نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸

Vol.7, No.4, Winter 2020

۱۹۳ -۲۱٤

مقاله پژوهشی

به‌کارگیری الگوریتم‌های آشکارسازی هدف در سری زمانی مستخرج از تصاویر چندطیفی *Sentinel-2* به منظور پهنه‌بندی گیاهان دارویی (مطالعه موردی: گیاه بادام کوهی)

ایمان شاکری*[1]، علیرضا صفدری نژاد[2]، مرضیه جعفری[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشگاه تفرش

۲- استادیار گروه ژئودزی و مهندسی نقشه برداری، دانشگاه تفرش

۳- استادیار گروه ژئودزی و مهندسی نقشه برداری، دانشگاه تفرش

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰

چکیده

امروزه گیاهان دارویی از جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد و سلامت جامعه برخوردارند و به دلیل آنکه بخش زیادی از این گیاهان به صورت خودرو می‌باشند، بنابراین پهنه‌بندی این گیاهان با هدف بهره‌برداری بهینه از آنها، ضروری می‌باشد. راهکارهای سنتی پهنه‌بندی به دلیل دقت و سرعت کم، از کارایی لازم برخوردار نبوده و لزوم ایجاد یک روش جدید احساس می‌شود. داده‌های سنجش از دوری به دلیل در برداشتن اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی از پدیده‌های سطح زمین، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف از جمله آشکارسازی اهداف برخوردارند. در این مقاله از روش‌های آشکارسازی هدف شامل کمینه‌سازی مقید انرژی (*CEM*)، فیلتر انطباقی (*MF*)، فیلتر انطباقی تنظیم‌شده طیفی (*ASMF*) و تخمین‌زننده انطباق همدوسی (*ACE*) به منظور آشکارسازی گیاه بادام کوهی در سری زمانی تصاویر ماهواره سنتینل-۲ استفاده شده است. در این روند ابتدا به کمک یک فیلترگذاری اولیه، عوارض نامطلوب (مناطق غیرمحتمل رویش گیاه) از سری زمانی تصاویر حذف می‌شود. سپس به کمک بهینه‌سازی فراابتکاری، ویژگی‌های بهینه از سری زمانی به منظور کاهش بعد و افزایش دقت آشکارسازی، شناسایی می‌شود. نقشه آشکارسازی نهایی از طریق تلفیق وزندار نتایج کسب شده از هر نمونه آموزشی با سهم تعلق متفاوت از هدف تولید می‌گردد. ارزیابی تعمیم‌پذیری راهکار پیشنهادی به کمک ویژگی‌های بهینه انتخاب شده، در منطقه‌ای دیگر و به کمک نقشه واقعیت زمینی صورت پذیرفت. در این بررسی از منحنی مشخصه عملکرد سیستم (*ROC*) و مساحت زیر منحنی (*AUC*) جهت ارزیابی نتایج استفاده شد. در مرحله بهینه‌سازی به منظور انتخاب ویژگی، شاخص *AUC* برای تمام روش‌های آشکارسازی مورد استفاده بیشتر از ۰٫۹۹ بدست آمد. بهترین نتایج کسب شده در این فرایند به روش آشکارسازی *CEM* اختصاص داشت که توانست دقت‌های ۰٫۹۹۳ و ۰٫۸۴۶ را به ترتیب در روند بهینه‌سازی و ارزیابی مستقل کسب کند. نتایج این تحقیق از قابلیت سری زمانی تصاویر چندطیفی سنتینل-۲ به منظور آشکارسازی اهدافی همچون گیاهان دارویی حکایت دارد.

کلید واژه‌ها : آشکارسازی هدف، سنجنده فضایی سنتینل-۲، سری زمانی، پهنه بندی، بادام کوهی.

* نویسنده مکاتبه کننده: شهرستان تفرش دانشگاه تفرش گروه ژئودزی و مهندسی نقشه‌برداری.

تلفن: ۰۹۳۵۹۵۱۹۷۰۴

Email: Geo95.shakeri@tafreshu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

۱- مقدمه

امروزه با توسعه علوم پزشکی، گرایش به مصرف گیاهان دارویی رشد زیادی داشته است. علاوه بر مصرف این گیاهان در طب سنتی، در علوم پزشکی نوین نیز از گیاهان دارویی به عنوان مواد اولیه در ساخت داروهای مدرن نیز استفاده می‌شود[۱]. بر این اساس درکشورهای در حال توسعه و حتی صنعتی، تولید گیاهان دارویی و اقلام دارویی مشتق شده از آنها به عنوان محصولات سلامت محور و با بازده اقتصادی بالا در دستورکار فعالان اقتصادی قرار گرفته است [۲].

طیف گسترده‌ای از گیاهان دارویی بصورت خودرو رشد کرده که هر ساله بخش زیادی از آن به دلیل عواملی همچون: ۱- چرای دام، ۲- بهره‌برداری نادرست و بی‌رویه، ۳- عدم وجود برنامه زمانی مناسب جهت استحصال، ۴- عدم امکان شناسایی دقیق تمامی رویشگاه‌های طبیعی بصورت سنتی و ۵- دشواری دسترسی (مناطق کوهستانی و کویری) از بین می‌روند. با توجه به صرفه اقتصادی تولید گیاهان دارویی و به منظور استفاده حداکثری از این منابع با ارزش، نیاز به پهنه‌بندی این گیاهان به عنوان یک ضرورت احساس می‌شود. به طور معمول، بهره‌گیری از دانش و تجربه افراد بومی و محیطبانان، استفاده از روش‌های تحلیلی-آماری و همچنین بکارگیری تخصص کارشناسان منابع طبیعی، راهکارهای رایج به منظور شناسایی و به تبع آن بهره‌برداری از منابع گیاهان دارویی محسوب می‌شود [۳، ۴ و ۵]. بدیهی است که این روش‌ها به واسطه: ۱- گستردگی پهنه جغرافیایی رویشگاه، ۲- پراکندگی و تنک بودن رویش این گیاهان، ۳- صعب العبور بودن مناطق، ۴- هزینه‌های زمانی و مالی زیاد و ۵- تغییرات اقلیمی، از کارایی و دقت مناسبی برخوردار نیستند. وجود یک نقشه دقیق و به‌روز از پراکندگی گیاهان دارویی می‌تواند به مدیریت، احیاء و بهره‌برداری هرچه بهتر از این منابع ارزشمند کمک کند.

امروزه فن‌آوری سنجش از دور یکی از رایج‌ترین شیوه-های جمع‌آوری اطلاعات سریع و مستقیم از سطح زمین محسوب می‌شود. داده‌های سنجش از دوری به دلیل در برداشتن اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی از پدیده‌های سطح زمین، کاربردهای فراوانی در حوزه‌های مختلف از جمله محیط زیست، علوم جوی، آلودگی آب، کشاورزی، زمین شناسی، پدیده‌های آتشفشانی، معدن و مدیریت منابع طبیعی برخوردارند [۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. در این بین، کشف و آشکارسازی هدف[1]، یک رویکرد پردازشی رایج به منظور استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش از دوری ابرطیفی محسوب می‌شود. منظور از هدف در این رویکردهای پردازشی به پدیده مکانی خاص اطلاق شده که با معلوم بودن پاسخ طیفی آن انتظار می‌رود الگوریتم‌های آشکارساز آن را در تصاویر ابرطیفی شناسایی نموده و از سایر پدیده‌ها (پس‌زمینه) جداسازی نمایند. به طور کلی در یک دسته‌بندی می‌توان روش‌های آشکارسازی هدف را به دو دسته: ۱- راهکارهای نیازمند به رفتار طیفی پس‌زمینه (*LSU*[2]، *NCLS*[3]، *SCLS*[4]، *FCLS*[5]، *OSP*[6]، تخمین تنک[7] و ...) و ۲- راهکارهای بدون نیاز به طیف پس‌زمینه (*MF*[8]، *SAM*[9]، *ACE*[10]، *CEM*[11]، *LCMV*[12] و ...) تفکیک نمود. تاکنون از روش‌های ذکر شده در هر دو حوزه آشکارسازی اهداف با وسعت بیش از یک پیکسل و اهداف زیرپیکسلی استفاده شده است [۱۴].

با توجه به اهمیت پهنه‌بندی گیاهان دارویی برای استفاده حداکثری و همچنین توانایی فناوری سنجش از دور در آشکارسازی اهداف، این پژوهش معطوف به شناسایی و پهنه‌بندی گیاهان دارویی به کمک فناوری

[1] *Target Detection*
[2] *Linear Spectral Unmixing*
[3] *Nonnegatively Constrained Least Squares*
[4] *Sum-to-one Constrained Least Squares*
[5] *Fully Constrained Least Squares*
[6] *Orthogonal Subspace Projection (OSP)*
[7] *Sparse Representation*
[8] *Matched Filtering (MF)*
[9] *Spectral Angel Mapper (SAM)*
[10] *Adaptive Coherence Estimator (ACE)*
[11] *Constrained Energy Minimization (CEM)*
[12] *Linearly Constrained Minimum Variance (LCMV)*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

سنجش از دور می‌باشد. پراکندگی بالا و ابعاد کوچک گیاهان دارویی به شکلی است که امکان ایجاد پیکسل-های خالص از آن در تصویر ضعیف است. بنابراین، مساله شناسایی هدف در این تحقیق در زمره روش‌های زیرپیکسلی قرار خواهد گرفت.

تا به امروز، تحقیقات متنوعی به منظور کشف و شناسایی اهداف در تصاویر سنجش از دور انجام شده است. سیدین و همکاران در سال ۲۰۱۳، به منظور کشف و شناسایی چشمه‌های هیدروکربن، از روش‌های آشکارسازی *MTMF*[1]، *MF*، *CEM*، *ACE* و تصاویر ماهواره هایپریون استفاده کردند [۱۵]. رحیم‌زادگان در سال ۲۰۱۴، به منظور آشکارسازی معادن آهن در منطقه سمنان از روش‌های آشکارسازی هدف استفاده کرد. او از تصاویر ماهواره استر و روش‌های (*HUD*، *GLRT*[2]، *OSP*، *ACE*، *CEM*، *MF*، *SAM*)، استفاده نمود *[۱۶]*. لویان و همکارش در سال ۲۰۱۵، با هدف استخراج توزیع آب‌های سطحی از روش آشکارسازی *CEM* و تصاویر ماهواره لندست-۸ استفاده کردند *[۱۷]*. کاماچو و همکاران در سال ۲۰۱۶، یک مطالعه نسبی از روش‌های آشکارسازی هدف بر روی مزارع کشاورزی (نیشکر، قهوه، کاکائو، درخت پالم و مرکبات) کشور کلمبیا انجام دادند. در این راستا از الگوریتم‌های *OSP*، *SAM*، *MF*، *CEM*، *ACE* و تصاویر ماهواره هایپریون استفاده شده است *[۱۸]*. یانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸، جهت آشکارسازی محدوده آب‌های سطی در مناطق شهری از تلفیق روش آشکارسازی *CEM* و شاخص‌های طیفی استفاده نموده‌اند *[۱۹]*. گنگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۸ از روش بهبود یافته *CEM* به منظور آشکارسازی اهداف در سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کردند. ضرب کرونکاگر سیگنال‌های زمانی هر مقطع زمانی، راهکار بهبود دقت آشکاسازی در این روش بوده که دقت‌های کسب شده از آن تفاوت‌های محسوسی نسبت به زمان عدم بکارگیری این روش پیشنهادی را نشان داده است *[۲۰]*.

تا به امروز بیشتر تحقیقات صورت گرفته در زمینه آشکارسازی هدف، معطوف به استفاده از این روش‌ها در تصاویر چندطیفی و ابرطیفی تک زمانه بوده است. با توجه به محدودیت دسترسی به تصاویر ابرطیفی با حد تفکیک مکانی بالا در کشور و همچنین در اختیار بودن رایگان تصاویر چندطیفی ماهواره‌ای سنتینل-۲ که از حد تفکیک مکانی متوسطی برخوردارند؛ استفاده از این تصاویر به منظور پهنه‌بندی گیاهان دارویی در دستورکار این تحقیق قرار گرفته است البته به واسطه حد تفکیک طیفی پایین تصاویر سنتینل-۲ در قیاس با تصاویر ابرطیفی، احتمال عدم وجود تمایز طیفی میان یک گیاه خاص با سایر گیاهان در تصاویر تک‌زمانه وجود خواهد داشت. بر این اساس، معیار تمایز گیاهان در این تحقیق، تفاوت در فنولوژی آنها انتخاب شده و بدین ترتیب پاسخ طیفی گیاه در طول زمان، جایگزین عدم تفکیک‌پذیری تصاویر تک‌زمانه چندطیفی شده است؛ به عبارت بهتر، به واسطه تمایز گیاهان در طول دوره رشد می‌توان انتظار پاسخ طیفی متفاوت در زمان‌های مختلف را به عنوان راهکار آشکارسازی اهداف گیاهی در سری‌های زمانی تصاویر سنجش از دوری در نظر گرفت.

به طور خلاصه ایده اصلی این مقاله، آشکارسازی گیاه بادام کوهی به کمک روش‌های آشکارسازی هدف در سری زمانی تصاویر سنتینل-۲ می‌باشد. برای نیل به این هدف، ابتدا فرامکعبی متشکل از سری زمانی باندها و شاخص‌های طیفی مستخرج از تصاویر سنتینل-۲ در بازه سال ۲۰۱۷ تولید شد. در ادامه از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک با هدف کاهش ابعاد داده و انتخاب ویژگی‌های بهینه استفاده شد. در نهایت، باندها وشاخص‌های طیفی بهینه در روند آشکارسازی گیاه دارویی بادام کوهی مورد استفاده قرار گرفت. مهمترین جنبه‌های نوآورانه‌ی این تحقیق را می‌توان: ۱- آشکارسازی گیاه دارویی بادام کوهی به کمک داده‌های

[1] *Mixture Tuned Matched Filter*
[2] *Generalized Likelihood Ratio Test*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

سنجش ازدوری و ۲- بکارگیری روش‌های آشکارسازی هدف در سری‌زمانی متشکل از باندها و شاخص‌های طیفی برشمرد.

مقاله حاضر در چهار بخش اصلی تنظیم شده است. بعد از بخش نخست به عنوان مقدمه در بخش دوم، پس از معرفی داده‌های مورد استفاده و روش‌های آشکارسازی هدف، روش پیشنهادی تشریح شده است. در بخش سوم نتایج پیاده‌سازی ارائه و در مورد آنها بحث قرار گرفته است. در نهایت بخش چهارم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات اختصاص دارد.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش، ابتدا گیاه بادام کوهی و فنولوژی آن معرفی شده است. مبانی نظری آشکارسازی هدف، شامل روش‌های مورد استفاده و نحوه ارزیابی عملکرد در ادامه بیان شده و بخش سوم به معرفی داده‌های مورد استفاده و پیش پردازش‌ها اختصاص دارد. در انتها نیز ساختار روش پیشنهادی معرفی شده است.

۲-۱- گیاه دارویی بادام کوهی

بادام کوهی [1]یا آلوک، درختچه‌ای خوش‌منظر است که ساقه‌های آن ایستا و سبز رنگ، برگ‌هایش باریک و کوچک، ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متر و قطر تاج پوششی آن به ۱ تا ۲ متر می‌رسد. این گیاه به عنوان اولین درختچه گل‌دهنده در فصل بهار با گل‌هایی درشت و سفید رنگ، مناظر بی‌بدیلی را به تماشا می‌گذارد. سطح برگ گیاه در فصل بهار زیاد است؛ اما وقتی که دانه و میوه تشکیل شود برگ‌ها به تدریج می‌ریزند ولی همچنان گیاه در طول سال سبزینگی خود راحفظ می‌نماید. شکل (۱) نمایی از گیاه بادام کوهی به همراه روند فنولوژیکی آن را نمایش می‌دهد.

میوه‌های بادام کوهی در خرداد ماه رسیده و پس از شیرین‌سازی مصرف خوراکی خواهند داشت. صمغ و روغن این گیاه در تهیه محصولات بهداشتی و غذایی کاربرد دارد. از ساقه جوان و ایستای این درختچه در تهیه سبدهای دستی استفاده می‌شود. از دیگر خواص آن می‌توان به کمک در جلوگیری از وقوع سیلاب در مناطق کوهستانی،کنترل فرسایش خاک و تخریب اراضی در بسیاری از مناطق جغرافیایی با شیب بالا اشاره داشت [۲۱].

بادام کوهی در اکثر مناطق کوهستانی خشک و نیمه خشک ایران رشد می‌کند. استان مرکزی به لحاظ قرار گرفتن در زاویه‌ی برخورد دو رشته کوه البرز و زاگرس، شرایط آب و هوایی مناسبی جهت رویش بادام کوهی دارد.

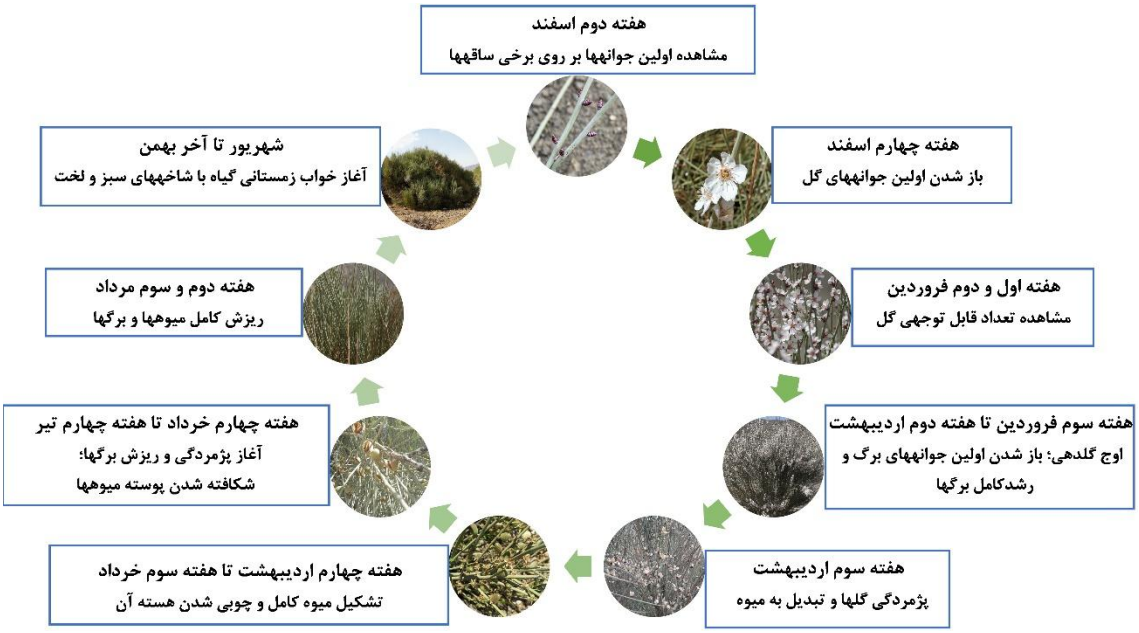
۲-۲- مبانی نظری آشکارسازی هدف

با توجه به محور تحقیق پیش‌رو مبنی بر بکارگیری روش‌های آشکارسازی هدف به منظور شناسایی یک گونه خاص از گیاه در سری زمانی مستخرج از تصاویر سنتینل-۲، در این بخش پس از معرفی الگوریتم‌های آشکارسازی هدف مورد استفاده، روش‌های ارزیابی عملکرد آشکارسازهای هدف تشریح شده است.

همان‌طور که در بخش مقدمه بدان اشاره شد؛ روش‌های آشکارسازی هدف در تصاویر ابرطیفی با دو رویکرد دراختیار بودن و عدم وجود اطلاعات از رفتار طیفی عناصر پس‌زمینه توسعه یافته‌اند. در این تحقیق با توجه به احتمال در دسترس نبودن رفتار طیفی-زمانی عناصر پس‌زمینه، استفاده از روش‌های آشکارسازی مبتنی بر عدم نیاز به رفتار طیفی- زمانی عناصر پس‌زمینه به عنوان محور آشکارسازی هدف انتخاب شده است. این روش‌ها بترتیب شامل: ۱- روش کمینه‌سازی مقید انرژی (*CEM*)، ۲- فیلتر انطباقی (*MF*)، ۳- فیلتر انطباقی تنظیم‌شده‌ی طیفی (*ASMF*) و ۴- تخمین‌زننده‌ی انطباق همدوسی (*ACE*) می‌باشند. سازوکار روش‌های ذکر شده از شباهت‌هایی برخوردار بوده که عملکرد هر کدام از آنها در این تحقیق مورد آزمون واقع شده است. در ادامه روابط مربوط به هر روش به همراه توضیحات مختصری از هر یک ارائه شده است.

[1] *Amygdalus Scoparia*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۱: فنولوژی گیاه بادام کوهی

۱) روش کمینه سازی مقید انرژی *(CEM)*

در این روش، یافتن یک بردار وزن (w^{CEM}) به منظور کمینه کردن مجموع مربعات پاسخ حاصل از اعمال آن به نمونه‌های طیفی (انرژی) در دستورکار قرار دارد (رابطه(۱)). پاسخ این بردار در مواجهه با طیف هدف (d) از پیش مشخص بوده و این پاسخ به عنوان قید در روند برآورد w^{CEM} مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در رابطه (۱)، R ماتریس همبستگی تصویر ورودی و L بعد فضای ویژگی می‌باشد. با حل مسأله بهینه‌سازی رابطه (۱) بردار w^{CEM} به شکل رابطه (۲) قابل محاسبه خواهد بود [۲۲].

رابطه (۱)
$$\min\{W^{CEM^T} R_{L\times L} W^{CEM}\} \; subjected \text{ to } d^T W^{CEM} = 1$$

رابطه (۲)
$$w^{CEM} = \frac{R_{L\times L}^{-1} d}{d^T R_{L\times L}^{-1} d}$$

۲) روش کسینوس انطباقی *(ACE)*

در این روش، رابطه (۳) کسینوس زاویه‌ی طیفی میان نمونه‌ی مورد آزمون (x) با طیف هدف مبنای شباهت نمونه‌ی طیفی با هدف در نظر گرفته می‌شود. در براورد این کمیت زاویه‌ای ماتریس کواریانس (Γ) تصویر بعنوان تنسور لحاظ شده است [۲۳].

رابطه (۳)
$$D^{ACE}(x) = \frac{(d^T \Gamma^{-1} x)^2}{(d^T \Gamma^{-1} d)(x^T \Gamma^{-1} x)}$$

۳) روش فیلتر انطباقی (*MF*)

تفاوت این روش با *CEM* در بکارگیری ماتریس کوواریانس بجای ماتریس همبستگی تصویر ورودی و انتقال مبدا فضای ویژگی به مرکز ثقل فضای گسترش یافته توسط تمامی نمونه‌های موجود در فضای ویژگی است [۲۴]. رابطه (۴) عملگر این روش را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

$$D^{MF}(x) = \frac{(d-\mu)^T \Gamma^{-1}(x-\mu)}{(d-\mu)^T \Gamma^{-1}(d-\mu)}$$ رابطه (۴)

در این رابطه، μ بردار تبیین کننده مرکز ثقل نمونه‌های فضای ویژگی است.

۴) روش فیلتر انطباقی طیفی تنظیم شده *(ASMF)*

این روش با هدف تقویت سیگنال‌های هدف و محدود کردن پیکسل‌های پس‌زمینه بر روی روش *CEM* توسعه یافته است. این روش از ضرب نتیجه عملگر *CEM* در یک فاکتور A^n بدست می‌آید.

$$ASMF_{(x)} = CEM(x).A^n \quad A = \left|\frac{(x^T R^{-1} d)}{(x^T R^{-1} x)}\right|$$ رابطه (۵)

فاکتور A^n عنوان یک عامل تنظیم کننده، احتمال هدف بودن یک سیگنال را نشان می‌دهد، و n یک فاکتور از پیش تعریف شده بین ۰ تا ۴ بوده که می‌تواند جدایی بین اهداف واقعی و پیکسل‌های آنامولی را افزایش دهد. هنگامی که $n = 0$ باشد، خروجی *ASMF* برابر *CEM* می‌شود. با این روش، پیکسل‌های شبیه به هدف که توسط *CEM* استخراج شده‌اند؛ مجدداً تقویت می‌شود. اما پیکسل‌های غیر هدف با یک انرژی بزرگ کاهش می‌یابند *[۲۵]*. در این تحقیق مقدار n معادل ۲ انتخاب شده است.

ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکارسازی به دلیل ماهیت ذاتی آن، مساله‌ای بسیار دشوار است چرا که تشخیص آشکارسازی اغلب شامل جستجو برای یافتن تعداد کمی از پیکسل‌های هدف در یک صحنه بزرگ است *[۲۶]*. متداول‌ترین روش برای ارزیابی دقت آشکارسازی، مقایسه واقعیت‌های زمینی با نتایج آشکارسازی است. استفاده از منحنی مشخصه عملکرد و مقدار سطح زیر این منحنی، به ترتیب به عنوان دو معیار کیفی و کمی از عملکرد آشکارساز قلمداد می‌شود. به منظور ارزیابی نتایج این تحقیق از این دو معیار استفاده شده است *[۳۷]*.

۲-۳- داده‌های مورد استفاده و پیش پردازش‌ها

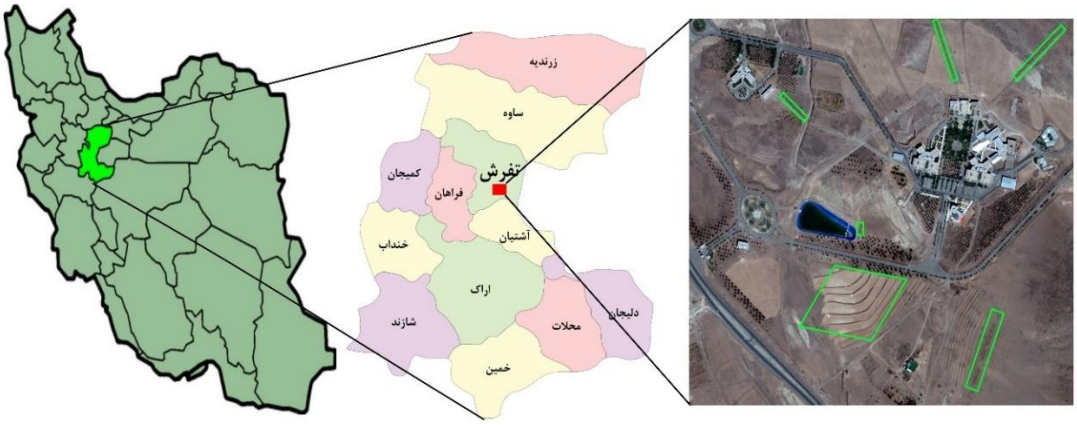
در این بخش ابتدا منطقه مورد مطالعه معرفی شده سپس نحوه جمع آوری اطلاعات زمینی تشریح شده است. در انتها نیز داده‌های مورد استفاده، پیش‌پردازش‌ها و نحوه تولید سری زمانی ارائه شده است.

۲-۳-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق محدود به پهنه دانشگاه تفرش بعنوان یکی از شهرستان‌های استان مرکزی بوده که از شمال به ساوه، از جنوب و غرب به اراک و از شرق به قم محدود می‌شود. مساحت شهر تفرش حدود ۲۷۹۲ کیلومتر مربع است. ارتفاع میانگین این شهرستان ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و در عرض ۳۴ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و طول ۵۰ درجه و ۱ دقیقه شرقی قرار دارد. در این شهر سالانه بطور متوسط ۲۷۰ میلیمتر نزولات جوی گزارش شده است. موقعیت جغرافیایی شهرستان تفرش و منطقه مورد مطالعه در شکل (۲) دیده می‌شود. محل انجام آزمون‌های این تحقیق سایت دانشگاه تفرش بوده که در مناطقی از آن گیاه بادام کوهی بصورت خودرو رشد می‌نماید. وسعت سایت دانشگاه ۱۰۰ هکتار و محل آن در طول جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۰ دقیقه ۴۵ ثانیه و عرض جغرافیایی۵۰ درجه ۳ دقیقه ۶ ثانیه واقع شده است. مناطق حضور بادام کوهی با تراکم بیشتر در شکل (۲) بصورت نواحی سبز رنگ مشخص شده است. هرچند که در سایر نواحی نیز این گیاه بصورت تک بوته و با وسعت کم قابل مشاهده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی شهرستان تفرش و منطقه مورد مطالعه

۲-۳-۲- تولید نقشه واقعیت زمینی

جمع آوری داده‌های واقعیت زمینی این گیاه بدلیل پراکندگی بالا در مناطق وسیع امری دشوار بوده ولی با این‌حال در منطقه مورد مطالعه بیشتر مکان‌های متراکم رویش این گیاه، از طریق عملیات زمینی شناسایی و به کمک *GPS* تعیین موقعیت شد. منطقه مورد مطالعه به همراه نقشه واقعیت زمینی برای مناطق متراکم این گیاه در شکل(۳) مشاهده می‌شود. محل‌هایی که حضور این گیاه بصورت تک بوته و با وسعت اندک (کمتر از ۱/۵ مترمربع) بوده از روند تولید نقشه واقعیت زمینی حذف شده‌اند. همان‌طور که در شکل (۳ - الف) مشاهده می‌شود؛ منطقه تحت پوشش داده‌ها به دو زیربخش منطقه آموزشی (کادر قرمز) و منطقه ارزیابی (کادر زرد) تفکیک شده است. از داده-های منطقه آموزشی و واقعیت زمینی متناظر با آن برای فرایند بهینه‌سازی و یافتن ویژگی‌های بهینه در فرایند آشکارسازی هدف استفاده شده و نتیجه تعمیم-پذیری راهکار توسعه یافته در این تحقیق در منطقه‌ی ارزیابی مورد صحت‌سنجی قرار گرفته است. در شکل (۳ - ب) محدوده دانشگاه تفرش بر روی تصویر سنتینل-۲ ارائه شده و شکل (۳ - پ) نقشه باینری واقعیت زمینی می‌باشد.

شکل ۳: الف) تصویر گوگل ارث (منطقه آموزشی با کادر قرمز رنگ و منطقه آزمون با کادر زرد)، ب) ترکیب رنگی (*NIR-R-G*) سنتینل-۲ در فصل بهار، پ) تصویر باینری واقعیت زمینی مربوط به موقعیت اهدف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

۲-۳-۳- داده‌های مورد استفاده، پیش‌پردازش‌ها و تولید سری زمانی

ماهواره سنتینل-۲ بخشی از برنامه کوپرنیک[1] آژانس فضایی اتحادیه اروپا است که با هدف جمع‌آوری اطلاعات از زمین طراحی و در مدار قرار گرفته است. داده‌های این ماهواره پس از چند مرحله پیش پردازش و انجام تصحیحات رادیومتریکی و هندسی به صورت یک تصویر قائم از مقادیر بازتاب بالای اتمسفر[2] در غالب محصول سطح *1C* به کاربر عرضه می‌شوند. در ادامه، کاربران قادرند با انجام تصحیحات اتمسفری بر روی این سطح، تصویری قائم با بازتاب بالای سطح زمین[3] را تولید نمایند *[۲۷]*. حد تفکیک مکانی ۱۳ باند طیفی این سنجنده ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر بوده که در این تحقیق از باندهای طیفی با حد تفکیک مکانی ۱۰ متری (باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) جهت تولید سری زمانی باندها و شاخص‌های طیفی استفاده شده است. تصاویر استفاده شده در این تحقیق مربوط به نیمه دوم سال ۲۰۱۷ میلادی بوده که قبل از بکارگیری در تولید سری زمانی از نقطه نظر وجود برف و ابر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. دلیل انتخاب نیمه دوم سال میلادی، روند متمایز فنولوژیکی گیاه بادام کوهی می‌باشد. سبزینگی موثر گیاه بادام کوهی در فصل پاییز و زمستان و همچنین روند از دست رفتن برگ‌ها و میوه‌دهی در اواخر بهار را می‌توان به عنوان جنبه‌های متمایز این گیاه در این بازه‌ی زمانی قلمداد نمود. وجود پوشش برف در زمستان و عدم تمایز فاحش طیفی بادام کوهی در فصل بهار نسبت به سایر گیاهان در باندهای طیفی مورد استفاده از تصاویر سنتینل-۲، دلایل عدم انتخاب شش ماهه نخست سال میلادی در تولید سری زمانی می‌باشند. شکل(۴) زمان اخذ داده تصویری در تولید سری زمانی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل(۴) مشهود است؛ مجموعه‌ای متشکل از ۱۵ تصویر در تولید سری زمانی مشارکت داشته‌اند. تصحیحات اتمسفری و توپوگرافی این تصاویر همگی در محیط نرم‌افزار اختصاصی پردازش تصاویر سنتینل (اسنپ[4]) صورت پذیرفته است.

در ادامه به منظور تولید فرامکعب تصویر، علاوه بر باندهای طیفی ذکر شده، مجموعه‌ای از شاخص‌های مرتبط با خاک، آب و پوشش گیاهی تولید شده است. این اقدام با هدف غنی‌تر ساختن داده‌های اولیه و افزایش احتمال تفکیک پذیر بودن آنها در روند آشکارسازی هدف صورت پذیرفته است. در جدول (۱) شاخص‌های تولیدی از باندهای مورد استفاده از سنجنده سنتینل معرفی شده است.

در جدول (۱)، *NIR* باند ۸، *R* باند ۴، *G* باند ۳ و *B* باند ۲ در تصاویر سنتینل-۲ می‌باشند. این چهار باند و شاخص‌های تولید شده از آنها حد تفکیک مکانی معادل با ۱۰ متر را برخوردارند. بر این اساس با تولید ۱۲ شاخص معرفی شده برای هر مقطع زمانی از سری زمانی، یک مکعب داده با ۲۴۰ ویژگی و باندطیفی برای محدوده مورد مطالعه ساخته شد.

[1] بزرگترین برنامه جهانی برای مطالعه و بررسی زمین می‌باشد که ابتکار عمل مشترک کمیسیون اروپا و آژانس فضایی اروپا است.

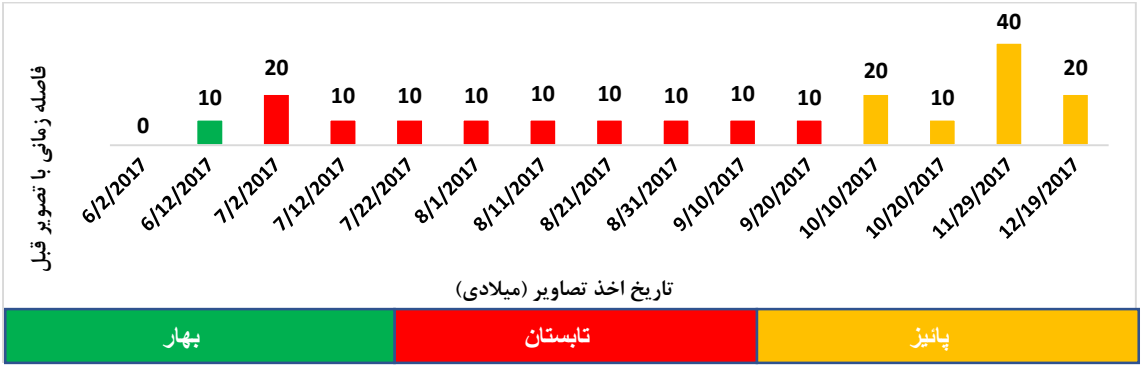
[2] *Top-Of Atmosphere (TOA) reflectance*

[3] *Top-Of Surface (TOS) reflectance*

[4] *Sentinel Application Platform (SNAP)*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۴: تاریخ تصاویر مورد استفاده

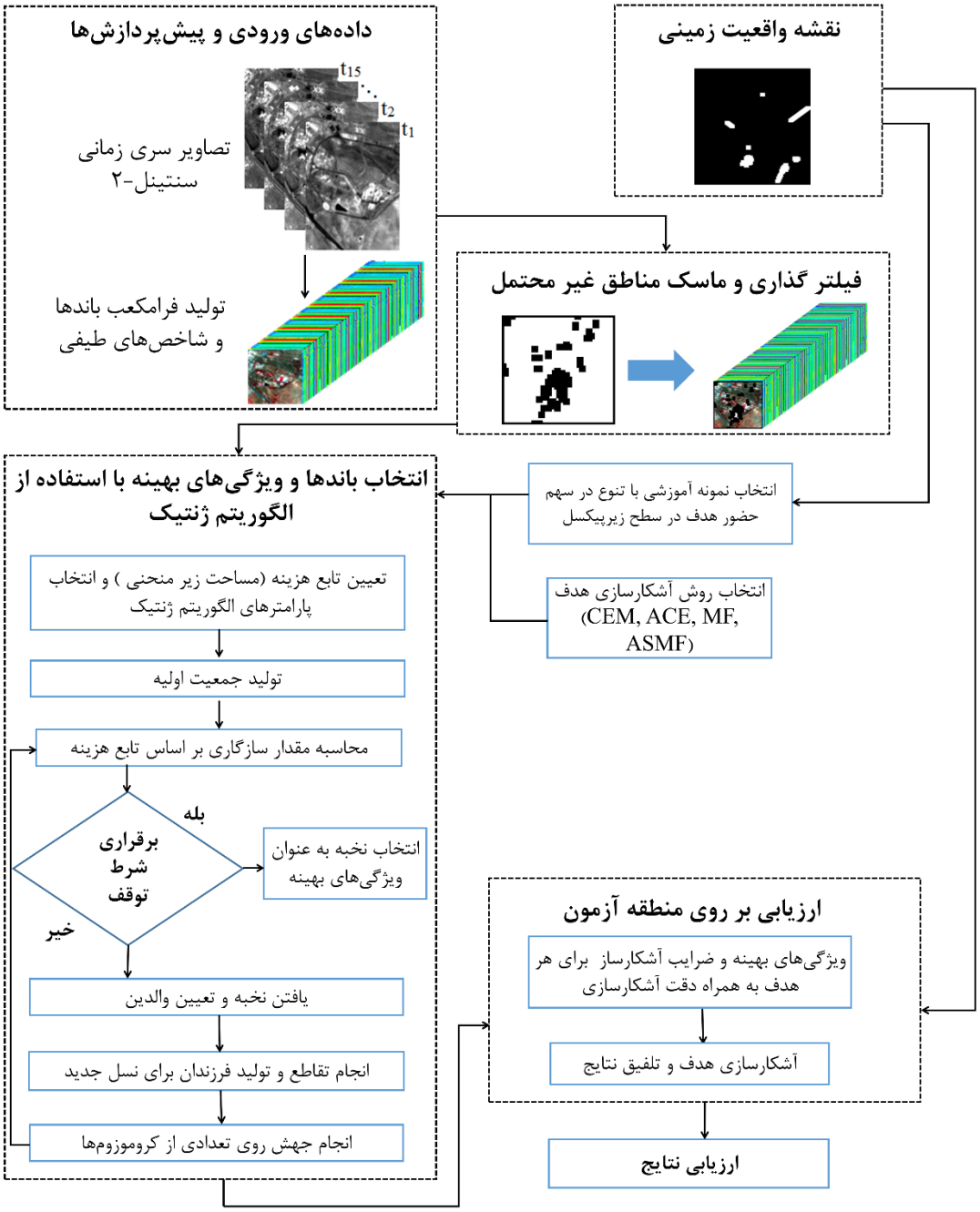
جدول ۱: شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	اختصار شاخص	رابطه	نام و مرجع
۱	***SAVI***	$1.5\times((NIR-R)/(NIR+R+0.5))$	*Soil Adjusted Vegetation Index, Huete (1998)*
۲	***DVI***	NIR/R	*Difference Vegetation Index, Jordan (1969)*
۳	***PVI***	$0.707\times(NIR-R)$	*Perpendicular Vegetation Index, Richardson et al. (1977)*
۴	***WDVI***	$NIR-0.5\times R$	*Weighted Difference Vegetation Index, Clevers (1988)*
۵	***MSAVI***	$0.5\times((2\times NIR+1)-\sqrt{((2\times NIR+1)^2-8\times(NIR-R))})$	*Modified Soil Adjusted Vegetation Index, Qi et al .(1994)*
۶	***GNDVI***	$(NIR-G)/(NIR+G)$	*Green Normalized Difference Vegetation Index, Buschmann, C(1993)*
۷	***NDVI***	$(NIR-R)/(NIR+R)$	*Normalized Difference Vegetation Index, Rouse et al. (1974)*
۸	***IPVI***	$(NDVI+1)/2$	*Infrared Percentage Vegetation Index, Crippen (1990)*
۹	***BI2***	$\sqrt{(R^2+G^2+NIR^2)/3}$	*Brightness Index, Escadafal (1989)*
۱۰	***NDWI***	$(G-NIR)/(G+NIR)$	*Normalized Difference Water Index, Gao (1996)*
۱۱	***VARI***	$(G-R)/(G+R)$	*Visible Atmospherically Resistant Index, Gitelson, A et al. (2002)*
۱۲	***GCC***	$G/(R+G+B)$	*Green Chromatic Coordinate, Woebbecke, D.M et al. (1995)*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

۳- روش‌شناسی راهکار پیشنهادی

این بخش به تشریح راهکار پیشنهاد شده به منظور آشکارسازی گیاه دارویی بادام کوهی اختصاص داشته که روند آن به صورت فلوچارت شکل (۵) قابل مشاهده است.



شکل ۵: مراحل انجام تحقیق

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

مطابق با شکل (۵)، روند اجرای روش پیشنهادی از سه گام اصلی تشکیل شده است. بعد از آماده‌سازی سری زمانی باندها و ویژگی‌های طیفی، در گام نخست جداسازی پهنه‌های مکانی مستعد حضور گیاه بادام کوهی و حذف سایر مناطق با احتمال رخداد پایین حضور هدف در دستورکار قرار دارد. در گام دوم با معرفی چند نمونه‌ی آموزشی از رفتار طیفی-زمانی هدف، باندها و ویژگی‌های موثر در آشکارسازی هدف از پس‌زمینه به کمک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک به ازای هر سیگنال از هدف شناسایی می‌شوند. در گام سوم از روند اجرای این تحقیق، بعد از تعیین ویژگی‌های بهینه و برآورد ضرایب آشکارساز برای هر یک از نمونه‌های آموزشی، آشکارسازی هدف در مناطق آزمون به اجرا رسیده است. در این مرحله نیز به منظور افزایش توان آشکارسازی هدف، راهکاری مبتنی بر تلفیق نتایج کسب شده از هر نمونه آموزشی (ویژگی‌های بهینه و ضرایب فیلترهای انطباقی آشکارساز) پیشنهاد شده است. در ادامه هر گام از روش پیشنهادی در قالب زیربخش‌های ۳-۱، ۳-۲ و ۳-۳ به تفصیل تشریح شده است.

۳-۱- شناسایی مناطق مستعد حضور گیاه بادام کوهی

هنگام استفاده از روش‌های آشکارسازی هدف، کاهش پیچیدگی توزیع نمونه‌های پس‌زمینه در فضای ویژگی به عنوان یکی از عوامل کسب نتایج دقیق‌تر قلمداد می‌شود [۲۸]. وجود تنوع بالا در پدیده‌های حاضر در صحنه تصویر و تمایز بالا در رفتار طیفی-زمانی آنها می‌تواند صحت و اعتبار کمیت‌های آماری پارامتریک مستخرج از نمونه‌های موجود در فضای ویژگی را کاهش دهد. به عبارت بهتر، تنوع بالا در کلاس‌های موجود در فضای ویژگی، اعتبار تعمیم یک ماتریس کواریانس را به عنوان نماینده رفتار آماری نمونه‌های موجود در فضای ویژگی می‌کاهد. بر این اساس، حذف و ساده‌سازی نمونه‌های موجود در فضای ویژگی با هدف افزایش اعتبار کمیت‌های آماری مستخرج از آن، می‌تواند صحت نتایج آشکارسازی هدف را بهبود دهد. با این رویکرد، در اولین گام از روش پیشنهادی، حذف مناطقی که احتمال حضور هدف (گیاه بادام کوهی) در آنها پایین بوده در دستورکار قرار گرفت. برای این منظور، رفتار طیفی و زمانی مناطق رویش گیاه مورد بررسی قرار گرفت و متناسب با آن دو قید منطقی و قابل تعمیم برای این مناطق شناسایی شد.

با توجه به حد تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده (۱۰ متر)، رخداد پیکسل‌های خالص از گیاه بادام کوهی از احتمال بالایی برخوردار نیست. از آنجایی‌که این گیاه عموماً در مناطق دشت و بایر رشد می‌کند؛ عمده پوشش‌های گیاهی نواحی مجاور آن به گیاهان خودرو اعم از علف‌های هرز و بوته‌های خار اختصاص دارد. سبزینگی این گیاهان (پس‌زمینه) در طول زمان و بعد از فصل بهار به تدریج کاهش یافته و به سمت خشک شدن پیش می‌روند. ضمن اینکه با توجه به جغرافیای محل رویش این گیاهان، تراکم بالایی از آنها مورد انتظار نخواهد بود؛ بنابراین روند کاهشی در سبزینگی بین فصل بهار و زمستان و همچنین عدم رخداد سبزینگی متراکم در فصل سبز سال به عنوان قیود منطقی در جداسازی مناطق مستعد رویش انتخاب شده است. این دو قید در سری زمانی شاخص *NDVI* بصورت رابطه (۷) اعمال شده است.

$$NDVI_i\left(i = all\ times\right) < 0.3 \text{ and } NDVI_{Winter} - NDVI_{Spring} < 0 \qquad \text{رابطه (۷)}$$

در رابطه(۷)، $NDVI_{Spring}$ شاخص تفاضلی گیاهی نرمال شده مربوط به تاریخ ۲ ژوئن ۲۰۱۷ از سری زمانی و $NDVI_{winter}$ مربوط به همان شاخص در تاریخ ۱۹ دسامبر ۲۰۱۷ انتخاب شده است. مقدار ۰٫۳ نیز در این روابط بر اساس بازه‌بندی استاندارد شاخص *NDVI*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

برای زمین‌های با پوشش گیاهی تنک در نظر گرفته شده است [۲۹].

با اعمال قیود ذکر شده در رابطه(۷) از حضور مناطقی همچون: ۱- پوشش گیاهی متراکم، ۲- مناطق پایدار و بدون تغییر در شاخص *NDVI* و ۳- مناطق آبی، به عنوان پهنه محتمل حضور گیاه بادام کوهی جلوگیری می‌شود. بدیهی است که این اقدامات صرفاً جنبه پالایشی داشته و بخش‌های زیادی از خاک توأم با پوشش گیاهی را در بر خواهد گرفت؛ اما انتظار می‌رود تا حد زیادی از پیچیدگی فضای ویژگی بواسطه کاهش در تنوع کلاس‌های واقع در صحنه تصویر کاسته شده و به تبع آن، آماره‌های مستخرج از ماتریس کواریانس یا همبستگی تولید شده از نمونه‌های باقیمانده به توزیع آماری نرمال نزدیکتر شوند. راهکارهای مشابهی مطابق با این رویکرد نیز در تحقیقات گذشته گزارش شده است [۳۰].

۳-۲- بهینه‌سازی به منظور شناسایی ویژگی‌های موثر

با توجه به تعداد بالای باندها و ویژگی‌های مستخرج در سری زمانی تولید شده توسط تصاویر سنتینل-۲، انتخاب ویژگی‌ها و باندهای موثر به منظور کسب نتایج بهتر در روند آشکارسازی هدف ضروری خواهد بود. به عبارت بهتر وجود باندها و ویژگی‌های افزونه و همچنین عدم تمایز و تفکیک‌پذیری برخی از آنها در جداسازی هدف یا اهداف از پس‌زمینه، باعث کاهش دقت آشکارسازی خواهد شد. بنابراین به کمک اجرای الگوریتم فراابتکاری ژنتیک باینری، ویژگی‌های موثر شناسایی شود [۳۱ و ۳۲]. دلیل انتخاب الگوریتم فراابتکاری ژنتیک سهولت در فرایند کدگذاری باینری (بودن یا نبودن یک ویژگی) در روند تولید ژن‌های کروموزوم می‌باشد.

تاکنون روش‌های متعددی با هدف کاهش ابعاد فضای ویژگی ارائه شده که می‌توان آن را در دو دسته کلی جای داد. دسته نخست روش‌های استخراج ویژگی بوده که از جمله می‌توان به روش‌های تحلیل مولفه اصلی[1]، کمینه‌سازی کسر نویز[2] و تحلیل مولفه مستقل[3] اشاره نمود. در این دسته، داده‌ها از طریق مجموعه‌ای از تبدیلات خطی یا غیر خطی به فضایی با بعد کمتر انتقال یافته و به دلیل تبدیل فضا، معنای فیزیکی اولیه خود را از دست می‌دهند. دسته دوم به روش‌های انتخاب ویژگی اختصاص داشته که در آن یک زیر مجموعه از ویژگی‌های اولیه انتخاب می‌گردند. بکارگیری الگوریتم ژنتیک باینری را می‌توان در زمره روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری دانست که برای انتخاب ویژگی در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است [۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵]. در الگوریتم ژنتیک باینری، هر کروموزم متشکل از یک رشته از اعداد صفر و یک بوده که طول آن متناسب با بعد فضای ویژگی ورودی خواهد بود. حضور یا عدم حضور هر ویژگی/باند در هر کروموزم به ترتیب با مقادیر یک و صفر کدگذاری می‌شود. جدول (۲) سایر پارامترهای تنظیمی الگوریتم ژنتیک[۳۶]، بکارگرفته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

روند بهینه‌سازی فوق به ازای تمامی نمونه‌های آموزشی تکرار شده و برای هر نمونه‌ی آموزشی ضرایب آشکارساز، ویژگی‌های بهینه و دقت کسب شده ثبت می‌گردد. در انتخاب نمونه‌های آموزشی سعی بر آن بود که تنوع در سهم حضور هدف در پیکسل‌های انتخاب شده وجود داشته باشد. در مجموع برای این بررسی سه پیکسل بعنوان رفتاری طیفی-زمانی هدف انتخاب شده و برای حصول اطمینان از وجود تنوع در سهم حضور هدف از تصاویر بزرگ‌مقیاس گوگل-ارث استفاده شده است. این نمونه‌ها به ترتیب از یک تا سه متناسب با سهم حضور گیاه درجه‌بندی و نامگذاری شده‌اند. نمونه

[1] *Principal component analysis*
[2] *Minimum Noise Fraction*
[3] *Independent Component Analysis*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

آموزشی اول بیشترین سهم در حضور هدف را برخوردار بوده (بطور متوسط ۷۰ درصد) و نمونه‌ی آموزشی سوم بطور تقریبی بیشتر از ۶۰ درصد سهم پیکسلی آن مربوط به پس‌زمینه است.

جدول۲: پارامترهای الگوریتم ژنتیک طراحی شده به منظور انتخاب ویژگی

نحوه کدگذاری کروموزوم	باینری
طول کروموزوم	۲۵۵
تعدادجمعیت هر نسل	۱۰۰۰
ابعاد حوضچه تکثیر	۵۰۰
تابع شایستگی	بیشینگی سطح زیر منحنی *(AUC)*
نحوه انتخاب والدین	انتخاب رقابتی[۱]
روش تقاطع	دو نقطه‌ای
نرخ رقابتی تقاطع	۷۰٪
نرخ جهش	۳٪
معیار توقف	همگرایی یا بیشینه تکرار ۱۰۰۰

۳-۳- پیاده‌سازی در مناطق ارزیابی با رویکرد تلفیق نتایج

بعد از اجرای فرایند بهینه‌سازی، به ازای هر نمونه آموزشی، ضرایب آشکارساز، ویژگی‌های بهینه و دقت کسب شده از آن برآورد می‌شود. در ادامه به منظور اعمال نتایج کسب شده به سایر مناطق، یک رویکرد تلفیقی به اجرا رسیده است. در این رویکرد، به ازای هر نمونه آموزشی از رفتار طیفی-زمانی هدف و همچنین ویژگی‌های بهینه مرتبط با آن (با در نظر گرفتن روش آشکارساز انتخاب شده) یک نقشه‌ی پاسخ آشکارساز تولید می‌گردد. در نهایت، نتیجه نهایی پاسخ آشکارسازی (RT_f) از طریق میانگین‌گیری وزن‌دار از نتایج پاسخ آشکارسازی به ازای هر یک از نمونه‌های آموزشی بصورت رابطه (۸) تولید خواهد شد.

$$RT_f = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} AUC_i \times RT_i \qquad \text{رابطه (۸)}$$

در این رابطه، $N = 3$ تعداد نمونه‌های آموزشی، AUC_i سطح زیر منحنی بدست آمده در منطقه تست به ازای انتخاب نمونه آموزشی $\boldsymbol{i}$ ام و RT_i نقشه پاسخ آشکارساز به ازای ضرایب بهینه یافته شده برای نمونه $\boldsymbol{i}$ ام می‌باشند.

مطابق با رابطه (۸)، آشکارسازهای با AUC بزرگتر، نقش بیشتری را در تولید نقشه نهایی پاسخ آشکارساز ایفا می‌کنند. ایده این راهکار تلفیقی افزایش اثرپذیری نتایج آشکارسازی‌های موفق در مقایسه با نتایج ضعیف‌تر در تولید نتایج نهایی بوده و همچنین اینکار شرایط ایجاد هم‌افزایی میان نتایج بدست آمده را جهت تصمیم‌سازی با عدم‌قطعیت کمتر فراهم می‌آورد.

۴- نتایج و بحث

ارزیابی نتایج این تحقیق در دو سطح انجام شده است. در سطح نخست، میزان موفقیت فرایند بهینه‌سازی به کمک نقشه واقعیت زمینی مربوط به داده‌های آموزشی و سطح زیر منحنی برای هریک از روش‌های آشکارسازی هدف، مورد بررسی قرار گرفته است. سطح دوم ارزیابی، مستقل از روند بهینه‌سازی بوده که بعد از انتخاب ویژگی‌های بهینه و تولید نتایج تلفیقی، کفایت

[۱] *Tournament Selection*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

و قابلیت تعمیم نتایج بدست آمده در فرایند بهینه‌سازی در منطقه‌ای آزمون مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه، ابتدا نتایج مربوط به فرایند بهینه‌سازی و سپس نتایج اعمال ویژگی‌ها بهینه‌ی آشکارساز در منطقه آزمون ارائه و مورد بحث قرار گرفته است.

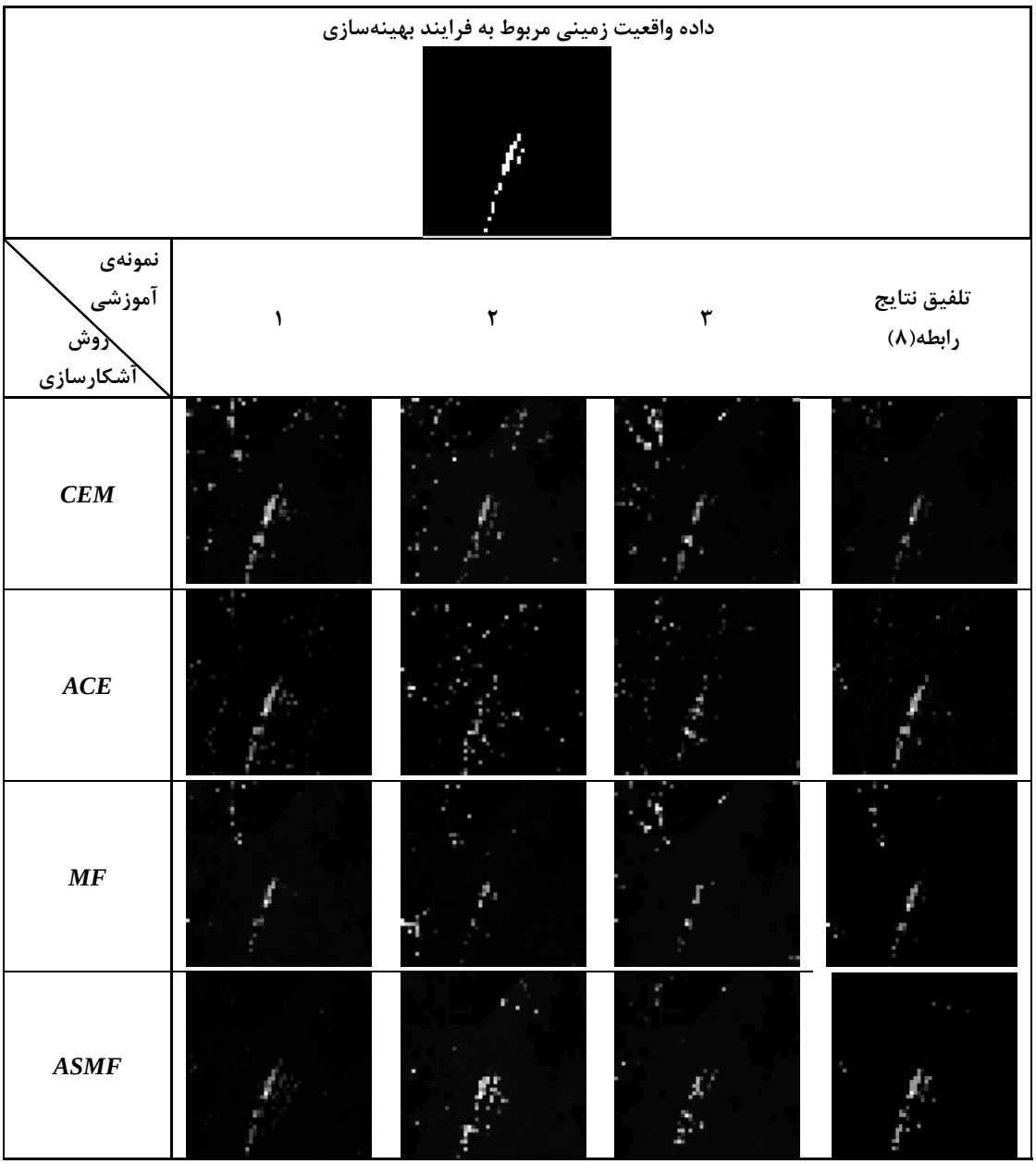
۴-۱- نتایج فرایند بهینه‌سازی

همان‌طور که در بخش ۲-۲ نیز بدان اشاره شد به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکارسازی هدف از دو معیار کمّی منحنی *ROC*[1] و سطح زیر این منحنی (*AUC*[2]) استفاده شده است. نتایج آشکارسازی برای روش‌های *CEM*، *ACE*، *MF*، *ASMF* در شکل(۶) دیده می‌شود.

شکل(۶) متشکل از دو بخش اصلی است. در بالای این شکل ماسک مربوط به واقعیت زمینی استفاده شده در فرآیند بهینه‌سازی ترسیم شده است. در ادامه جدولی متشکل از چهار سطر (الگوریتم‌های آشکارسازی هدف) و چهار ستون (نتایج کسب شده برای ۳ نمونه آموزشی و نتایج تلفیق) رابطه(۸) ارائه شده است. با مقایسه نقشه پاسخ آشکارسازها و نقشه واقعیت زمینی، موفقیت بصری نتایج مشهود است. از سوی دیگر، نتایج بصری حاکی از موفقیت بیشتر راهکار تلفیقی در برآورد نقشه پاسخ هدف در تمامی الگوریتم‌های آشکارسازی است. ناگفته نماند که روش *ACE* در آشکارسازی سه طیف معرفی شده نسبت به دیگر روش‌ها عملکرد ضعیف‌تری را از خود نشان داده است. وجه تمایز این راهکار با سایر روش‌های استفاده شده در بکارگیری ماتریس کواریانس (Γ) بجای ماتریس همبستگی (R) است. بهترین نتیجه از لحاظ بصری با اختلاف اندک نسبت به سایر روش‌ها مربوط به روش *ASMF* می‌باشد. این روش با ضرب یک فاکتور وزندار در *CEM* پیکسل‌های هدف را محدود می‌کند. با این‌حال به منظور تامین شرایط ارزیابی کمّی، منحنی *ROC* مربوط به هریک از نقشه های پاسخ آشکارساز شکل (۶) در شکل (۷) ارائه شده است. در جدول (۳) نیز شاخص *AUC* مستخرج از هر یک از نمودارهای *ROC* شکل (۷) ارائه شده است. نتایج کمّی (منحنی *ROC* و مقادیر*AUC*) نیز بهبود نتایج تلفیقی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه از نمونه‌های آموزشی با تنوع در سهم حضور گیاه مورد نظر به عنوان رفتار طیفی-زمانی هدف استفاده شده است؛ علت نزدیک بودن نتایج نمونه طیف یک با میانگین وزندار نتایج را می‌توان به نزدیکی سهم حضور هدف در نمونه طیف یک با سهم حضور پیکسل‌های موجود در نقشه واقعیت زمینی مرتبط دانست.

[1] *Receiver Operating Characteristics*
[2] *Area Under Curve*

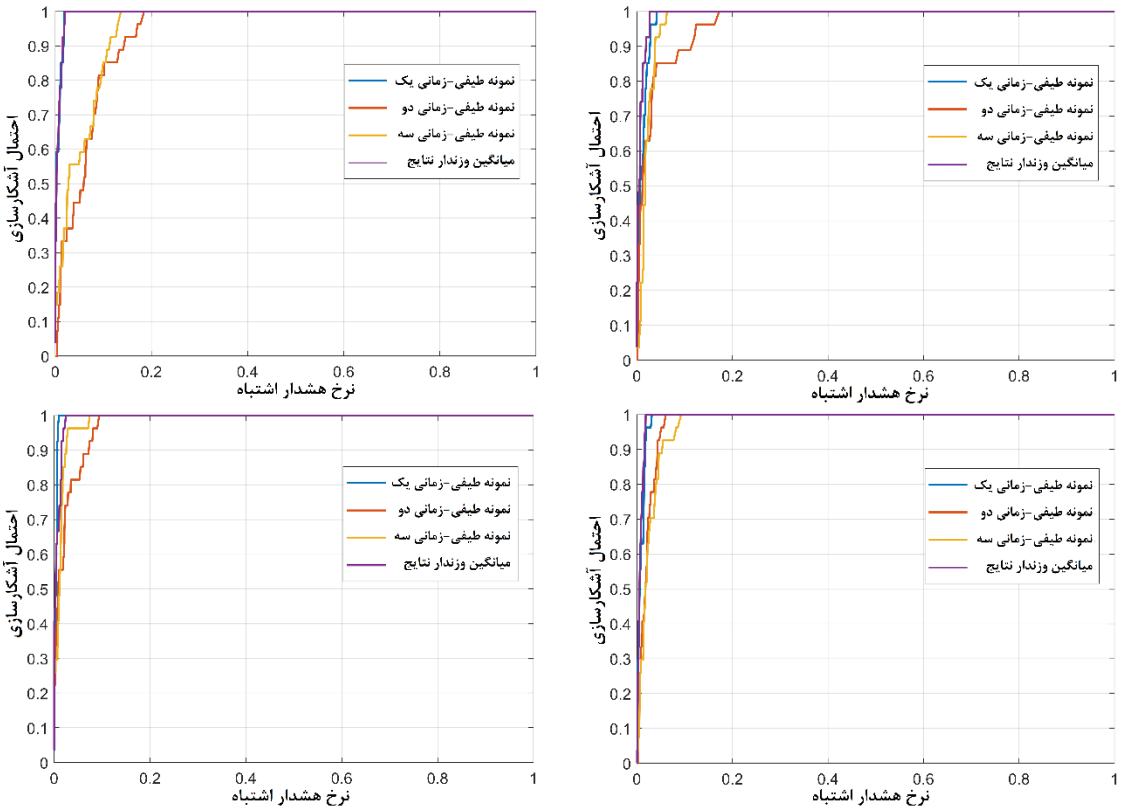
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۶: نتایج کسب شده از فرایند آشکارسازی هدف در منطقه آموزشی بدست آمده از فرایند بهینه‌سازی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۷: نمودار *ROC* مربوط به بهینه سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایجبرای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛
الف) *CEM* ب) *ACE* پ) *MF* ت) *ASMF*

جدول ۳ : شاخص *AUC* آشکارسازی هدف مربوط به مرحله بهینه سازی

الگوریتم	دقت آشکارسازی طیف یک %	دقت آشکارسازی طیف دو %	دقت آشکارسازی طیف سه %	دقت آشکارسازی میانگین وزندار نتایج %
CEM	۰,۹۸۹	۰,۹۷۰	۰,۹۷۹	**۰,۹۹۳**
ACE	۰,۹۹۴	۰,۹۳۹	۰,۹۵۳	**۰,۹۹۴**
MF	۰,۹۹۱	۰,۹۷۹	۰,۹۷۵	**۰,۹۹۳**
ASMF	۰,۹۹۶	۰,۹۷۸	۰,۹۸۷	**۰,۹۹۴**

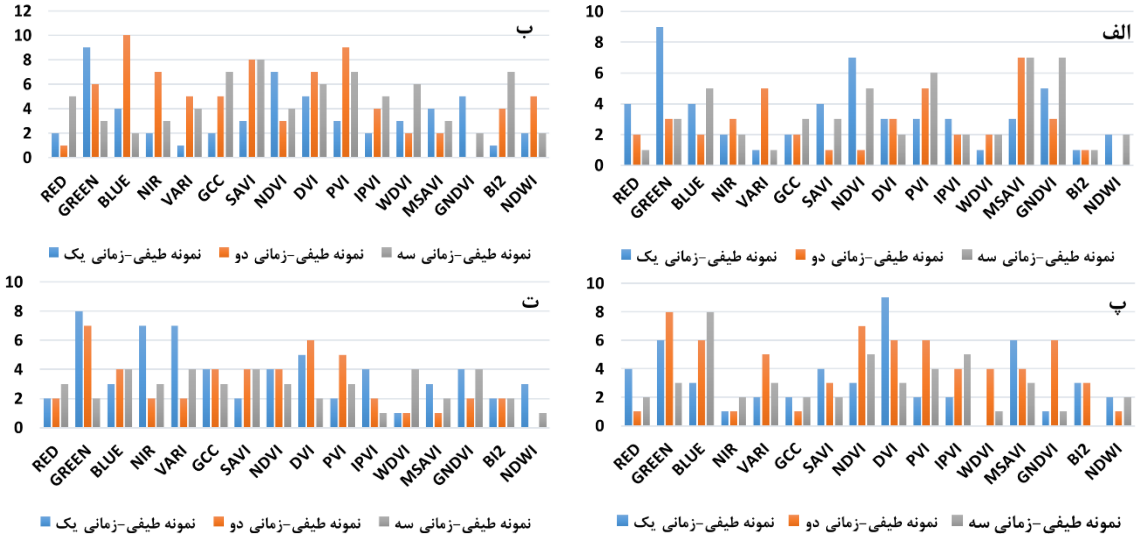
در ادامه به منظور ارزیابی تعمیم‌پذیری ویژگی‌های مستخرج در روند بهینه‌سازی و همچنین ضرایب آشکارساز بدست آمده از ویژگی‌های بهینه، روند آشکارسازی با رویکرد تلفیقی در منطقه آزمون شکل (۳ - الف) پیاده‌سازی شده است. ویژگی‌های بهینه منتخب به کمک الگوریتم ژنتیک باینری در مرحله بهینه‌سازی در نمودارهای شکل (۸) و نتایج بصری بدست آمده از آشکارسازهای *CEM*، *ACE*، *MF* و *ASMF* در شکل (۹) ارائه شده است.

در شکل (۸) ویژگی‌های بهینه شناسایی شده به ازای نمونه‌های طیفی-زمانی هدف برای روش‌های آشکارسازی در منطقه آزمون ارائه شده است. محور افق در این نمودار، ویژگی‌هایی از سری زمانی بوده که در روند بهینه‌سازی انتخاب شده‌اند. میله‌های مرتبط با هر

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

ویژگی، تعداد تکرار انتخاب آن ویژگی در سری زمانی است. هر رنگ از میله‌های این نمودار مربوط به یک نمونه آموزشی از رفتار زمانی-طیفی هدف می‌باشد. بدیهی است که مجموع میله‌های هم‌رنگ در هر نمودار برابر با تعداد ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه آموزشی خواهد بود. با استناد به نمودارهای ارائه شده در شکل (۸)، باند سبز و شاخص‌های *DVI* و *PVI* از نقش بیشتری در ایجاد تمایز میان هدف و پس‌زمینه برخوردار بودند و کمترین کارایی نیز مربوط به شاخص *NDWI* است.

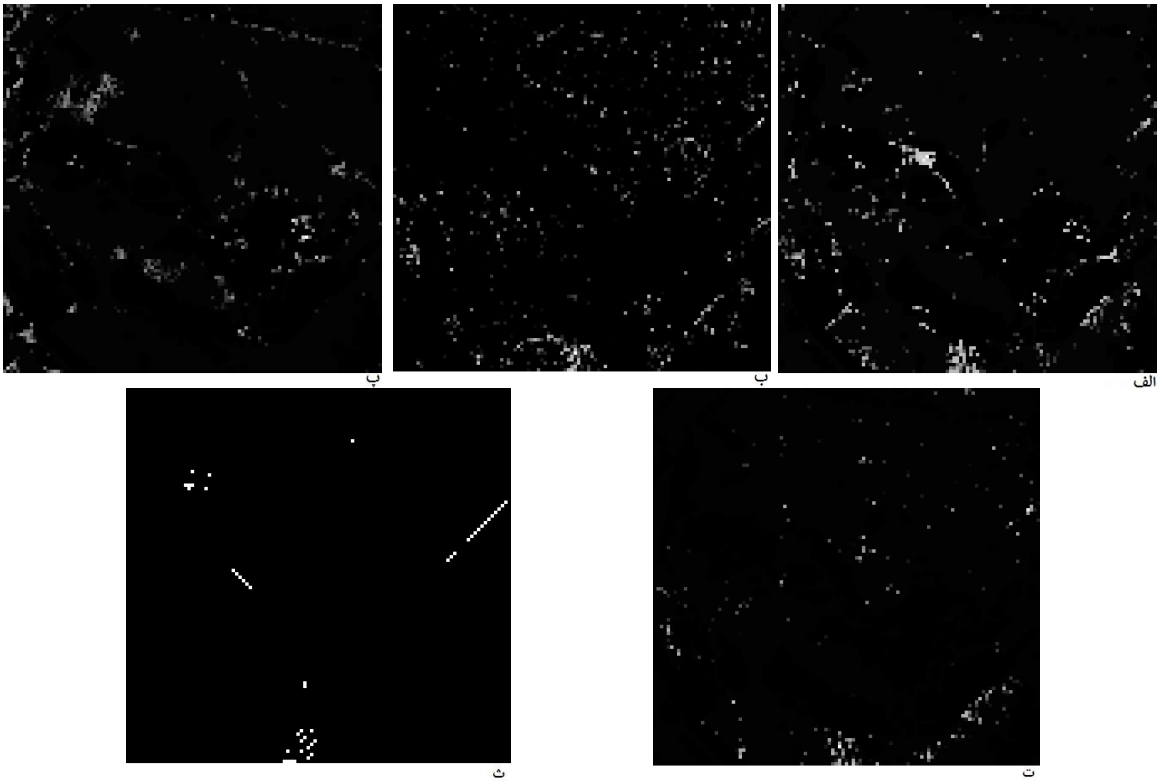
همان طور که در شکل (۹) دیده می‌شود؛ نتایج بدست آمده در منطقه آزمون از کیفیت کمتری نسبت به داده‌های آموزشی در فرایند بهینه‌سازی برخوردارند. دلیل این امر را می‌توان به تغییر ساختار نمونه‌های واقع در فضای ویژگی مربوط به داده‌های پس زمینه مرتبط دانست. با این‌حال نتایج کسب شده موفقیت‌هایی را در آشکارسازی اهداف طیفی زیرپیکسلی در سری زمانی تصاویر سنتینل-۲ نشان می‌دهند. ناگفته نماند که بعد از بازدید مجدد میدانی از منطقه آزمون مشخص شد که در برخی از مناطق اکسترمم محلی در نقشه آشکارساز حضور بادام کوهی بصورت تک بوته و با وسعت کم وجود داشته که این مناطق در تولید نقشه واقعیت زمینی حضور نداشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که این رویکرد توانسته اهداف زیرپیکسلی حتی با وسعت بسیار اندک نیز شناسایی نماید.



شکل ۸: ویژگی‌های بهینه انتخاب شده به کمک الگوریتم ژنتیک باینری در مرحله بهینه‌سازی، الف) *CEM* ب) *ACE* پ) *MF* ت) *ASMF*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۹: تصاویر مربوط به ارزیابی نتایج با استفاده از ۴ الگوریتم آشکارسازی بر روی منطقه تست که در مشخص شده است؛ الف) *CEM* ب) *ACE* پ) *MF* ت) *ASMF* ث) نقشه واقعیت زمینی

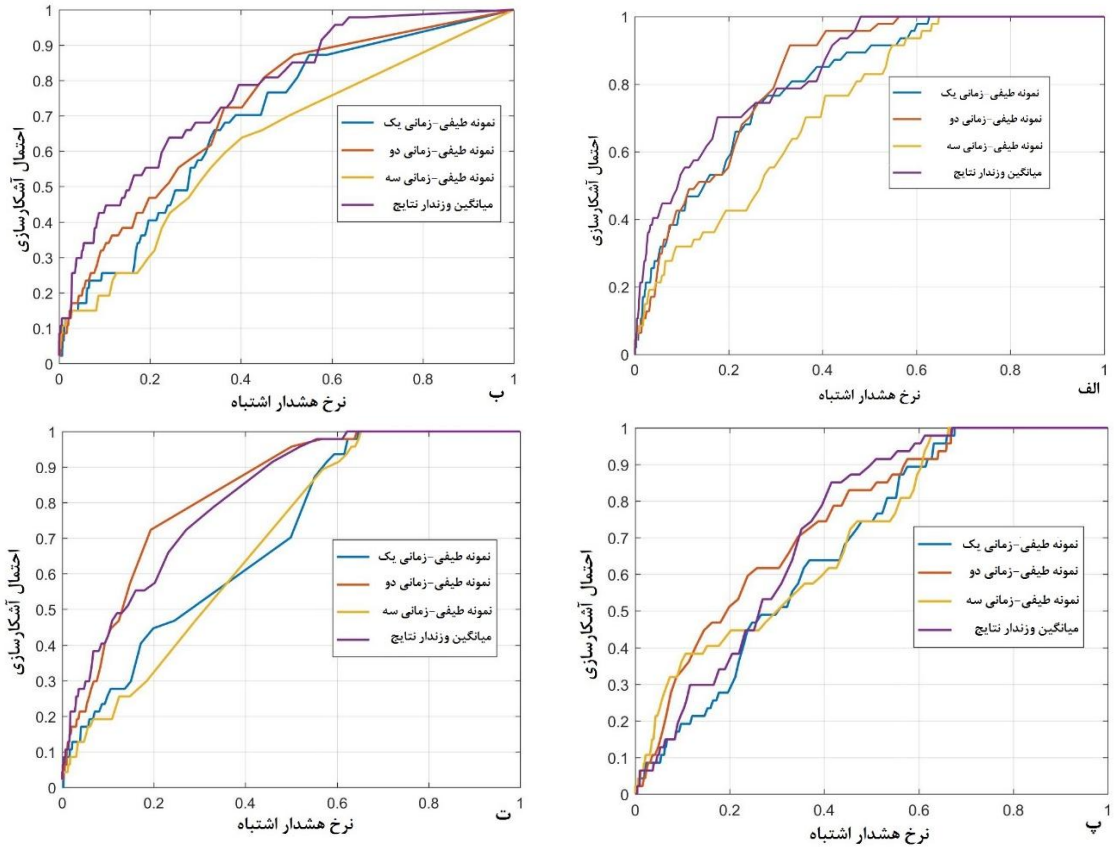
ارزیابی‌های کمّی در این مورد نیز مشابه با روند بهینه‌سازی در جدول (۴) و شکل (۱۰) قابل مشاهده است. جدول (۴) نتایج آشکارسازی به ازای ویژگی‌های یافته شده برای هر یک از اهداف آموزشی را نشان می‌دهد. شکل (۱۰) نیز نتایج روش تلفیقی را برای هر یک از روش‌های آشکارساز نمایش می‌دهد.

جدول ۴: شاخص *AUC* آشکارسازی هدف مربوط به منطقه‌ی آزمون

الگوریتم	دقت آشکارسازی طیف یک %	دقت آشکارسازی طیف دو %	دقت آشکارسازی طیف سه %	دقت آشکارسازی میانگین وزندار نتایج %
CEM	۰,۸۰۸	۰,۸۳۰	۰,۷۳۴	۰,۸۴۶
ACE	۰,۶۹۰	۰,۷۲۵	۰,۶۲۹	۰,۷۷۲
MF	۰,۶۸۲	۰,۷۵۱	۰,۷۰۶	۰,۷۳۴
ASMF	۰,۷۰۲	۰,۸۳۰	۰,۶۹۰	۰,۸۱۶

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]



شکل ۱۰: نمودار *ROC* مربوط به بهینه سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) *CEM* ب) *ACE* پ) *MF* ت) *ASMF*

مقایسه نتایج بدست آمده از *AUC*های جدول(۴) نشان‌دهنده قابلیت بهتر راهکار *CEM* تلفیقی نسبت به سایر الگوریتم‌های آشکارسازی است. این راهکار به ترتیب ۳/۸ درصد نسبت به روش *ASMF* تلفیقی، ۹/۶ درصد نسبت به روش *ACE* تلفیقی و ۱۵/۳ درصد نسبت به روش *MF* تلفیقی بهبود دقت کسب نموده است.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق یافتن گیاه بادام کوهی با وسعت مکانی عمدتاً زیرپیکسلی در سری زمانی تصاویر ماهواره‌ی سنتینل-۲ با محوریت روش‌های آشکارسازی هدف، به اجرا رسید. در این روش از چهار آشکارساز هدف شامل *ACE*، *CEM*، *MF* و *ASMF* به منظور آشکارسازی هدف استفاده شد. ایده بکارگیری رفتار طیفی- زمانی گیاهان به عنوان سیگنال‌های مورد انتظار در روند آشکارسازی هدف، حاکی از موفقیت این رویکرد در پهنه‌بندی این گیاهان بود. نتایج کسب شده از روند بهینه‌سازی و به تبع آن ارزیابی تعمیم‌پذیری نتایج، گویای این موضوع بود که می‌توان با رویکردهای مشابهی اقدام به پهنه-بندی گیاهان دارویی خودرو نمود. این مهم می‌تواند هرساله با هزینه‌های اجرایی اندکی شرایط بهره‌برداری حداکثری از این منابع گیاهی را فراهم آورد. با در نظر گرفتن تجربیات کسب شده از پیاده‌سازی‌های این تحقیق، مواردی همچون: ۱- لحاظ شدن تراکم و وسعت نسبی گیاهان هدف متناسب با حدتفکیک مکانی تصاویر سنتینل-۲، ۲- عدم رویش گیاهان هدف با اختلاط مکانی بالا با سایر سبزینگی‌ها و ۳- دسترسی به رفتار طیفی-زمانی بدست آمده از طیف‌سنجی‌های آزمایشگاهی/میدانی برای گیاهان هدف، می‌تواند بهبود نتایج آشکارسازی را بدنبال داشته باشد. گیاهان دارویی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

دیگری همچون: ۱- گون، ۲- شیرین‌بیان، ۳- خارشتر، ۴- انگبین و نمونه‌هایی از این دست پتانسیل بررسی و اجرای ایده‌ی بکارگرفته شده در این تحقیق را به منظور پهنه‌بندی برخوردارند.

موارد دیگری که می‌تواند به عنوان محور تحقیقات آتی در این حوزه مطرح باشد شامل: ۱- بکارگیری تابع شایستگی تلفیقی در فرایند بهینه‌سازی با این هدف که ویژگی‌های بهینه‌ی مربوط به همه سیگنال‌های هدف در قالب صرفاً یک بهینه‌سازی براورد شوند، ۲- طراحی و بکارگیری ایده‌های تلفیقی کارامدتر که بتواند علاوه بر تنوع در ویژگی‌های طیفی-زمانی، تلفیق نتایج کسب شده از آشکارسازهای مختلف را شامل شود، ۳- بکاربستن روش‌های آشکارسازی نیازمند به رفتار طیفی-زمانی عناصر پس‌زمینه و بکارگیری روش‌های نظارت‌نشده به منظور یافتن آنها، ۴- ارزیابی روش‌های بهینه‌سازی سازگار با کدگذاری باینری مثل الگوریتم توده‌ذرات، کلونی مورچگان و موارد مشابه در سرعت و دقت نتایج قابل استحصال از روش پیشنهادی و ۵- یافتن زمان‌های کلیدی شناسایی هر گیاه متناسب با اقلیم و فنولوژی آن و بکارگیری تصاویر و ویژگی‌های طیفی تک‌زمانه به منظورکاهش پیچیدگی‌های اجرایی اعم از فرایند جستجو به منظور یافتن باندها و ویژگی-های بهینه، می‌باشند.

مراجع

[1] S. Hosseinzadeh, A. Jafarikukhdan, A. Hosseini and R. Armand, "The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of Thymus vulgaris," International Journal of Clinical Medicine, vol. 6, pp. 635-642, 2015.

[2] R. Singh, "Medicinal plants: A review," Journal of Plant Sciences, vol. 3, no. 1-1, pp. 50-55, 2015.

[3] A. Ganjali and A. Khaksefidi, "Identification of some species of medicinal plants in Zabol (Sistan and Baluchestan province) and their application in traditional medicine," Journal of Traditional Islamic Medicine and Iran, 2015.

[4] R. Heydari, M. Khodagholi and M. Zarean, "The zoning of plant biomass of Oriental peas (Teucrium orientale) in Isfahan province using multivariate statistics and geographic information system (GIS)," Research of medicinal plants and aromatic plants of Iran, vol. 31, no. 4, pp. 637-650, 2015.

[5] D. Naseri, S. Hedayat and S. Shenavayi, "The zoning of medicinal plants cultivation in Arasbaran region using GIS," The first National Conference on the Protection and Conservation of Arasbaran forests, 2017.

[6] S. Mubako, O. Belhaj, J. Heyman, W. Hargrove and C. Reyes, "Monitoring of Land Use/Land-Cover Changes in the Arid Transboundary Middle Rio Grande Basin Using Remote Sensing," Remote Sensing of Water Resources in Semi-Arid Regions/Drought Areas, vol. 10, no. 12, p. 2005, 2018.

[7] N. Lu, "Biases and Abrupt Shifts of Monthly Precipitable Water from Terra MODIS," Atmosphere Remote Sensing, vol. 11, no. 11, p. 1315, 2019.

[8] P. Liu, Y. Li, B. Liu, P. Chen and J. Xu, "Semi-Automatic Oil Spill Detection on X-Band Marine Radar Images Using Texture Analysis, Machine Learning, and Adaptive Thresholding," Oil Spill Remote Sensing, vol. 11, no. 7, p. 756, 2019.

[9] T. Bai, N. Zhang, B. Mercatoris and Y. Chen, "Improving Jujube Fruit Tree Yield Estimation at the Field Scale by Assimilating a Single Landsat Remotely-Sensed LAI into the WOFOST Model," Earth Observations and Crop Models for Sustainable Agricultural Management, vol. 11, no. 9, p. 1119, 2019.

[10] C. Xu, J. Fang , Y. Wen, h. Wang, G. Xu, Y. Zhao and L. Yi, "The 2018 Mw 7.5 Palu

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

Earthquake: A Supershear Rupture Event Constrained by InSAR and Broadband Regional Seismograms," Applications of Sentinel Satellite for Geohazards Prevention, vol. 11, no. 11, p. 1330, 2019.

[11]R. Mania, T. R. Walter , M. Belousova, A. Belousov and S. L. Senyukov, "Deformations and Morphology Changes Associated with the 2016–2017 Eruption Sequence at Bezymianny Volcano, Kamchatka," Satellite Remote Sensing for Water Resources in a Changing Climate, vol. 11, no. 11, p. 1278, 2019.

[12]B. H. P. Maathuis, "Remote Sensing Based Detection of Minefields," Geocarto International, vol. 18, no. 1, pp. 51-60, 2003.

[13]V. Markogianni , D. Kalivas, G. P. Petropoulos and E. Dimitriou, "An Appraisal of the Potential of Landsat 8 in Estimating Chlorophyll-a, Ammonium Concentrations and Other Water Quality Indicators," Satellite Remote Sensing for Water Resources in a Changing Climate, vol. 10, no. 7, p. 1018, 2018.

[14]S. Dehnavi, Y. Maghsoudi and M. Valadanzoej, "Using spectrum differentiation and combination for target detection of minerals," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 55, pp. 9-20, 2017.

[15]S. A. Sayedain, M. J. Valadan zouj and Y. Maghsoudi, "Exploration of oil seepages using target detection algorithms in hyperspectral images," International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vols. XL-1/W3, 2013.

[16]M. Rahimzadegan, B. Sadeghi, M. Masoumi and S. Taghizadeh Ghalehjoghi, "Application of target detection algorithms to identification of iron oxides using ASTER images: a case study in the North of Semnan province, Iran," Arab J Geosci, 2014.

[17]L. Ji, X. Geng, K. Sun, Y. Zhao and P. Gong, "Target Detection Method for Water Mapping Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery," Water, vol. 7, pp. 794-817, 2015.

[18]A. Camacho Velasco, C. Augusto Vargas García and H. Arguello Fuentes, "A comparative study of target detection algorithms in hyperspectral imagery applied to agricultural crops in Colombia," Tecnura, vol. 20, pp. 86-99, 2016.

[19]X. Yang, Q. Qin, P. Grussenmeyer and M. Koehl, "Urban surface water body detection with suppressed built-up noise based on water indices from Sentinel-2 MSI imagery," Remote Sensing of Environment, vol. 219, pp. 259-270, 2018.

[20]X. Genga, L. Jia and Y. Zhaoa, "Filter tensor analysis: A tool for multi-temporal remote sensing target," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 151, pp. 290-301, 2019.

[21]Z. Sayadi and Thesis, "The evaluation of topography and soil characteristics on quantitative and qualitative traits (case study: Rahmat abad Abyek resrve, Ghazvin)," 2012.

[22]C. Chein-I, Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification, (Vol. 1). Springer Science & Business Media, 2003.

[23]D. Manolakis and G. Shaw, "Detection algorithms for hyperspectral Imaging applications," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 19, no. 1, pp. 29-43, 2002.

[24]S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection theory, Upper Saddle River, NJ, 1998.

[25]L. Gao, B. Yang, Q. Du and B. Zhang, "Adjusted Spectral Matched Filter for Target Detection in Hyperspectral Imagery," remote sensing, vol. 7, pp. 6611-6634, 2015.

[26]P. Ganapathy and J. A. Skipper, "A novel ROC approach for performance evaluation of target detection algorithms," in Defense and Security Symposium, SPIE 6566, Automatic Target Recognition XVII, 656610 (7 May 2007), Orlando, Florida,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

United States, 2007.

[27]F. Gascon, C. Bouzinac, O. Thépaut and a. E. al., "Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status," Remote Sensing, vol. 9, no. 6, 2017.

[28]M. Pal and G. Foody, "Feature Selection for Classification of Hyperspectral Data by SVM," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, pp. 2297-2307, 2010.

[29] J. R. Jensen, Remote Sensing of the Environment : An Earth Resource Perspective, Upper Saddle River, NJ, United : Pearson Education (US), 2006.

[30]S. R. Soofbaf, M. R. Sahebi and B. Mojaradi, "A Sliding Window-Based Joint Sparse Representation (SWJSR) Method for Hyperspectral Anomaly Detection," Remote sensing, vol. 10, no. 3, p. 24, 2018.

[31]S. Sharifi hashjin, A. Darvishi, S. khazai, F. Hatami and M. Jafari houtki, "A band selection method for sub-pixel target detection in hyperspectral images based on laboratory and field reflectance spectral comparison," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, pp. 12-19, 2016.

[32]V. Sadeghi, H. Enayati and H. Ebadi, "Improved identification of changes in urban areas by selecting the optimal spectral and spatial characteristics based on the genetic algorithm.," Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), vol. 24, pp. 135-152, 2016.

[33]D. Akbari, A. Safari and S. Khazai, "The effect of feature selection using genetic algorithms on spectral-spatial classification of hyperspectral imagery," Journal of Geospatial Information Technology, vol. 3, 2015.

[34]A. Salinmi, M. Ziyai, A. Amiri و M. Hosseynjani zadeh, "Evaluation of Feature Selection Method for Identifying the Best Hyperion Hyperspectral Spectrum Bands (Case Study: Identification of Porphyry Copper Mine Replacements in Dareh Zar-Kerman)," Journal of Economic Geology, pp. 77-93, 2018.

[35]A. Masjedi and S. Khazai, "Improving the Effectiveness of Subpixel Target Detection in Hyperspectral Images Based on Selection of Proper Attributes," Scientific and Research Journal of Surveying Science and Technology, vol. 3, pp. 203-215, 2016.

[36]M. Melanie, An Introduction to Genetic Algorithms, Cambridge: MIT Press, 1996.

[37]I. C. Chein, C. Shao-Shan, D. Qian, R. Hsuan, and A. Ifarragaerri, "An ROC analysis for subpixel detection," in IGARSS 2001. Scanning the Present and Resolving the Future. Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cat. No.01CH37217), 9-13 July 2001 2001, vol. 5, pp. 2355-2357 vol.5, doi: 10.1109/IGARSS.2001.978000.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.7 No.4, Winter 2020

Research Paper

Herbal plants zoning using target detection algorithms on time-series of Sentinel-2 multispectral images (Amygdalus Scoparia)

Iman Shakeri [1], Alireza Safdarinezhad [2]*, Marzieh Jafari [3]

1- Ms.c student of photogrammetry in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tafresh
1- Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tafresh
1- Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tafresh

Abstract

Today, medicinal plants have a special place in the economy and health of a society. Due to the natural growth of many of these products, the necessity of zoning them for optimum and optimal utilization seems necessary. Traditional zoning solutions are not efficient due to their low accuracy and speed, therefore a new approach is needed. Remote sensing data have many applications in various fields including target detection because of their spectral, spatial and temporal information of land surface phenomena. In this paper, target detection methods including Constrained Energy Minimization (CEM), Matched Filtering (MF), Adjusted Spectral Matched Filter (ASMF) and Adaptive Coherence Estimator (ACE) are used to detect Amygdalus Scoparia in Sentinel-2 satellite time series images. In this process, firstly, the filtering of undesirable effects (unlikely areas of plant growth) is eliminated from the time series of images. Then, with the help of hyper heuristic optimization, the optimal features from time-series were identified to reduce the dimension from one hand and increase the detection accuracy from the other hand. The final detection map is generated by weighting the results obtained from each training sample with a different share of the target. The generalizability of the proposed solution was evaluated using the selected optimal features elsewhere, using the ground truth map. The ROC and its sub-area (AUC) are used to evaluate the results. In the optimization phase for feature selection, the AUC index for all detection methods used was greater than 0.99. The best results in this process were obtained by the CEM detection method, which achieved the accuracy of 0.993 and 0.846 in the optimization and independent evaluation, respectively. The results of this study indicate the ability of Sentinel-2 multiplexed time series images to detect targets such as medicinal plants.

Key words: *Target detection, Time-series, Sentinel-2, Zoning, Herbal plants, Amygdalus Scoparia.*

Correspondence Address. *Geodesy Group, Department of Surveying Engineering, College of Engineering, University of Tafresh, Tafresh, Iran.*
Tel: +98 86 36227430.
Email: *geo95.shakeri@tafreshu.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.7.4.193]