



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست و چهارم، شماره‌ی ۸۷  
پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۸۷-۱۱۰

صدر اله دارابی<sup>\*۱</sup>  
وحید رحمتی نیا<sup>۲</sup>

## آشکار سازی اسکار آتش سوزی با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلا رنگ)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۷

### چکیده

ذخیره‌گاه گیاهی و جانوری ناحیه رویشی زاگرس در فصول خشک، همواره مورد تهدید و تخریب آتش‌سوزی بوده است. عدم وجود امکانات مساحی پیشرفته، سبب شده تا ثبت محل وقوع و دامنه تخریب آتش‌سوزی‌ها و همچنین تأثیر آن‌ها بر گونه‌های گیاهی و جانوری به‌درستی صورت نگیرد. سوابق آتش‌سوزی از نظر تکرارپذیری، گونه‌های مستعد آتش‌سوزی و میزان ترمیم تخریب‌های صورت گرفته توسط آتش‌سوزی‌ها منبع خوبی از اطلاعات است تا در پهنه‌بندی میزان ریسک آتش‌سوزی و مدل‌سازی‌های گسترش دامنه آتش مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، روش‌شناسی کشف آثار آتش‌سوزی‌های قدیمی مورد بحث قرار گرفته است. این فرایند با بهره‌گیری از تصاویر لندست ۸ انجام شده است. الگوریتم‌های متنوع شیء‌گرا و توابع عضویت فازی، به‌منظور تشخیص زخمه آتش‌سوزی در طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده‌اند. صحت طبقه‌بندی با شاخص جدید QADI ارزیابی شده است. معرفی روش استفاده ترکیبی از شاخص درصد تغییر مادون‌قرمز نزدیک و شاخص سوختگی NBRI47 به همراه استفاده از توابع فازی Large, MS-Large به‌عنوان بهترین روش طبقه‌بندی، از یافته‌های این تحقیق است. مقدار کاپا در این روش، ۰/۹۶، صحت کلی ۰/۹۸ و مقدار کادی ۰/۰۱ محاسبه شد. مساحی نقشه حاصل از بهترین طبقه‌بندی، وقوع آتش‌سوزی به وسعت ۶۲/۷۵ هکتار را نشان داد که وقوع آن توسط سامانه‌های تشخیص آتش ناسا و داده‌های زمینی تأیید گردید. روش‌شناسی و نتایج این تحقیق علاوه بر امکان استفاده در جامعه علمی سنجش‌ازدور، برای کارشناسان و برنامه‌ریزان منابع طبیعی و محیط‌زیست نیز دارای اهمیت است.

**کلیدواژه‌ها:** کادی، اسکار آتش‌سوزی، شیء‌گرا، فازی، مانشت و قلا رنگ

Email: darabisadra@gmail.com

\*۱- کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS&RS)، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

۲- کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS&RS)، دانشگاه تبریز

## مقدمه

ایران یکی از کشورهایی است که با خطر بالایی از نظر رخداد آتش‌سوزی در مناطق جنگلی روبروست. میانگین تعداد سالیانه آتش‌سوزی در ایران ۱۳۰ فقره همراه با تخریب حدود ۵۴۰۰ هکتار است (Adab et al., 2012). کسب اطلاع از میزان تخریب جنگل‌ها و مراتع و حتی مزارع توسط حریق که عمدتاً در فصول گرم و خشک هر سال اتفاق می‌افتد، می‌تواند در زمینه‌ی پیشگیری، برآورد خسارت‌ها و شناسایی مناطق بالقوه پرخطر آتش‌سوزی حائز اهمیت زیادی باشد (Darabi, 2017). تحقیقات فراوانی به کمک علم سنجش‌ازدور، در سال‌های اخیر صورت گرفته است که قبل از وقوع آتش‌سوزی مناطق با درصدهای مختلف از ریسک آتش‌سوزی را شناسایی می‌کند. به‌منظور صحت‌سنجی این پیش‌بینی‌ها نیز می‌توان از سنجش‌ازدور بهره گرفته و به تشخیص اسکار آتش‌سوزی، حتی مدت‌ها پس از وقوع آن پرداخت. پوشش گیاهی دارای کارکردهای متنوع می‌باشد. مثلاً پوشش متراکم گونه‌های مرتعی در برخی مناطق مارنی سبب پایداری خاک در این مناطق شده است (Asgari et al., 2022) (از این رو اهدافی که از شناسایی اسکار آتش‌سوزی دنبال می‌شوند نیز متنوع است. از جمله، شناسایی مناطق مستعد در حوزه دفاع غیرعامل، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. منطقه غرب کشور نیز یکی از مناطق اصلی کشور که همیشه در معرض تهدیدات بوده و ضرورت دارد از منظر دفاعی مورد ارزیابی قرار بگیرد (Kamangar and Sadidi, 2017). همچنین بررسی فراوانی (تکرار) آتش‌سوزی در یک منطقه در سال‌های متمادی، مطالعه تأثیر عوامل مختلف مانند هم‌جواری با سکونت‌گاه‌ها یا عبور معبرها، مساحی منطقه آسیب‌دیده و برآورد خسارات وارده، شناسایی گونه‌های گیاهی و جنگلی مقاوم به حریق که پس از آتش‌سوزی در منطقه رشد یافته و غالب می‌شوند و نیز شناسایی گونه‌هایی که پس از وقوع حریق جایگزین گونه‌های گیاهی پیشین می‌شوند از اهداف مطالعه اسکارها هستند (Darabi, 2017). شناسایی اسکار آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با رزولوشن متوسط، مانند تصاویر لندست‌ها، منوط به طبقه‌بندی تصاویر با صحت و دقت کافی است. جهت ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر که به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات سنجش‌ازدوری با الگوریتم‌ها و اهداف متنوعی صورت می‌گیرد، شاخص‌های مختلفی وجود دارد. برخی از این شاخص‌ها مانند کاپای کوهن، باوجود استفاده طولانی‌مدت و گسترده، از اعتباری مخدوش برخوردارند (RostamZadeh et al., 2017). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بهبود شاخص‌های ارزیابی دقت و صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به شاخص QADI اشاره کرد که مختص ارزیابی صحت طبقه‌بندی در سنجش‌ازدور طراحی شده است. در این پژوهش برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر، علاوه بر محاسبه شاخص کاپا، از شاخص کادی هم استفاده شده است. (Feizizadeh et al., 2022) در مقاله‌ای با عنوان کادی به عنوان یک روش جدید و جایگزین کاپا برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر مبتنی بر سنجش‌ازدور به بررسی شاخص کادی پرداختند، این شاخص برخلاف کاپا، نسبت به توزیع نامتقارن حساس نیست. شاخص (QADI) اختلاف کمیت و تخصیص درجه اختلاف بین نتایج طبقه‌بندی و نقشه‌های مرجع را با شمارش پیکسل‌های A با برچسب اشتباه و کمی کردن تفاوت در تعداد پیکسل‌ها برای هر کلاس بین نقشه طبقه‌بندی شده و

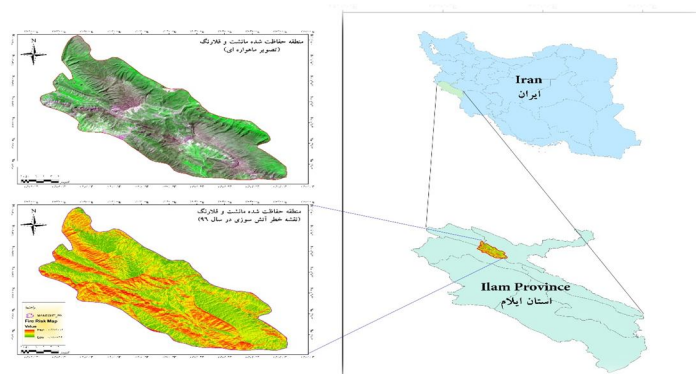
داده‌های مرجع به‌عنوان Q محاسبه می‌کند. سپس برای تعیین مقدار کمی شاخص QADI استفاده می‌شود که نشان‌دهنده مقدار اختلاف و تفاوت بین نتیجه طبقه‌بندی و داده‌های آموزشی است. همچنین می‌توان از آن برای تولید نموداری استفاده کرد که نشان‌دهنده درجه‌ای است که هر عامل در ایجاد اختلاف نقش دارد. کارایی کاپا و QADI در شش مورد استفاده مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص QADI ارزیابی دقت طبقه‌بندی قابل‌اعتمادتری را نسبت به کاپا سنتی ایجاد می‌کند. یکی از موارد ضروری در هر پژوهش، منابع مربوط به موضوع تحقیق است. لذا بررسی پیشینه و ادبیات تحقیق از بخش‌های مهم هر پژوهش محسوب می‌شود. کار پژوهش پس از انجام دادن مرحله مطالعه آغاز می‌شود؛ به عبارتی پژوهش در بستری از آگاهی برای کشف مجهول انجام می‌پذیرد. در مرحله مطالعه، محقق یافته‌های دیگران و به عبارتی سابقه و پیشینه مسئله یا نتایج تحقیقات دیگران و نیز قضایای کلی و نظریه‌های مرتبط با مسئله تحقیق را گردآوری می‌کند و در صورتی که پاسخ مسئله خود را پیدا نکرد مرحله پژوهش را آغاز می‌کند. علاوه بر این، از تجارب پژوهشی دیگران در تدوین چهارچوب نظری کار خود و طراحی روش‌شناسی آن استفاده می‌کند و تکیه‌گاهی نیز برای استدلال در مرحله ارزیابی فرضیه‌ها فراهم می‌نماید (Hafeznia, 2009). در مطالعه متون خارجی و داخلی مربوط به تشخیص زخمه‌های آتش‌سوزی موارد ذیل مورد استفاده واقع شده‌اند. (Indratmoko and Rizqihandari (2019) با استفاده از باندهای حرارتی لندست ۸، به شناسایی اسکار آتش‌سوزی در جنگل‌های اندونزی پرداختند و با یک الگوریتم ترکیبی dNBR شامل pre-NBR – (post-NBR) از شاخص سوختگی عادی در قبل و بعد از آتش‌سوزی، به شاخصی برای استخراج اسکار آتش‌سوزی رسیدند که در مناطق با پوشش نخل‌های روغنی دارای گونه‌های مشابه، قابل استفاده است، گفته شده است که شاخص فوق می‌تواند در انواع کاربری‌ها به‌ویژه مناطقی که دارای مزارع در مجاورت منطقه جنگلی است نیز استفاده شود.

(Hudak and Brockett (2004) با آنالیز اجزای اصلی تصاویر (PCA) و سپس طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر لندست، به روش پارالل پایپ، آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در طول ۳۰ سال از ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۲ را در نواحی نیمه‌خشک ساوانا در آفریقای جنوبی استخراج و مساحی کردند. (Shao and Duncan (2007) در مقاله‌ای با استفاده از تصاویر TM از لندست ۵، به بررسی توانایی باندها به‌صورت تکی و ترکیبی در جداسازی مناطق سوخته از مناطق نسوخته در مناطق جنگلی فلوریدا پرداختند. سپس با انتخاب ۴ مورد از بهترین طبقه‌بندی‌های صورت گرفته، نتیجه مساحی را با نقشه‌های موجود از مساحی زمینی مناطق سوخته مطابقت دادند و نتیجه گرفتند که بین محاسبات سنجش‌ازدوری و واقعیات زمینی اختلافاتی وجود دارد و برای رفع خطاهای موجود بین نقشه‌های سنجش‌ازدوری و زمینی راه‌کار پیشنهاد کردند. (Levin and Heimowitz (2014) با استخراج اسکار آتش‌سوزی در نواحی مدیترانه‌ای و تطبیق نتایج با آتش‌سوزی‌های تشخیص داده‌شده توسط سرویس‌های مودیس پرداخت. او نتیجه گرفت که آتش‌سوزی‌ها در نواحی با بارندگی سالانه بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، نواحی مرتفع، نواحی با پوشش گیاهی یک‌ساله انبوه و نواحی نزدیک به سایت‌های آموزش نظامی بیشتر اتفاق افتاده‌اند. در منابع داخلی موردی از مطالعه اسکار آتش‌سوزی پیدا نشد. اکثر محققان داخلی بر روی مدل‌سازی گسترش آتش‌سوزی و یا پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها متمرکز شده‌اند (Hashemi Nasab, 2015).

بررسی روند تغییرات پوشش جنگلی برای برنامه‌های کاربردی و مدیریت منابع، همچنین ارزیابی خدمات زیست‌محیطی بسیار مهم است (Griffiths et al., 2014). در یک دهه‌ی اخیر منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ، بیش از ۲۰۰ مورد آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع را تجربه نموده است و هرساله حدود ۵۰۰ هکتار از این جنگل‌ها و مراتع در این آتش‌سوزی‌ها از بین می‌رود (Mansouri et al., 2011). تنها در سال ۱۳۸۹ بیش از ۵۰ نقطه جنگلی در استان ایلام دچار آتش‌سوزی شده و ۷۰۰ هکتار از اراضی جنگلی استان از بین رفته است. مشکل دیگر، آتش‌سوزی عمدی زمین‌های کشاورزی بعد از برداشت گندم و ذرت است که متأسفانه در اثر ناآگاهی کشاورزان به وقوع می‌پیوندد (Mansouri et al., 2013). لذا با توجه به سازوکارهای ناقص ارگان‌های مربوطه در ثبت سوابق آتش‌سوزی‌ها و میزان خسارات آن‌ها هم در گذشته و هم در زمان حال، تشخیص اسکار (زخمه) آتش‌سوزی‌ها امری ضروری است تا با مطالعه سوابق، تکرارپذیری و میزان خسارات وارده، به مدل‌سازی‌ها و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی پرداخته و با تمرکز امکانات در مناطق پرخطر، از این منابع طبیعی ارزشمند صیانت شود.

#### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان ایلام دربردارنده‌ی قسمت مهمی از جنگل‌های زاگرس است. از ۶۵۰۰۰۰ هکتار جنگل‌های این استان ۷۵٪ آن زیرپوشش بلوط، ۲۰٪ بنه و ۵٪ دیگر را سایر گونه‌ها تشکیل می‌دهند. محدوده‌ای به وسعت ۳۰۸۰۶/۱۲ هکتار که در محدوده جغرافیایی از ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۴ ثانیه طول شرقی و از ۳۳ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه عرض شمالی واقع گردیده است که به نام منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ شناخته شده است. این منطقه یکی از چهار منطقه حفاظت‌شده در استان ایلام است. همچنین این منطقه یکی از بزرگ‌ترین ذخیره‌گاه‌های گیاهی و جانوری در استان ایلام و از گونه‌های گیاهی مهم این منطقه می‌توان به بلوط ایرانی، بنه، زالزالک، کیکم، لرگ، لاله واژگون و بادام کوهی اشاره کرد. گونه‌های مهم پستاندار در این منطقه می‌توان به کل، بز، میش، آهو، پلنگ، خرس و گراز اشاره کرد (Mansouri et al., 2011). در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی این منطقه نشان داده شده است.



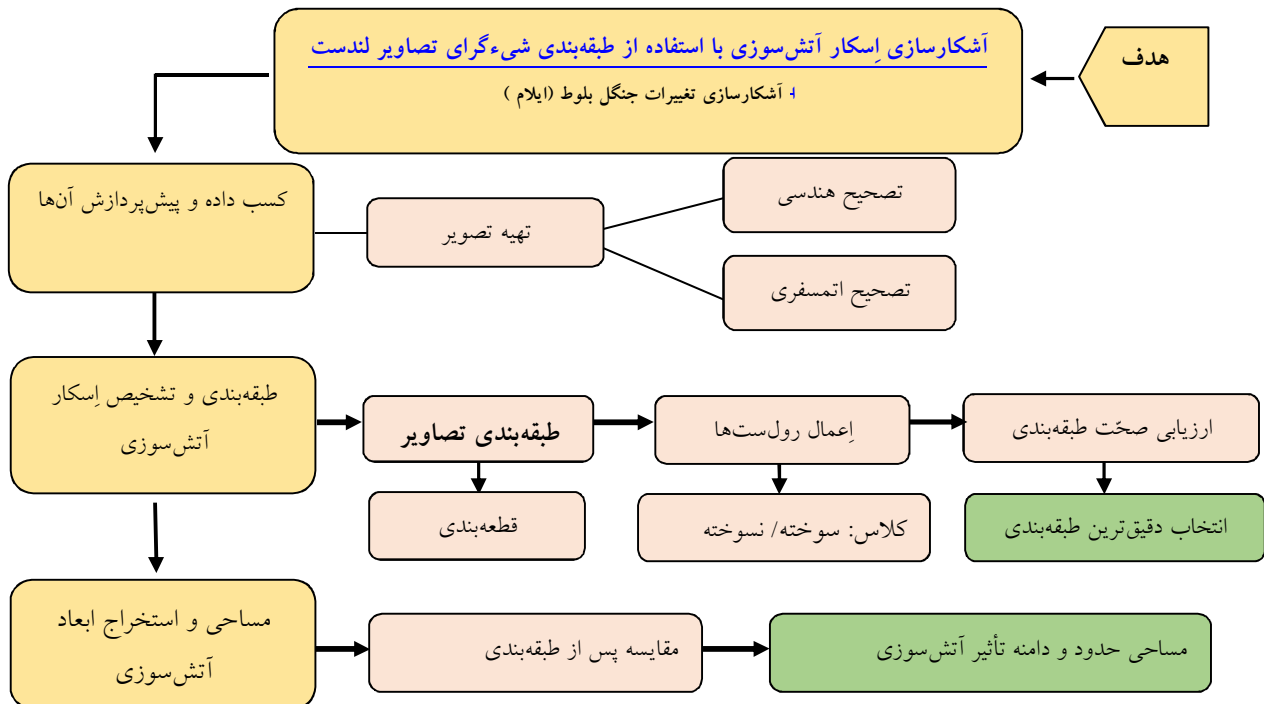
شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ (منطقه مورد مطالعه)

Figure 1: Map of the geographical location of Manshet and Qalarang, protected area (Study case)

در داخل منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ هیچ‌گونه آبدی وجود ندارد، اما با توجه به اینکه منطقه مذکور در بین سه شهرستان ایلام، شیروان چرداول و ایوان محصور شده است، در محیط پیرامونی آن روستاهای زیادی استقرار یافته‌اند که فعالیت‌های معیشتی این روستاها عموماً کشاورزی و دامداری است. شهر ایلام در جنوب و شهر چوار در جنوب غرب منطقه از جمله نقاط شهری هستند که در حاشیه منطقه قرار دارند. مهم‌ترین عوارض انسانی موجود در منطقه، راه‌های ارتباطی در داخل منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ هستند. این راه‌ها شامل جاده‌های ارتباطی ایلام به سرابله هستند که گرچه در همه آن‌ها تردد وجود ندارد اما همین جاده‌های متروکه دسترسی عموم به عرصه‌های مختلف و وسیعی از منطقه را ممکن ساخته‌اند. در سال‌های اخیر بهره‌برداری از جنگل به‌عنوان تفرج‌گاه روزانه و حتی اقامت شبانه و اقامت تفریحی چند هفته‌ای به‌صورت چادرنشینی، در ایام نوروز سبب بروز مشکلاتی مانند قطع درختان و بروز آتش‌سوزی‌هایی شده است. در منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ ۵۲ تیره، ۱۵۶ جنس و ۲۳۱ گونه گیاهی وجود دارد. شکل‌های زیستی گیاهان منطقه طبق روش رانکایر شامل ۹ درصد فانروفیت، ۱۳ درصد کریپتوفیت، ۴۲ درصد همی کریپتوفیت، ۴ درصد کامفیت و ۳۲ درصد تروفیت است. هم‌چنین وفور گونه‌های تروفیت هم به ارتفاع منطقه و هم تخریب‌های شدید و آشکار ناشی از هم‌جواری آن با شهر ایلام مرتبط است (پایگاه دیده‌بان محیط‌زیست و حیات‌وحش ایران). لازم به ذکر است که شاخص پوشش گیاهی ماکزیمم در منطقه مربوط به اواخر خردادماه است.

### روش تحقیق

فرآیند آشکارسازی اسکار آتش‌سوزی در ۳ مرحله کسب داده‌ها و پیش‌پردازش آن‌ها، طبقه‌بندی و تشخیص زخمه‌ی آتش‌سوزی و درنهایت و مساحی زخمه‌ی آتش‌سوزی انجام شد. خلاصه روند مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲: خلاصه روند مطالعه

Figure 2: Study process chart

## کسب داده و پیش‌پردازش آن‌ها

تهیه لایه‌های اطلاعاتی پایه: با توجه به وقوع تقریباً هرساله حریق در منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ، آتش‌سوزی واقع شده در اواخر خرداد سال ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به تفکیک زمانی ۱۶ روزه لندست ۸، یک فریم از تصاویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۲ خرداد که مربوط به قبل از آتش‌سوزی است، تهیه گردیده است. همچنین یک فریم از تصاویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۷ تیرماه که در گذر بعدی ماهواره از منطقه و پس از وقوع آتش‌سوزی تصویربرداری شده است تهیه گردیده است. هر دو تصویر از پایگاه زمین‌شناسی ایالات متحده<sup>۳</sup>، دانلود شده و مورد استفاده واقع شده است. با توجه به اقلیم منطقه در ماه‌های خشک‌سال، ابرناکی تصویرها نزدیک به صفر می‌باشد. به منظور فراهم شدن امکان استفاده از شاخص‌های غیر طیفی، یک فریم نقشه مدل ارتفاعی دیجیتال<sup>۴</sup>، با تفکیک‌پذیری ۱۲/۵ متر از سنجنده راداری پالسار (PALSAR) بر روی ماهواره آلوس (ALOS) تهیه گردید. جدول (۱) لایه‌ها و تصاویر مورد استفاده را با جزئیات بیشتر نمایش می‌دهد.

جدول ۱- لیست تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده.

Table 1- List of used satellite images

ردیف	ماهواره	سنجنده	تعداد باند	اندازه پیکسل	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
۱	Landsat-8	OLI	۱۱	۱۵,۳۰,۱۰۰ متر	۱۳۹۶/۰۳/۲۲	2016 June 12
۲	Landsat-8	OLI	۱۱	۱۵,۳۰,۱۰۰ متر	۱۳۹۶/۰۴/۰۷	2016 June 28
۳	ALOS	PALSAR	راداری باند L (1.27GHz)	۱۲.۵ متر	۱۳۸۵/۰۴/۰۹	2006 June 30

## نرم‌افزارهای مورد استفاده

در مراحل مختلف تحقیق، اعم از پردازش تصاویر، کد نویسی، تحلیل نتایج و ارائه آن‌ها و مساحی و کارتوگرافی، از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده شده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده و کاربرد هر مورد به صورت خلاصه به صورت زیر بوده است: نرم‌افزار ArcMap 10.3 به عنوان تحلیل‌گر مکانی، پردازش تصاویر و کارتوگرافی نقشه‌ها؛ نرم‌افزار eCognition Developer جهت انجام محاسبات باندی، استخراج مشتقات لازم از تصاویر اصلی؛ نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 به عنوان صفحه گسترده و انجام محاسبات مربوط به شاخص‌ها؛ و نرم‌افزار MATLAB 2012 نیز جهت کد نویسی شاخص QADI و نمایش گرافیکی آن مورد استفاده واقع گردیده است. همچنین افزونه QADI که به زبان پایتون نیز کامپایل شده و به صورت یک ابزارک (Tool box) قابل افزوده شدن و اجرا در محیط Arc Map را دارد<sup>۵</sup>.

3- USGS

4- DEM

۵ - علاقه‌مندان می‌توانند افزونه (ToolBox) مربوط به محاسبه شاخص QADI را از آدرس زیر بارگیری نموده و با مطالعه فایل راهنما، نسبت به استفاده از آن اقدام نمایند:

[https://drive.google.com/file/d/1IMDVknlfFFWDC5k1F0GvQVqcb7vJfRwEK/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1IMDVknlfFFWDC5k1F0GvQVqcb7vJfRwEK/view?usp=share_link)

### تصحیح رادیومتریکی

تصحیحات رادیومتری شامل آن دسته از تصحیحات می‌باشند که تنها بر روی درجات خاکستری اعمال شده و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل)، سعی در جبران بعضی خطاهای موجود دارند (Fatemi and Rezaei, 2012). تصحیحات رادیومتری در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی و نویز سنجنده باید صورت گیرند. دو نوع تصحیح رادیومتری وجود دارد، تصحیح رادیومتری مطلق و تصحیح رادیومتری نسبی. روش تصحیح رادیومتری مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (Rostamzadeh et al., 2017). در مقابل تصحیحات رادیومتری نسبی باهدف کاهش متغیرهای اتمسفریک و غیرمنتظره در میان تصاویر چند زمانه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تصحیح رادیومتری نسبی، کاهش تیرگی پدیده است. کاهش تیرگی پدیده یک روش ساده است که به طور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (Arkhi, 2015). در تحقیق حاضر، جهت تهیه مشتقات موردنظر از تصاویر لندست، مانند شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، شاخص سوختگی و شاخص خشکی، با تبدیل ارزش عددی پیکسل‌ها به مقادیر بازتاب طیفی (Reflectance) از روش مطلق جهت تصحیح رادیومتری تصاویر ذکر شده در بالا استفاده شده است.

### طبقه‌بندی تصاویر

روش معمول برای استخراج اطلاعات از تصاویر سنجنش‌ازدور، طبقه‌بندی است که به کاربران امکان تولید انواع اطلاعات مختلف از قبیل نقشه‌های پوششی، نقشه‌های کاربری و نقشه تغییرات را می‌دهد. در جریان طبقه‌بندی، با استفاده از محاسبات چند بانندی (چند طیفی)، پیکسل‌ها برچسب خورده (Labeling) و هر پیکسل عضو یک کلاس می‌گردد. به منظور تکمیل فرایند طبقه‌بندی و کسب اطمینان از میزان صحت نقشه‌های حاصل شده از طبقه‌بندی تصاویر دورسنجی، دقت آن‌ها باید مورد ارزیابی قرار گیرد (Rostamzadeh et al., 2017).

### ارزیابی صحت

نتایج ارزیابی صحت و دقت طبقه‌بندی توسط نرم‌افزارهای سنجنش‌ازدوری، معمولاً به صورت ماتریس خطا ارائه می‌شوند که نتیجه‌ی مقایسه‌ی پیکسل‌های معلوم با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است؛ سپس انواع پارامترها و شاخص‌ها که بیانگر دقت و یا نوعی خطا در نتایج هستند، از این ماتریس استخراج می‌شوند. دقت طبقه‌بندی در واقع بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده است. ضریب کاپا (Kappa) نیز صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (Nasi et al., 2002).

شاخص QADI برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی: در دهه‌های گذشته و خصوصاً سال‌های اخیر، نقدهای خشن بر شاخص‌های رایج ارزیابی توافق بین ارزیابان از جمله کاپا، وارد شده است. این نقدها در تمام شاخه‌های علمی که نیاز به چنین ارزیابی‌هایی دارند، مانند مباحث پزشکی، روانشناسی، جامعه‌شناسی و امثال آن‌ها مطرح است (Feizizadeh et al., 2022). در سنجنش‌ازدور این ارزیابی در واقع ابعاد پیچیده‌تری دارد. ارزیاب اول همان نقشه واقعیات زمینی است و

ارزیاب دوم نیز الگوریتم و پروسه طبقه‌بندی است و عدم توافق بین دو ارزیاب دلایل پیچیده‌تری دارد؛ لذا در سنجش‌ازدور نقدهای وارده بر شاخص‌هایی مانند کاپا به لحاظ این پیچیدگی‌ها، جدی‌تر هستند. از آنجاکه عدم توافق بین دو ارزیاب فوق از دو مقوله برچسب‌زنی اشتباه پیکسل‌ها یا تغییر دادن تعداد پیکسل‌های هر کلاس ناشی می‌شود. شاخص QADI، شاخصی است که ویژه سنجش‌ازدور طراحی شده و قابلیت‌های لازم برای جایگزین شدن برای کاپا را دارا می‌باشد (Darabi, 2017). در محاسبه این شاخص و نمایش آن از کد نویسی MATLAB و Python استفاده شده است. پس از اتمام کد نویسی و رفع اشکال (Debugging)، کد پایتون را به صورت افزونه (Toolbox) در ArcMap بارگذاری کرده و محاسبات مربوط به کاپا و کادی توسط آن انجام گردیده است. لازم به ذکر است که شاخص QADI در کنار شاخص کاپا، ملاک ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌ها قرار گرفته است. کالیبراسیون این دو شاخص، در جداول (۲) و (۳) آمده است.

جدول ۲- تعیین سطوح مختلف کاپا و میزان توافق بین ارزیابان، از نظر محققان مختلف (McCray, 2013)

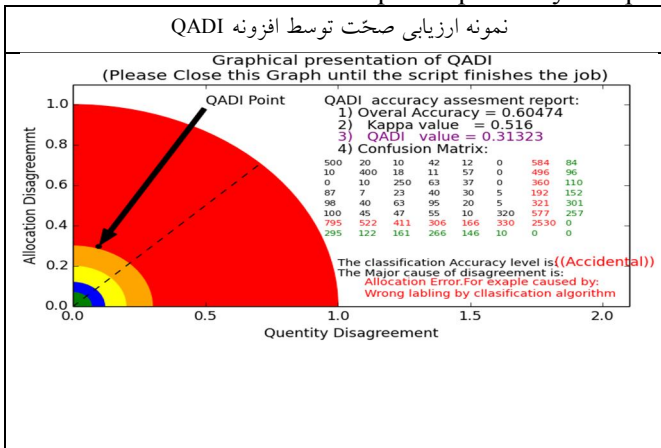
Table-2-Calibrating of Kappa and inter-rater agreement level by different researchers(McCray, 2013).

مطابق نظر (Landis,J. & Koch, G. 1977)		مطابق نظر (Altman, D.G. (1991))		مطابق نظر (Felis et al. 2003)	
کاپای کوهن	سطح توافق	کاپای کوهن	سطح توافق	کاپای کوهن	سطح توافق
ضعیف	< ۰/۰	ضعیف	< ۰/۲۰	ضعیف	< ۰/۴۰
متوسط تا خوب	۰ - ۰/۲	کم	۰/۲۱ - ۰/۴۰	متوسط تا خوب	۰/۴۰ - ۰/۷۵
عالی	۰/۲۱ - ۰/۴	متوسط	۰/۴۱ - ۰/۶۰	عالی	بیش از ۰/۷۵
	۰/۴۱ - ۰/۶۰	خوب	۰/۶۱ - ۰/۸۰		
	۰/۶۱ - ۰/۸۰	خیلی خوب	۰/۸۱ - ۱		
	۰/۸۱ - ۱				

جدول ۳- نمونه‌ی خروجی افزونه‌ی پایتون و کالیبراسیون شاخص QADI.

Table 3- Sample output of Python plugin and calibration of QADI index.

رنگ	محدوده QADI	ارزیابی
سبز	$0 \leq QADI < 0.07$	صحت و دقت عالی
آبی	$0.07 \leq QADI < 0.12$	صحت و دقت خوب
نارنجی	$0.12 \leq QADI < 0.20$	صحت و دقت متوسط
زرد	$0.20 \leq QADI < 0.30$	صحت و دقت ضعیف
قرمز	$0.30 \leq QADI \leq 1$	طبقه‌بندی تصادفی (فاقد صحت و دقت)





## نتایج و بحث روش‌ها

تصاویر ماهواره‌ای لندست پس از دانلود تصحیح هندسی گردیده‌اند؛ زیرا با وجود سیستم مختصات و سیستم تصویر یکسان که برای لایه‌برداری مربوط به محدوده منطقه حفاظت‌شده و تصاویر ماهواره‌ای در نظر گرفته شده بود، مقداری جابجایی وجود داشت. میزان ابرناکی هر دو تصویر ماهواره‌ای معادل صفر بود. این امر به دلیل اقلیم منطقه در فصل خشک، طبیعی است. سپس تصاویر لندست را به اندازه لایه‌برداری مربوط به منطقه ماسک (Mask) کرده تصحیحات رادیومتریک (کلی) بر روی زیرمجموعه‌ی طیفی، شامل باندهای ۲ تا ۹ صورت گرفت. جهت دستیابی به میزان انرژی انعکاسی بالای اتمسفر در باندهای غیرحرارتی یا همان رفلکتانس (TOA Reflectance)، با توجه به دستورالعمل‌های موجود درباره تصاویر لندست ۸ و نیز کمیت‌های درج شده در فایل متا دیتا، از فرمول زیر استفاده شد:

$$\rho_{\lambda^*} = Reflectance_{Mult} \times DN + Reflectance_{ADD} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه پارامترهایی وجود دارند که در زیر به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود:

$\rho_{\lambda^*}$  = رفلکتانس بالای اتمسفر در باندهای انعکاسی (غیر دقیق)

DN = مقدار انرژی ثبت شده توسط سنجنده برای هر پیکسل در هر باند (دیجیتال نامبر)

Reflectance<sub>Mult</sub> = مقدار ضریب (شیب خط) در معادله رگرسیون تبدیل DN به رفلکتانس موجود در متا دیتا

Reflectance<sub>ADD</sub> = مقدار عرض از مبدأ خط در معادله رگرسیون تبدیل DN به رفلکتانس موجود در متا دیتا

مقدار محاسبه شده برای رفلکتانس در رابطه فوق، دقیق نیست زیرا مقدار زاویه فراز خورشیدی (Solar(Sun) Elevation) در محاسبه لحاظ نشده است. می‌توان مقدار زاویه فراز خورشیدی را که مربوط به نادیر تصویر است، برای تمام نقاط تصویر به کاربرد یا برای هر پیکسل از تصویر، مقدار این زاویه را جداگانه محاسبه کرد. در این صورت مقدار زاویه فراز خورشیدی به صورت یک‌لایه اطلاعات درمی‌آید نه یک مقدار عددی برای زاویه مربوطه. در این پژوهش از اندازه زاویه فراز اظهار شده در فایل متا دیتای تصویر استفاده شده است. رابطه‌ای که مقدار واقعی انرژی بازتابی از سطح، در هر باند غیرحرارتی را محاسبه می‌کند به صورت زیر است:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda^*}}{\sin(\text{Solar\_Elevation})} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$\rho_{\lambda}$  = مقدار واقعی رفلکتانس در بالای اتمسفر

Solar(Sun)\_Elevation = مقدار زاویه فراز خورشیدی (موجود در فایل متا دیتا)

جهت تهیه مشتقاتی مانند شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index) و شاخص نرمال شده مناطق سوخته (Normalized Burn Ratio) و همچنین شاخص نرمال شده چند باندهای خشکی (Normalized Multi-band Drought Index) برای خاک و پوشش گیاهی و دیگر شاخص‌های مورد نیاز، از باندهای تصحیح شده استفاده گردیده است. در ادامه مبحث به تشریح شاخص‌های فوق پرداخته می‌شود. این شاخص‌ها با هم یا به تنهایی در الگوریتم‌های شیء‌گرایی تشخیص اسکار مورد استفاده واقع شده‌اند.

## شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI):

از آنجا که گیاهان سبزینه دار (Chlorophyll) مادون قرمز نزدیک را منعکس کرده اما قسمت قرمز طیف مرئی را جذب می‌کنند، شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی، از اختلاف میزان انعکاس در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک و نرمال سازی آن استفاده می‌کند. شاخص‌های پوشش گیاهی به‌طور گسترده به‌عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و فاکتورهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Shao and Duncan, 2007)؛ و از نسبت اختلاف بازتاب طیفی در باندهای مادون قرمز نزدیک و باند قرمز، به مجموع انعکاس در آن باندها به دست می‌آید. مقادیر منفی حکایت از وجود حالت‌هایی از آب در تصویر است. مقادیر مثبت که بین صفر تا یک هستند، مربوط به پوشش‌های گیاهی با غنا و تراکم‌های مختلف است. جنگل‌های پرباران حداکثر مقداری این شاخص را به خود اختصاص می‌دهند اما مقدار آن به +۱ نمی‌رسد. در فرمول محاسبه این شاخص باید از رفلکتانس استفاده شود:

$$NDVI = \frac{\rho_{0.85\mu m} - \rho_{0.7\mu m}}{\rho_{0.85\mu m} + \rho_{0.7\mu m}} \xrightarrow{\text{Landsat 8 Imageries}} \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه فوق مشخص است که در تصاویر لندست ۸، جهت محاسبه شاخص پوشش گیاهی، از رفلکتانس باندهای ۴ و ۵ استفاده گردیده است.

## شاخص نرمال شده نسبت سوختگی (NBR):

آتش‌سوزی جنگل یک پدیده انسان‌ساخت یا طبیعی است که منابع طبیعی را تخریب می‌کند، ذخایر زیستی را از بین می‌برد، سبب از بین رفتن تعادل محیط طبیعی منطقه می‌شود و مقادیر عظیمی گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کند. جامعه محققان، شاخص نرمال شده نسبت سوختگی را ابداع کرده‌اند تا شدت آتش‌سوزی را خصوصاً در جنگل‌ها اندازه‌گیری کنند. این شاخص از ویژگی‌های باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه استفاده می‌کند. در محاسبه این شاخص، از باندهای مادون قرمز نزدیک ۸۶۰ نانومتر و مادون قرمز موج کوتاه ۲۲۰۰ نانومتر استفاده می‌شود. این باندها به تغییرات پوشش گیاهی حساس هستند و لذا برای تشخیص آتش‌سوزی و هم‌چنین بازگشت پوشش گیاهی مناسب هستند. این شاخص باید به‌صورت حداقل یک جفتی به کار رود. یک شاخص سوختگی مربوط به قبل از آتش‌سوزی و دیگری مربوط به بعد از آتش‌سوزی باشد. از تفاضل مقادیر شاخص سوختگی قبل و بعد، مشخص‌کننده مناطق سوخته خواهد بود.

$$NBR = \frac{\rho_{0.86\mu m} - \rho_{2.20\mu m}}{\rho_{0.86\mu m} + \rho_{2.20\mu m}} \xrightarrow{\text{Landsat 8 Imageries}} \frac{\rho_5 - \rho_7}{\rho_5 + \rho_7} \quad \text{رابطه ۴}$$

در رابطه فوق به‌وضوح مشخص است که برای محاسبه شاخص مذکور از رفلکتانس باندهای ۵ و ۷ استفاده شده است. لذا در این تحقیق هنگام به کار بردن این شاخص، از نام NBR157 استفاده شده است.

## شاخص نرمال شده چند باندهای خشک‌سالی (NMDI):

شاخص نرمال شده چند باندهای خشک‌سالی، شاخصی برای نظارت بر رطوبت خاک و گیاه از فضا است. این شاخص از باند ۸۶۰ نانومتر به‌عنوان مرجع استفاده می‌کند. هم‌چنین به‌جای استفاده از یک باند جذب‌شونده توسط آب مایع، از دو باند جذب‌شونده توسط آب مایع به مرکزهای ۱۶۴۰ نانومتر و ۲۱۳۰ نانومتر استفاده می‌کند. این دو

باند به‌عنوان باندهای حساس به رطوبت خاک و گیاه استفاده می‌شوند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داده که با ترکیب اطلاعات از چندین کانال مادون‌قرمز و مادون‌قرمز کوتاه، NMDI حساسیت به شدت خشک‌سالی را افزایش داده و به‌خوبی برای برآورد رطوبت خاک و پوشش گیاهی مناسب است. طیف‌سنجی بازتابی خاک و بازتاب‌های حاصل از ماهواره، برای اعتبار سنجی سودمندی NMDI استفاده می‌شود. با این حال، کاربرد آن در مناطقی با پوشش گیاهی متوسط، نیازمند بررسی بیشتر است (Wang and Qu 2007).

$$NMDI = \frac{\rho_{0.86\mu m} - (\rho_{1.64\mu m} - \rho_{2.13\mu m})}{\rho_{0.86\mu m} + (\rho_{1.64\mu m} - \rho_{2.13\mu m})} \xrightarrow{\text{Landsat 8 Imageries}} \frac{\rho_5 - (\rho_6 - \rho_7)}{\rho_5 + (\rho_6 - \rho_7)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

لازم به یادآوری است که در رابطه فوق از رفلکتانس به جای DN استفاده شده است.

### انجام طبقه‌بندی شیء‌گرا و معرفی رولست‌های برتر

در پردازش شیء‌گرا، هنگامی که مجموعه‌ای از قطعه‌بندی‌ها، فرمول‌ها، شاخص‌ها و محاسبات باندی با اعمال آستانه‌های مناسب، منجر به انجام، دستوری بر روی تصویر یا اجزای آن می‌شوند، رولست (Rule Set) یا مجموعه قوانین نام می‌گیرند (Richards, 1995). در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در تصویر با مقیاس مشخص قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی بر اساس قطعه‌ها انجام می‌شود (Feizizadeh and Helali, 2009). از مزایای روش شیء‌گرا می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: افزایش دقت و صحت طبقه‌بندی، به علت استفاده هم‌زمان از اطلاعات طیفی و غیر طیفی؛ افزایش سرعت در طبقه‌بندی به علت پردازش موازی و استفاده از رولست‌ها؛ حفظ همگنی تصویر به دلیل استفاده از سگمنت‌ها به جای پیکسل‌ها، ضمن اینکه هیچ پیکسل طبقه‌بندی نشده‌ای باقی نمی‌ماند و فراهم کردن امکان استفاده از درجه عضویت به دلیل استفاده از منطق فازی که خود انجام طبقه‌بندی در موقعیت‌های پیچیده را ممکن می‌کند (Feizizadeh et al., 2017).

در پردازش تصویر، هر رولست مجموعه‌ای از تعاریف قوانین مربوط به داده است که برای ارزیابی داده‌ها استفاده می‌شوند و می‌توانند در دو سطح اعمال شوند: در سطح اشیاء تصویری ایجاد شده (Segments) توسط قطعه‌بندی یا در سطح پیکسل‌های موجود در تصویر. در هر دو صورت، (استفاده از پیکسل یا قطعه‌بندی)، فرایندها به صورت ترتیبی بر روی آن هدف اجرا می‌شوند و الگوریتم تعریف‌شده‌ای را بر روی هدف اجرا می‌کند. همچنین لازم به توضیح است که پیچیدگی بیشتر یک رولست الزاماً به معنای کارایی بالاتر آن نبوده و گاهی رولست‌های ساده‌تر نتایج به‌مراتب بهتری ارائه می‌دهند. برخی مزایای استفاده از رولست‌ها به جای قانون‌های تکی، در زیر آمده است:

۱. رولست‌ها بسیار سریع‌تر از قانون‌های تکی اجرا می‌شوند زیرا با استفاده از الگوریتم‌های پردازش منحصربه‌فرد، در چارچوب "اجرای موازی" اجرا می‌شوند.
۲. رولست‌ها طیف گسترده‌ای از اطلاعات آماری را فراهم می‌کنند و چندین نمایش خروجی را فراهم می‌کند، این کار به کاربر امکان می‌دهد تا بر روی رفع یک مشکل تمرکز کند به جای آن‌که بر روی مشکلات جزئی متعدد متمرکز شود (مثلاً در مورد هر سگمنت، مشخصات هندسی، مشخصات بافت، مشخصات طیفی و مشخصات سفارشی کاربر محاسبه شده و نمایش داده می‌شوند).

مطابق آنچه بیان شد، باندهایی از دو تصویر لندست که پیش‌پردازش‌های لازم روی آن‌ها انجام شده بود را به همراه مدل ارتفاعی دیجیتال و نقشه شیب و جهت شیب به نرم‌افزار eCognition Developer 9.0 وارد گردید. به منظور سهولت در اعمال فرمول‌ها و شاخص‌ها لایه‌های وارد شده مجدداً نام‌گذاری شدند. به منظور کسب بهترین نتایج در هر مورد از طبقه‌بندی‌ها، ابتدا پارامترهای مقیاس، شکل و فشردگی مناسب (که معمولاً نتیجه آزمون و خطا هستند)، برای قطعه‌بندی‌ها تنظیم شده‌اند. گاهی تغییرات جزئی در پارامتر مقیاس، سبب ظهور نوعی نویز در تصویر می‌شود. با کاهش تفکیک‌پذیری مکانی تصاویر، انتخاب پارامتر مقیاس کوچک‌تر و پارامتر فشردگی بالاتر، توصیه می‌شود. انتخاب تابع فازی مناسب، به شناخت کاربر از محدوده مقادیر یک شاخص یا طیف بستگی دارد ضمن اینکه آستانه (Threshold) مناسب برای قرار گرفتن در یک کلاس نیز باید به درستی مشخص گردد. هر تابع فازی مشخص می‌کند که با توجه به آستانه معرفی شده، هر قطعه (سگمنت یا پیکسل) تا چه اندازه برای عضویت در یک کلاس یا طبقه شایستگی دارند. مهم‌ترین توابع فازی استفاده شده در این تحقیق عبارت‌اند از MS-Large, Large و Near. MS و Gaussian. با توجه به استفاده از باندهای متعدد و شاخص‌های طیفی مشتق شده از آن‌ها، الگوریتم قطعه‌بندی چند تفکیکی (Multi Resolution Segmentation) مورد استفاده واقع شده است. از رولست‌هایی که به منظور استخراج اسکار به کار گرفته شده است نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده تکی یا ترکیبی از شیب دامنه‌ها و ارتفاع و شاخص پوشش گیاهی و ویژگی‌های بافت (توابع GLCM)
- استفاده از محاسبات باندی متعدد؛ (مثلاً ریشه سوم حاصل ضرب باندهای آبی، قرمز و سبز)
- استفاده تکی یا ترکیبی از شاخص‌های سوختگی، خشکی، پوشش گیاهی، درصد تغییرات باندها، درصد تغییرات و اختلاف ایجاد شده در مقدار شاخص‌ها، (مقایسه قبل و بعد)

به منظور دستیابی به بهترین رولست طبقه‌بندی کننده تصاویر به روش شیء‌گرا، طبقه‌بندی‌های متعددی صورت گرفت. در این تلاش‌ها که به منظور استخراج زخمه‌های آتش صورت گرفت، هم از لایه‌های اصلی (باندهای تبدیل شده به رفلکتانس) استفاده گردید و هم مشتقات آن‌ها مانند شاخص پوشش گیاهی، شاخص خشکی و شاخص‌های سوختگی به صورت تکی و ترکیبی مورد استفاده واقع شده‌اند. در مواردی از درصد تغییرات باندها، قبل و بعد از حریق استفاده شده است. از ویژگی‌هایی مانند تباین تصویر (کنتراست)، ویژگی‌های بافت تصویر و روشیابی نیز استفاده شده است. قابل توجه این‌که تمام رولست‌ها نتایج درخور توجهی بر روی تصاویر لندست ۸ ارائه نکردند. از بین بیش از ۳۰ مورد اجرای طبقه‌بندی شیء‌گرا با رولست‌های متنوع، جزئیات مربوط به اجرای ۸ مورد از اعمال رولست‌ها به تفکیک ارائه می‌گردد (جدول ۳). در همه موارد طبقه‌بندی به لایه‌های مورد استفاده، روش قطعه‌بندی، آستانه‌های اعمال شده، توابع فازی، فرمول‌ها اشاره شده است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی و ارزیابی صحت نیز به دنبال آن ارائه گردیده است. (شکل‌های ۳ تا ۱۰). لازم به ذکر است که در ۷ مورد اول تنها از یک ویژگی طیفی استفاده شده تا کارایی آن شاخص به‌تنهایی معلوم گردد. بدیهی است که استفاده ترکیبی از شاخص‌ها و حتی نحوه ترکیب آن‌ها یا ترتیب استفاده آن‌ها، به صورت چشم‌گیری سبب بهبود نتیجه طبقه‌بندی می‌شود. در جدول (۳)، پسوند pre\_ که در نام‌گذاری لایه‌های استفاده شده، مربوط به معنی قبل از آتش‌سوزی است و پیشوند post نیز به موارد بعد از آتش‌سوزی اشاره دارد.

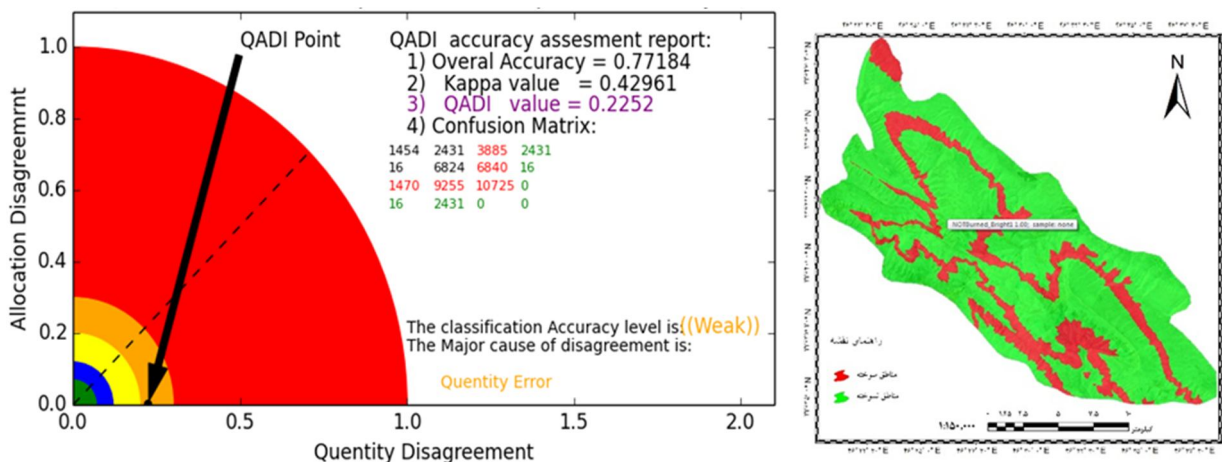
جدول ۳- جزئیات مربوط به طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصاویر لندست ۸، به منظور استخراج اسکار آتش‌سوزی

**Table 3-** Details related to the object-oriented classification of Landsat 8 images, in order to extract fire scars

آستانه‌ها	تابع فازی	فرمول شاخص مورد استفاده	روش قطعه‌بندی مقیاس/شکل/فشرده‌گی	ضرایب باندی	باندهای استفاده شده	شاخص مورد استفاده	
از ۸۹۰ تا ۹۸۵ (منطقه‌ی سوخته)	-	-	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۲،۱،۲	B_post, G_post, R_post, NIR_post, NBRI47_post, NDVI_post	روشنایی (Brightness)	۱
از ۰/۴۵ تا ۰/۶۱/۲ (منطقه‌ی سوخته)		$100 \times \frac{R_{pre} - R_{post}}{R_{pre}}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۱،۲	B_post, G_post, R_pre, R_post, NIR_post	درصد تغییرات رنگ قرمز	۲
بزرگ‌تر از ۰/۴۸ (منطقه‌ی سوخته)		$100 \times \frac{NIR_{pre} - NIR_{post}}{NIR_{pre}}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۱،۲،۲	B_post, G_post, R_pre, R_post, NIR_pre, NIR_post	درصد تغییرات مادون‌قرمز نزدیک (NIR)	۳
بزرگ‌تر از ۰/۵۲ (منطقه‌ی سوخته)	Large, MS-Large	$100 \times \frac{NRI57_{pre} - NRI57_{post}}{NRI57_{pre}}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۱،۲،۲	B_post, G_post, R_pre, R_post, NBRI_pre, NBRI_post	درصد تغییرات شاخص سوختگی اول (NBRI57)	۴
بزرگ‌تر از ۰/۳/۷ (منطقه‌ی سوخته)	MS-Large	$100 \times \frac{NRI47_{pre} - NRI47_{post}}{NRI47_{pre}}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۱،۲،۲	B_post, G_post, R_pre, R_post, NBRI47_pre, NBRI47_post	درصد تغییرات شاخص سوختگی دوم (NBRI47)	۵
تا ۰/۶ تا ۰/۱۵ (منطقه سوخته)	Near, Gaussian	$100 \times \frac{NDVI_{pre} - NDVI_{post}}{NDVI_{pre}}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۵ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۱،۲،۲	B_post, G_post, R_pre, R_post, NDVI_pre, NDVI_post	درصد تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI))	۶
توضیح (۱)	Near, MS-Large	$NMDI_{pre} - NMDI_{post}$	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۵ و ۰/۳ و ۰/۶	۲،۲،۱،۱،۱،۱	NIR_pre, NIR_post, SWIR1_pre, SWIR1_post, SWIR2_pre, SWIR2_post,	اختلاف شاخص خشکی NMDI	۷
توضیح (۲)	Large, MS-Large	-	تفکیک‌پذیری چندگانه ۰/۷ و ۰/۳ و ۰/۶	۱،۱،۱،۲،۲،۱	B_post, G_post, R_post, NIR_pre, NIR_post, NBRI57_post	درصد تغییرات + NIR NBRI57	۸

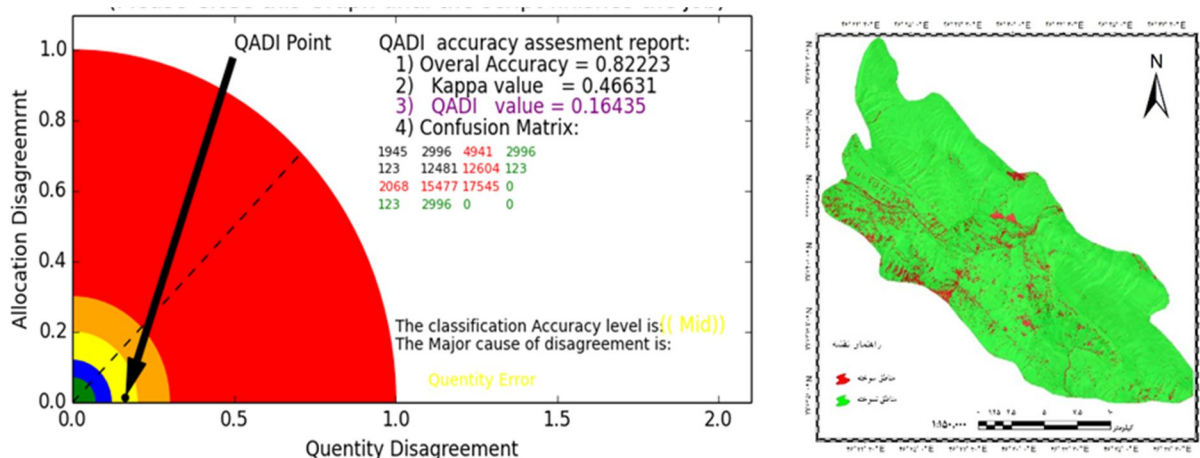
توضیح (۱): ابتدا نواحی با  $-0.02 < NMDI_{DIFF} \leq -0.245$  به عنوان کلاس اولیه CI تعریف گردید. از کلاس CI، نواحی کلاس  $CI_{NMDI_{PRE}}$  به عنوان کلاس نهایی اسکار تعریف شده است.

توضیح (۲): ابتدا، نواحی با % تغییرات NIR نزدیک ۰/۴۸ و بالاتر به عنوان کلاس CI تعیین شد. سپس از کلاس CI محدوده  $NBRI57 < ۰/۴۴$  و حذف No Data به عنوان کلاس نهایی اسکار ثبت گردید.



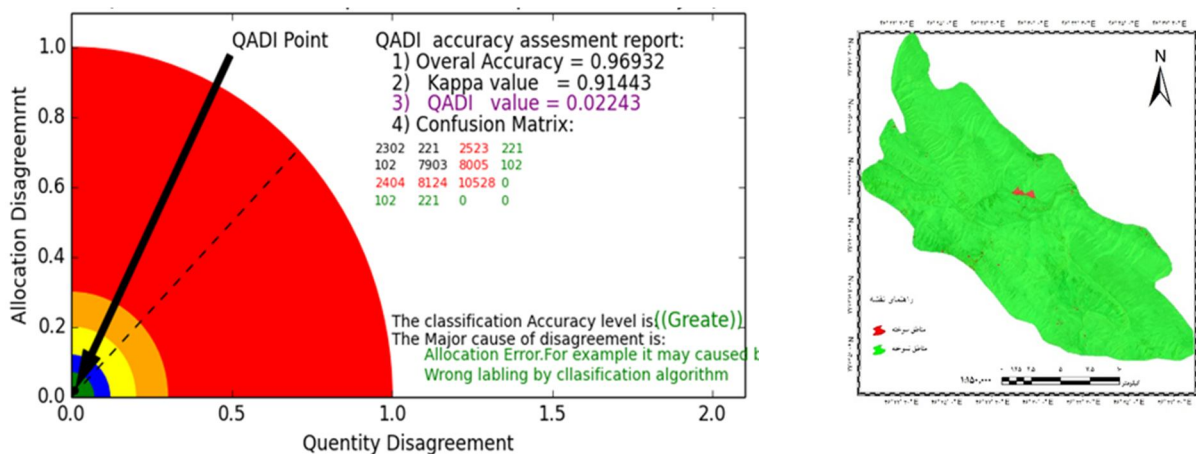
شکل ۳: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتایج گرافیکی و متنی ارزیابی صحت با شدت روشنایی (Brightness)

**Figure 3:** Map of the classification and graphic & text depiction of accuracy assessment with "Brightness"



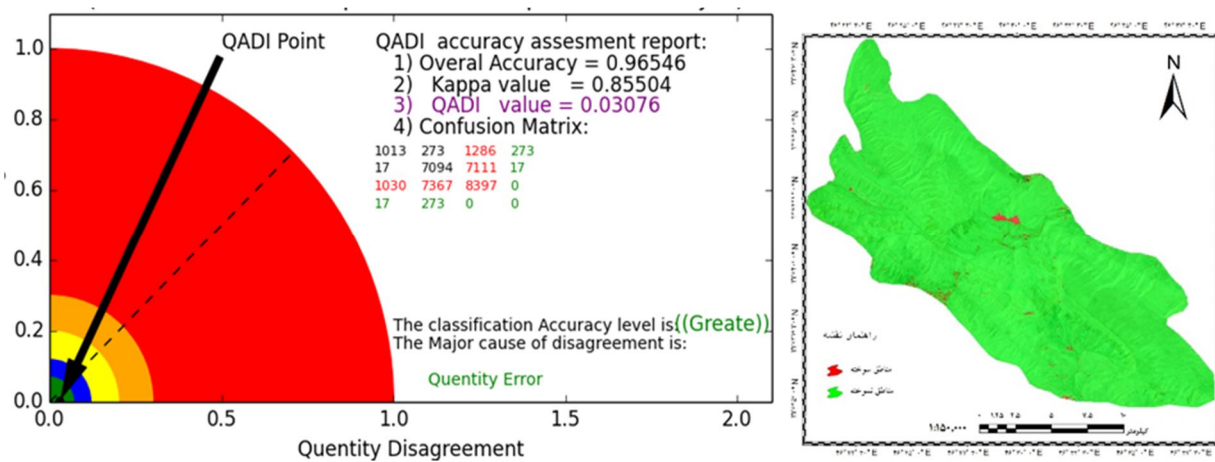
شکل ۴: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با درصد تغییرات باند قرمز

**Figure 4:** Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the R-band



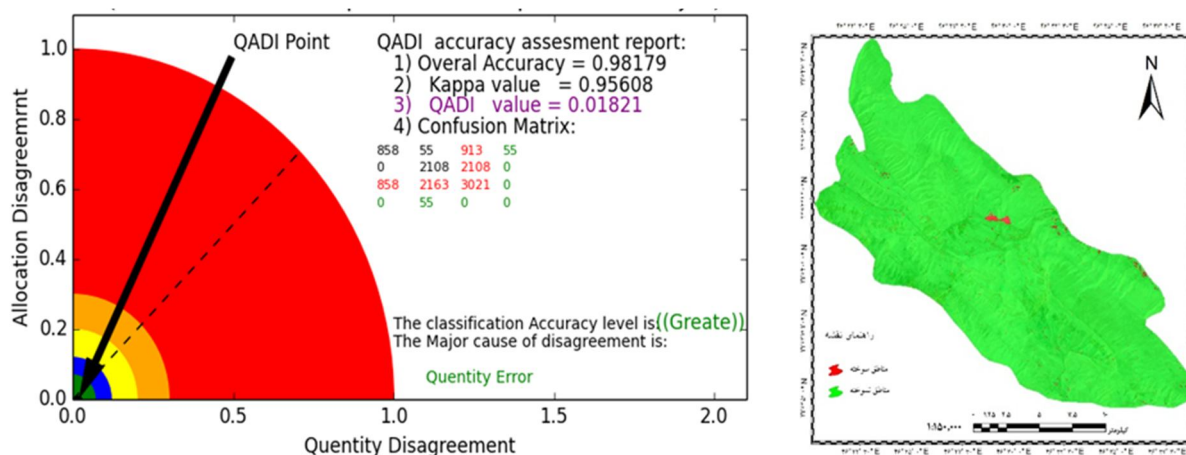
شکل ۵: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با درصد تغییرات باند مادون قرمز

**Figure 5:** Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the NIR-band



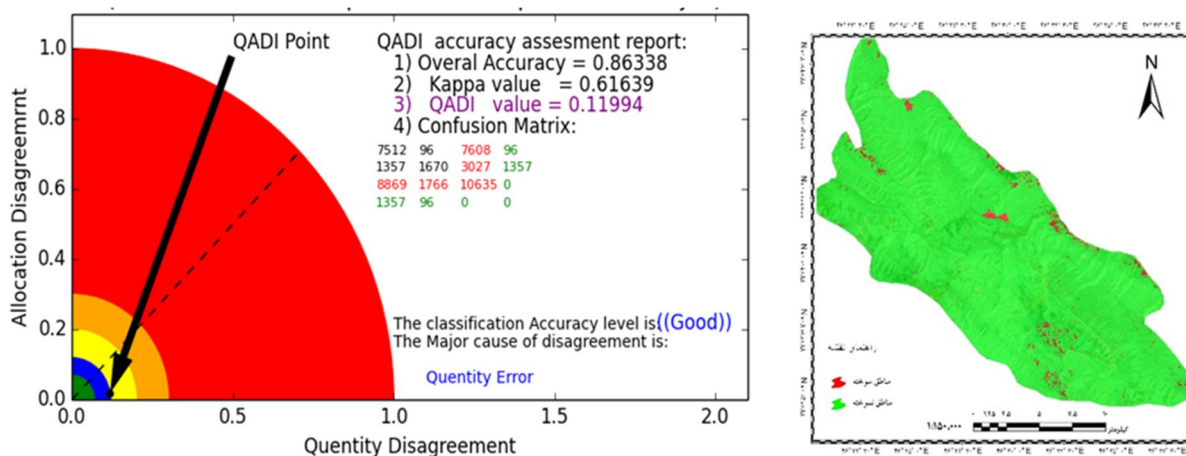
شکل ۶: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با درصد تغییرات شاخص سوختگی اول

Figure 6: Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the NBRI57



شکل ۷: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با درصد تغییرات شاخص سوختگی دوم.

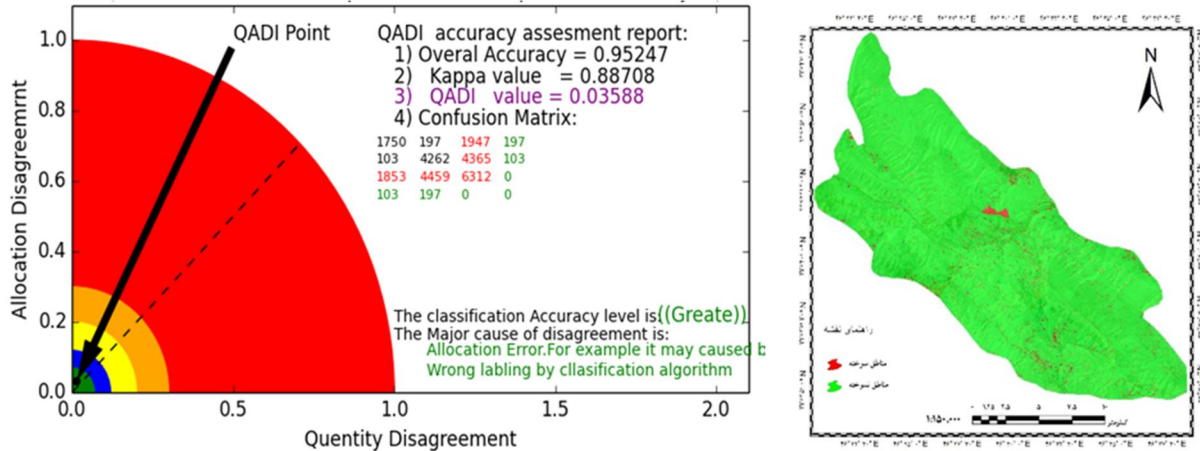
Figure 7: Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the NBRI47



شکل ۸: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با درصد تغییرات شاخص پوشش گیاهی

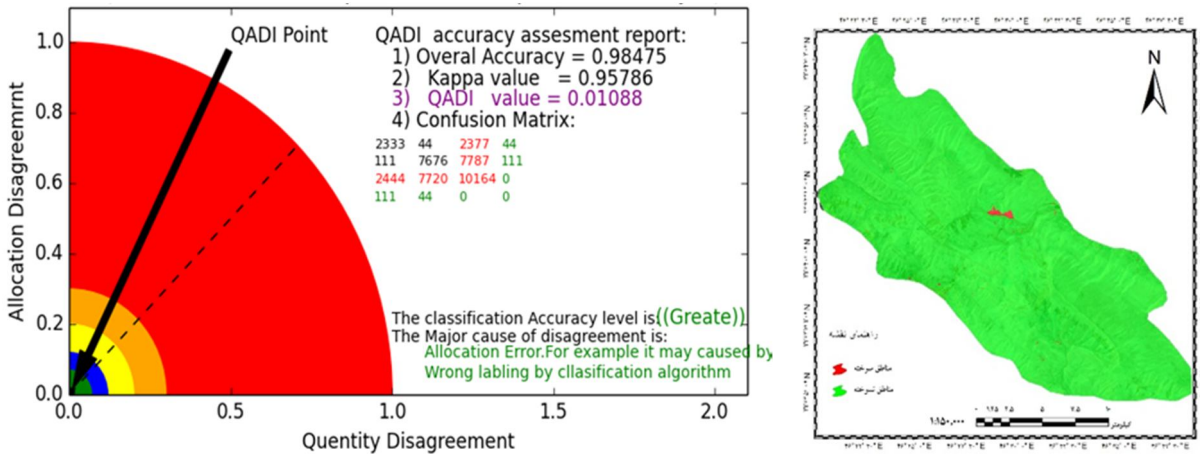
Figure 8: Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the NDVI





شکل ۹: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با اختلاف شاخص خشکی

Figure 9: Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the NMDI



شکل ۱۰: نقشه حاصل از طبقه‌بندی و نتیجه ارزیابی صحت طبقه‌بندی با ترکیب درصد تغییرات مادون‌فرمز نزدیک و شاخص سوختگی اول.

Figure 10: Classification map and result of accuracy assessment with change percentage of the combination of NIR & NBRI57

### انتخاب طبقه‌بندی بهینه

برای طبقه‌بندی‌های انجام‌شده که شرح آن‌ها گذشت، ارزیابی صحت با شاخص‌های کاپا و کادی انجام گردیده است؛ تا ضمن محاسبه شاخص‌های کلاسیک مانند صحت کلی و کاپا، مقدار و نمودار کادی نیز محاسبه و عرضه گردد. برای این منظور، پس از ارزیابی صحت توسط نرم‌افزار اصلی که طبقه‌بندی توسط آن صورت گرفته است، (در اینجا نرم‌افزار eCognition Developer 9.0) ماتریس خطای تولیدشده را در محیط آرکمپ به افزونه پایتون (Python Toolbox) که به این منظور طراحی گردیده، وارد گردیده است. خروجی‌های مربوطه که شامل صحت کلی، مقدار شاخص کاپا، مقدار شاخص کادی، ماتریس خطا و نمایش گرافیکی کادی می‌باشد و در هر مورد با فرمت PNG توسط افزونه تولید و ذخیره شده است. نقشه‌ی حاصل از طبقه‌بندی و نتایج ارزیابی صحت که در



شکل‌های (۳ تا ۹) ارائه گردیده است، برای انتخاب بهترین رول‌ست و بهینه‌ترین طبقه‌بندی مورد استفاده واقع گردیده است.

جدول ۴- مقایسه شاخص‌های ارزیابی صحت برای طبقه‌بندی‌های انجام شده

**Table 4-** Comparison of accuracy evaluation indices for the performed classifications

رتبه کل	رتبه در بین ۷ مورد اول	کادی (QADI)	کاپا (Kappa)	صحت کلی (O.A)	ویژگی پایه در رول‌ست
۸	۷	۰/۲۲۵	۰/۴۳	۰/۷۷	شدت روشنایی (Brightness)
۷	۶	۰/۱۶۴	۰/۴۶۶	۰/۸۲	باند قرمز (Red)
۳	۲	۰/۰۲۲	۰/۹۱۴	۰/۹۶۹	باند مادون قرمز نزدیک (NIR)
۴	۳	۰/۰۳۱	۰/۸۵۵	۰/۹۶۵	شاخص سوختگی اول (NBRI-57)
۲	۱	۰/۰۱۸	۰/۹۵۶	۰/۹۸۱	شاخص سوختگی دوم (NBRI-47)
۶	۵	۰/۱۲	۰/۶۱۶	۰/۸۶	شاخص پوشش گیاهی (NDVI)
۵	۴	۰/۰۳۶	۰/۸۸۷	۰/۹۵۲	شاخص خشکی (NMDI)
۱	-	۰/۰۱۱	۰/۹۵۸	۰/۹۸۴	ترکیب NIR و NBRI-47

از مقایسه مقادیر به دست آمده برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی (کاپا و کادی) در ارزیابی‌های فوق، نتیجه می‌شود که استفاده از NBRI47 با تابع فازی MS Large بهترین نتیجه را در جداسازی مناطق سوخته، از میان ۷ روش اول که تنها از یک ویژگی استفاده کرده‌اند را به خود اختصاص داده است. میزان شاخص کاپا ۰/۹۵۶ و مقدار شاخص کادی برای این طبقه‌بندی معادل ۰/۰۱۸ می‌باشد. استفاده از درصد تغییرات NIR با کاپای ۰/۹۱۴ و کادی ۰/۰۲۲ رتبه دوم را کسب کرده است و درصد تغییرات شاخص سوختگی NBRI57 با کاپای ۰/۸۵۵ و کادی ۰/۰۳۱ رتبه سوم بهترین عملکردها به خود اختصاص داده است. استفاده ترکیبی از درصد تغییرات NBRI47 و NIR نیز با تابع عضویت فازی Large و MS Large، با کسب مقدار ۰/۰۱۰ از شاخص کادی، دارای بهترین عملکرد در بین تمام رول‌ست‌ها بوده است و لذا به عنوان رول‌ست بهینه در طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصاویر لندست ۸ به منظور استخراج زخمه یا اسکار آتش‌سوزی شناخته می‌شود. این در حالی است که بکار بردن Brightness و درصد تغییرات باند قرمز و درصد تغییرات پوشش گیاهی به‌تنهایی، موفقیتی در جداسازی مناطق سوخته نداشته و به ترتیب ضعیف‌ترین عملکردها را داشته‌اند. تخصیص مقادیر ۰/۲۲۵ و ۰/۱۶۴ و ۰/۱۲۰ توسط افزونه پایتون مورد استفاده، به طبقه‌بندی‌های حاصل از اعمال این شاخص‌ها گویای عملکرد ضعیف آن‌ها به‌تنهایی در تشخیص زخمه‌ها در تصاویر لندست ۸ است.

#### مساحی نقشه طبقه‌بندی بهینه

پس از شناسایی بهترین طبقه‌بندی، کلاس مربوط به مناطق سوخته را با فرمت برداری (.shp). ذخیره کرده و به محیط ArcMap 10.3 منتقل گردیده است. با ادغام قطعه‌بندی‌ها، پلی‌گن مربوط به نواحی سوخته را تولید کرده و از ابزارهای محاسباتی ArcMap جهت محاسبه مساحت، استفاده شده است. مساحت اسکار در حدود ۶۳ هکتار

(۶۲/۷۵ هکتار) تشخیص داده شد. گرچه از نظر مساحت، کمتر از حریق‌های سال‌های پیش است، با این وجود به علت کهن سال بودن درختان بلوط در منطقه، جبران خسارت مذکور کار ساده‌ای نخواهد بود.

### صحت‌سنجی وقوع حریق با داده‌های نهادهای ذی‌ربط و تصاویر ماهواره‌ای

جهت صحت‌سنجی وقوع حرقی که زخمه آن در این تحقیق تشخیص داده شده است، به گزارش‌های اداره منابع طبیعی در شهرستان چرداول، رجوع شده است. در اداره مزبور سازوکار ثبت وقایعی نظیر حریق به صورت ثبت گزارشی است که حاوی زمان وقوع حریق، علت وقوع و یک یا چند نقطه برداشت شده توسط GPS دستی از منطقه می‌باشد. لذا وقوع حریق در تاریخ ۲۲ خرداد ۹۶ را تأیید و علت آن را آتش‌سوزی عمدی توسط فردی معلوم‌الحال عنوان کردند؛ اما مساحی جهت برآورد خسارت انجام نداده‌اند. از سوی دیگر، به آرشیو پایگاه WorldView ناسا و استفاده از نقشه آتش‌سوزی و بی‌نظمی‌های حرارتی از VIIRS مراجعه گردید. ثبت دو چشمه حرارتی نزدیک به هم در موقعیت زخمه مشخص شده و مربوط به تاریخ 2017 June 12 مصادف با ۲۲ خرداد ۹۶ تأیید دیگری بر وقوع حریق فوق است.



شکل ۱۱: صحت‌سنجی وقوع حریق توسط ماهواره

Figure 11: Verification of fire by satellite

### نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر باهدف آشکارسازی اسکار آتش‌سوزی در منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ، در مناطق جنگلی شمال استان ایلام، انجام شده است. برای انجام تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه سنجنش‌ازدوری با تفکیک‌پذیری متوسط، از ماهواره‌های لندست استفاده شده است. با تحلیل‌های صورت گرفته در این پژوهش، مشخص گردید که طبقه‌بندی شیء‌گرا، با دارا بودن امکاناتی مانند ایجاد تنوع در باندها و شاخص‌ها و هم‌چنین

امکان استفاده از توابع عضویت فازی به‌جای عضویت کلاسیک، سبب بالا بردن سطح اطمینان به طبقه‌بندی می‌شود. هم‌چنین روش شیء‌گرا سرعت بالاتری در پردازش تصویر دارد و این امر به دلیل استفاده از رول‌ست‌ها به‌جای پردازش‌های تکی است. لذا این روش دارای قابلیت‌های بالایی در طبقه‌بندی تصاویر سنجش‌ازدور است. درزمینه‌ی ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌ها، شاخص‌هایی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها کاپا می‌باشد. با توجه به انتقادهای وارد بر کاپا، ضرورت مداومت درزمینه‌ی ارتقاء شاخص‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی ویژه سنجش‌ازدور، بیش‌ازپیش حس می‌شود. لذا در این پژوهش علاوه بر شاخص کاپا از شاخص جدید و ایرانی کادی نیز استفاده‌شده است. از طرف دیگر، با وجود این‌که در کشورهایی با منابع جنگلی وسیع، تشخیص زخمه‌های آتش با تصاویر سنجش‌ازدوری سال‌هاست که استفاده می‌شود اما در کشور ما این زمینه علمی مهجور مانده است؛ لذا روش‌شناسی تشخیص اسکار آتش که در این پژوهش ارائه شد، حاوی نکات جدیدی درزمینه‌ی ارتقاء تکنیک، سرعت، صحت و دقت در استخراج زخمه‌های آتش‌سوزی است. (Arkhi, 2015). نیز روش شیء‌گرا را برای طبقه‌بندی پوشش‌های طبیعی با استفاده از داده‌های TM و ETM+ به کار گرفت، دقت طبقه‌بندی صورت گرفته با نرم‌افزار Idrisi، ۹۵ درصد بود. این روش به لحاظ این‌که متغیرهای طیفی و شکلی را در فرآیند طبقه‌بندی دخالت می‌دهد، به‌خصوص در نواحی که پدیده‌ها دارای تغییرات شکلی، بافتی و مکانی می‌باشند قادر به قطع‌بندی پدیده‌ها و عوارض می‌باشد و آن را می‌توان برای مطالعات کاربری اراضی به کار گرفت. در پژوهش‌های خارجی نیز ایستوود و همکاران، نتیجه گرفتند که در تصاویر اسپات، استفاده از مادون‌قرمز میانی به‌جای شاخص NDVI نتایج بهتری در تشخیص اسکار آتش ارائه می‌دهد. (Hudak and Brockett, 2009; Shao and Duncan, 2007). نیز برتری روش پارالل پایپ و آنالیز اجزای اصلی را برای استخراج اسکار آتش‌سوزی از تصاویر TM را نشان دادند. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد استفاده از تکنیک‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و بهره گرفتن از توابع فازی Large و MS-Large و تنظیم رول‌ست‌هایی که در آن‌ها از درصد تغییرات مادون‌قرمز نزدیک و شاخص سوختگی NBRI57 استفاده‌شده باشد، بهترین نتیجه را در استخراج اسکار آتش‌سوزی در تصاویر لندست ۸ خواهد داشت. از نظر تکنیکی، اگر ابتدا، نواحی درصد تغییرات NIR (مادون‌قرمز نزدیک) آن‌ها  $0.48$  و بالاتر باشد را به‌عنوان کلاس کاندید انتخاب نموده و سپس از کلاس کاندید محدوده‌ی  $NBRI57 < 0.44$  را انتخاب و پیکسل‌های NoData حذف گردند، صحت طبقه‌بندی بسیار زیاد خواهد بود. در این صورت انتظار می‌رود بتوان به کاپای  $0.95$  دستیافت که معادل با کادی  $0.01$  است و حاکی از طبقه‌بندی بسیار دقیق است. روش‌شناسی ارائه‌شده در این تحقیق برای محققان و کارشناسان محیط‌زیست و هم‌چنین سنجش‌ازدور بدیع و راهگشا خواهد بود.

## References

- Adab, H. K., Devi, K., & Solaimani, K. (2012). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazard*, 65(3), 1723-1743.
- Arkhi, S. (2015). Revealing land use-cover changes by object-oriented processing of satellite images using Idrisi Selva software. *Journal of Sepehr the Geographical Information Quarterly*, 95, 51-62. [In Persian]
- Asgari, Sh., Peyrowan, H., Shadfar, S., & Shooohani, N. (2022). Investigation and identification of plant species compatible with marl soil protection in Ilam city. *Journal of Geographical Space*, 77, 81-97. [In Persian]
- Darabi, S. (2017). Optimization of object-oriented classification accuracy assessment methods in fire scar detection in GIS environment (case study: Manshet and Qalarang protected area) [Master's thesis, Tabriz University].
- Fatemi, S. B., & Rezaei, Y. (2011). *Basics of remote sensing*. Tehran: Azadeh Pub. [In Persian]
- Feizizadeh, B., Darabi, S., Blaschke, T., & Lakes, T. (2022). QADI as a new method and alternative to Kappa for accuracy assessment of remote sensing-based image classification. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(12), 4443-4506. <https://doi.org/10.3390/s22124506>
- Feizizadeh, B., Helali, P. (2009). Comparison of pixel-based and object-oriented methods and influential parameters in land cover/use classification of West Azerbaijan. *Geographical Researches*, 71, 73-84. [In Persian]
- Feizizadeh, B., Pir Nazar, M., Zand Karimi, A., & Abedi Qeshlaghi, H. (2017). Evaluating the use of fuzzy algorithms in increasing the accuracy of land use maps extracted with object-oriented processing methods. *Journal of Sepehr the Geographical Information Quarterly*, 94, 107-117. [In Persian]
- Griffiths, P., Kuemmerle, T., Baumann, M., Radeloff, V.C., Abrudan, I.V., Lieskovsky, J., Munteanu, C., Ostapowicz, K., & Hostert, P. (2014). Forest disturbances, forest recovery, and changes in forest types across the Carpathian ecoregion from 1985 to 2010 based on Landsat image composites. *Remote Sensing of Environment*, 151, 72-88.
- HafezNia, M.R. (2009). *An introduction to research methodology in humanities*. SAMT Pub.
- Hashemi nasab, S.H. (2014). Forest fire risk monitoring using remote sensing and GIS, case study: Central Alborz Protected Forests [Master's thesis, Tabriz University]. Geography faculty. [In Persian].
- Hudak, A. T., & Brockett, B. H. (2004). Mapping fire scars in a southern African savannah using Landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(16), 3231-3243.
- Indratmoko, S., & Rizqihandari, N. (2019). Burn area detection using Landsat 8 OLI TIRS. *IOP Publishing*, 338(1), 1-9.
- Kamangar, M., & Sadidi, J. (2017). Evaluation of synoptic stations in the western regions of the country for the rating of non-active defenses using the FVICOR method. *Journal of Geographical Space*, 62, 1-17. [In Persian]
- Levin, N., & Heimowitz, A. (2012). Mapping spatial and temporal patterns of Mediterranean wildfires from MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 126, 12-26.
- McCray, G. (2013). **Assessing inter-rater agreement for nominal judgement variables**. Paper presented at the Language Testing Forum, Nottingham 2013, November 15-17.
- Mansouri, A.M., Kohzadi, G.R., & Sharifi, M. (2013). *Geography of Ilam province*. Iran Textbook Publishing Company: Tehran. [In Persian]
- Mansouri, A.M., Malekipour, M., Azizi, M., Nouri, A.A., Shirvani, Sh., & Bakhtiari, A. (2012). *Geography of Ilam province*. Iran Textbook Publishing Company. [In Persian]
- Nasi, R., Wunder, S., & Campos, A.J.J. (2002). **Forest ecosystem services: Can they pay our way out of deforestation?** CIFOR pub :london, Bogor, Indonesia.

- Richards, J.A. (1995). *Remote sensing digital image analysis*. Springer.
- Rostamzadeh, H., Darabi, S., & Shahabi, H. (2017). Revealing changes in the oak forest using object-oriented classification of multi-temporal Landsat images (a case study of forests in the north of Ilam province). *Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 8(2), 92-110. [In Persian]
- Shao, G., & Duncan, B.W. (2007). Effects of band combinations and GIS masking on fire-scar mapping at local scales in east-central Florida, USA. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 33(4), 250-259.
- Wang, L., & Qu, J. J. (2007). NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 34(20)110-1122., DOI: 10.1029/2007GL031021.

## Fire Scar Detection Using Object-Oriented Classification of Landsat Images (Case Study: Manshet and Kalarang Protected Area)

Sadrollah Darabi<sup>1\*</sup>, Vahid Rahmatinia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Master's Specialist in Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS & RS)

<sup>2</sup>Master's Specialist in Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS & RS), University of Tabriz.  
Email: darabisadra@gmail.com (corresponding Author)

### Abstract

The vegetative and animal habitat of the Zagros area during the dry seasons has always been threatened and destroyed by fire. The lack of advanced cartography facilities has made it difficult to record the location and extent of the destruction of the fires, as well as their impact on plant and animal species. Records of fire facts in terms of repeatability, susceptible species, and the extent to which the destruction of fire destroyed is a good source of information to be used in the zoning of fire risk and fire expansion modeling. This research is a methodology for extracting the former fires in satellite images and detecting fire scars in Manshet and Qalarang protected areas. This process has been done using Landsat images. Varied Object-Oriented algorithms and fuzzy logic functions are used to classify images in order to detect fire scars. Classification accuracy is evaluated with the new QADI index too. The combination of the near-infrared change-percent index and the NBRI burn index, along with the use of Large and MS-Large fuzzy functions, was identified as the best classification method. The QADI value was calculated as 0.01. The cartography of best classification result showed a 66.75 hectare fire. The fire occurrence confirmed by NASA's fire detection systems and the ground-based data. The methodology and results of this research are also important for experts and planners of natural resources and the environment, in addition to being able to be used in the remote-sensing sciences community.

### Introduction

Iran is one of the countries that faces a high risk of fire in forest areas. The average annual number of fires in Iran is 130 with the destruction of about 5400 hectares (Adab et al. 2012). Obtaining information on the amount of destruction of forests and pastures and even fields by fire, which mainly occurs in hot and dry seasons every year, can be very important in the field of prevention, damage estimation and identification of potentially high-risk areas of fire (Darabi, 2017). A lot of research has been done with the help of remote sensing in recent years, which identifies areas with different percentages of fire risk before a fire occurs. In order to verify the accuracy of these predictions, remote sensing can also be used to detect the fire scar, even long after its occurrence. Vegetation has diverse functions. For example, the dense cover of pasture species in some Marni areas has caused soil stability in these areas (Asgari et al. 2022). Therefore, the goals that are followed from fire scar detection are also diverse. Among other things, identifying susceptible areas in the field of passive defense is an unavoidable necessity. The western region of the country is also one of the main regions of the country that is always exposed to threats and needs to be evaluated from a defense perspective (Kamangar and Sadidi, 2017). Also, examining the frequency (repetition) of fire in an area in many years, studying the effect of various factors such as the neighborhood with settlements or the passage of roads, the area of the damaged area and the estimation of the damages, identifying the fire-resistant plant and forest species that have grown in the area after the fire. and dominate, as well as identifying the species that replace the previous plant species after a fire, are among the goals of studying scars (Darabi, 2017). Identification of fire scars using satellite images with medium resolution, such as Landsat images, depends on the classification of images with sufficient accuracy and precision. In order to evaluate the correctness of image classification, which is widely used in remote sensing research with various algorithms and goals, there are various indicators. Some of these indicators, such as Cohen's Kappa, have a distorted validity despite their long-term and widespread use.

## Methodology

Preparation of basic information layers: due to the occurrence of fire almost every year in Manshet and Qalarang protected area, the fire that happened at the end of June 2016 is investigated. According to the 16-day time interval of Landsat 8, a frame of Landsat 8 images dated June 22, which is before the fire, has been prepared. Also, a frame of Landsat 8 images from July 7, which was taken during the satellite's next pass over the area and after the fire, has been prepared. Both images were downloaded and used from the United States Geological Survey. According to the climate of the region in the dry months, the cloudiness of the images is close to zero. In order to provide the possibility of using non-spectral indicators, a digital elevation model map frame with a resolution of 12.5 meters was prepared from the PALSAR sensor on the ALOS satellite.

## Results and Discussion

Landsat satellite images have been geometrically corrected after downloading; Because despite the same coordinate system and image system that was considered for layering Marbod to the limit of the protected area and satellite images, there was some displacement. The amount of cloud cover in both satellite images was equal to zero. This is normal due to the climate of the region in the dry season. Then, the Landsat images were layered according to the mask area, and radiometric corrections (overall) were performed on the spectral subset, including bands 2 to 9. In order to obtain the amount of reflective energy above the atmosphere in non-thermal bands or TOA Reflectance, it was used according to the existing instructions about Landsat 8 images and the quantities included in the metadata file.

## Conclusions

The current research was carried out with the aim of revealing the scar of fire in the protected area of Manshet and Qalarang, in the forest areas in the north of Ilam province. Landsat satellites have been used to conduct research on multi-temporal remote sensing satellite images with medium resolution. With the analysis carried out in this research, it was found that object-oriented classification, by having facilities such as creating diversity in bands and indices, as well as the possibility of using fuzzy membership functions instead of classical membership, increases the level of confidence in classification. Also, the object-oriented method has a higher speed in image processing, and this is due to the use of rulesets instead of single processes. Therefore, this method has high capabilities in classifying remote sensing images. In the field of evaluating the accuracy of classifications, there are indicators, the most important of which is kappa. Considering the criticisms on Kappa, the necessity of continuity in the field of improving the classification accuracy evaluation indicators for remote sensing is felt more and more. Therefore, in this research, in addition to the Kappa index, the new and Iranian Kadi index has also been used. On the other hand, despite the fact that in countries with vast forest resources, the detection of fire wounds with remote sensing images has been used for years, but in our country, this scientific field has remained abandoned; Therefore, the fire scar detection methodology presented in this research contains new points in the field of improving the technique, speed, accuracy and precision in the extraction of fire scars. (Arkhi, 2015). also used the object-oriented method to classify natural covers using TM and ETM+ data, the accuracy of the classification done with Idrisi software was 95%. This method involves spectral and shape variables in the classification process, especially in the areas where the phenomena have shape, texture and spatial changes, it is capable of segmenting the phenomena and complications, and it can be used for land use studies. In foreign research, Eastwood et al. concluded that in spot images, using mid-infrared instead of NDVI index provides better results in fire scar detection. Hudak and Brockett, Shaw and Dunkin, also demonstrated the superiority of the parallel pipe method and principal component analysis for fire scar extraction from TM images. Based on the results of this research, it seems that the use of object-oriented classification techniques and the use of Large and MS-Large fuzzy functions and the setting

of rulesets in which the percentage of near-infrared changes and the burn index of NBRI57 are used have the best results in extracting fire scars in It will have Landsat 8 images. From a technical point of view, if first, the areas with NIR (near infrared) change percentage of 48% and above are selected as candidate class, and then the range with  $NBRI57 > 0.44$  is selected from the candidate class and the NoData pixels are removed, the classification accuracy is very high. will be. In this case, it is expected to reach a kappa of 95%, which is equivalent to 0.01 CADI and indicates a very accurate classification. The methodology presented in this research will be innovative and pioneering for environmental researchers and experts as well as remote sensing.

**Keywords:** Kadi, Eskar Fire, Objectar, Fazi, Manshet and Qalarang