدار عددی ۰/۹۷۸ ا ست. در سال ۲۰۲۲ نیز بالاترین و پایین‌ترین دقت تولیدکننده به ترتیب مربوط به ســطوح آبی با مقدار ۰/۹۹۶ و جنگل با مقدار ۰/۹۶۱ اســت. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به جنگل با مقدار ۰/۹۹۵ و مناطق مسکونی با مقدار ۰/۹۵۴ است.

شکل ۹. نمودار ضرایب دقت تولیدکننده، کاربر و ضرایب کاپا برای هر کلاس برای سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲. منبع: یافته‌های پژوهش

بر ا ساس شکل ۱۰ برای سال ۲۰۲۳ بالاترین و پایین‌ترین دقت تولید به ترتیب مربوط به ســطوح آبی با مقدار عددی ۰/۹۸۵ و اراضـــی بایر با مقدار عددی ۰/۹۳۲ می‌باشـــد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به سطوح آبی با مقدار ۱ و اراضی بایر با مقدار عددی ۰/۹۶۳ اســت. در ســال ۲۰۲۴ نیز بالاترین و پایین‌ترین دقت تولید به ترتیب مربوط به مراتع با مقدار عددی ۱ و اراضـــی بایر با مقدار عددی ۰/۹۱۱ می‌باشـــد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین دقت کاربر مربوط به سطوح آبی با مقدار عددی ۱ و جنگل با مقدار عددی ۰/۹۵۴ است.

شکل ۱۰. نمودار ضرایب دقت تولیدکننده، کاربر و ضرایب کاپا برای هر کلاس برای سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴. منبع: یافته‌های پژوهش

همچنین مقادیر به‌دست‌آمده برای ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی‌های مناطق جنگلی و غیر جنگلی برای سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ که در جدول ۴ فوق اشاره شده است بیشترین میزان دقت کلی مربوط به سال ۲۰۱۶ با مقدار ۰/۹۹۱ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۱۷ با مقدار عددی ۹۶۷/ می‌باشد. همچنین بیشترین میزان ضریب کاپا مربوط به سال ۲۰۲۰ با مقدار عددی ۰/۹۸۲ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۱۸ با مقدار عددی ۰/۹۳۹ می‌باشد که بیانگر دقت بالای روش شیءگرا در استخراج نقشه کاربری‌های اراضی می‌باشد.

جدول ۴. دقت کلی و ضریب کاپا بر اساس ماتریس خطای نواحی تعلیمی ماسک شده.

	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹
دقت کلی	۰/۹۸۱	۰/۹۹۱	۰/۹۶۷	۰/۹۷۵	۰/۹۶۸
ضریب کاپا	۰/۹۵۸	۰/۹۷۳	۰/۹۶۰	۰/۹۳۹	۰/۹۸۱
	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۴
دقت کلی	۰/۹۷۶	۰/۹۷۳	۰/۹۷۷	۰/۹۷۳	۰/۹۶۹
ضریب کاپا	۰/۹۸۲	۰/۹۷۸	۰/۹۷۲	۰/۹۷۵	۰/۹۷۶

منبع: یافته‌های پژوهش

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن بود تمامی کاربری‌های مورد بررسی در طول دوره زمانی ۱۰ ساله دچار تغییرات کاهشی یا افزایشی شده‌اند که دراین‌بین در کل بعد از منابع آبی کمترین میزان تغییرات مربوط به بخش جنگل‌های منطقه مطالعاتی می‌گردد که مقدار آن از ۱۰۵۳۴۱/۴ در سال ۲۰۱۵ به ۱۰۱۸۶۳/۷ در سال ۲۰۲۴ کاهش‌یافته است، به عبارتی در حدود ۳۴۷۷/۷ هکتار در طی ۱۰ سال از مساحت جنگل‌های منطقه کاسته شده است. همچنین بیشترین تغییرات در بخش مراتع و اراضی بایر اتفاق افتاده است به عبارتی از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۴ حدود ۵۸۷۶۱/۲ هکتار بر میزان اراضی بایر افزوده‌شده و ۵۹۴۸۴/۱۵ هکتار از میزان مراتع کاسته شده است که با توجه به تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی، نبود برنامه‌ریزی دقیق، سیاست‌های توسعه و عوامل اقتصادی، قطع درختان و آتش‌سوزی‌های چند وقتِ اخیر قابل توجیه به نظر می‌رسد. در کل منطقه مورد مطالعه در سال‌های مورد بررسی بیشتر به سمت تبدیل

شدن به اراضی بایر سوق پیدا کرده که دلیل آن‌هم تغییرات اقلیمی منطقه مورد مطالعه و خشکسالی‌های موجود در منطقه بوده است که حتی تا کشور آذربایجان نیز کشیده شده است. هر چند در کنار تغییرات اقلیمی جفای انسانی مانند قطع درختان و آتش زدن جنگل را نیز نباید نادیده گرفت (شکل ۵ نمونه‌های از قاچاق چوب و بریدن درختان ارسباران می‌باشد).

شکل ۵. تصاویری از قاچاق چوب و بریدن درختان جنگلی ارسباران. منبع: (https://www.irna.ir)

همچنین در این پژوهش برای صحت سنجی طبقه‌بندی‌ها ضرایب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی نیز استخراج گردید که در آن بیشترین میزان دقت کلی مربوط به سال ۲۰۱۶ با مقدار ۰/۹۹۱ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۱۷ با مقدار عددی ۰/۹۶۷ می‌باشد. همچنین بیشترین میزان ضریب کاپا مربوط به سال ۲۰۲۰ با مقدار عددی ۰/۹۸۲ و کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۱۸ با مقدار عددی ۰/۹۳۹ می‌باشد که بیانگر دقت بالای روش شیءگرا در استخراج نقشه کاربری‌های اراضی می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های زیر همخوانی دارد که دلیل بر دقت بالای روش شیءگرا در استخراج طبقه‌بندی کاربری اراضی می‌باشد. کاکه ممی و همکاران (۱۳۹۶) به مقایسه سه روش تفسیر چشمی، طبقه‌بندی شیءگرا و طبقه‌بندی نظارت‌شده در تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی حوزه آبخیز ملااحمد اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد که روش‌های مذکور، به ترتیب ۱۰۰، ۹۰ و ۷۲ درصد و ضریب کاپای آن‌ها نیز به ترتیب ۱، ۰/۸۵، ۰/۶ است. فیضی‌زاده (۱۳۹۸) به ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکسل پایه و شیءگرا در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای Aster برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه با ضریب کاپای ۰/۹۳ و دقت کلی ۹۴/۲۰ درصد پرداختند. اسلمی و همکاران (۱۳۹۴) صحت روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین‌بردار پشتیبان (پیکسل پایه) و شیءگرا در تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی شهرستان‌های اردبیل، نیر و نمین را به ترتیب ۸۹/۹۱، ۸۵/۶۸

و ۹۴/۳۷ درصد محاسبه و روش شیءگرا را مناسب‌ترین روش معرفی کردند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که کاهش زمین‌های کشاورزی، پدیده‌ای چندوجهی است که در نتیجه تعامل پیچیده بین عوامل طبیعی و انسانی رخ می‌دهد. از دیدگاه جغرافیایی، این پدیده به‌عنوان یک تغییر اساسی در پوشش زمین و کاربری اراضی شناخته می‌شود که پیامدهای گسترده‌ای برای محیط‌زیست، اقتصاد و جوامع انسانی دارد. عوامل طبیعی همچون تغییرات اقلیمی، بلایای طبیعی و فرآیندهای زمین‌شناسی، به همراه عوامل انسانی مانند رشد جمعیت، توسعه شهری، صنعتی شدن و سیاست‌های دولتی، در کاهش زمین‌های کشاورزی نقش دارند. این تغییرات، علاوه بر کاهش تولید مواد غذایی و ناامنی غذایی، به تخریب زیستگاه‌ها، فرسایش خاک، تغییرات در چرخه آب و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود. از سوی دیگر، تحلیل کاربردی این پدیده نشان می‌دهد که کاهش زمین‌های کشاورزی به تغییرات در الگوهای سکونت، ساختار اقتصادی، و چشم‌انداز طبیعی مناطق منجر شده و می‌تواند بر معیشت جوامع روستایی و توسعه پایدار تأثیرگذار باشد. برای مقابله با این چالش، تدوین سیاست‌های جامع و یکپارچه‌ای که شامل حفظ تنوع زیستی، توسعه کشاورزی پایدار، برنامه‌ریزی شهری هوشمند و مدیریت منابع آب باشد، ضروری است.

کتابنامه

۱. اسدی، مهدی؛ ولیزاده کامران، خلیل؛ باعقیده، محمد؛ ادب، حامد (۱۳۹۹). برآورد میزان تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبال کوهستانی بر پایه گیاه نخود (مطالعه موردی: نیمه شمالی استان اردبیل). *هیدروژئومورفولوژی*، ۷(۲): ۶۷-۸۵.

۲. اسلمی، فرتوش؛ قربانی، اردوان؛ سبحانی، بهروز؛ پناهنده، محسن (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیءگرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. *نشریه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶(۳): ۱۴-۱.

۳. فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۹۸). ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکسل پایه و شیءگرا در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استر برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در

حاشیه شرقی دریاچه ارومیه. *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۲۸ (۱۰۹): ۱۶۷-۱۸۳.

۴. فیضی‌زاده، بختیار؛ هلالی، حسین (۱۳۸۹). مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیءگرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۲(۷۱): ۸۴-۷۳.

۵. کاکه‌ممی، آزاد؛ قربانی، اردوان؛ کیوان بهجو، فرشاد؛ میرزایی موسیوند، امیر (۱۳۹۶). مقایسه روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استان اردبیل. *نشریه سنجش‌ازدور و GIS در منابع طبیعی*، ۸ (۳): ۱۳۴-۱۲۱.

۶. مددی، عقیل؛ اصغری سراسکانرود، صیاد؛ حاجت پورقلعه رودخانی، حسین (۱۴۰۳). بررسی تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر پوشش جنگلی و اثرات آن بر فرسایش خاک با استفاده از طبقه‌بندی شیءگرا و تکنیک چندمعیارهٔ مارکوس مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز قلعه‌رودخان فومن. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۱ (۳۹): ۱۶۷-۱۴۴.

۷. مرادی، شهروز؛ رمضانی، الیاس؛ علیجانپور، احمدت؛ بانج شفیعی، عباس (۱۳۹۵). بررسی کمی و کیفی و پهنه‌بندی ارتفاعی توده‌های جنگلی منطقه حفاظت‌شده ارسباران. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۴ (۳): ۵۲۹-۵۴۰.

۸. ورامش، سعید؛ محترم عنبران، سهراب (۱۴۰۳). پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از الگوریتم‌های پیکسل پایه و شیءگرا. *مطالعات علوم محیط‌زیست*، ۹ (۲): ۸۶۶۸- ۸۶۷۷.

9. Asadi, M., Karami, M. (2022). Modeling of relative humidity trends in Iran. *Modeling Earth Systems and Environment*. 8, 1035–1045. https://doi.org/10.1007/s40808-021-01093-9
10. Avtar, R., Tripathi, S., Aggarwal, A. K., & Kumar, P. (2019). Population–urbanization–energy nexus: a review. *Resources*, *8*(3), 136. https://doi.org/10.3390/resources8030136
11. Blaschke, T., Burnett, C. (2011). A multiscale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. Ecological Modeling, 168(3), 233-249. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00139-X
12. Boloorani, A. D., Nasiri, N., Soleimani, M., Papi, R., Amiri, F., Samany, N. N., ... & Al-Hemoud, A. (2024). A new approach to dust source mapping using visual interpretation and object-oriented segmentation of satellite imagery. Applied

Computing and Geosciences, 23, 100182. https://doi.org/10.1016/j.acags.2024.100182
13. Chaudhuri, B. B., & Sarkar, N. (1995). Texture segmentation using fractal dimension. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 17(1), 72-77. https://doi.org/10.1109/34.368149
14. Chen, M., Su, W., Li, L., Zhang, C., Yue, A., & Li, H. (2009). Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(3), 477-489.
15. Davis, D. S. (2019). Object-based image analysis: a review of developments and future directions of automated feature detection in landscape archaeology. *Archaeological Prospection*, 26(2), 155-163. https://doi.org/10.1002/arp.1730
16. Drăguţ, L., & Eisank, C. (2012). Automated object-based classification of topography from SRTM data. *Geomorphology*, 141, 21-33. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.001
17. Gillanders, S. N., Coops, N. C., Wulder, M. A., Gergel, S. E., & Nelson, T. (2008). Multitemporal remote sensing of landscape dynamics and pattern change: describing natural and anthropogenic trends. *Progress in physical geography*, 32(5), 503-528. https://doi.org/10.1177/0309133308098363
18. Goodin, D. G., Anibas, K. L., & Bezymennyi, M. (2015). Mapping land cover and land use from object-based classification: An example from a complex agricultural landscape. *International Journal of Remote Sensing*, 36(18), 4702-4723. https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1088674
19. Hamid, S., & Qazi, K. A. (2022). Ecocritical Exploration of Human Impact in The Sixth Extinction: Unraveling the Threads of Depletion and Redemption. Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities, 5(2), 320-324. https://doi.org/10.53555/jrtdd.v5i2.2417
20. Huang, L., & Ni, L. (2008). Object-oriented classification of high resolution satellite image for better accuracy. *In Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences* (pp. 211-218).
21. Kaplan, G., & Avdan, U. (2019). Evaluating the utilization of the red edge and radar bands from sentinel sensors for wetland classification. *Catena*, 178, 109-119. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.011
22. Kendall, MG. (1975). A new measure of Rank correlation. Charles Griffin, London. https://doi.org/10.1093/biomet/30.1-2.81
23. Li, X., & Shao, G. (2014). Object-based land-cover mapping with high resolution aerial photography at a county scale in midwestern USA. *Remote Sensing*, 6(11), 11372-11390. https://doi.org/10.3390/rs61111372
24. Li, Y., Brando, P. M., Morton, D. C., Lawrence, D. M., Yang, H., & Randerson, J. T. (2022). Deforestation-induced climate change reduces carbon storage in remaining tropical forests. *Nature communications*, *13*(1), 1964. https://doi.org/10.1038/s41467-022-29601-0

25. Liang, J., Sawut, M., Cui, J., Hu, X., Xue, Z., Zhao, M., ... & Xilike, A. (2024). Object-oriented multi-scale segmentation and multi-feature fusion-based method for identifying typical fruit trees in arid regions using Sentinel-1/2 satellite images. Scientific Reports, 14(1), 18230. https://doi.org/10.1038/s41598-024-68991-7
26. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., (2001). Remote sensing and image interpretation and Sons, inc. USA, Page 210.
27. Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. science, 319(5860), 169-172. https://doi.org/10.1126/science.1146961
28. Mann, HB, (1945): Non-parametric tests against trend. Econometrica 13: 245–259 (New York).
29. Nguyen, U., Glenn, E. P., Dang, T. D., & Pham, L. T. (2019). Mapping vegetation types in semi-arid riparian regions using random forest and object-based image approach: A case study of the Colorado River Ecosystem, Grand Canyon, Arizona. *Ecological Informatics*, 50, 43-50. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.12.006
30. Qu, Y., & Long, H. (2018). The economic and environmental effects of land use transitions under rapid urbanization and the implications for land use management. *Habitat International*, *82*, 113-121. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.10.009
31. Song, Q., Xiang, M., Hovis, C., Zhou, Q., Lu, M., Tang, H., & Wu, W. (2019). Object-based feature selection for crop classification using multi-temporal high-resolution imagery. *International Journal of Remote Sensing*, *40*(5-6), 2053-2068. https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1475779
32. Stehfest, E., van Zeist, W. J., Valin, H., Havlik, P., Popp, A., Kyle, P., ... & Wiebe, K. (2019). Key determinants of global land-use projections. *Nature communications*, *10*(1), 2166. https://doi.org/10.1038/s41467-019-09945-w
33. Sun, W., & Yao, G. (2023). Impact of mineral resource depletion on energy use: Role of energy extraction, CO2 intensity, and natural resource sustainability. Resources Policy, 86, 104175. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104175
34. Wang, D., Han, Y., Qi, X., & Chen, C. (2024). Study on object-oriented urban land use extraction based on Landsat image. In International Conference on Remote Sensing Technology and Survey Mapping (RSTSM 2024) (Vol. 13166, pp. 84-88). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.3029119
35. Zhao, Z., Islam, F., Waseem, L. A., Tariq, A., Nawaz, M., Islam, I. U., ... & Hatamleh, W. A. (2024). Comparison of three machine learning algorithms using google earth engine for land use land cover classification. *Rangeland ecology & management*, *92*, 129-137. https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.10.007

Examining the changes in the area of Arsbaran forests over the last decade

Abstract
Land use changes, especially the reduction of forest cover, are one of the most important environmental challenges of our time. The decrease in forest cover has resulted in a rise in greenhouse gas emissions, soil erosion, decreased water resources, and the loss of wildlife habitats. This study aimed to investigate the changes in vegetation cover in Arasbaran forests, one of Iran's most valuable biosphere reserves, over 10 years (2015 to 2024). To evaluate various land use and land cover types, including forests, pastures, barren lands, residential areas, and water bodies, Landsat 8 satellite imagery was employed using an object-oriented approach. The results indicated that the most significant changes occurred in pastures and barren lands, with approximately 58,761.2 hectares added to barren lands and 59,484.15 hectares reduced from pastures over the past decade. After water resources, The forest sector of the study area underwent the fewest changes, which decreased from 105,341.4 to 101,863.7, and the area of forests in the region decreased by about 3,477.7 hectares over 10 years. Also, based on the results obtained, the highest overall accuracy was in 2016 with a value of 0.991, the lowest was in 2017 with a value of 0.967, and the highest Kappa coefficient was in 2020 with a value of 0.982, while the lowest was in 2018 with a value of 0.939. The findings of this study on land use changes in Arasbaran forests are crucial for sustainable planning and protection of this valuable ecosystem. By identifying factors that influence land use changes and predicting future trends, we can implement effective management measures to preserve biodiversity, control soil erosion, conserve water resources, and mitigate the impacts of climate change.

Keywords: Arasbaran, Forest, Object-oriented method, Classification, Landsat 8.

Introduction
The Arasbaran Protected Forest Area, an important biosphere reserve in Iran, has economic, educational, research, and recreational value and unfortunately has been subjected to many atrocities, such as tree felling and forest fires, in recent years. Therefore, the importance of these forests from environmental aspects requires accurate information about land use potentials. Today, remote sensing technology is practically used and cited as a valuable solution for identifying natural resources, especially when preparing land use maps in different parts of the world. Therefore, in this regard, various methods have been proposed to study the rate of change in different land uses, and one of the most accurate and best of them is the object-oriented method (Blaschke and Burnett, 2011: 234; Gillanders et al., 2008: 504). Therefore, according to the issues raised and the background of the present study, it was found that forestland-use change in Iran is one of the most common issues, especially in areas of Arasbaran forests that need careful monitoring; therefore, the main purpose of this study is to identify and investigate land-use level changes in the

Arasbaran forest area using satellite imagery and object-oriented methods. Additionally, as is clear in previous studies, the object-oriented method was only used to estimate the changes, and the causes of land-use changes were not considered. This research has studied the causes of changes such as thermal changes and tree cuts as well as changes, and in this regard, it is innovative in Iran and even in some research around the world.

Material and Methods

The region under study

The Arasbaran forest in northwestern Iran is located within the geographical coordinates of 38.40 to 39.8 degrees north latitude and 46.5 to 47.5 degrees east longitude. This region, which encompasses the cities of Kalibar, Siahrood, Ahar, and Varzeqan, is home to a unique forest ecosystem and is recognized as one of the 103 biosphere reserves in the world. It boasts more than 1000 species of plants and 300 species of animals. According to statistics, this forest area spans more than 160,000 hectares, accounting for more than 10% of Iran's plant species (Moradi et al., 2016: 531).

Object-oriented classification

Object-oriented classification is the process of linking land cover classes to image objects. After the classification process, each visual object is assigned to one (or none) of the classes. In addition to spectral information, texture and shape information are also used in the classification process in object-oriented classification. In this classification, the image is divided into elements that form the classification units and are used in a hierarchical network in the classification process. The object-oriented classification method is based on fuzzy theory, in which elements can be classified into more than one class with different membership values. Fuzzy classification is based on differences in the levels of image objects. In this process, different classes of yes and no are created continuously in the range of numbers 0 and 1 with a certain degree of membership for each class, allowing a pixel to be assigned to several classes based on a certain degree of membership (Feizizadeh and Helali, 2010). This type of classification is an iterative process in eCognition software. This means that the classification is performed several times to achieve the highest degree of membership (based on fuzzy logic) for the classes (Davis, 2019: 157; Chen et al., 2009: 480; Asadi et al., 2020: 75).

Result and Discussion

During the 10 years under study, the most changes have occurred in pastures and barren lands; in other words, from 2015 to 2024, about 58,761.2 hectares have been added to the number of barren lands and 59,484.15 hectares have been reduced from the number of pastures. According to the mentioned findings, Figure 4, which shows the temperature trend based on the Mann-Kendall method and linear regression, indicates that the region has an increasing trend in terms of temperature and is almost in a state of drought or lack of water (also from the area of water surfaces). About

1,157.07 hectares have been reduced from 2015 to 2024, which justifies the increase in barren lands and the decrease in pastures. In the meantime, after water resources, the lowest amount of changes is related to the forest sector of the study area, which has decreased from 105,341.4 hectares in 2015 to 101,863.7 hectares in 2024; that is, about 3,477.7 hectares in 10 years from the area of forests in the region has decreased. Therefore, according to the above cases (temperature changes), the necessity of more attention and prevention of forest tree smuggling and forest tree cutting is more apparent (Figure 5 shows examples of wood smuggling and tree cutting in Arsbaran).

Conclusion

Forests are vital because they contain the world's most diverse biological communities and the richest biodiversity on Earth. Inside forests, there are many potential drugs and thousands of unseen and undiscovered species. Forests can also moderate the world's climate and keep the entire climate of the Earth stable. This role of forests is so important that their destruction could cause massive changes in the Earth's climate. Therefore, in this study, Landsat 8 images and object-oriented classification were used from 2015 to 2024 to study land-use changes in the biosphere reserve (Arasbaran forests). The results showed that About 1,157.07 hectares have been reduced from 2015 to 2024, which justifies the increase in barren lands and the decrease in pastures. In the meantime, after water resources, the lowest amount of changes is related to the forest sector of the study area, which has decreased from 105,341.4 hectares in 2015 to 101,863.7 hectares in 2024; that is, about 3,477.7 hectares in 10 years from the area of forests in the region has decreased.

Keywords: Arasbaran, Forest, Object-oriented method, Classification, Lansat 8.