

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم و تحقیقات و فناوری
دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران و نقشه‌برداری
پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پهنه‌بندی گیاهان دارویی خودرو
شهرستان تفرش با استفاده از فناوری
سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای
Sentinel-۲

استاد راهنما

خانم دکتر مرضیه جعفری

آقای دکتر علیرضا صفدری‌نژاد

دانشجو

ایمان شاکری



دانشگاه تبریز
اداره تحصیلات تکمیلی

تاریخ: ۹۹۰۸۰۲
شماره: ۴۹۰۵۷۸

صور تجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: ایمان شاکری

شماره دانشجویی: ۹۵۳۱۹۱۰۰۳

رشته تحصیلی/گرایش: مهندسی عمران - نقشه برداری / فتوگرامتری

عنوان پروژه: پهنه بندی گیاهان دارویی خودرو شهرستان تبریز با استفاده از فن آوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای Sentinel ۲

تعداد واحد: ۶

تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۱/۰۲

درجه:

عالی (۱۹-۲۰) خیلی خوب (۱۸-۱۸/۹۹) خوب (۱۶-۱۷/۹۹) متوسط (۱۴-۱۵/۹۹) مردود (کمتر از ۱۴)

نام و نام خانوادگی	سمت	رتبه	محل اشتغال	محل امضاء
دکتر مرضیه جعفری	استاد راهنمای اول	استادیار	دانشگاه تبریز	
دکتر علیرضا صفدری نژاد	استاد راهنمای دوم	استادیار	دانشگاه تبریز	
-	استاد مشاور	-	-	-
دکتر حدیثه سادات حسینی	داور داخلی	استادیار	دانشگاه تبریز	
دکتر محمدجواد عبدالهی فرد	داور خارجی	استادیار	دانشگاه تبریز	
دکتر حدیثه سادات حسینی	نماینده تحصیلات تکمیلی	استادیار	دانشگاه تبریز	

مدیر گروه: دکتر مرضیه جعفری
امضاء و مهر:
تاریخ: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر علی حسین میرزایی

دانشگاه تبریز
اداره تحصیلات تکمیلی
امضاء و مهر:
تاریخ: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب ایمان شاکری به شماره دانشجویی ۹۵۳۱۹۱۰۰۳ دانشجوی رشته مهندسی نقشه‌برداری گرایش فتوگرامتری متعهد می‌شوم، مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه تفرش بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادرشده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت. کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه تفرش می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه-برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه تفرش ممنوع است.

نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

تقدیم به

خانواده‌ی عزیزم که شوق دانستن و جستجو را در من بیدار کردند، استقامت در تلاش را به من آموختند و در تمام این سال‌ها با فراهم کردن آرامش فکری و آسایش روحی، بسیاری از دشواری‌ها را بر من آسان نمودند.

سپاس و تشکر

خداوند مهربان را سپاس می‌گوییم که مرا نیرو بخشید تا نگارش پایان‌نامه پیشرو را به اتمام برسانم. بر خود لازم می‌دانم کمال تقدیر و تشکر خود را نثار کسانی کنم که در این مسیر پرفراز و نشیب لحظه‌ای از راهنمایی، پشتیبانی و تشویق من دریغ نکردند.

از استاد بردبار و بزرگووارم؛ جناب آقای دکتر علیرضا صفدری‌نژاد و خانم دکتر مرضیه جعفری نهایت تشکر را دارم که زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند و با حسن خلق و فروتنی پذیرای تمامی دغدغه‌ها و پرسش‌های بی‌پایانم بودند و در پرتو وجود خستگی‌ناپذیر و اندیشه‌ی نوین و خلاق ایشان سردرگمی‌ها و دل‌سردی‌ها رنگ می‌باخت و ایده‌ها جان می‌گرفت. آموختن یک کار تحقیقاتی مؤثر در کنار کار گروهی بدون راهنمایی‌ها و پیگیری‌های ایشان هرگز امکان‌پذیر نبود.

از تمامی معلمان و اساتید گران‌قدرم که در طول همه‌ی دوران تحصیل درس‌های بسیاری از آنان آموختم بسیار سپاسگزارم.

در پایان از تمام کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده‌اند خالصانه تشکر می‌نمایم، باشد که این خردترین بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

امروزه گیاهان دارویی از جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد و سلامت جامعه برخوردار می‌باشند. به جهت رشد طبیعی بخش زیادی از این محصولات لزوم پهنه‌بندی آنها با هدف بهره‌برداری بیشینه و بهینه ضروری به نظر می‌رسد. به‌طور معمول بهره‌گیری از دانش و تجربه افراد بومی، استفاده از روش‌های تحلیلی آماری و به‌کارگیری تخصص کارشناسان منابع طبیعی، راهکارهای معمول به‌منظور پهنه‌بندی گیاهان دارویی می‌باشد. بدیهی است این روش‌ها به دلیل دقت و سرعت کم از کارایی مفید برخوردار نبوده و ایجاد یک روش جدید لازم می‌باشد.

داده‌های سنجش‌ازدوری به دلیل دربر داشتن اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی از پدیده‌های سطح زمین، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف دارند. یکی از کاربردهای فناوری سنجش از دور، آشکارسازی اهداف می‌باشد. در این پایان‌نامه از روش‌های آشکارسازی هدف شامل: ۱- کمینه‌سازی مقید انرژی (CEM)، ۲- فیلتر انطباقی (MF)، ۳- فیلتر انطباقی تنظیم‌شده‌ی طیفی (ASMF) و ۴- تخمین‌زننده‌ی انطباق همدوسی (ACE) بمنظور آشکارسازی گیاهان بادام‌کوهی و بنه در سری زمانی بدست آمده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ مربوط به شهرستان تفرش استفاده شده است. این شهرستان در استان مرکزی واقع شده و با داشتن شرایط جغرافیایی مساعد، رویشگاه مناسبی برای رشد بسیاری از گیاهان دارویی از جمله بادام‌کوهی و بنه می‌باشد. بادام‌کوهی و بنه کاربردهای فراوانی در تهیه محصولات آرایشی-بهداشتی و صنایع غذایی دارند. ارزش اقتصادی و زیست‌محیطی، فنولوژی متمایز، سطح تراکم و بزرگی سطح تاج این دو گیاه دارویی نسبت به سایر گیاهان منطقه و انطباق بیشتر آنها با پتانسیل داده‌های مورد استفاده، علت انتخاب آنها در این تحقیق می‌باشد. در روند آشکارسازی ابتدا به کمک یک فیلترگذاری اولیه منطقی عوارض نامطلوب (مناطق غیرمحمول رویش گیاه) از سری زمانی تصاویر حذف شد. سپس به کمک بهینه‌سازی فراابتکاری ویژگی‌های بهینه از سری زمانی بمنظور کاهش بعد و افزایش دقت آشکارسازی شناسایی شد. با توجه به وجود چند نمونه آموزشی با سهم تعلق متفاوت از هدف در منطقه مورد مطالعه، نقشه‌ی آشکارسازی نهایی از طریق تلفیق وزندار نتایج کسب شده از هر نمونه‌ی آموزشی تولید گردید. ارزیابی تعمیم‌پذیری راهکار پیشنهادی بکمک ویژگی‌های بهینه‌ی انتخاب شده، در منطقه‌ای دیگر و بکمک نقشه واقعیت زمینی صورت پذیرفت. در ادامه بکمک روش‌های آشکارسازی هدف اقدام به تولید نقشه‌ی پهنه‌بندی گیاه

بادام کوهی و بنه گردید. ارزیابی تعمیم‌پذیری راهکار پیشنهادی و همچنین ویژگی‌های انتخاب شده، در منطقه‌ای دیگر و بکمک نقشه واقعیت زمینی صورت پذیرفت. منحنی ROC (Receiver Operating Characteristics) و مساحت زیر آن (Area Under Curve) بمنظور ارزیابی نتایج استفاده شده است. در مرحله بهینه‌سازی بمنظور انتخاب ویژگی، شاخص سطح زیر منحنی برای تمام روش‌های آشکارسازی مورد استفاده در رابطه با بادام کوهی بیشتر از ۰/۹۹ و درخت بنه نیز بیشتر از ۰/۸۲ بدست آمد. بهترین نتایج کسب شده در فرآیند آشکارسازی بادام کوهی به آشکارساز CEM اختصاص داشت که توانست دقت‌های ۰/۹۹۳ و ۰/۸۴۶ را به ترتیب در روند بهینه‌سازی و ارزیابی مستقل کسب کند. همچنین بهترین نتایج کسب شده در فرآیند آشکارسازی درخت بنه، در مرحله بهینه‌سازی مربوط به روش MF با دقت ۰/۹۴۲ و در مرحله ارزیابی مستقل با دقت ۰/۷۷۸ به روش ASMF اختصاص دارد. نتایج این تحقیق نشان دهنده کارایی تصاویر چندطیفی ماهواره سنتینل-۲ در آشکارسازی هدف و کارایی بمنظور آشکارسازی اهدافی همچون گیاهان دارویی حکایت دارد.

واژگان کلیدی: آشکارسازی هدف، ماهواره‌ی سنتینل-۲، سری زمانی، پهنه‌بندی، بادام کوهی، ACE، CEM، MF، بنه، کمینه‌سازی مقید انرژی، ژنتیک باینری

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵	تشکر و قدردانی.....
ج	چکیده.....
ه	فهرست مطالب.....
ح	فهرست اشکال.....
ی	فهرست جداول.....
۱	فصل اول: مقدمه و کلیات تحقیق
۱	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۲ طرح مساله و ضرورت تحقیق.....
۴	۳-۱ سوالات اصلی تحقیق.....
۴	۴-۱ پیشینه تحقیق.....
۹	۵-۱ ساختار پایان نامه.....
۱۰	فصل دوم: تعاریف، مفاهیم و تئوری تحقیق
۱۰	۲-۱ مقدمه.....

- ۱۰ گیاهان دارویی ۲-۲
- ۱۱ منابع تامین گیاهان دارویی ۱-۲-۲
- ۱۲ گیاهان دارویی در ایران ۲-۲-۲
- ۱۳ گیاهان دارویی شهرستان تفرش ۳-۲-۲
- ۱۶ الگوریتم‌های پردازش در تصاویر سنجش از دوری ۳-۲
- ۲۰ روش‌های آشکارسازی هدف ۴-۲
- ۲۱ چالش‌های موجود در آشکارسازی هدف ۵-۲
- ۲۱ اهداف زیرپیکسل ۲-۵-۱
- ۲۱ عدم قطعیت طیف ۲-۵-۲
- ۲۲ برآورد ماتریس کواریانس ۲-۵-۳
- ۲۳ معرفی الگوریتم‌های شناسایی هدف در سطح زیرپیکسل ۶-۲
- ۲۳ کمینه سازی مقید انرژی (CEM) ۲-۶-۱
- ۲۶ تخمین زنده‌ی انطباق همدوسی (ACE) ۲-۶-۲
- ۲۶ فیلتر انطباقی (MF) ۲-۶-۳
- ۲۶ فیلتر انطباقی تنظیم‌شده‌ی طیفی (ASMF) ۲-۶-۴
- ۲۸ معیارهای ارزیابی دقت روش‌های آشکارسازی هدف ۷-۲
- ۳۰ الگوریتم‌های فراابتکاری (ژنتیک) ۸-۲
- ۳۲ معرفی ماهواره سنتینل-۲ ۲-۹

۳۲	۲-۹-۱ توانمندی سنتینل-۲.....
۳۴	۲-۹-۲ سطوح پردازشی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲.....
۳۵	۲-۹-۳ شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI).....
۳۶	۴-۹-۲ شاخص تفاضلی نرمال شده آب (NDWI).....
۳۶	۲-۹-۵ شاخص گیاهی اصلاح خاک (SAVI).....
۳۷	۲-۹-۶ شاخص گیاهی تعدیل شده اصلاح خاک (MSAVI) و MSAVI۲.....
۳۷	۲-۹-۷ شاخص تفاوت پوشش گیاهی (DVI).....
۳۷	۲-۹-۸ شاخص گیاهی عمود (PVI).....
۳۸	۲-۹-۹ شاخص گیاهی اختلافی وزندار (WDVI).....
۳۸	۱۰-۹-۲ شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی سبز (GNDVI).....
۳۸	۲-۹-۱۱ شاخص گیاهی درصد مادون قرمز (IPVI).....
۳۹	۲-۹-۱۲ شاخص درخشندگی (BI۲).....
۳۹	۲-۹-۱۳ شاخص مرئی مقاوم در برابر اتمسفر (VARI).....
۳۹	۲-۹-۱۴ تعدیل رنگی سبز (GCC).....
۴۰	فصل سوم: پیاده‌سازی روش‌ها
۴۰	۱-۳ مقدمه.....
۴۰	۲-۳ منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده.....
۴۰	۱-۲-۳ منطقه مورد مطالعه.....

۴۱	..... ۲-۲-۳ تولید نقشه واقعیت زمینی
۴۳	..... ۳-۲-۳ تصاویر مورد استفاده، پیش‌پردازش‌ها و تولید سری‌زمانی
۴۴	..... ۳-۳ شاخص‌های مورد استفاده
۴۵	..... ۳-۴ روش‌شناسی راهکار پیشنهادی
۴۷	..... ۳-۴-۱ شناسایی مناطق مستعد حضور گیاه بادام‌کوهی و بنه
۴۸	..... ۳-۴-۲ بهینه‌سازی بمنظور شناسایی ویژگی‌های موثر
۴۹	..... ۳-۴-۳ پیاده‌سازی در مناطق ارزیابی با رویکرد تلفیق نتایج
۵۱	فصل چهارم: نتایج پیاده‌سازی و تحلیل
۵۱	..... ۴-۱ مقدمه
۵۱	..... ۲-۴ نتایج فرآیند بهینه‌سازی و آشکارسازی
۵۱	..... ۱-۲-۴ نتایج فرآیند بهینه‌سازی گیاه بادام‌کوهی
۵۶	..... ۲-۲-۴ نتایج فرآیند بهینه‌سازی گیاه بنه
۶۳	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۶۳	..... ۱-۵ نتیجه‌گیری
۶۳	..... ۲-۵ پیشنهادات
۶۳	..... مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- تفاوت در رفتار طیفی مواد در یک صحنه تصویربرداری ۲
- شکل ۱-۲- فنولوژی گیاه بادام کوهی ۱۴
- شکل ۲-۲- فنولوژی درخت بَنه ۱۵
- شکل ۳-۲- آشکارسازی تغییرات یک محدوده از شهر لندن ۱۶
- شکل ۴-۲- کلاسه‌بندی عوارض شهری در یک تصویر سنجش از دور ۱۷
- شکل ۵-۲- جداسازی طیفی ۱۸
- شکل ۶-۲- دسته‌بندی الگوریتم‌های آشکارسازی ۱۸
- شکل ۷-۲- آشکارسازی محدوده یک آبگیر ۱۹
- شکل ۸-۲- نمایش عدم قطعیت طیف آب در تصویر ماهواره AVIRIS مربوط به Moffett Field ۲۲
- شکل ۹-۲- پاسخ آشکارساز به همراه منحنی ROC مربوطه و مساحت زیر منحنی ۲۹
- شکل ۱۰-۲- روند اجرای الگوریتم ژنتیک ۳۱
- شکل ۱۱-۲- توان تفکیک مکانی، طول موج و محدوده طیفی باندهای ماهواره سنتینل-۲ ۳۳
- شکل ۱۲-۲- آرایش مداری ماهواره سنتینل-۲ ۳۴
- شکل ۱۳-۲- مراحل پردازش سطح-۲A با استفاده از افزونه Sen2cor ۳۵
- شکل ۱-۳- موقعیت جغرافیایی شهرستان تفرش و مناطق مورد مطالعه ۴۱
- شکل ۲-۳- 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 اهداف ... ۴۲
- شکل ۳-۳- 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 اهداف ۴۲
- شکل ۴-۳- تاریخ تصاویر مورد استفاده ۴۴
- شکل ۵-۳- مراحل انجام تحقیق ۴۶
- شکل ۱-۴- نتایج کسب شده از فرآیند آشکارسازی بادام کوهی در منطقه‌ی آموزشی بدست آمده از فرآیند بهینه‌سازی ۵۲
- شکل ۲-۴- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF ۵۳
- شکل ۳-۴- تصاویر مربوط به ارزیابی نتایج با استفاده از ۴ الگوریتم آشکارسازی بر روی منطقه آزمون که در شکل (۳-۲)- الف مشخص شده است؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF (ث) نقشه واقعیت زمینی ۵۴
- شکل ۴-۴- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF ۵۵

- شکل ۴-۵- نتایج کسب شده از فرآیند آشکارسازی بَنه در منطقه‌ی آموزشی بدست آمده از فرآیند بهینه‌سازی ۵۸
- شکل ۴-۶- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM ب) ACE پ) MF ت) ASMF ۵۹
- شکل ۴-۷- تصاویر مربوط به ارزیابی نتایج با استفاده از ۴ الگوریتم آشکارسازی بر روی منطقه آزمون که در شکل (۳-۳)- الف مشخص شده است؛ الف) CEM ب) ACE پ) MF ت) ASMF ث) نقشه واقعیت زمینی ۶۰
- شکل ۴-۸- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM ب) ACE پ) MF ت) ASMF ۶۱

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق ۴۴
- جدول ۳-۲- پارامترهای الگوریتم ژنتیک طراحی شده به منظور انتخاب ویژگی ۴۹
- جدول ۴-۱- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله بهینه‌سازی بادام‌کوهی ۵۴
- جدول ۴-۲- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله ارزیابی بادام‌کوهی ۵۶
- جدول ۴-۳- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله بهینه‌سازی بَنه ۵۹
- جدول ۴-۴- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله ارزیابی بَنه ۶۱

فصل اول

مقدمه و کلیات تحقیق

۱_۱ مقدمه

از گذشته تاکنون گیاهان دارویی^۱ جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی برخوردار می‌باشند؛ بطوریکه به گزارش سازمان بین‌المللی غذا و دارو^۲، بیش از ۳/۳ میلیارد نفر در کشورهای کمتر توسعه یافته به‌طور منظم از گیاهان دارویی استفاده می‌کنند [۱]. امروزه با توسعه‌ی 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 بعنوان مواد اولیه در ساخت داروهای مدرن نیز استفاده می‌شود [۲]. بر این اساس در کشورهای در حال توسعه و حتی صنعتی، تولید گیاهان دارویی و اقلام دارویی مشتق شده از آنها بعنوان محصولات سلامت محور و با بازده اقتصادی بالا در دستور کار فعالان اقتصادی قرار گرفته است [۳].

گیاهان دارویی به دو شکل خودرو یا به‌صورت زراعی مورد کشت و بهره‌برداری قرار می‌گیرند. طیف گسترده‌ای از گیاهان دارویی به‌صورت 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 به‌صورت سنتی و ۵- دشواری دسترسی (مناطق کوهستانی و کویری) از بین می‌روند [۴-۷]. با توجه به صرفه‌ی اقتصادی گیاهان دارویی و بمنظور استفاده حداکثری از این منابع باارزش، نیاز به پهنه‌بندی این گیاهان بعنوان یک ضرورت لازم است.

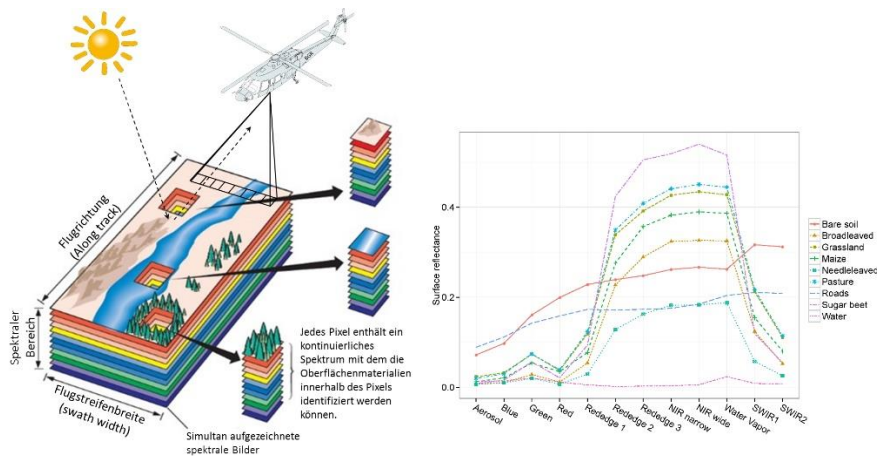
بطور معمول، بهره‌گیری از دانش و تجربه افراد بومی و محیط‌بانان، استفاده از روش‌های تحلیلی-آماری و همچنین بکارگیری تخصص کارشناسان منابع طبیعی راهکارهای رایج بمنظور شناسایی و به تبع آن بهره‌برداری از منابع گیاهان دارویی محسوب می‌شود [۴-۷]. بدیهی است که این روش‌ها بواسطه‌ی: ۱- گستردگی پهنه‌ی جغرافیایی رویشگاه، ۲- پراکندگی و

^۱ Medical plants

^۲ World Health Organization (WHO)

تنک بودن رویش این گیاهان،^۳ صعب‌العبور 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 نماید.

امروزه فن‌آوری سنجش از دور^۱ یکی از رایج‌ترین شیوه‌های جمع‌آوری اطلاعات سریع و مستقیم از سطح زمین محسوب می‌شود. ماهواره‌های سنجش از دور تصاویری با قدرت تفکیک مکانی^۲ بالا و در تعدادی باند گسسته و با پهنایی در حدود چند نانومتر جمع‌آوری می‌کنند. این سنجندها محدوده‌های طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه را دربر می‌گیرند و یک طیف گسسته را برای هر کدام از پیکسل‌های موجود در صحنه به‌وجود می‌آورند. هر ماده موجود در صحنه تصویر به دلیل داشتن ترکیب و ساختار مولکولی مخصوص به خود، اثر طیفی منحصر به فردی از خود نشان می‌دهد. این موضوع در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- تفاوت در رفتار طیفی مواد در یک صحنه تصویربرداری [۸]

داده‌های سنجش از دوری به دلیل در برداشتن اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی از پدیده‌های سطح زمین، کاربردهای فراوانی در حوزه‌های مختلف از جمله محیط‌زیست [۹]، علوم جوی [۱۰]، آلودگی آب [۱۱]، کشاورزی [۱۲]، زمین‌شناسی [۱۳]، پدیده‌های آتش‌فشانی [۱۴]، معدن [۱۵]، و مدیریت منابع طبیعی [۱۶]، برخوردارند.

در این بین، کشف و آشکارسازی هدف^۳، یک رویکرد پردازشی رایج بمنظور استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش از دوری محسوب می‌شود. منظور از هدف در این رویکردهای پردازشی به پدیده‌ی مکانی خاص اطلاق شده که با معلوم بودن پاسخ طیفی^۴ آن انتظار می‌رود روش‌های آشکارساز آن را در تصاویر ابرطیفی شناسایی نموده و از سایر پدیده‌ها (پس‌زمینه) جداسازی

^۱ Remote Sensing

^۲ Spectral Resolution

^۳Target Detection

^۴Spectral Response

نمایند.

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 بادام‌کوهی و بنه به کمک فناوری سنجش از دور و روش‌های آشکارسازی هدف می‌باشد.

۲-۱ طرح مساله و ضرورت تحقیق

طبق گزارش سازمان خواروبار^۱ جهانی، ارزش تجارت گیاهان دارویی در حال حاضر حدود صد میلیارد دلار در سال است و پیش‌بینی می‌شود، در سال ۲۰۵۰ میلادی به رقم پنج تریلیون دلار خواهد رسید. این در حالی است که، اقلیم و خاک ایران یکی از بهترین خاستگاه‌های جهان در رشد و تکثیر گیاهان دارویی است و کشورمان قابلیت رشد و تولید ۸ هزار گونه گیاهان دارویی را دارد. استان مرکزی به لحاظ قرار گرفتن در زاویه برخورد دو رشته‌کوه البرز و زاگرس دارای شرایط آب و هوایی متنوعی است و همین امر موجب رویش تنوع گیاهان دارویی زیادی در نقاط مختلف این استان گردیده است. بطوری که طبق آمار منتشر شده، ۲۲۷ گونه‌ی شناخته شده در مناطق مختلف این استان برداشت می‌شود و شهرستان تفرش، از نظر تعداد گونه‌ها و حجم برداشت جزء برترین مناطق رویش گیاهان دارویی به شمار می‌رود [۱۷].

گیاهان دارویی شهرستان تفرش را با توجه به طریقه‌ی مصرف آن‌ها بین اهالی منطقه می‌توان در دو گروه بررسی کرد. گروه اول گیاهانی که بعنوان سبزیجات و میوه‌ها کاربردهای غذایی دارند یا بعنوان مواد اصلی در تهیه‌ی برخی از غذاها، چاشنی‌ها و ادویه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. موسیر، ریواس، سماق، کنگر، سنجد، تره‌ی وحشی، سنگ، پای‌غازی، کرفس کوهی، والک، پیازک، پنیرک از گیاهان گروه اول می‌باشند؛ و گروه دوم گیاهانی که بمنظور کاربرد دارویی و صنعتی برداشت می‌شوند که تعداد گونه‌ها در این گروه بسیار بیشتر از گروه اول است. این گروه شامل گیاهان دارویی فراوانی نظیر آویشن، بومادران، بابونه، گل ختمی، بنه، پونه‌ی کوهی، خاکشیر، گون، باریجه، چای کوهی، بادام‌کوهی، کاسنی، گزنه، زنیان، درمنه‌ی کوهی، شقایق نعمانی، علف مار، شیرین بیان، بادرنجبویه، خارخاسک، روناس، منداب، سنبل طیب، شاه‌تره، مرزنجوش، پرسیاوش و ... می‌باشد [۱۷].

بهره‌برداری و صادرات این منابع ارزشمند می‌تواند یک راه برون رفت از اقتصاد متکی به فروش نفت باشد و درآمد ارزی کلانی را نصیب کشورمان نماید. برای نیل به این هدف وجود یک نقشه دقیق و به‌روز از پراکندگی گیاهان دارویی می‌تواند به مدیریت، احیاء و بهره‌برداری هرچه بهتر از این منابع ارزشمند کمک کند.

^۱ Food and Agriculture Organization

۳_۱ سوالات اصلی تحقیق

هدف از این مطالعه را می‌توان استفاده از یک رویکرد جدید در استفاده از داده‌های سنجش از دوری چندطیفی^۱ و روش‌های آشکارسازی هدف بمنظور آشکارسازی گیاهان دارویی بیان نمود. در این راستا سوالات زیر مطرح می‌شود.

- گیاهان دارویی خودرو عموماً چه رفتارها و ویژگی‌های قابل‌ثبتي در داده‌های سنجش از دوری برخوردارند؟
- از بین گیاهان دارویی شهرستان تفرش کدامیک پتانسیل شناسایی و آشکارسازی در تصاویر سنجش از دوری رایگان را برخوردارند؟
- آیا تصاویر ماهواره‌ای سنتینل توان طیفی و زمانی لازم بمنظور آشکارسازی گیاهان دارویی منتخب را دارد؟
- چه الزامات مکانی و زمانی برای هدف این تحقیق لازم است؟
- چه ویژگی‌های طیفی و زمانی قادرند بیشترین دقت و تفکیک‌پذیری را برای آشکارسازی گونه‌های مختلف گیاهان دارویی فراهم آورند؟
- چگونه می‌توان ویژگی‌های تفکیک‌پذیر در این حوزه را شناسایی نمود؟

۴_۱ پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات گوناگونی در زمینه برآورد سطح زیر کشت، پهنه‌بندی گیاهان دارویی، آشکارسازی اهداف و همچنین راهکارهای کاهش تعداد باند، انتخاب ویژگی‌های بهینه، بهبود روش‌های آشکارسازی و بررسی کارایی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از داده‌های ابرطیفی و چندطیفی در زمینه‌های مختلف صورت گرفته است. در ذیل نمونه‌ای از تحقیقات صورت گرفته ارائه شده است.

اکبری و همکاران در سال ۱۳۸۹، به تعیین رویشگاه بالقوه گیاه گون زرد با استفاده از تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فناوری سنجش از دور پرداختند. در این تحقیق ابتدا چندین مکان بعنوان رویشگاه گون زرد انتخاب شد و تاثیر عوامل مختلف محیطی بر روی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه نیازهای بوم‌شناختی^۲ شناسایی شده در غالب لایه‌های رقومی توسط روش‌های آماری، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره IRS-P6 تهیه شد. در نهایت با تلفیق لایه‌ها در

^۱ Multispectral

^۲ Ecology

غالب مدل تحلیل سلسله مراتبی^۱، مناطق مستعد رویش گیاه مورد نظر شناسایی شد [۱۸].

بی‌باک و همکاران در سال ۱۳۹۵ به جمع‌آوری، شناسایی و بررسی استفاده سنتی گیاهان دارویی شهرستان جیرفت پرداختند. در این تحقیق، شناسایی گیاهان شهرستان جیرفت با استفاده از پیمایش‌های صحرایی، جمع‌آوری اطلاعات مردمی و مطالعات اسنادی، صورت پذیرفت. در نهایت ۱۴۷ گونه گیاهی در این تحقیق شناسایی و خواص دارویی آنها به‌همراه محل جمع‌آوری آنها ثبت شده است [۱۹].

فروزه و همکاران در سال ۱۳۹۵ به پیش‌بینی احتمال حضور چند گونه گیاه مرتعی در منطقه زاگرس پرداختند [۲۰]. ابتدا اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل محیطی تاثیر گذار بر رشد گیاهان مورد نظر جمع‌آوری شد. سپس با ایجاد روابط بین متغیرهای محیطی بر حضور یا عدم حضور گونه‌های مورد بررسی، بکمک روش رگرسیون لجستیک نقشه پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های مورد بررسی تهیه شد. در نهایت میزان تطابق هر یک از نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه پوشش گیاهی منطقه با استفاده از ضریب کاپا بررسی شده است.

رحیم زادگان و پورغلام در سال ۲۰۱۷ بمنظور شناسایی سطح زیر کشت زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه از دو رویکرد: ۱- روش‌های طبقه‌بندی شامل: شبکه عصبی مصنوعی^۲، ماشین‌های بردار پشتیبان^۳، فاصله ماهالانوبیس^۴، حداقل فاصله^۵، حداکثر احتمال^۶، متوازی السطوح و ۲- شاخص‌های گیاهی (NDVI و SAVI) استفاده کردند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست-۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. بهترین نتایج این تحقیق در رویکرد اول با صحت کلی ۹۵٪ و ضریب کاپای ۹۰٪ مربوط به روش ماشین‌های بردار پشتیبان و در رویکرد دوم مربوط به شاخص NDVI بوده است. بررسی نتایج، نشانگر برتری عملکرد رویکرد دوم می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق، نشان دهنده کارایی مناسب شاخص‌های گیاهی زمان‌مند در برآورد سطح زیر کشت زعفران می‌باشد [۲۱].

فرزاد مهر و بحستانی در سال ۲۰۱۸ در تحقیقی مشابه بمنظور برآورد سطح زیر کشت زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه از تصاویر چندطیفی ماهواره لندست-۸ استفاده کردند. برای این کار از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان دهنده قابلیت تصاویر چندطیفی ماهواره لندست-۸ در برآورد سطح زیر کشت زعفران و اهمیت انتخاب زمانمند تصاویر بر اساس تقویم زراعی منطقه در دستیابی به دقت بالای نتایج می‌باشد [۲۲].

^۱ Analytic Hierarchy Process (AHP)

^۲ Artificial neural network

^۳ Support Vector Machine

^۴ Mahalanobis Distance

^۵ Minimum Distance

^۶ Maximum Likelihood

قلی‌زاده و همکاران در سال ۲۰۱۱، تاثیر کاهش ابعاد داده بر عملکرد الگوریتم‌های آشکارسازی هدف را مورد بررسی قرار دادند [۳۱]. آنها برای انتخاب باندهای بهینه از دو روش الگوریتم ژنتیک و تبدیل موجک و همچنین روش‌های آشکارسازی هدف شامل: CEM، ACE، OSP، TCIMF^۱، AMSD^۲، HUD^۳، FCLS^۴، NCLS^۵، SCLS^۶ و ULS^۷ استفاده کردند. بررسی‌ها بر روی دو مجموعه داده واقعی و تصاویر شبیه‌سازی با معیار ارزیابی سطح زیر منحنی (AUC)، اثربخشی کاهش ابعاد داده بر عملکرد آشکارسازی هدف را نشان داده است. تجزیه و تحلیل نسبی نشان دهنده عملکرد مناسب الگوریتم ژنتیک در کاهش ابعاد داده می‌باشد. در این تحقیق، بهترین عملکرد آشکارسازی همراه با رویکرد کاهش ابعاد داده مربوط به دو روش ACE و CEM بوده است.

سیدین و همکاران در سال ۲۰۱۳ میلادی به ارزیابی پتانسیل فن‌آوری سنجش از دور در شناسایی چشمه‌های هیدروکربن پرداختند. در این تحقیق از الگوریتم‌های آشکارساز بدون نیاز به عناصر پس‌زمینه شامل: CEM، ACE^۸، MF^۹، MTMF^{۱۰} و تصاویر ابرطیفی ماهواره هایپریون^{۱۱} با حد تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد [۲۳]. لازم به ذکر است در این تحقیق منحنی رفتار طیفی هدف از طریق طیف‌سنجی میدانی یک چشمه هیدروکربن بدست آمد.

رحیم‌زادگان در سال ۲۰۱۴ میلادی، بمنظور آشکارسازی معادن آهن در منطقه سمنان از روش‌های آشکارسازی هدف استفاده کرد [۲۴]. او از تصاویر ماهواره آستر^{۱۲} با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ و ۳۰ متر و آشکارسازهای HUD^{۱۳}، GLRT^{۱۴}، OSP^{۱۵}، ACE، CEM، MF و SAM^{۱۵} استفاده نمود. در این تحقیق، بهترین عملکرد آشکارسازی با اختلاف ۸٪ نسبت به سایر روش‌ها، به روش SAM مربوط است.

کانگ و همکاران در سال ۲۰۱۵ یک روش جدید انتخاب باند نظارت نشده با نام LBS^{۱۶}، جهت آشکارسازی هدف در تصاویر ابرطیفی ارائه نمودند. LBS از این واقعیت که عملکرد CEM با افزایش تعداد باندها افزایش می‌یابد، استفاده می‌کند. LBS مساله انتخاب باند را با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی پیوسته (LASSO^{۱۷})، جهت ارزیابی همزمان اهمیت همه باندها تدوین می‌کند. نتایج این تحقیق بر روی دو مجموعه داده ابرطیفی نشان می‌دهد که بر مبنای روش آشکارسازی CEM، LBS از کارایی خیلی بهتری نسبت به روش‌های مورد مقایسه برخوردار است [۲۵].

^۱ Target constrained interference Matched Filter

^۲ Adaptive Matched Subspace Detector

^۳ Hybrid Unstructured Detector

^۴ Fully constrained least squares

^۵ Nonnegatively constrained least squares

^۶ Sum-to-one constrained least squares

^۷ Unconstrained Least Squares

^۸ Adaptive coherence estimator

^۹ Matched filter

^{۱۰} Mixture tuned matched filtering

^{۱۱} Hyperion

^{۱۲} Aster

^{۱۳} generalized likelihood ratio test

^{۱۴} Orthogonal subspace projection

^{۱۵} Spectral Angle Mapper

^{۱۶} Linear Band Selection

^{۱۷} Least Absolute Shrinkage and selection Operator (LASO)

لویان و همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی، استخراج محدوده آب‌های سطحی با استفاده از تصاویر چندطیفی و الگوریتم‌های آشکارسازی را مورد بررسی قرار دادند [۲۶]. یک روش مرسوم برای استخراج محدوده آب‌های سطحی استفاده از شاخص‌های طیفی آب است. اما این روش با توجه به استفاده محدود از باندهای طیفی در مواجهه با پیکسل‌های حاوی یخ، برف، ابر و سایه عملکرد ضعیفی از خود نشان می‌دهد. در این تحقیق برای حل این مشکل از الگوریتم آشکارساز CEM و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست-۸ استفاده شد. اما با این حال، الگوریتم CEM عمدتاً برای تصاویر ابرطیفی استفاده شده است و با تعداد باند کم نتیجه مطلوبی نخواهد داشت. برای حل این مشکل و بهبود عملکرد CEM، داده‌های خطی شامل شاخص‌های طیفی آب و داده‌های متریک شباهت طیفی به داده‌های اصلی اضافه شد. نتایج نهایی نشان دهنده موفقیت روش پیشنهادی است.

کاماچو و همکاران در سال ۲۰۱۶، به بررسی پنج روش آشکارسازی هدف (MF و SAM، OSP، CEM، ACE) در سطح زیرپیکسل^۱ و پیکسل خالص^۲ پرداختند. برای این منظور از تصاویر ماهواره هایپریون مربوط به مزارع کشاورزی کشور کلمبیا و تصاویر شبیه‌سازی شده با سطوح مختلف نویز استفاده شد. بررسی عملکرد در سه سطح صورت پذیرفت. در سطح اول ارزیابی نتایج مشخص شد سه روش CEM، ACE و MF بر روی تصاویر شبیه‌سازی شده بدون نویز در دو حالت پیکسل خالص و زیرپیکسل، بهترین نتایج را بدست آوردند و از این میان بهترین نتیجه مربوط به روش ACE معرفی شد. در سطح دوم و استفاده از تصاویر شبیه‌سازی شده همراه با نویز، سه روش CEM، ACE و MF بهترین نتایج را بدست آورده و از این میان بهترین نتیجه مربوط به روش ACE معرفی شد. در این مرحله مشخص شد عملکرد روش‌های SAM و OSP تحت تاثیر افزایش میزان نویز پایداری بیشتری نشان می‌دهند. در سطح سوم، نتایج عملکرد روش‌های شناسایی هدف بر روی داده‌های واقعی نشان می‌دهد در مناطق دارای سطوح مسطح و اهداف یک اندازه و بدون سایه، تنوع طیفی کمتری وجود داشته بنابراین، عملکرد بهتر تمام روش‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد. در نهایت، نتایج نشان داد که روش CEM، ACE و MF، برترتیب دارای بهترین عملکرد بر روی تصاویر و اهداف مختلف در این تحقیق می‌باشند و پایین‌ترین عملکرد مربوط به روش‌های SAM و OSP بوده است [۲۹].

یانگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۸ میلادی، در تحقیقی مشابه جهت آشکارسازی محدوده آب‌های سطحی در مناطق شهری از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ با قدرت تفکیک ۱۰ و ۲۰ متر و آشکارسازی هدف استفاده کردند [۲۷]. استخراج محدوده آب‌های سطحی در مناطق شهری با توجه به وجود عوارض مصنوعی، سایه‌ها و جاده‌های تاریک که در محاسبه شاخص‌های طیفی رفتاری مشابه آب‌های سطحی نشان می‌دهند یک کار دشوار است. استفاده از آشکارساز CEM برای شناسایی و حذف مناطق نویز، راهکار ارائه شده در این تحقیق بود.

^۱ Subpixel^۲ Pure pixel

ایمانی در سال ۲۰۱۸ میلادی، بمنظور آشکارسازی اهداف دو روش نظارت شده از طریق فاصله ماهالانوبیس^۱ و زاویه طیفی ارائه کرد. اولین روش پیشنهادی که DTD-Maha نام دارد؛ از فاصله ماهالانوبیس استفاده می‌کند و بنابراین، از آماره مرتبه اول و دوم هدف و پس‌زمینه برای دستیابی به خروجی آشکارسازی بهره می‌برد. روش دوم (DTD-KSAM)، از یک اندازه‌گیری زاویه طیفی مبتنی بر کرنل برای محاسبه فاصله بین پیکسل مورد آزمون تا هدف و پس‌زمینه استفاده می‌کند. بررسی عملکرد بر روی سه تصویر ابرطیفی و مقایسه با الگوریتم‌های^۲MSD،^۳ASD،^۴SAM،^۵KSAM،^۶STD،^۷CSCR و^۸MSP حاکی از موفقیت روش معرفی شده در آشکارسازی اهداف است [۲۸].

گنگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۸ از روش بهبود یافته‌ی CEM بمنظور آشکارسازی اهداف در سری‌زمانی تصاویر ماهواره‌ی لندنست-۷ و لندنست-۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و مادیس^۹ با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ و ۵۰۰ متر استفاده نمودند. ضرب کرونکر^۹ سیگنال‌های زمانی هر مقطع زمانی راهکار بهبود دقت آشکارسازی در این روش بوده که دقت‌های کسب شده از آن تفاوت‌های محسوسی نسبت به زمان عدم بکارگیری این روش پیشنهادی را نشان داده است [۳۰].

چینسو و همکاران در سال ۲۰۱۸ میلادی، بمنظور شناسایی برگ‌های جوان درختان از تصاویر هوایی گرفته شده به وسیله پهپاد و روش‌های آشکارسازی هدف استفاده کردند [۳۲]. برای این کار از سه دسته روش‌های آشکارساز شامل: ۱- روش‌های نیازمند طیف هدف و پس‌زمینه (TCIMF و OSP)، ۲- روش‌های آشکارساز نیازمند طیف هدف (ACE, RMD, CEM), KMF, KMD و ۳- همچنین روش‌های آشکارساز ناهنجاری (R-RXD, K-RXD)، استفاده شد. در ارزیابی پنج روش مبتنی بر طیف هدف مشخص شد روش‌های CEM, KMD, KMF, RMD قادر به آشکارسازی برگ‌های تازه رشد کرده با دقت متوسط کاپا از طریق معکوس ماتریس کوواریانس و معکوس ماتریس همبستگی می‌باشند؛ اما روش ACE قادر به افزایش تمایز هدف در برابر پس‌زمینه بکمک معکوس ماتریس کوواریانس نمی‌باشد و عملکرد ضعیفی داشته است. برای دو روش مبتنی بر دانش کامل، TCIMF به طور موثری در تشخیص برگ‌های تازه موفق عمل کرده، اما OSP در ایجاد تمایز میان برگ‌های جوان و قدیمی عملکرد ضعیفی داشته است. در این تحقیق، دو روش آشکارساز ناهنجاری قادر به شناسایی شاخساره‌های جدید نبوده‌اند.

تا به امروز بیشتر تحقیقات صورت گرفته در زمینه پهنه‌بندی گیاهان دارویی محدود به استفاده از روش‌های سنتی و استفاده از مدل‌سازی برای پیش‌بینی پراکنش گیاهان بوده و تحقیقات زیادی با تفاوت در روش مدل‌سازی و گیاهان مورد هدف صورت

^۱ Mahalanobis^۲ Matched subspace detector^۳ Adaptive subspace detector^۴ Kernelized SAM^۵ Sparsity-based target detector^۶ Combined sparse and collaborative representation^۷ Manifold structure preservative^۸ Modis^۹ Kronecker

پذیرفته است. از مشکلات این روش‌ها علاوه بر هزینه مالی و زمانی زیاد، دشواری اندازه‌گیری شرایط محیطی جهت استفاده بعنوان داده‌های مدل‌سازی می‌باشد. علاوه بر این با توجه به تنوع در شرایط جغرافیایی، تنوع در گونه‌ها و نیازهای مطلوب رویشی هر گیاه، اندازه‌گیری شرایط محیطی در هر منطقه نیاز می‌باشد.

در بیشتر تحقیقات انجام شده در رابطه با فناوری سنجش از دور و آشکارسازی هدف از تصاویر ابرطیفی و چندطیفی تک زمانه استفاده شده است. محدودیت دسترسی به تصاویر ابرطیفی و چندطیفی با حد تفکیک مکانی بالا در کشور از چالش‌های استفاده از این تصاویر می‌باشد.

۱_۵ ساختار پایان‌نامه

این تحقیق در پنج فصل تکمیل گردیده است. در فصل اول مقدمه‌ای از موضوع مورد تحقیق بیان شد. فصل دوم مربوط به تشریح تئوری مساله است. مباحث آشنایی با گیاهان دارویی و اهمیت آنها، داده‌های مورد استفاده، منطقه مورد مطالعه، روش‌های آشکارسازی هدف، نحوه ارزیابی عملکرد و تشریح روش پیشنهادی از مباحث این فصل می‌باشد. معرفی داده‌های مورد استفاده و رویکرد پیشنهادی و پیاده‌سازی روش‌های آشکارسازی به ترتیب در فصل چهارم ارائه شده است. و در انتها، فصل پنج مربوط به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات بمنظور انجام کارهای آتی می‌باشد.

فصل دوم

تعاریف، مفاهیم و تئوری تحقیق

۲_۱ مقدمه

در این فصل به تشریح مفاهیم و تئوری مورد نیاز تحقیق پرداخته شده است. آشنایی با گیاهان دارویی و اهمیت آنها مبحث اولیه این فصل می‌باشد. در ادامه با معرفی الگوریتم‌های پردازشی سنجش از دور، به طور خاص به تشریح آشکارسازی هدف و روش‌های مورد استفاده در این تحقیق و همچنین نحوه ارزیابی عملکرد آنها پرداخته شده است. معرفی الگوریتم فراابتکاری ژنتیک از دیگر مباحث این فصل است. و در ادامه، به معرفی ماهواره سنتینل-۲، پیش پردازش‌های مورد نیاز و داده‌های مورد استفاده پرداخته شده است.

۲_۲ گیاهان دارویی

گیاهان دارویی به گستره وسیعی از گیاهان شامل بوته، درختچه و درخت اطلاق می‌شود که در درمان بیماری‌ها و یا در پیشگیری از بروز بیماری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع گیاهان دارویی به گیاهانی گفته می‌شوند، که تمام آن یا اجزائی از آنها به صورت تازه، خشک شده یا فرآوری شده جهت تشخیص، درمان، پیشگیری و حفظ بهداشت بدن انسان یا حیوانات و دیگر گیاهان به کار می‌رود [۳۳].

گیاهان دارویی از قدیمی‌ترین داروهایی هستند که توسط بشر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پس از پیدایش داروهای شیمیایی و بیولوژیک^۱، تا مدتی از نقش و اهمیت گیاهان دارویی کاسته شد ولی به تدریج و با ظهور عوارض جانبی استفاده از این داروها، بشر مجدداً برای درمان بیماری‌ها به این گیاهان روی آورد؛ زیرا ماهیت طبیعی گیاهان دارویی باعث سازگاری بیشتر آنها با ساختار بدن انسان می‌شود. به نحوی که امروزه بیش از ۲۵ درصد داروها منشاء گیاهی داشته و بیش از ده‌ها گونه‌ی گیاهی برای مقاصد دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکثر این گیاهان در جهان و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه در قالب طب

^۱ Biopharmaceutical

سنتی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و تنها تعداد معدودی از این گونه‌ها در حجم وسیع و صنعتی در صنایع داروسازی بکار برده می‌شوند [۳۴].

در اواسط سده بیستم، سازمان بهداشت جهانی^۱ گزارش تکان دهنده‌ای از اثرات داروهای شیمیایی منتشر کرد و در آن از پیامدهای جانبی بسیار خطرناک این داروها، هشدارهای جدی و تازه‌ای داد و مشخص گردید که داروهای شیمیایی، اگرچه به سرعت اثر می‌بخشند، اما خود موجب بروز بیماری‌های جدید می‌گردند. با ارائه این گزارش و سایر اطلاعات منتشر شده، پزشکان بار دیگر به فکر رجوع به طبیعت و استفاده از داروهای طبیعی از جمله داروهای گیاهی افتادند [۳۵].

توجه به کشت و توسعه گیاهان دارویی از زمان برگزاری چهارمین کنگره بین‌المللی حفظ سلامت جهانی و قرار گرفتن داروهای گیاهی در جمع داروهای دنیا، در سال ۱۹۸۶ آغاز و باعث شد که میزان تقاضا برای مصرف این محصولات به‌طور فزاینده‌ای افزایش یابد. حتی در کشورهای صنعتی که از نظر فناوری، دانش و در اختیار داشتن داروهای سنتزی پیشرو تلقی می‌شوند، به علت گرایش به مصرف مواد طبیعی و گریز از عوارض آلودگی شیمیایی، روز به روز مصرف داروهای گیاهی بیشتر می‌شود.

نوپا بودن گیاهان دارویی، ویژگی‌های آنها در سازگاری با شرایط نامساعد، توان باروری این گیاهان در اراضی کم بهره، باز شدن بازارهای جدید گیاهان دارویی، وجود صنایع فراوری وابسته و ایجاد اشتغال از جمله عوامل مهمی است که می‌توان بعنوان مزایای گیاهان دارویی بدان اشاره کرد [۳۵].

۲_۲_۱ منابع تامین گیاهان دارویی

صنایع دارو گیاهی و مصرف‌کنندگان گیاهان دارویی، نیازهای خود را از دو طریق کشت و یا استفاده از ذخایر طبیعی تأمین می‌کنند. بخش کمی از نیاز بازار در حال حاضر کشت می‌شود. اما حجم انبوهی از گیاهان دارویی مورد مصرف در صنایع دارویی و حتی موجود در بازار تجارت گیاهان دارویی از ذخایر طبیعی گیاهان تهیه می‌شود. بنا به آماري که توسط بسیاری از منابع و مراجع رسمی منتشر گردیده است، بیش از هشتاد تا نود درصد گیاهان و مواد خام مورد مصرف در صنایع و بازار از طبیعت جمع‌آوری می‌شود [۳۳].

بخش عمده‌ای از گیاهان دارویی برداشت شده از طبیعت شامل محصولات فرعی جنگلی و مراتع، از جمله صمغ‌ها، رزین‌ها می‌باشند [۳۳].

^۱ World Health Organization (WHO)

۲_۲_۲ گیاهان دارویی در ایران

تنوع اکولوژیکی^۱ جغرافیای ایران، وجود ۱۱ اقلیم از ۱۳ اقلیم شناخته شده جهان و همچنین وجود ۳۰۰ روز آفتابی در سال، موجب بر خورداری ایران از تنوع گیاهی قابل توجهی شده است. بطوری که با داشتن بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی (تقریباً سه برابر تعداد گونه‌های گیاهی موجود در اروپا) و داشتن ۲۳۰۰ گونه گیاه دارویی از لحاظ تنوع گیاهان دارویی، در زمره کشورهای مهم جهان به شمار می‌رود.

با وجود این تنوع گیاهی و پیشینه تاریخی در استفاده از گیاهان در درمان، متأسفانه شرایط تولید، عرضه و مصرف گیاهان دارویی در ایران مطلوب نیست. طبق گزارش سازمان خواربار جهانی، ارزش تجارت جهانی گیاهان دارویی که در حال حاضر حدود صد میلیارد دلار در سال است، در سال ۲۰۵۰ میلادی به رقم پنج تریلیون دلار خواهد رسید. این در حالی است که کشور ایران با داشتن شرایط اقلیمی و تنوع گیاهی به مراتب بهتر از اروپا، در حال حاضر تنها ۶۰ تا ۹۰ میلیون دلار از تجارت جهانی گیاهان دارویی را به خود اختصاص داده است [۳۳].

رشد و توسعه پایدار گیاهان دارویی کشور با موانع و مشکلات زیادی روبرو است. شناخت دقیق این موانع می‌تواند مدیران و مسئولین را در ارائه برنامه مناسب یاری دهد. در اینجا به مهم‌ترین چالش‌های پیشروی گیاهان دارویی در عرصه‌های طبیعی اشاره شده است.

الف) بهره‌برداری غیرمجاز و بیش از توان گیاهان در عرصه‌های طبیعی و نیز استفاده از روش‌های نامناسب جهت بهره‌برداری محصولات سبب تضعیف و سرانجام نابودی بسیاری از گونه‌های دارویی و در نتیجه موجب کاهش محصولات و نیز روبه انقراض رفتن تعدادی از گونه‌های گیاهان دارویی کشور گردیده است.

ب) نبود نقشه پراکنش و عدم وجود اطلاعات کافی در مورد سطح رویش گونه‌های دارویی و محصولات فرعی در عرصه‌های طبیعی سبب گردیده است تا شناخت کافی از خصوصیات آنها فراهم نشود و در نتیجه برآورد درستی در برنامه‌ریزی‌های این محصولات به عمل نیاید.

ج) نبود اطلاعات دقیق و صحیح از تراکم پوشش گونه‌های دارویی و محصولات فرعی جنگلی و مرتعی و پتانسیل تولید گونه‌ها، امکان ارزیابی دقیقی از مقدار تولید و برنامه‌ریزی آتی را فراهم نمی‌سازد.

د) عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص فنولوژی، فیزیولوژی^۲ گونه‌ها سبب می‌گردد که زمان بهره‌برداری و روش مناسب تیغ‌زنی آنها در پرده ابهام باقی بماند.

^۱ Ecological^۲ Physiology

و) عدم وجود روش‌های مناسب جهت برداشت گیاهان از عرصه‌های طبیعی، چرا که جمع‌آوری محصولات مورد نظر از پایه‌های طبیعی نیاز به ملاحظاتی از جمله فصل یا دوره زمانی جمع‌آوری، میزان برداشت مجاز، روش برداشت، محل جمع‌آوری‌ها، و غیره دارد [۳۳].

۲-۲-۳ گیاهان دارویی شهرستان تفرش

استان مرکزی به لحاظ قرار گرفتن در زاویه برخورد دو رشته‌کوه البرز و زاگرس دارای شرایط آب و هوایی متنوعی می‌باشد و همین امر موجب رویش تنوع گیاهی گسترده‌ای در نقاط مختلف استان گردیده است. تفرش یکی از شهرستان‌های استان مرکزی است 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.

همانطور که در فصل قبل بدان اشاره شد، گیاهان دارویی شهرستان تفرش را می‌توان با توجه به طریقه‌ی مصرف آن‌ها بین اهالی منطقه به دو گروه تفکیک نمود. گروه اول گیاهانی که بعنوان سبزیجات و میوه‌ها کاربردهای غذایی دارند یا بعنوان مواد اصلی در تهیه‌ی برخی از غذاها، چاشنی‌ها و ادویه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گروه شامل گیاهان: موسیر، ریواس، سماق، کنگر، سنجد، تره‌ی وحشی، سنگ، پای‌غازی، کرفس کوهی، والک، پیازک، پنیرک می‌باشد و گروه دوم گیاهانی است که بیشتر بمنظور کاربرد دارویی برداشت می‌شوند که تعداد گونه‌ها در این گروه بسیار بیشتر از گروه اول است. این گروه شامل گیاهان دارویی فراوانی نظیر آویشن، بومادران، بابونه، گل ختمی، بنه، پونه‌ی کوهی، چای کوهی، خاکشیر، گون، باریجه، چای کوهی، بادام کوهی، کاسنی، گزنه، زنیان، درمنه‌ی کوهی، شقایق نعمانی، علف مار، شیرین بیان، بادرنجبویه، خارخاسک، روناس، منداب، سنبل طیب، شاه‌تره، مرزنجوش، پرسیاوش و ... می‌باشد.

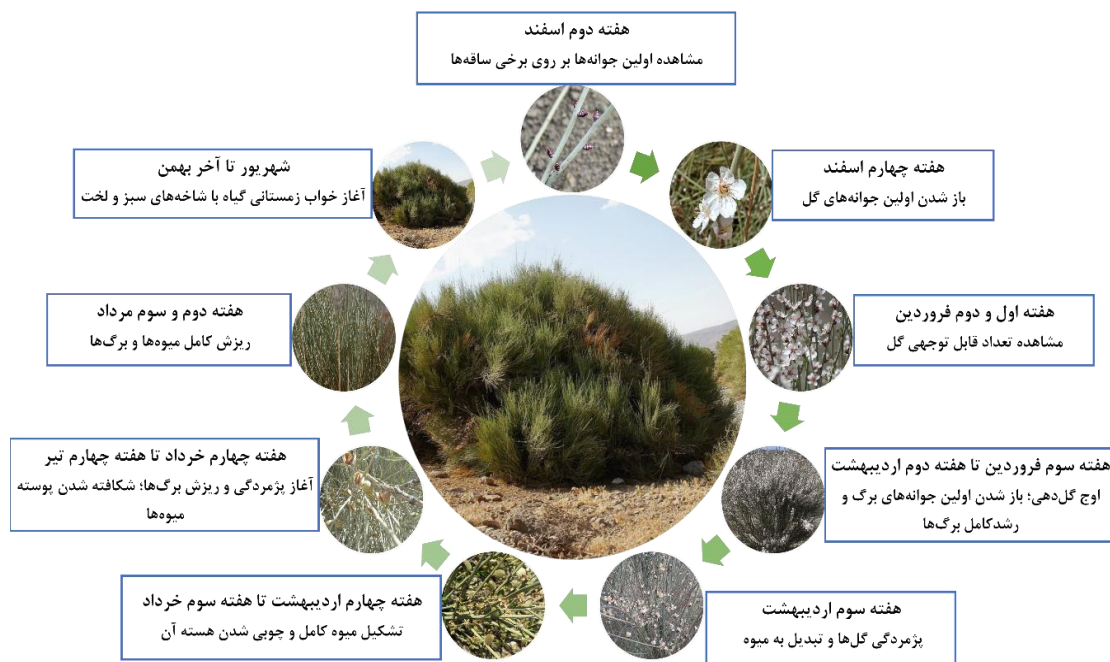
در یک دسته‌بندی دیگر با توجه به ابعاد و سطح تاج گیاهان دارویی تفرش می‌توان آنها را به دو گروه تفکیک نمود. گروه یک گیاهانی با سطح تاج کوچکتر از یک متر مربع شامل: موسیر، ریواس، کنگر، تره‌ی وحشی، سنگ، پای‌غازی، کرفس کوهی، والک، پیازک، پنیرک، آویشن، بومادران، بابونه، گل ختمی، پونه‌ی کوهی، چای کوهی، خاکشیر، باریجه، چای کوهی، کاسنی، گزنه، زنیان، درمنه‌ی کوهی، شقایق نعمانی، علف مار، شیرین بیان، بادرنجبویه، خارخاسک، روناس، منداب، سنبل طیب، شاه‌تره، مرزنجوش، پرسیاوش و گروه دوم گیاهانی با سطح تاج بزرگتر از یک متر مربع شامل: سنجد، بنه و بادام کوهی می‌باشند.

با توجه به هدف این پژوهش در بکارگیری تصاویر چندطیفی رایگان ماهواره سنتینل-۲، احتمال آشکارسازی گیاهان دارویی با ابعاد کوچکتر از یک متر مربع و پراکنده که سهم حضور آنها در هر پیکسل از تصاویر مورد استفاده کمتر از یک درصد است ضعیف می‌باشد. بنابراین بر اساس دسته‌بندی دوم، دو گیاه بنه و بادام کوهی که از ابعاد و تراکم بیشتری نسبت به سایر گیاهان

دارویی تفرش برخوردارند مورد هدف آشکارسازی این تحقیق است. لازم به ذکر است آشکارسازی درخت سنجد بدلیل پراکندگی آن در منطقه مورد تحقیق و دشواری ارزیابی دقت آشکارسازی در دستور کار این تحقیق قرار نگرفت. در ادامه گیاه بادام کوهی و بنه معرفی شده است.

بادام کوهی

بادام کوهی^۱ یا آلوک، درختچه‌ای است با ساقه‌های ایستا و سبز رنگ، برگ‌های باریک و کوچک، ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متر و قطر تاج پوششی آن به ۱ تا ۲ متر می‌رسد. این گیاه بعنوان اولین درختچه گل دهنده 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 بتدریج می‌ریزند ولی همچنان گیاه در طول سال سبزینگی خود را حفظ می‌نماید. نحوه تکثیر این گیاه در طبیعت بیشتر بصورت خودرو و با تکثیر بذر می‌باشد. شکل (۱-۲) نمایی از گیاه بادام کوهی به‌مراه روند فنولوژیکی^۲ آن را نمایش می‌دهد.



شکل ۱-۲- فنولوژی گیاه بادام کوهی

میوه‌های بادام کوهی در خرداد ماه رسیده و پس از شیرین سازی مصرف خوراکی خواهند داشت. روغن آن در صنایع آرایشی-بهداشتی همچون ساخت شامپو و صابون کاربرد دارد. صمغ این گیاه دارای مواد موثری است که در صنایع مختلفی

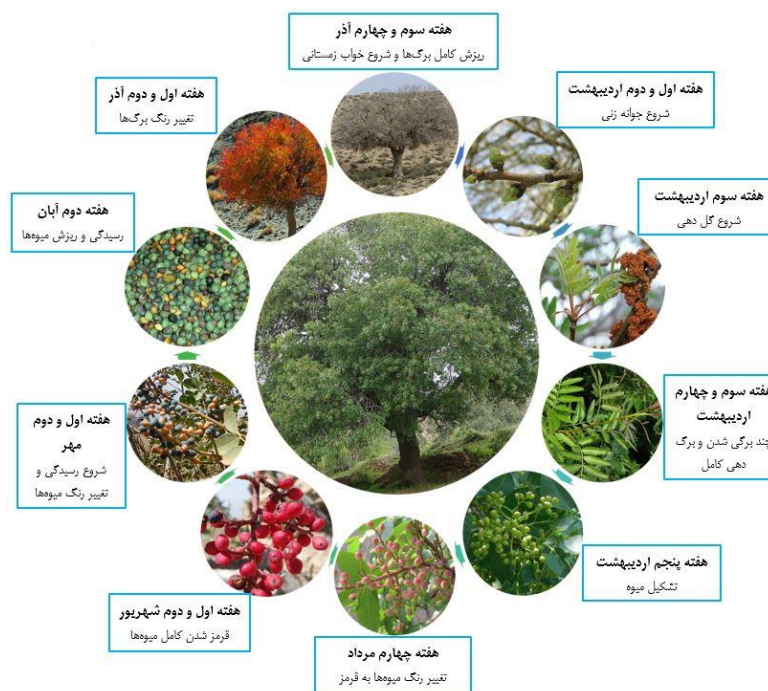
^۱ Amygdalus Scoparia

^۲ Phenology

مانند تولید مواد غذایی، دارویی و خوشبو کننده‌های دهان و دندان مورد استفاده قرار می‌گیرد. 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 [۳۶].

بنه (پسته کوهی)

بنه، پسته کوهی^۱ یا پسته وحشی درختی است با ارتفاع ۳ تا ۷ متر و قطر تاج پوششی ۲ تا ۷ متر که بیشتر در مناطق مرتفع کوهستانی با آب و هوای نه چندان سرد می‌روید و امروزه در لیست درختان حفاظت شده قرار دارد. میوه خوراکی این درخت به صورت کروی است. رنگ میوه ابتدا صورتی سپس قرمز و پس از رسیدن کامل، پوشش میوه سبز رنگ می‌شود. به دلیل سخت بودن پوست دانه، در شرایط عادی نمی‌توان با کاشت آن نهال تولید کرد بلکه دانه پس از چند سال ماندن در طبیعت و سایش پوسته یا ترک خوردن در یخبندان در بهار جوانه می‌زند. گل درخت بنه آخراپی رنگ است و بصورت سنتی در رنگرزی استفاده می‌گردد. شکل (۲-۲) درخت بنه به‌همراه روند فنولوژیکی آن را نمایش می‌دهد [۳۷].



شکل ۲-۲- فنولوژی درخت بنه

درخت بنه منبع اصلی تهیه شیره سقز است و در بسیاری از صنایع همچون ساخت و تولید آدامس، عطرها و محصولات

^۱ Pistacia terebinthus

خوشبوکننده و سایر مواد دارویی استفاده می‌شود. برگ‌های درخت پسته کوهی بعنوان یک نگهدارنده ارگانیک و طبیعی به محصولات دست‌ساز خانگی اضافه می‌کنند تا مانع از فساد آنها شوند.

۲-۳ الگوریتم‌های پردازش تصاویر سنجش از دوری

پیشرفت‌های اخیر در فناوری سنجش از دور چندطیفی و ابرطیفی همراه با رشد سریع در قدرت محاسبات، فرصت‌های جدیدی را در زمینه سنجش از دور با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالاتر ایجاد کرده است. در یک دسته‌بندی مهمترین موضوعات تحقیقاتی مرتبط با تصاویر سنجش از دور را می‌توان به الگوریتم‌های: ۱- شناسایی تغییرات^۱، ۲- جداسازی^۲، ۳- طبقه‌بندی^۳، و ۴- آشکارسازی هدف^۴ تفکیک نمود [۲۳].

شناسایی تغییرات

شناسایی تغییرات در میان الگوریتم‌های کاربردی منحصر به فرد است چرا که در آن دو مجموعه داده مورد نیاز است و هیچ شناسایی مستقیم از عوارض رخ نمی‌دهد. در این الگوریتم‌ها، مجموعه داده‌های مربوط به یک محدوده مکانی یکسان اما متفاوت در باندهای طیفی و زمانی، بمنظور شناسایی تغییرات استفاده می‌شوند. یک نمونه کاربرد از این الگوریتم‌ها، مدیریت زمین در یک دوره زمانی برای بررسی گسترش شهر یا جنگل زدایی می‌باشد. شکل (۲-۳) یک نمونه از شناسایی تغییرات را نشان می‌دهد.



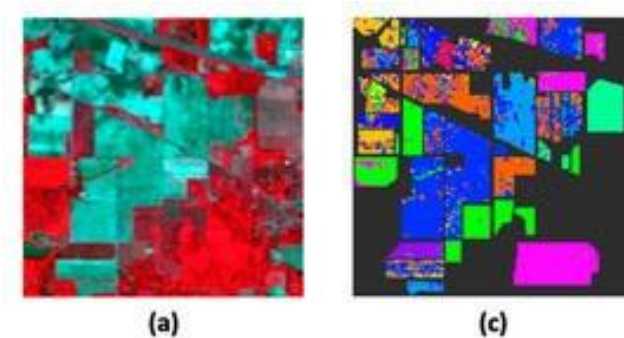
شکل ۲-۳- آشکارسازی تغییرات یک محدوده از شهر لندن [۳۸]

^۱ Change Detection
^۲ Unmixing

^۳ Classification
^۴ Target Detection

طبقه‌بندی

یکی از روش‌های استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش از دور، طبقه‌بندی تصاویر است. منظور از طبقه‌بندی، نسبت دادن یک برچسب یا کلاس به هر پیکسل از تصویر می‌باشد. بر این اساس که طبقه‌بندی کننده از اطلاعات غیر تصویری کمک می‌گیرد یا منحصرآ طبقه‌بندی را بر اساس داده‌های تصویری انجام می‌دهد، روش‌های طبقه‌بندی به دودسته نظارت‌شده^۱ و نظارت‌نشده^۲ تقسیم می‌شود. روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده از کمترین اطلاعات جانبی برای تصمیم‌گیری در مورد پیکسل‌ها استفاده می‌کنند و وظیفه کشف کلاس پیکسل‌ها در این گونه روش‌ها تماماً بر عهده الگوریتم است. ورودی این روش‌ها تصویر مورد بررسی و تعداد کلاس‌های موجود در آن است. حاصل چنین طبقه‌بندی پیکسل‌هایی است که در چندین کلاس با ماهیت نامعلوم طبقه‌بندی شده‌اند. دسته دیگر، روش‌های نظارت‌شده می‌باشند که علاوه بر تصاویر ورودی به داده‌های آموزشی و کلاس‌های مورد نظر نیاز داشته و دخالت عامل انسانی در آنها یک امر اجتناب ناپذیر است. در شکل (۲-۴) یک نمونه از کلاسه‌بندی عوارض دیده می‌شود.



شکل ۲-۴- کلاسه‌بندی عوارض شهری در یک تصویر سنجش از دور [۳۹]

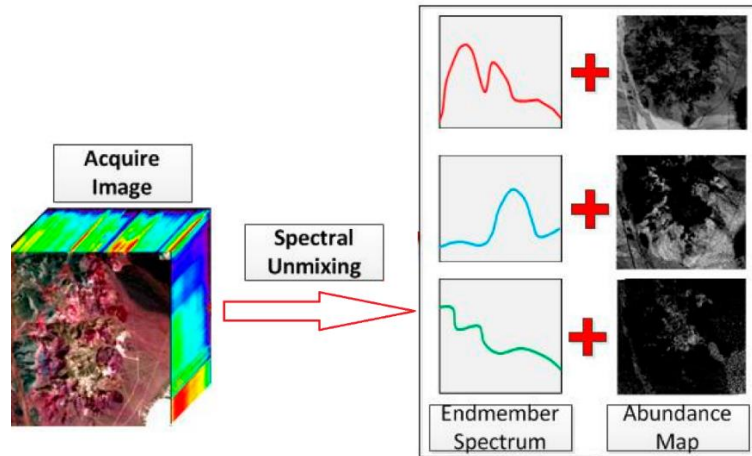
جداسازی

داده‌های ابرطیفی دربرگیرنده حجم عظیمی از اطلاعات مفید برای بسیاری از کاربردها می‌باشند. چنانچه قدرت تفکیک مکانی داده‌های ابرطیفی پایین باشد و یا نحوه قرارگیری مواد تشکیل دهنده سطح زمین به گونه‌ای باشد که مواد در یک مخلوط همگن با هم ترکیب شده باشند، آنگاه پیکسل‌های تصویر به جای یک ماده، چندین ماده با مشخصه‌های طیفی منحصر به فرد را در بر دارد. مشخصات طیفی پیکسل، ترکیبی از مشخصات طیفی مواد تشکیل دهنده آن پیکسل است. برای دستیابی به مواد در مقیاس زیر پیکسل، الگوریتم‌های جداسازی طیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به مولفه‌های تشکیل دهنده

^۱ Supervised classification

^۲ Unsupervised classification

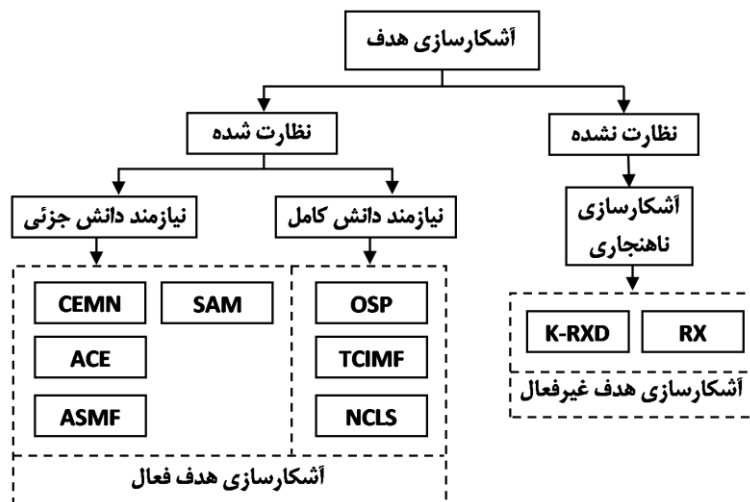
پیکسل مخلوط، عنصر خالص و به سهم حضور این عناصر خالص در پیکسل مخلوط، فراوانی گفته می‌شود. هدف الگوریتم‌های جداسازی طیفی یافتن طیف این عناصر خالص و فراوانی آنها در پیکسل است [۴۰]. در شکل (۵-۲) یک نمونه از جداسازی طیفی مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۵- جداسازی طیفی [۴۱]

آشکارسازی هدف

آشکارسازی هدف، فرآیند جستجوی پیکسل‌های مطلوب (هدف) در یک تصویر با استفاده از اطلاعات طیفی می‌باشد. منظور از هدف عمدتاً اشیاء ساخته شده توسط انسان یا اشیاء با رفتار طیفی متمایز از پس‌زمینه است که با توجه به ابعاد هدف و دقت مکانی تصویر در سطح پیکسل^۱ و یا زیرپیکسل^۲ ظاهر می‌شوند و بصورت بصری قابل شناسایی نمی‌باشند.

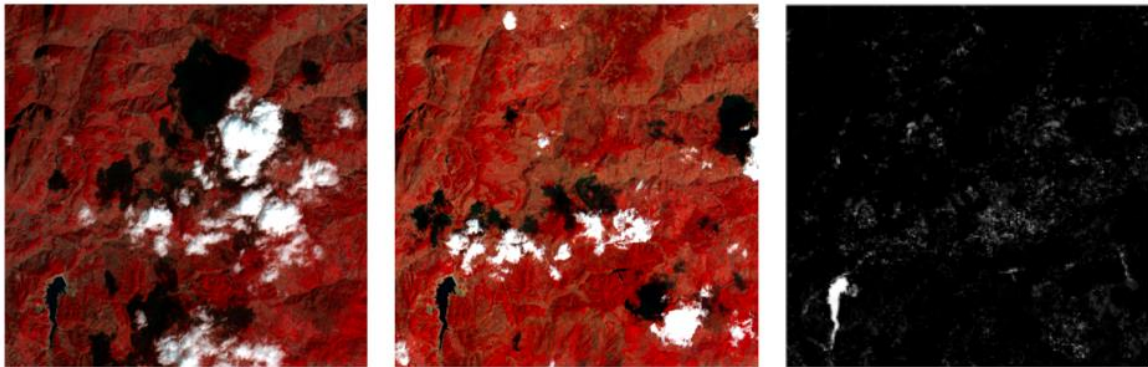


شکل ۲-۶- دسته‌بندی الگوریتم‌های آشکارسازی

^۱ Full-pixel

^۲ Sub-pixel

مطابق شکل (۶-۲)، الگوریتم‌های آشکارسازی هدف بر اساس اطلاعات طیفی مورد دسترس درباره هدف، به دو دسته نظارت‌شده^۱ و نظارت‌نشده^۲ تفکیک می‌شوند. روش‌های نظارت‌شده نیز با توجه به مقدار اطلاعات مورد دسترس درباره هدف به دو دسته با دانش جزئی^۳ و دانش کامل^۴ اطلاعات تفکیک می‌شوند. در روش‌های نیازمند اطلاعات جزئی فقط به طیف هدف نیاز است اما در روش‌های دانش کلی علاوه بر طیف هدف به اطلاعات طیفی عناصر پس‌زمینه نیز نیاز می‌باشد. روش‌های نظارت‌نشده که بیشتر با نام آشکارسازی ناهنجاری شناخته می‌شوند نیازی به اطلاعات قبلی درباره هدف ندارند. هر دو دسته الگوریتم‌های نظارت‌شده و نظارت‌نشده در آشکارسازی سطح زیرپیکسل و پیکسل کامل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل (۷-۲) یک نمونه از کاربرد آشکارسازی هدف دیده می‌شود.



شکل ۲-۷- آشکارسازی محدوده یک آبگیر [۳۰]

با توجه به موضوع این تحقیق و استفاده از روش‌های آشکارسازی هدف، در ادامه این مبحث بیشتر تشریح شده است. بین آشکارسازی هدف و طبقه‌بندی شباهت‌ها و تفاوت‌هایی وجود دارد. آشکارسازی هدف را می‌توان نوعی طبقه‌بندی دو کلاسه دانست بطوریکه مشخص می‌کند یک پیکسل حاوی هدف مشخص شده است یا خیر؛ اما هدف از طبقه‌بندی، تهیه نقشه موضوعی است که در آن پیکسل‌ها یا یک محدوده از آنها برچسب‌گذاری می‌شوند. گذشته از شباهت‌های دو دسته الگوریتم آشکارسازی و طبقه‌بندی، باید توجه نمود که نقش و ارزش عددی نتایج هر یک از الگوریتم‌ها با هم متفاوت است. به بیان دیگر معمول است که در طبقه‌بندی برای خلاصه‌سازی نقشه‌های موضوعی تعدادی از برچسب پیکسل‌ها با پیکسل‌های مجاور جایگزین می‌شود، در صورتیکه در آشکارسازی اهداف، مقادیر عددی شباهت هر پیکسل با هدف مورد نظر کاملاً با اهمیت و معنی‌دار بوده و نباید آنها را تغییر داد. نکته دیگری که در این دسته‌بندی باید به آن اشاره کرد تفاوت میان طبقه‌بندی و جداسازی است. همان‌طور که در بالا هم اشاره شد، الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده معمول، به هر پیکسل یک و تنها یک

^۱ Supervised Target detection

^۲ Unsupervised target detection

^۳ Partial knowledge

^۴ Complete knowledge

برچسب تخصیص می‌دهند به همین جهت به این دسته از طبقه‌بندی کننده‌ها، طبقه‌بندی کننده‌های سخت اطلاق می‌شود. اما همیشه این نوع طبقه‌بندی مدنظر نمی‌باشد و گاهی این نوع طبقه‌بندی مثرتر نیست. به همین دلیل دسته دوم طبقه‌بندی کننده‌ها تحت عنوان طبقه‌بندی کننده‌های نرم مطرح شدند که به هر پیکسل می‌توان چندین برچسب تخصیص داد که همراه با هر برچسب، عددی است که می‌تواند مقدار فراوانی هر عضو خالص موجود در آن پیکسل باشد [۴۲]. در واقع می‌توان گفت هر یک از دسته الگوریتم‌های مذکور دارای ورودی‌ها، خروجی‌ها و ویژگی‌های خاص خود خواهند بود و اطلاعاتی که ارائه می‌دهند، متناسب با کاربردهای گوناگون، متفاوت است. ممکن است یک آشکارساز خوب قادر به طبقه‌بندی اهداف آشکارسازی شده نباشد و یا بالعکس، یک الگوریتم طبقه‌بندی خوب که با دقت و صحت بالایی داده ابرطیفی را به کلاس‌های گوناگون تقسیم کرده است، نتواند به خوبی اهداف موجود در کلاس‌های مختلف را آشکارسازی نماید و یا گونه‌های مختلف موجود در یک کلاس را از هم تمیز دهد. البته وجوه مشترکی هم می‌تواند میان سطوح مختلف این الگوریتم‌ها وجود داشته باشد. بعنوان مثال یک آشکارساز خوب با استفاده از اطلاعات اولیه و جانبی از اهداف موجود در مجموعه داده، قادر است به طبقه‌بندی آنها نیز بپردازد.

۲_۴ روش‌های آشکارسازی هدف

بمنظور حل مساله‌ی آشکارسازی روش‌های مختلفی ارائه شده‌اند. دسته‌ای از این روش‌ها به دنبال حذف و یا کمینه کردن اثر طیف مواد پس‌زمینه هستند. آشکارسازهای ^۱OSP، ^۲CEM، ^۳TCIME، نمونه‌هایی از این روش‌ها می‌باشند. نمونه‌ای دیگر از آشکارسازها از مدل اختلاط خطی به منظور تخمین مقدار فراوانی اهداف استفاده می‌کنند و از این مقادیر برای آشکارسازی اهداف بهره می‌برند. ^۴FCLS، ^۵NCLS و ^۶SCLS در زمره این آشکارسازها قرار می‌گیرند. به دلیل قیود فیزیکی اعمال شده در روش‌های ^۷FCLS و ^۸NCLS، نتایج بدست آمده از این آشکارسازها را می‌توان دارای مفهوم فیزیکی دانست. به خصوص در مورد روش ^۹FCLS که خروجی این روش را می‌توان بعنوان مساحت اشغال شده توسط هدف مورد نظر در آن پیکسل تعبیر کرد. دسته‌ای دیگر از آشکارسازها مبتنی بر آزمون‌های آماری می‌باشند. ^{۱۰}AMSD یک آشکارساز مبتنی بر آزمون‌های آماری است که بر فرض وجود یک پس‌زمینه‌ی ساختاریافته توسعه یافته است. ACE، نوع دیگری از آشکارسازهای آماری می‌باشد و پس‌زمینه‌ای غیر ساختاریافته را در نظر می‌گیرد.

^۱ Orthogonal subspace projection
^۲ Constrained Energy Minimization
^۳ Target Constrained Interference Minimized Filter

^۴ Fully Constrained Least Squares
^۵ Nonnegatively Constrained Least Square
^۶ Sum-to-one Constrained Least Squares
^۷ Adaptive Matched Subspace Detector

۲_۵ چالش‌های موجود در آشکارسازی هدف

آشکارسازهای هدف کلاسیک، چه در آشکارسازی هدف و چه در آشکارسازی ناهنجاری، با چالش‌هایی مواجه هستند که نتایج را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در ادامه به تشریح این چالش‌ها پرداخته شده است.

۲_۵_۱ اهداف زیرپیکسل

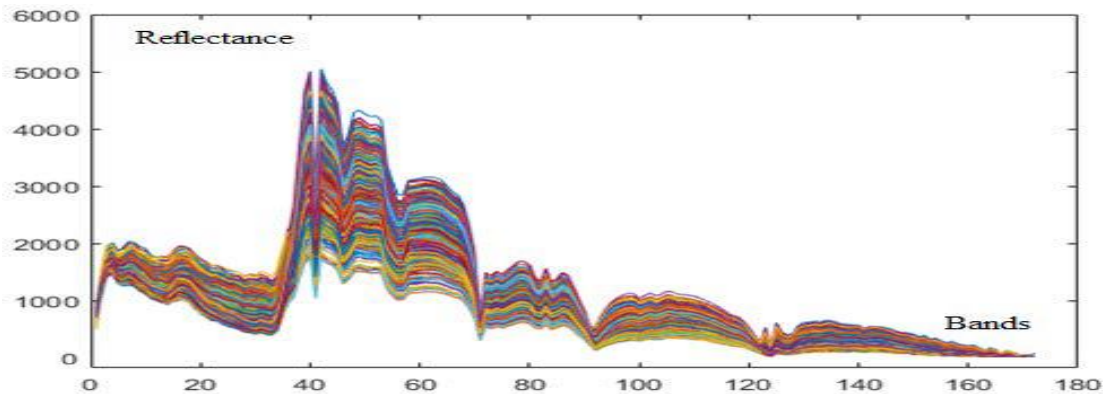
تقابل نسبی دقت مکانی با دقت طیفی و رادیومتریک^۱ که همواره در سنجنده‌های سنجش از دور، از جمله سنجنده‌های ابرطیفی، وجود دارد، موجب شده که این سنجنده‌ها بطور کلی دقت مکانی بالایی نداشته باشند؛ به همین خاطر شرایط حضور پیکسل‌های مختلط^۲ بیش از پیش در این تصاویر فراهم شده است. منظور از پیکسل‌های مختلط، پیکسل‌هایی است که رفتار طیفی آنها به دلیل قرار گرفتن بیش از یک ماده در سطح زمین در لحظه تصویربرداری ترکیبی از مواد تشکیل‌دهنده در سطح زمین می‌باشد. در روش‌های متعارف با خالص در نظر گرفتن پیکسل‌های تصویر، هر پیکسل به کلاسی خاص تعلق داده شده و وضعیت تمام پیکسل‌های تصویر مشخص می‌شود. اما چنین شیوه‌هایی برای آشکارسازی و طبقه‌بندی پیکسل‌های مختلط مناسب نمی‌باشد. آشکارسازی پیکسل‌های مختلط فرآیندی است که سعی دارد میزان فراوانی هدف مورد شناسایی را در هر پیکسل بدست آورد.

۲_۵_۲ عدم قطعیت طیف^۳

همانطور که در شکل (۸-۲) مشاهده می‌شود، با وجود اینکه پیکسل‌های انتخابی از یک ماده تشکیل شده‌اند، اما طیف آنها متفاوت است. از سوی دیگر، ممکن است مواد مختلف طیف‌های مشابهی را نشان دهند. این پدیده تنوع طیفی^۴ نامیده می‌شود.

^۱ Radiometric
^۲ Mixture Pixels

^۳ Uncertainty of spectra
^۴ Spectral variation



شکل ۲-۸- نمایش عدم قطعیت طیف آب در تصویر ماهواره AVIRIS مربوط به Moffett Field [۴۳]

این تفاوت شامل درک بسیاری از تعاملات سیگنال هدف با پیکسل‌های دیگر (اثرات مجاورت) و تغییرات روشنایی است که به پارامترهای زیادی با مقادیر نامشخص وابسته است. این مقادیر شامل سهم نسبی آسمان، خورشید، مقادیر گازهای اتمسفر، بخارات و آئروسول‌هایی است که سیگنال‌های طیفی را قبل از رسیدن به سنسور تحت تاثیر قرار می‌دهند. به همین علت، محققان برای جبران و تخمین اثرات اتمسفر، استفاده از یک مرحله پیش پردازش بر روی داده‌ها بمنظور تبدیل طیف هدف شناخته شده و داده‌های اندازه‌گیری به یک دامنه مشترک که الگوریتم تشخیص هدف می‌تواند اجرا شود، پیشنهاد کرده‌اند. از سوی دیگر، برخی از محققان پیشنهاد کرده‌اند تا از طیف‌های مختلف چندگانه برای تطبیق تنوع در طیف هدف استفاده شود [۴۴]. ولی با این حال یکی از چالش‌های مهم در سنجش از دور عدم قطعیت طیف می‌باشد.

۲_۵_۳ برآورد ماتریس کوواریانس

یکی از نقاط ضعف آشکارسازهای هدف کلاسیک وابستگی آنها به ماتریس کوواریانس است که باید به دقت برآورد شود. برآورد ماتریس کوواریانس را می‌توان بعنوان فرآیند سفیدسازی به منظور سرکوب کردن پس‌زمینه تصویر تفسیر کرد. برآورد دقیق ماتریس کوواریانس برای داده‌های با ابعاد بزرگ یک مساله دشوار است و یک برآورد صحیح از ماتریس کوواریانس نیازمند تعداد زیاد پیکسل‌های تصویر از یک بخش ثابت است که تعداد پیکسل‌ها بیشتر از تعداد باندها باشد. برآورد ماتریس کوواریانس با تعداد پیکسل‌های کمتر از تعداد باندهای تصویر نه تنها تخمین بدی از ماتریس کوواریانس ارائه می‌دهد بلکه باعث ایجاد ماتریس کوواریانس منفرد و معکوس ناپذیر می‌شود. این یکی از دلایل اصلی است که آشکارسازهای هدف کلاسیک معمولاً در آشکارسازی اهداف در یک تصویر ابرطیفی عملکرد مناسبی ندارند [۴۵].

۶_۲ معرفی الگوریتم‌های شناسایی هدف در سطح زیرپیکسل

به دلیل بزرگ بودن اندازه پیکسل‌های تصاویر سنجش از دوری نسبت به عوارض موجود در سطح زمین، معمولاً بیش از یک هدف یا عارضه در داخل یک پیکسل وجود خواهد داشت. بنابراین کمتر با پیکسل‌های خالص روبرو خواهیم بود. در این بخش به بررسی الگوریتم‌های مورد استفاده این تحقیق جهت شناسایی و برآورد نسبت سهم حضور هدف در سطح زیرپیکسل پرداخته شده است. این روش‌ها وابسته به دانش رفتار طیفی تمامی عناصر پس‌زمینه نبوده و تنها نیاز به اطلاعات طیفی هدف مورد نظر دارند و شامل CEM، ACE، MF و ASMF می‌باشند. در این میان، الگوریتم‌های CEM و ASMF، روش‌هایی مبتنی بر تجزیه طیفی بوده و روش‌های زیرپیکسلی محسوب می‌شوند اما الگوریتم‌های ACE و MF، اینگونه نیستند ولی ممکن است در مواجهه با اهداف زیرپیکسلی عملکرد مناسبی را ارائه دهند. در نهایت خروجی هر یک از الگوریتم‌ها به صورت یک تصویر درجه خاکستری است که مقادیر پیکسل‌های آن نشان دهنده احتمال حضور ماده هدف در هر پیکسل می‌باشد و با نام "نقشه پاسخ" ارائه شده است.

۶_۲_۱ کمیته سازی مقید انرژی (CEM)

روش CEM جزو روش‌های مبتنی بر حداقل واریانس مقید خطی^۱ (LCMV)، است و تنها به اطلاعات و دانش طیفی در مورد هدف نیاز دارد. این روش از ماتریس همبستگی نمونه برای کمیته کردن اثرات مخرب و مزاحم استفاده می‌کند. در روش CEM، از فیلتری تحت عنوان فیلتر پاسخ ضربه محدود^۲ (FIR) استفاده می‌شود. این فیلتر فقط یک هدف با جهت خاص را عبور می‌دهد، در حالیکه انرژی خروجی اهداف دیگر را به حداقل می‌رساند. نکته بسیار مهم در مورد آشکارساز CEM این است که با جهت بردار پیکسلی (طیف هدف) کار می‌کند و در بین بردارهای مختلف در فضا، فقط یک بردار با جهت خاص را شناسایی کرده و اثر سایر بردارها را که مربوط به سیگنال‌های مزاحم می‌باشند، به حداقل می‌رساند. یکی از معایب CEM این است که قادر به شناسایی فقط یک هدف بوده و جهت شناسایی چندین هدف به صورت همزمان بایستی الگوریتم را به تعداد اهداف تکرار کرد. از طرفی اگر در مواردی درباره اهداف مزاحم اطلاعات وجود داشته باشد، CEM نمی‌تواند با حذف آنها قابلیت و توان آشکارسازی خود را افزایش دهد. همچنین CEM زمانی که مشخصه‌های طیفی اهداف شبیه هم باشند، ضعیف عمل می‌کند [۴۶].

فرض کنید N پیکسل با بردارهای پیکسلی $\mathbf{r}_i, 0 \leq i \leq N$ وجود داشته باشد. در ضمن فرض نمایید که P هدف با

^۱ Linearly Constrained Minimum Variance (LCMV)

^۲ Finite Impulse Response (FIR)

مشخصه‌های طیفی $m_1, m_2, m_3, \dots, m_p$ داشته و M نیز ماتریس مشخصه طیفی اهداف است که به صورت $M = [m_1, m_2, m_3, \dots, m_p]$ می‌شود. هدف این است که بتوان یک فیلتر FIR به همراه یک بردار وزن $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_L)^T$ با ضرایب w_i به گونه‌ای طراحی کرد که انرژی خروجی فیلتر با توجه به شرط زیر کمینه شود.

$$m_i^T w = \sum_{l=1}^L m_{il} w_l = c_i; \quad 1 \leq i \leq p \quad \text{که} \quad M^T w = c \quad (2-1)$$

در این رابطه $c = (c_1, c_2, \dots, c_p)$ بردار قید است و خروجی فیلتر به صورت زیر می‌باشد.

$$y_i = \sum_{l=1}^L w_l r_{il} = w^T r_i \quad (2-2)$$

مقدار متوسط انرژی خروجی کل فیلتر به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{aligned} (1/N) &= \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 \right] = (1/N) \left[\sum_{i=1}^N (r_i^T w)^T (r_i^T w) \right] \\ &= w^T (1/N) \left[\sum_{i=1}^N r_i r_i^T \right] w = w^T R_{L \times L} w \end{aligned} \quad (2-3)$$

به ماتریس R ، ماتریس همبستگی^۱ طیفی پیکسل گفته می‌شود. با ترکیب روابط (۲-۱) و (۲-۲) مدل LCMV بدست می‌آید. به رابطه (۲-۴) و رابطه (۲-۵) در ریاضیات، مساله بهینه‌سازی مقید خطی^۲ گفته می‌شود.

$$\text{minimize } w^T R_{L \times L} w \quad (2-4)$$

$$\text{subject to } M^T w = c \quad (2-5)$$

w با استفاده از روش ضرایب لاگرانژ^۳ بدست می‌آید [۴۷]، و در ادامه نحوه محاسبه آمده است.

$$H(w) = \frac{1}{2} w^T R_{L \times L} w + \lambda^T (M^T w - c) \quad (2-6)$$

با گرفتن گرادیان از رابطه (۲-۶) نسبت به w خواهیم داشت:

$$\nabla_w H(w) = R_{L \times L} w + M \lambda \quad (2-7)$$

برای بهینه‌سازی برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\nabla_w H(w) = R_{L \times L} w + M \lambda = 0 \quad (2-8)$$

^۱ Correlation

^۲ Linearly Constrained Optimization Problem

^۳ Lagrange Multipliers

با توجه به ضرایب لاگرانژ، بردار وزن مطلوب خواهد شد:

$$w_{opt} = -R_{L \times L}^{-1} M \lambda \quad (2-9)$$

R مثبت معین فرض شد و با توجه به رابطه (2-5) داریم:

$$M^T w_{opt} = c = -M^T R_{L \times L}^{-1} M \lambda \quad (2-10)$$

و ضرایب لاگرانژ:

$$\lambda = - \left[M^T R_{L \times L}^{-1} M \right]^{-1} c \quad (2-11)$$

در رابطه (2-11)، R یک ماتریس معین مثبت و c مرتبه کامل می‌باشد. جواب مساله بهینه‌سازی با توجه به رابطه (2-9) و رابطه (2-11) به صورت زیر خواهد شد.

$$w_{opt} = R_{L \times L}^{-1} M (M^T R_{L \times L}^{-1} M)^{-1} c \quad (2-12)$$

و در نهایت آشکارساز LCMV بدست می‌آید.

$$\delta_{LCMV}(r) = (w_{opt})^T r = (R_{L \times L}^{-1} M (M^T R_{L \times L}^{-1} M)^{-1} c)^T r \quad (2-13)$$

مدل LCMV حالت کلی داشته و باید آن را برای هدف خاصی طراحی کرد. زمانی که فقط به دنبال یک هدف باشیم یعنی $M=d$ در این حالت بردار قید، یعنی c، به صورت یک اسکالر $d^T w = 1$ تعریف می‌شود. بنابراین فیلتر FIR به شکل زیر خواهد بود.

$$\min \{ w^T R_{L \times L} w \} \text{ subject to } d^T w = 1 \quad (2-14)$$

با حل رابطه فوق، w به دست می‌آید.

$$w^{CEM} = \frac{R_{L \times L}^{-1} d}{d^T R_{L \times L}^{-1} d} \quad (2-15)$$

بنابراین فیلتر یا همان آشکارساز CEM به شکل زیر در خواهد آمد.

$$CEM(x) = (w^{CEM})^T x = \left(\frac{R_{L \times L}^{-1} d}{d^T R_{L \times L}^{-1} d} \right)^T x = \frac{x^T R_{L \times L}^{-1} d}{d^T R_{L \times L}^{-1} d} \quad (2-16)$$

در تصویر نهایی هرچه مقادیر پیکسل به یک نزدیکتر باشد، بیانگر وجود موادی شبیه به هدف در پیکسل مورد نظر خواهد

بود.

۲_۶_۲ تخمین زنده‌ی انطباق همدوسی (ACE)

این آشکارساز از یک تابع توزیع بمنظور مدل کردن پس‌زمینه استفاده می‌کند؛ به عبارت دیگر این روش نیازی به طیف‌های مربوط به اجزای خالص پس‌زمینه ندارد. در این روش پس‌زمینه به صورت یک تابع توزیع گوسین با میانگین صفر و کوواریانس Σ در نظر گرفته می‌شود، که مقدار Σ معادل ضریب مقیاس وریانس است. برای توسعه‌ی چنین الگوریتمی، ابتدا به تعریف مجموعه‌ای از فرض‌های آماری نیاز است که این فرض‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$H_0: x = v \quad \text{Target absent} \quad x \sim N(0, \sigma^2 \Sigma) \quad (2-17)$$

$$H_1: x = Sa + av \quad \text{Target present} \quad x \sim N(Sa, \sigma^2 \Sigma)$$

در رابطه فوق، x پیکسل مورد بررسی بوده و Sa نیز بردار فراوانی مربوط به هدف است. آشکارساز ACE به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$D_{ACE}(x) = \frac{(d^T \Sigma^{-1} x)^2}{(d^T \Sigma^{-1} d)(x^T \Sigma^{-1} x)} \quad (2-18)$$

۳_۶_۲ فیلتر انطباقی (MF)

این روش برای یافتن فراوانی اعضای خالص از جداسازی جزئی استفاده می‌کند. این روش واکنش و پاسخ اعضای خالص معلوم و شناخته شده را بالاتر می‌برد و اثر ترکیبات ناشناخته پس‌زمینه‌ها را حذف می‌کند؛ سپس رفتار طیفی را مطابقت می‌دهد. این روش مواد خالص را بر مبنای تطابق آن‌ها با کتابخانه طیفی یا طیف اعضای خالص شناسایی می‌کند و به دانش در مورد همه اعضای خالص موجود در صحنه تصویربرداری نیاز ندارد. آشکارساز MF به صورت رابطه (۲-۱۹) خواهد بود.

$$y = D(x) = c_{MF}^T x \quad (2-19)$$

که در آن $(\mu_1 - \mu_0) \Gamma^{-1} MF = k$ می‌باشد. در این رابطه k ثابت نرمال سازی است. در واقع الگوریتم MF یک نسخه مرکز میانگین^۱ از الگوریتم CEM می‌باشد که در آن میانگین از همه بردارهای پیکسل کم می‌شود.

۴_۶_۲ فیلتر انطباقی تنظیم‌شده‌ی طیفی (ASMF)

این روش با استفاده از آشکارساز ناهنجاری Reed-Xiaoli (RX) سعی در بهبود خروجی روش CEM دارد. بر اساس روش

^۱ Mean-centered

RX داریم:

$$RX(x) = (x - \mu_b)^T \Sigma^{-1} (x - \mu_b) \quad (2-20)$$

که در آن μ_b بردار میانگین پس‌زمینه و Σ ماتریس کوواریانس پس‌زمینه است که می‌تواند به دو صورت سراسری و یا محلی برآورد شود. بمنظور برآورد سراسری Σ ، پیکسل‌های پس‌زمینه معمولاً بعنوان ترکیبی از توزیع‌های گاوسی چند متغیره مدل‌سازی می‌شوند. در رابطه (2-20)، $RX(x)$ در واقع یک اندازه محاسبه شده از فاصله ماهالانویس^۱ می‌باشد. به طور ریاضی، RX می‌تواند بعنوان یک عملگر معکوس از تجزیه و تحلیل اجزای اصلی در نظر گرفته شود.

بمنظور بهبود عملکرد CEM، هدف ساده‌سازی آشکارساز RX است و این کار با جایگزینی ماتریس همبستگی نمونه با ماتریس کوواریانس نمونه انجام شده است. در نتیجه، الگوریتم RX به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$RX(x) = x^T R^{-1} x \quad (2-21)$$

که در آن x و R^{-1} به ترتیب جایگزین $(x - \mu_b)$ و Σ^{-1} شده است به طوری که RX می‌تواند به راحتی در زمان واقعی بدون به‌روز رسانی میانگین نمونه اجرا شود، و در RX برای استفاده از Σ^{-1} یا R^{-1} تفاوت قابل ملاحظه و قابل توجهی وجود ندارد. با توجه به اینکه در معادله (2-16) مخرج ثابت است، CEM می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$CEM(x) = \frac{x^T R_{L \times L}^{-1} d}{M} \quad (2-22)$$

که $M = d^T R^{-1} d$ بعنوان یک ثابت می‌تواند کنار گذاشته شود. بنابراین به راحتی می‌توان یک رابطه بسته بین $x^T R^{-1} x$ از RX و $x^T R^{-1} d$ از CEM پیدا کرد. این دو عملگر را می‌توان بترتیب به صورت $(x^T R^{-1/2})(R^{-1/2} d)$ و $(x^T R^{-1/2})(R^{-1/2} x)$ نوشت و هر دو آن‌ها می‌توانند به صورت فرآیندهای دو مرحله‌ای تعریف شوند. اولین مرحله تصویر کردن سیگنال x به عملگر $R^{-1/2}$ می‌باشد. در این مرحله $x^T R^{-1/2}$ نشان دهنده تحمیل پس‌زمینه به سطح بسیار پایین (برای از بین بردن مولفه اصلی) و همزمان حفظ یا تقویت طیف‌های ناهنجاری می‌باشد. در مرحله دوم، RX انرژی $x^T R^{-1/2}$ را مستقیماً باز می‌گرداند در حالی که CEM انرژی $x^T R^{-1/2}$ را از طریق تصویر کردن آن به $R^{-1/2} d$ محاسبه می‌کند. این بدان معنی است که CEM، پیکسل‌هایی شبیه به طیف هدف را تقویت کرده و آنهایی که با طیف هدف مطابقت ندارند را دوباره سرکوب می‌کند. به عبارت دیگر، از طریق این مرحله، CEM می‌تواند اهداف را از مجموعه‌ای از ناهنجاری‌ها (اهداف بالقوه) جدا کند. با این حال، CEM همیشه نمی‌تواند نتیجه مطلوب را به دست آورد. در بعضی موارد، اپراتور $R^{-1/2}$ برای سرکوب

^۱ Mahala Nobis distances

موثر انرژی‌های پس‌زمینه با مشکل مواجه می‌شود و ممکن است برخی از اجزای احتمالی با حفظ توان بزرگ باقی بماند. گاهی انرژی یک ناهنجاری (که متاسفانه یک هدف نیست) بیشتر از حدی قوی است که تحت سطح هدف مورد نظر محدود شود، و منجر به هشدار اشتباه می‌شود. بنابراین بمنظور بهبود نتایج و حذف و کاهش هشدارهای اشتباه مربوط به ناهنجاری یک فاکتور بصورت زیر ارائه شده است.

$$ASMF(x) = CEM(x). A^n \quad (2-23)$$

$$A = \begin{bmatrix} x^T R^{-1} d \\ x^T R^{-1} x \end{bmatrix} \quad 0 \leq n \leq 4$$

A^n بعنوان 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 [۴۸]. در این تحقیق n معادل ۲ انتخاب شده است.

۲_۷ معیارهای ارزیابی دقت روش‌های آشکارسازی هدف

بمنظور بررسی عملکرد آشکارسازها یا به طور عام طبقه‌بندی کننده‌های از نوع باینری که دارای نقشه پاسخ می‌باشند از منحنی ROC، استفاده می‌شود. این منحنی بمنظور بررسی هزینه-فایده‌ی یک تصمیم‌گیری بکار برده می‌شود.

برای رسم منحنی ROC، ابتدا باید نقشه پاسخ آشکارساز با استفاده از رابطه (۲-۲۴) به بازه [۰-۱] انتقال داده شود.

$$x_n^j(r) = \frac{x^j(r) - a_{min}^j}{a_{max}^j - a_{min}^j} \quad (2-24)$$

در رابطه‌ی (۲-۲۴)، $x_n^j(r)$ خروجی نقشه پاسخ آشکارساز برای پیکسل دلخواه r ام، a_{min}^j و a_{max}^j به ترتیب بیشینه و کمینه نقشه پاسخ آشکارساز برای کلاس j ام و $x_n^j(r)$ خروجی نرمال شده می‌باشد. بعد از نرمال‌سازی به بازه [۰-۱]، حد آستانه‌هایی در بازه‌ی یک تا صفر با گام‌های ۰/۱۰ (قابل تغییر بمنظور افزایش دقت محاسبه نتایج) در نظر گرفته می‌شود. در صورتیکه مقدار خروجی آشکارساز برای یک پیکسل از حد آستانه‌ی تعریف شده بیشتر باشد، آن پیکسل متعلق به کلاس مورد نظر خواهد بود. نهایتاً پس از نرمال‌سازی، بمنظور رسم این منحنی (معمولاً از مقادیر FPR و TPR که توسط روابط (۲-۲۵) و (۲-۲۶) محاسبه می‌شوند، استفاده می‌شود.

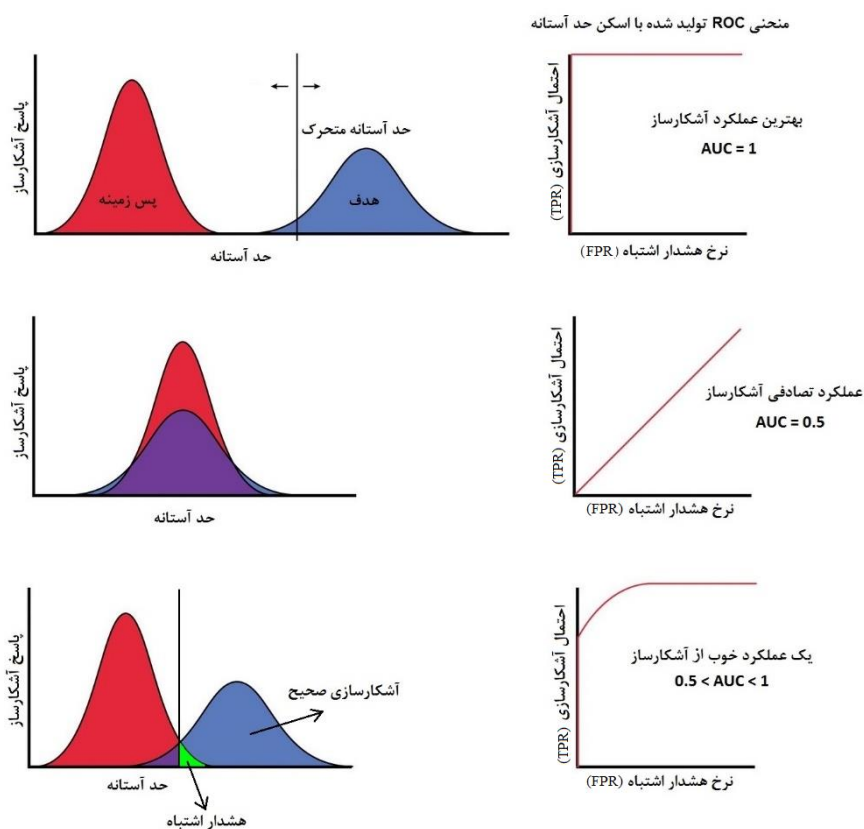
^۱ False Positive Rate

^۲ True Positive Rate

$$TPR = \frac{N_{D,j}}{N_j} \quad (2-25)$$

$$FPR = \frac{N_{F,j}}{N - N_j} \quad (2-26)$$

در روابط (۲-۲۵) و (۲-۲۶)، $N_{D,j}$ تعداد کل پیکسل‌های متعلق به کلاس زام است که به درستی شناسایی شده‌اند، $N_{F,j}$ تعداد کل پیکسل‌هایی هستند که متعلق به کلاس زام نیستند ولی در کلاس زام طبقه‌بندی شده‌اند. N_j تعداد کل پیکسل‌های متعلق به کلاس زام و N نیز تعداد کل پیکسل‌های موجود در تصویر است. با در نظر گرفتن روابط فوق، متناظر با هر حد آستانه، یک نقطه در فضای دو بعدی که توسط TPR و FPR تعریف شده‌اند، تولید می‌شود.



شکل ۲-۹- پاسخ آشکارساز به‌مراه منحنی ROC مربوطه و مساحت زیر منحنی

بمنظور بررسی عملکرد آشکارسازها به صورت عددی از مساحت زیر منحنی ROC (AUC^1) استفاده می‌شود، که حداکثر این مقدار برابر یک است و هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد، نمایانگر عملکرد بهتر آشکارساز خواهد بود. در شکل (۲-۹)، پاسخ آشکارساز و منحنی مشخصه عملکرد دیده می‌شود.

¹ Area Under the Curve

۲_۸ الگوریتم‌های فراابتکاری (ژنتیک)

الگوریتم‌های فراابتکاری یا فراتکاملی یا فرااکتشافی نوعی از الگوریتم‌های تصادفی هستند که برای یافتن پاسخ بهینه به کار می‌روند. روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق^۱ و الگوریتم‌های تقریبی^۲ تقسیم‌بندی می‌شوند. الگوریتم‌های دقیق قادر به یافتن جواب بهینه به صورت دقیق هستند اما در مورد مسائل بهینه‌سازی سخت، کارایی کافی ندارند و زمان اجرای آن‌ها متناسب با ابعاد مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد. الگوریتم‌های تقریبی قادر به یافتن جواب‌های خوب (نزدیک به بهینه) در زمان حل کوتاه برای مسائل بهینه‌سازی سخت هستند. الگوریتم‌های تقریبی نیز به سه دسته الگوریتم‌های ابتکاری^۳، فراابتکاری^۴ و فوق ابتکاری^۵ بخش‌بندی می‌شوند. دو مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، گیر افتادن آن‌ها در نقاط بهینه محلی و همگرایی زودرس به این نقاط است. الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این مشکلات الگوریتم‌های ابتکاری ارائه شده‌اند. در واقع الگوریتم‌های فراابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برونرفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند [۴۹]. رده‌های گوناگونی از این نوع الگوریتم شامل: الگوریتم ژنتیک^۶، کلونی مورچگان^۷، کلونی زنبورها^۸ و ازدحام ذرات^۹، در دهه‌های اخیر توسعه یافته‌است که همه این‌ها زیر مجموعه الگوریتم فراابتکاری می‌باشند.

الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجوی عددی با ماهیت تصادفی است که بر اساس نظریه بقای بهترین‌ها، پایه‌ریزی شده است. این الگوریتم به صورت تصادفی، جمعیتی از جواب‌های اولیه می‌سازد و سپس این جواب‌ها به حالت دودویی^{۱۰} تبدیل می‌شوند که به آن کروموزوم^{۱۱} گفته می‌شود. کروموزوم‌های با شایستگی بیشتر، بعنوان والدین انتخاب می‌شوند و در تولید مثل شرکت می‌کنند و بدین ترتیب روند تکامل تا رسیدن به بهینه سراسری یا شایسته‌ترین کروموزوم در تکامل یافته‌ترین جمعیت ادامه می‌یابد. پارامترهای متعددی بر عملکرد الگوریتم ژنتیک مؤثر هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به جمعیت، انتخاب، ترکیب، احتمال ترکیب، جهش و تابع برازش اشاره کرد. الگوریتم ژنتیک دارای مزایا و امتیازاتی است که سبب شده این الگوریتم جزء الگوریتم‌های پرکاربرد باشد. بعنوان نمونه، در الگوریتم ژنتیک بر خلاف روش‌های تک مسیری، فضای جواب بصورت همه‌جانبه جستجو می‌شود و امکان کمتری برای همگرایی به یک نقطه بهینه محلی وجود خواهد داشت. روند کلی الگوریتم ژنتیک در شکل (۲-۱۰) مشاهده می‌شود.

^۱ Exact

^۲ Approximate algorithms

^۳ Heuristic

^۴ Meta-heuristic

^۵ Hyper heuristic

^۶ Genetic Algorithm (GA)

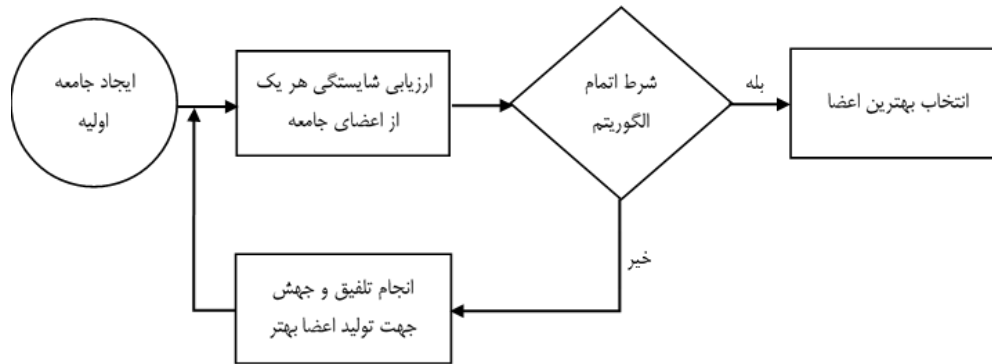
^۷ Ant Colony (ACO)

^۸ Artificial Bee Colony (ABC)

^۹ Particle Swarm Optimization (PSO)

^{۱۰} Binary

^{۱۱} Chromosome



شکل ۲-۱۰- روند اجرای الگوریتم ژنتیک

مطابق شکل (۱۰-۲)، در الگوریتم ژنتیک ابتدا به طور تصادفی یا سیستماتیک چندین جواب برای مساله تولید می‌شود. هر کدام از این جواب‌ها به صورت رشته‌ای همانند کروموزوم‌های ژنتیک با پشت سر هم قرار گرفتن متغیرهای مساله و استفاده از نوعی الفبا کدگذاری می‌شوند. معمول‌ترین شیوهی کدگذاری الگوریتم ژنتیک استفاده از الفبای صفر و یک است. هر چند روش‌های دیگری چون کدگذاری اعداد دهدهی، اعداد صحیح، اعداد حقیقی و غیره نیز قابل استفاده است. پس از خارج کردن کروموزوم‌ها از نمایش کدگذاری شده باید کارایی یا درجهی برازش و سازگاری هر عضو از جمعیت کروموزوم‌ها را ارزیابی کرد. این عمل با یک تابع برازش^۱ صورت می‌گیرد که برازندگی و عملکرد هر عضو از جمعیت را در حل مساله ارزیابی می‌کند. در جهان طبیعی، این تابع در واقع نشان دهندهی قدرت و توانایی موجودات برای زنده ماندن در محیط اطراف خودشان است. بدین صورت تابع برازش، شاخصی برای انتخاب جفت‌های مناسب و جفت‌گیری آن‌ها در جمعیت کروموزوم‌ها فراهم می‌سازد. اعضای که نسبت به دیگران سازگاری بالاتری دارند، شانس بیشتری برای انتخاب خواهند داشت، در صورتی که اعضای که سازگاری کمتری دارند، به همان نسبت شانس کمتری خواهند داشت. در ادامه عمل جفت‌گیری (ترکیب)، ژن‌های کروموزوم‌ها را با یکدیگر ادغام می‌کند و در نهایت کروموزوم‌های سازگارتری را بوجود می‌آورد. در واقع عمل جفت‌گیری باعث تبادل اطلاعات ژنتیکی بین جفت‌ها و بوجود آمدن کروموزوم‌های سازگارتر در جمعیت می‌شود. روش‌های مختلفی برای اعمال ترکیب وجود دارد که از معروف‌ترین آنها می‌توان به ترکیب تک نقطه‌ای، ترکیب چند نقطه‌ای و ترکیب یکنواخت اشاره نمود. در روش تک نقطه‌ای ابتدا دو رشته کروموزوم در یک نقطه از طول کروموزوم بریده می‌شوند و سپس بخش اول کروموزوم اول با بخش دوم کروموزوم دوم ترکیب می‌شود. همین کار نیز برای بخش اول کروموزوم دوم با بخش دوم کروموزوم اول انجام می‌شود. روش ترکیب چند نقطه‌ای مشابه روش ترکیب تک نقطه‌ای است با این تفاوت که بجای یک نقطه ترکیب، کروموزوم‌ها در چند نقطه با یکدیگر ترکیب شده و نسل جدید را بوجود می‌آورند. در ترکیب یکنواخت، هر ژن کروموزوم جدید به صورت

^۱ Fitness function

تصادفی از یکی از دو والد انتخاب می‌شود. بر خلاف ترکیب‌های قبل، این ترکیب یک فرزند به وجود می‌آورد. عملگر دیگری به نام جهش نیز بر کروموزم‌ها اعمال می‌شود که سبب تغییر نمایش ژنتیکی اعضای جمعیت، بنابر قاندهی احتمالات می‌گردد. روش‌های مختلفی برای اعمال جهش وجود دارد که از معروف‌ترین آنها می‌توان به جهش دودویی، تعویض و وارون‌سازی اشاره نمود. در جهش دودویی بعد از انتخاب ژن مورد نظر مقدار آن ژن به صفر یا یک تغییر می‌کند. در جهش تعویض محل قرارگیری دو ژن مورد نظر که منتخب جهش می‌باشند با هم تعویض می‌شود. در جهش از نوع وارون‌سازی، کروموزوم معکوس می‌شود. در صورت نیاز، پس از جفت‌گیری مجدد و جهش، هر رشته مجدد کدگشایی می‌شود و میزان سازگاری آن با تابع برازش ارزیابی و متناسب با میزان سازگاری آن برای جفت‌گیری انتخاب می‌شود، بدین صورت چرخه‌ی فرآیند در نسل‌های بعدی ادامه می‌یابد. انتظار می‌رود میانگین کارایی اعضای جمعیت به تدریج افزایش یابد، زیرا اعضای بهتر حفظ می‌شوند و زاد و ولد می‌کنند، در حالی که اعضای ضعیفتر از بین می‌روند. فرآیند الگوریتم ژنتیک هنگامی خاتمه می‌یابد که ضابطه‌ای تعیین شده‌ای مانند مقدار تابع شایستگی تعیین شده بدست آید، یا چرخه‌ی فرآیند به تعداد دلخواهی ادامه یافته باشد و یا اینکه الگوریتم به نقطه‌ی معینی در فضای جستجو برسد.

۲_۹ معرفی ماهواره سنتینل-۲

ماهواره سنتینل-۲، بخشی از برنامه کوپرنیک^۱ است که توسط آژانس فضایی اروپا برای جمع‌آوری اطلاعات از زمین طراحی و اجرا شده است. سنتینل-۲ شامل دو ماهواره تصویربرداری به نام‌های سنتینل-۲A و سنتینل-۲B است که بترتیب در تاریخ ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ و ۷ مارچ ۲۰۱۷ پرتاب و در مدار قرار گرفته‌اند. در حال حاضر هر دو این ماهواره‌ها فعال و مشغول تصویربرداری می‌باشند. سه ماموریت اصلی ماهواره سنتینل-۲ شامل: ۱- ارائه تصاویر چندطیفی با پوشش جهانی و دارای توان تفکیک مکانی و زمانی بالا، ۲- ارائه تصاویر مکمل داده‌های لندست و اسپات و بهبود اطلاعات، و ۳- جمع‌آوری داده برای نسل بعد می‌باشد.

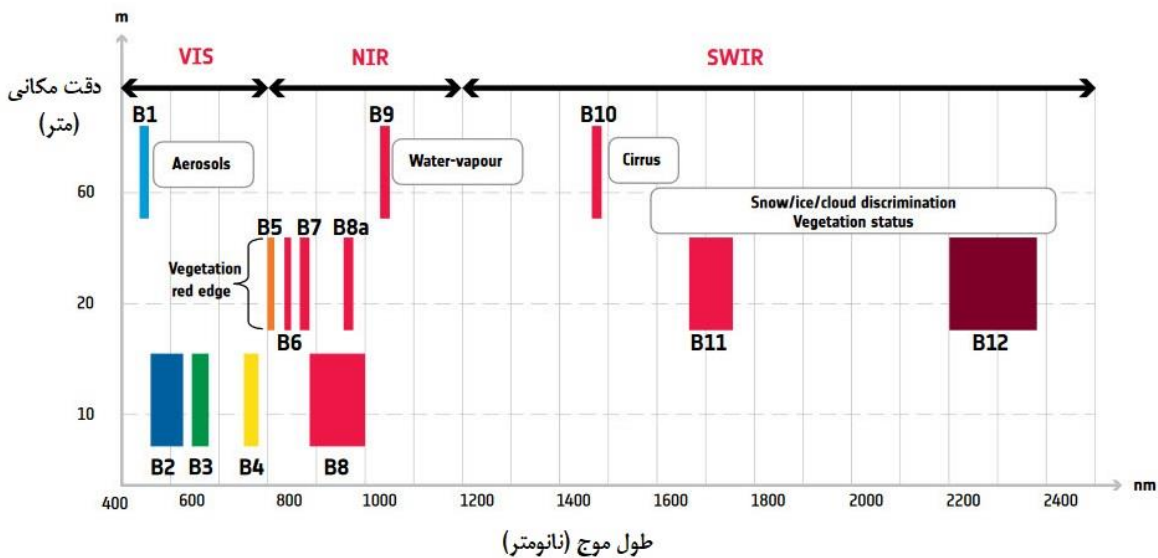
۲_۹_۱ توانمندی سنتینل-۲

سنجنده تصویربرداری مستقر بر روی ماهواره‌های سنتینل-۲، MSI نام دارد. هندسه تصویربرداری این سنجنده، از نوع جاروبگر خطی پوش‌بروم^۲ می‌باشد و تصویربرداری را در ۱۳ باند طیفی در محدوده طیف مرئی تا مادون قرمز میانی با دقت مکانی ۱۰ تا ۶۰ متر انجام می‌دهد. در شکل (۲-۱۱) محدوده طیفی ۱۳ باند این سنجنده به همراه توان تفکیک مکانی و

^۱ Copernicus

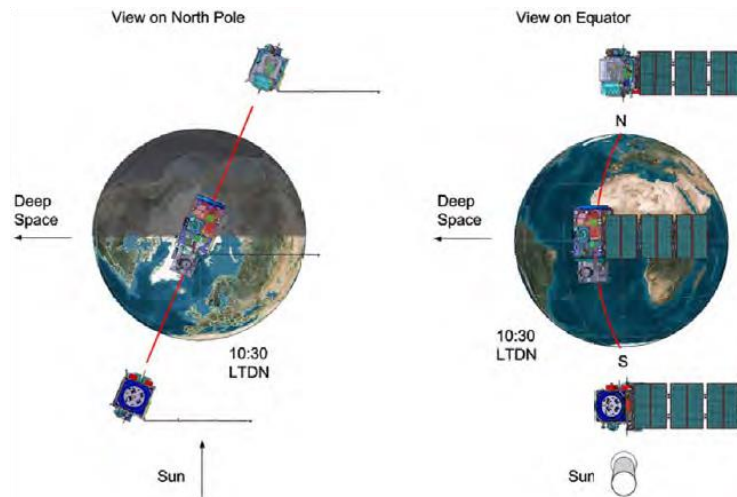
^۲ push-broom

محدوده طیفی آن‌ها دیده می‌شود.



شکل ۲-۱۱- توان تفکیک مکانی، طول موج و محدوده طیفی باندهای ماهواره سنتینل-۲ [۵۰]

همانطور که در شکل (۲-۱۱) ملاحظه می‌شود: چهار باند آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک با توان تفکیک مکانی ۱۰ متر وجود دارد. شش باند با توان تفکیک مکانی ۲۰ متر شامل: چهار باند باریک که عمدتاً برای تعیین ویژگی‌های پوشش گیاهی در محدوده لبه قرمز (۷۰۵ نانومتر، ۷۴۰ نانومتر، ۷۸۳ نانومتر و ۸۶۵ نانومتر) و دو باند عریض‌تر در محدوده SWIR (۱۶۱۰ و ۲۱۹۰ نانومتر) برای کاربردهایی مانند شناسایی برف، یخ، ابر، پوشش گیاهی، ارزیابی تنش و رطوبت مورد استفاده قرار می‌گیرند. و دو باند با توان تفکیک مکانی ۶۰ متر برای برنامه‌های کاربردی مانند غربال‌گری ابر و تصحیح اتمسفری (۴۴۳ نانومتر برای آئروسول‌ها، ۹۴۵ نانومتر برای بخار آب و ۱۳۷۵ نانومتر برای تشخیص ابر سیروس) مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدار ماهواره‌های سنتینل-۲، قطبی با زاویه میل ۹۸/۵۸ درجه و خورشید آهنگ است و دارای ارتفاع میانگین ۷۸۶ کیلومتر و پریود ۱۰۰/۶ دقیقه (۱۴/۳ چرخش در روز) می‌باشد. توان تفکیک زمانی سنتینل-۲a در شرایط جوی مناسب (بدون وجود ابر)، به حدود ۱۰ روز در مناطق نزدیک خط استوا می‌رسد. مطابق شکل (۲-۱۲)، با توجه به طراحی مدار دو ماهواره سنتینل-۲ که در مدارهای یکسان و با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نسبت به هم قرار دارند، در صورت استفاده از هر دو ماهواره قدرت تفکیک زمانی آنها به پنج روز در استوا افزایش می‌یابد [۵۰].



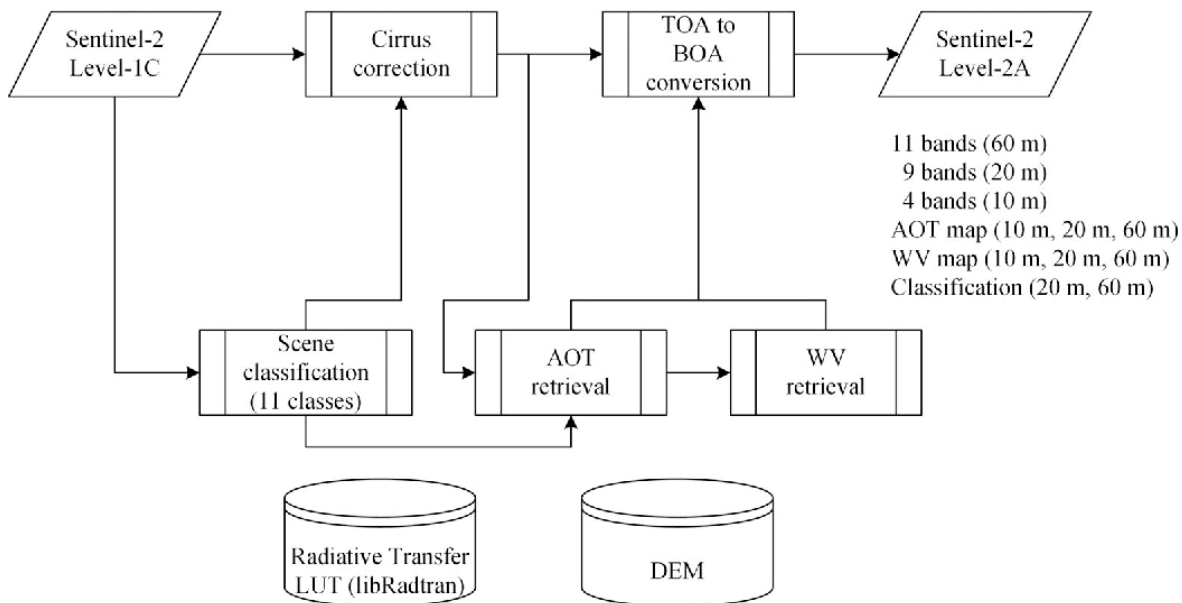
شکل ۲-۱۲- آرایش مداری ماهواره سنتینل-۲ [۵۰]

در مقایسه با ماهواره‌های لندست و اسپات که به ترتیب دارای توان تفکیک زمانی ۱۶ و ۲۶ روز هستند، ماهواره سنتینل-۲ از توان تفکیک زمانی بالایی برخوردار است. تصاویر سنتینل-۲ با داشتن این مزیت، می‌توانند برای نظارت بر تغییرات پوشش گیاهی بسیار کاربردی باشد.

۲-۹-۲ سطوح پردازشی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲

پیش‌پردازش تصاویر سنتینل-۲ در سه سطح انجام می‌شود. اولین مرحله پیش‌پردازش، سطح-۰ است. این مرحله به صورت آنی حین دریافت داده‌های تصویری انجام می‌شود و نیازمند داده‌های خام جانبی ماهواره، پارامترهای توصیفی مربوطه و سایر فراداده‌ها است. مرحله دوم پردازش سطح-۱ می‌باشد که خود شامل سه زیر سطح است. زیر سطح اول (سطح-۱A)، به استخراج اطلاعات از حالت فشرده می‌پردازد و محصول آن در دسترس کاربران قرار نمی‌گیرد. در زیر سطح پردازشی دوم (سطح-۱B)، یک سری تصحیحات رادیومتریک اعمال شده و تصویری با مقادیر رادیانس بالای اتمسفر (TOF) تولید می‌شود. در نهایت در زیر سطح سوم (سطح-۱C)، تصحیحات رادیومتریک بعدی و تصحیح هندسی (Ortho-Rectification) و زمین مرجع کردن) انجام می‌شود. خروجی این مرحله یک تصویر قائم دارای مقادیر بازتاب بالای اتمسفر و ماسک‌های ابر و خشکی/آب است. خروجی این سطح در دسترس کاربران قرار می‌گیرد.

پیش‌پردازش نهایی، سطح-۲A است و توسط کاربران انجام می‌شود. این مرحله شامل کلاسه‌بندی صحنه و تصحیح اتمسفر بر روی تصویر قائم بازتاب بالای اتمسفر سطح-۱C است. برای این منظور یک افزونه با نام Sen2cor بر روی نرم‌افزار مخصوص پردازش تصاویر سنتینل (SNAP) توسعه و در اختیار کاربران قرار گرفته است. مراحل پردازش این سطح با استفاده از افزونه Sen2cor در شکل (۲-۱۲) ملاحظه می‌شود.



شکل ۲-۱۳- مراحل پردازش سطح-۲A با استفاده از افزونه Sen2cor [۵۰]

مطابق شکل (۲-۱۳)، پردازش با شناسایی ابر و طبقه‌بندی صحنه شروع می‌شود و به دنبال آن بازیابی ضخامت ائروسول نوری (AOT) و بخار آب (WV) از محتوای تصویر سطح-۱C انجام می‌گردد. مرحله نهایی تبدیل بازتاب بالای اتمسفر^۱ به بازتاب پایین اتمسفر^۲ است. همچنین Sen2Cor شامل چندین گزینه تصحیح ابر، اصلاح توپوگرافی زمین، اصلاح مجاورت و اصلاح تابع توزیع بازتابی دو طرفه تجربی (BRDF) است که می‌تواند فعال شود. خروجی‌های سطح-۲A، تصاویر بازتابش سطح (BOA) هستند که در دقت‌های مکانی مختلف (۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر) همراه با نقشه‌های AOT و WV ارائه می‌شود [۵۰].

۲_۹_۳ شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)

جذب شدید طیف الکترومغناطیس توسط کلروفیل در طول موج‌های آبی و قرمز و همچنین عبور نسبتاً بالا در این محدوده باعث پایین بودن میزان انعکاس می‌گردد. در محدوده مادون قرمز نزدیک (۰.۷ تا ۳/۱ میکرومتر) مقدار جذب و عبور، کاهش و در نتیجه میزان انعکاس به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند. ساختمان برگ، فضای بین سلولی و آب داخل سلولی در ساختار اسفنجی مزوفیل برگ، انعکاس‌های این محدوده را کنترل می‌کند.

در سال ۱۹۷۹، آقای تاکر بر اساس همین خصوصیات انعکاسی گیاهان در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک، شاخص NDVI با هدف تشخیص سلامتی، شادابی و همچنین تراکم پوشش گیاهی را معرفی نمود. شاخص پوشش گیاهی NDVI

^۱ Top-Of-Atmosphere (TOA)

^۲ Bottom-Of-Atmosphere (BOA)

برای نمایش توده حیاتی (بیوماس^۱) پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ، تولیدات گیاهی و تفکیک پوشش گیاهی بسیار مناسب بوده و همچنین در ارتباط با مسائل مرتبط با پوشش گیاهی از این شاخص استفاده می‌گردد. در طول زمان تغییرات مشاهده شده در NDVI بیان کننده نوع پوشش گیاهی، فنولوژی و حالات محیطی منطقه است. این شاخص بیشترین رابطه را با حجم زنده گیاهی در میان مشخصه‌های پوشش گیاهی دارد. شاخص NDVI، یک شاخص گیاهی بدون بعد است که در بازه ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2-27)$$

این شاخص مطابق رابطه (۱-۳)، که در آن، NIR معرف تصویر مادون قرمز و R معرف تصویر قرمز است، بدست می‌آید. مقادیر منفی شاخص NDVI (اعداد نزدیک به ۱- نشان‌دهنده) نشان‌دهنده پهنه‌های آبی است. مقادیر نزدیک به صفر (بین ۰/۱- تا ۰/۱+) معمولاً نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی است. مقادیر پایین و مثبت شاخص (۰/۲+ تا ۰/۴+) نشان‌دهنده پوشش درختچه‌ای و علفزار و مقادیر بالای شاخص NDVI (اعداد نزدیک به ۱+) نشان‌دهنده محصولات زراعی و آبی سالم است [۵۳].

۲_۹_۴ شاخص تفاضلی نرمال شده آب (NDWI)

شاخص NDWI، یک شاخص بدون بعد است که مقادیر آن بین ۱ و ۱- نرمال شده و به میزان آب موجود در برگ، نوع و تراکم پوشش گیاهی بستگی دارد. این شاخص مطابق رابطه (۲-۳) از باندهای NIR و SWIR حاصل می‌شود.

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2-28)$$

بر این اساس که آب موجود در برگ گیاه در محدوده SWIR جذب و بافت اسفنجی تاج گیاهان در محدوده NIR بازتاب دارد این شاخص طراحی شده است. میزان بالای NDWI نشان‌دهنده آب بیشتر در گیاه و همچنین میزان بالاتر نشان‌دهنده پوشش گیاهی متراکم می‌باشد [۵۴].

۲_۹_۵ شاخص گیاهی اصلاح خاک (SAVI)

این شاخص نیز مشابه شاخص NDVI است با این تفاوت که می‌تواند اثر خاک پس‌زمینه پوشش گیاهی را حذف نماید. در این شاخص از فاکتوری به نام L استفاده شده که برای تعدیل اثر خاک پس‌زمینه پوشش گیاهی بکار برده می‌شود. مقدار این پارامتر تابعی از میزان پوشش گیاهی موجود در منطقه و دانش قبلی است که کاربر از وضعیت و تراکم پوشش گیاهی در منطقه دارد.

^۱ Biomass

بصورت معمول و پیش فرض مقدار ۰/۵ برای آن در نظر گرفته می‌شود. این شاخص برای مناطقی مناسب است که از پوشش گیاهی پراکنده برخوردار است. نحوه محاسبه این شاخص در رابطه (۳-۳) مشخص شده است.

$$SAVI = (1 + L) \times \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \quad (2-29)$$

در این تحقیق L برابر ۰/۵ تعریف شده است.

۲_۹_۶ شاخص گیاهی تعدیل شده اصلاح خاک (MSAVI) و MSAVI_۲

شاخص تعدیل شده گیاهی اصلاح خاک (MSAVI) و اصلاح بعدی آن، MSAVI_۲، شاخص‌های پوشش گیاهی است که به منظور جبران برخی از محدودیت‌های NDVI در مواجهه با مناطق دارای روشنایی زیاد سطح خاک معرفی شده‌اند. مشکل شاخص SAVI این است که نیاز به تعیین فاکتور اصلاح روشنایی خاک (L) از طریق آزمایش و خطا بر اساس مقدار پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه دارد. تفاوت این دو شاخص در نحوه محاسبه فاکتور تعدیل اثر خاک می‌باشد [۵۵].

$$MSAVI = L \times (\sqrt{(\gamma \times NIR + 1)^2 - \lambda \times (NIR - R)}) \quad (2-30)$$

$$L = 1 - \frac{\gamma \times s \times (NIR - R) \times (NIR - R)}{(NIR + R)}$$

S، شیب خط خاک است که، از پلات باند قرمز در مقابل باند مادون قرمز نزدیک بدست می‌آید.

$$MSAVI_2 = \frac{(\gamma \times NIR + 1 - \sqrt{(\gamma \times NIR + 1)^2 - \lambda \times (NIR - R)})}{2} \quad (2-31)$$

۲_۹_۷ شاخص تفاوت پوشش گیاهی (DVI)

این شاخص مبتنی بر شیب خاک است و با تفریق باند قرمز از باند مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید. این شاخص ساده‌تر از شاخص NDVI است، اما به خطاهای اندازه‌گیری در باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR) و قرمز (R) حساس است، چون با مجموع آنها نرمال نیست. محدوده این شاخص بی‌نهایت است. نحوه محاسبه این شاخص در رابطه (۳-۶) آمده است [۵۶].

$$DVI = NIR - R \quad (2-32)$$

۲_۹_۸ شاخص گیاهی عمود (PVI)

این شاخص مبتنی بر فاصله بوده و تغییرات در محدوده مادون قرمز نزدیک و باند قرمز که با افزایش تراکم گیاهان مانند افزایش شاخص سطح برگ تغییر می‌کند را در نظر می‌گیرد. این تغییرات با خط خاک موازی است؛ در نتیجه فاصله عمودی از

خط که در ترسیم فضای دو بعدی مادون قرمز قابل اندازه‌گیری است میزان پوشش گیاهی را مشخص می‌کند. مقادیر بالاتر این شاخص نشان دهنده اثر خاکستری روشن پس‌زمینه، به دلیل پوشش گیاهی ناقص است. مقادیر این شاخص بین -۱ تا +۱ متغیر است [۵۷].

$$PVI = (\sin(a) \times NIR) - (\cos(a) \times R) \quad (2-33)$$

a، زاویه بین خط خاک و محور مادون قرمز نزدیک است. در این تحقیق برابر ۴۵ درجه تعریف شده است.

۲_۹_۹ شاخص گیاهی اختلافی وزندار (WDVI)

WDVI، برای غلبه بر مقادیر بزرگ PVI که به دلیل پس‌زمینه خاکستری روشن می‌باشد ارائه شده است. این شاخص نیز بر اساس فاصله است و فرض می‌شود که نسبت بین NIR و بازتاب قرمز خاک خالص ثابت است. شاخص WDVI از شاخص PVI ساده‌تر است، اما محدوده آن بی‌نهایت است. همانند شاخص PVI، تحت تاثیر نوسانات جوی قرار می‌گیرد. این شاخص از طریق رابطه (۳-۸) بدست می‌آید [۵۷].

$$WDVI = NIR - (g \times R) \quad (2-34)$$

g، در این رابطه شیب خط خاک است. در این تحقیق g برابر ۰/۵ تعریف شده است.

۲_۹_۱۰ شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی سبز (GNDVI)

گیتلونس و همکارانش [۵۸]، حساسیت بازتابی قابل مشاهده به کلروفیل را تحلیل کردند و اشاره کردند که باند سبز نسبت به باند قرمز حساسیت بیشتری به کلروفیل دارد و بدین ترتیب GNDVI را ارائه دادند. در واقع این شاخص اصلاح شده NDVI است که به نوبه خود از باند سبز به جای قرمز استفاده می‌کند. بازتاب باند سبز بیشتر به متغیرهای بیوفیزیکی پوشش گیاهی و محتوای کلروفیل مرتبط است. خروجی این شاخص بین -۱ تا +۱ متغیر است.

$$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G} \quad (2-35)$$

۲_۹_۱۱ شاخص گیاهی درصد مادون قرمز (IPVI)

این شاخص به طور عملی با NDVI مشابه است، اما بازه تغییرات این شاخص بین صفر تا یک است و بر خلاف NDVI مقادیر منفی ندارد [۵۹].

$$IPVI = (NDVI + 1) / 2 \quad (2-36)$$

۱۲_۹_۲ شاخص درخشندگی (BI۲)

این شاخص نشان دهنده میانگین روشنایی تصویر است و به روشنایی خاک بستگی دارد. خروجی این شاخص بین صفر تا یک است [۶۰].

$$BI^2 = \sqrt{(B^r + G^r + NIR^r)/3} \quad (2-37)$$

۱۳_۹_۲ شاخص مرئی مقاوم در برابر اتمسفر (VARI)

این شاخص حساسیت کمتری به اثرات جوی داشته و برای برآورد کسر پوشش گیاهی سبز طراحی شده است [۶۱].

$$VARI = (G - R)/(G + R) \quad (2-38)$$

۱۴_۹_۲ تعدیل رنگی سبز (GCC)

این شاخص ترکیب رنگی است که برای بررسی فنولوژی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از کمبودهای اولیه NDVI این است که به تغییرات اتمسفر، بازتاب خاک و سایه ابر حساس است. GCC، یکی از شاخص‌هایی است که برای جبران این ضعف توسعه یافته است.

$$GCC = G/(R + G + B) \quad (2-39)$$

در این فصل با توجه به محور تحقیق حاضر، به تشریح نقش و اهمیت گیاهان دارویی، آشنایی با منطقه مورد مطالعه، گیاهان مورد هدف، داده‌های مورد استفاده و تئوری تحقیق پرداخته شد. در فصل سوم به معرفی و پیاده‌سازی رویکرد این تحقیق پرداخته شده است.

فصل سوم

پیاده‌سازی روش‌ها

۱_۳ مقدمه

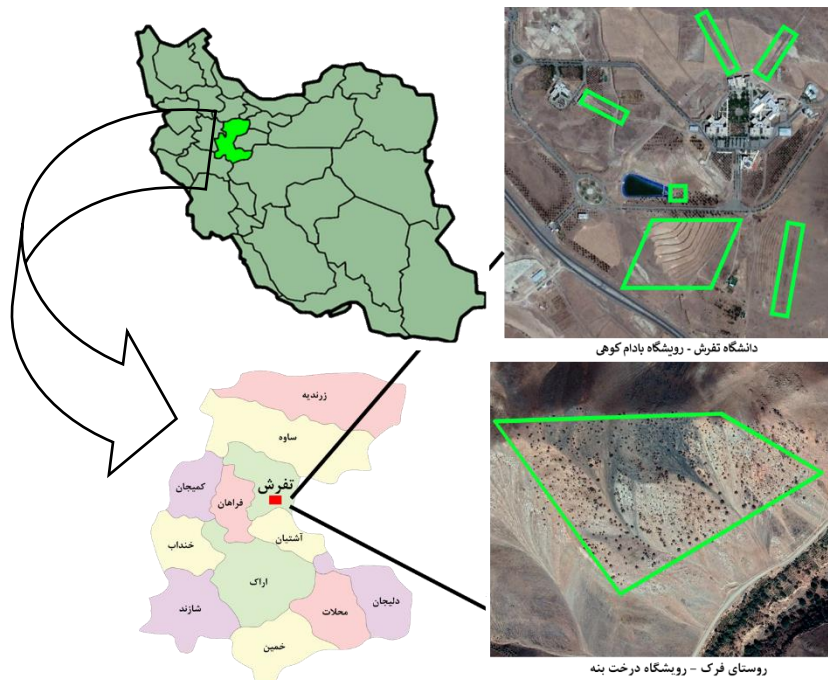
در فصل قبل تئوری مساله و الگوریتم‌های آشکارسازی هدف تشریح شد. در این فصل با معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده به پیاده‌سازی روش‌های آشکارسازی پرداخته شده است.

۲_۳ منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

در این بخش ابتدا به معرفی شهرستان تفرش بعنوان منطقه مورد مطالعه و سپس نحوه جمع‌آوری اطلاعات زمینی پرداخته شده است. در ادامه معرفی داده‌های مورد استفاده، پیش‌پردازش‌ها و نحوه‌ی تولید سری زمانی پرداخته شده است. در انتها راهکار پیشنهادی بیان شده است.

۱_۲_۳ منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق دو محدوده با پوشش گیاهان کاندید در شهرستان تفرش بعنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. شهرستان تفرش 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. در شکل (۱-۳) موقعیت جغرافیایی استان مرکزی و شهرستان تفرش نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان تفرش و مناطق مورد مطالعه

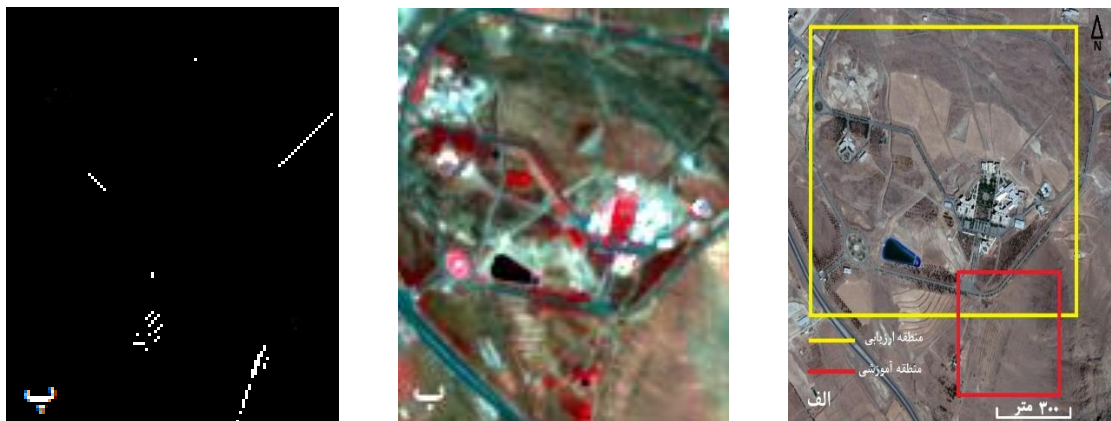
محدوده اول، پهنه دانشگاه تفرش بوده که در مناطقی از آن گیاه بادام کوهی بصورت خودرو رشد می‌نماید. وسعت سایت دانشگاه ۱۰۰ هکتار و محل آن در طول جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۰ دقیقه ۴۵ ثانیه و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه ۳ دقیقه ۶ ثانیه واقع شده است. مناطق حضور بادام کوهی با تراکم بیشتر در شکل (۳-۱) بصورت نواحی سبز رنگ مشخص شده است. هرچند که در سایر نواحی نیز این گیاه بصورت تک بوته و با وسعت کم قابل مشاهده است. سایت دوم، رویشگاه جنگلی بنه فرک تفرش با مساحت ۲۰ هکتار می‌باشد. روستای فرک از توابع بخش مرکزی شهرستان تفرش می‌باشد و محل آن در طول جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۷ دقیقه ۵ ثانیه و عرض جغرافیایی ۴۹ درجه ۴۸ دقیقه ۱۵ ثانیه واقع شده است. در شکل (۳-۱) محدوده رویش درخت بنه بصورت نواحی سبز رنگ مشخص شده است.

۳-۲-۲ تولید نقشه واقعیت زمینی

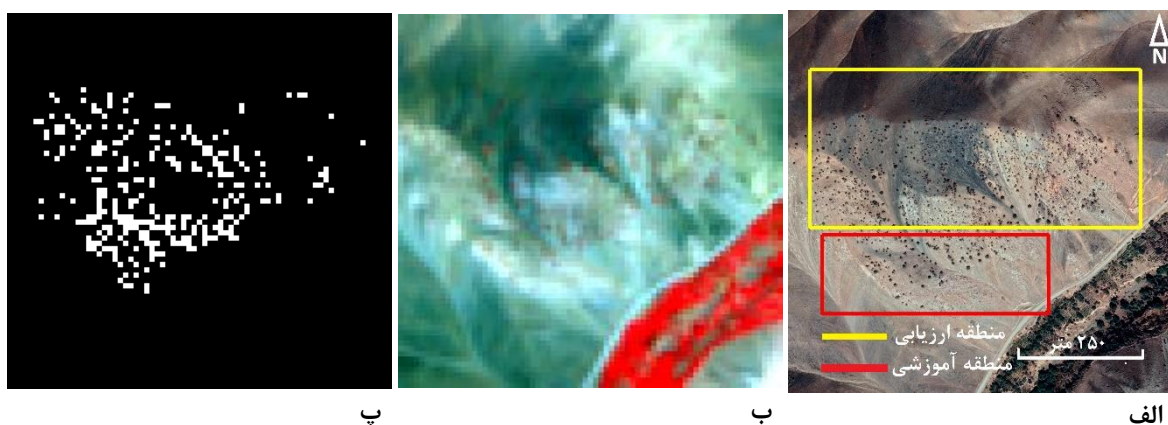
جمع‌آوری داده‌های واقعیت زمینی^۱ بدلیل پراکندگی بالا در مناطق وسیع امری دشوار است. با اینحال در منطقه مورد مطالعه بیشتر مکان‌های متراکم رویش گیاهان مورد تحقیق، از طریق عملیات زمینی شناسایی و به کمک GPS تعیین موقعیت شد. منطقه مورد مطالعه گیاه بادام کوهی به‌مراه نقشه واقعیت زمینی برای مناطق متراکم این گیاه در شکل (۳-۲) مشاهده می‌شود. محل‌هایی که حضور این گیاه بصورت تک بوته و با وسعت اندک (کمتر از ۱/۵ مترمربع) بوده از روند تولید نقشه‌ی واقعیت

^۱Ground Truth

زمینی حذف شده‌اند.



شکل ۳-۲- 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 اهداف همانطور که در شکل (۳-۲- الف) و (۳-۳- الف) مشاهده می‌شود؛ منطقه‌ی تحت پوشش داده‌ها به دو زیربخش منطقه‌ی آموزشی (کادر قرمز) و منطقه‌ی ارزیابی (کادر زرد) تفکیک شده است. از داده‌های منطقه‌ی آموزشی و واقعیت زمینی متناظر با آن برای فرآیند بهینه‌سازی و یافتن ویژگی‌های بهینه در فرآیند آشکارسازی هدف استفاده شده و نتیجه‌ی تعمیم‌پذیری راهکار توسعه یافته در این تحقیق در منطقه‌ی ارزیابی مورد صحت سنجی قرار گرفته است. در شکل (۳-۲- ب) محدوده دانشگاه تفرش بر روی تصویر سنتینل-۲ ملاحظه شده و شکل (۳-۲- پ) مربوط به نقشه واقعیت زمینی می‌باشد که پیکسل‌های حاوی گیاه هدف با رنگ سفید مشخص شده است.



شکل ۳-۳- 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 اهداف منطقه مورد مطالعه درخت بنه به همراه نقشه واقعیت زمینی برای مناطق متراکم این گیاه در شکل (۳-۳- الف) مشاهده

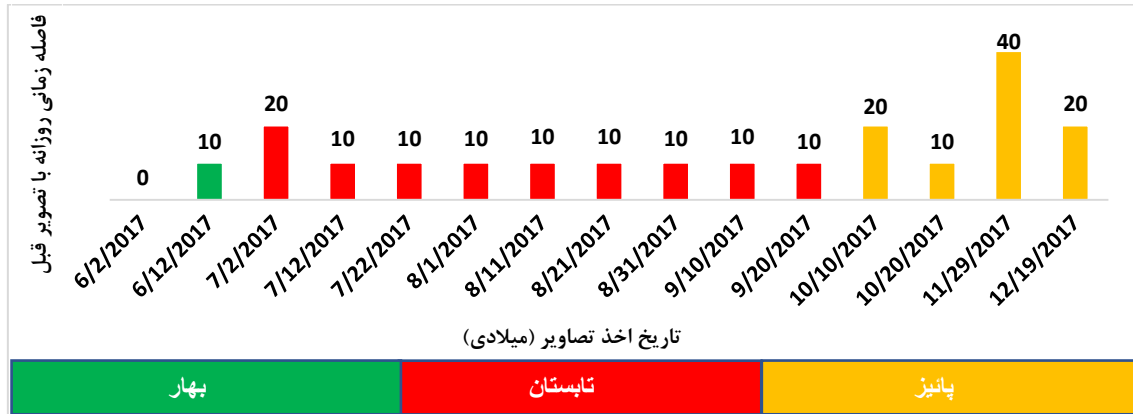
می‌شود. در شکل (۳-۳ب) محدوده رویشگاه جنگلی فرک بر روی تصویر سنتینل-۲ ملاحظه شده و شکل (۳-۳پ) مربوط به نقشه واقعیت زمینی می‌باشد که پیکسل‌های حاوی گیاه هدف با رنگ سفید مشخص شده است.

۳_۲_۳ تصاویر مورد استفاده، پیش‌پردازش‌ها و تولید سری زمانی

داده‌های ماهواره سنتینل-۲ پس از چند مرحله پیش‌پردازش و انجام تصحیحات رادیومتریکی و هندسی به صورت یک تصویر قائم از مقادیر بازتاب بالای اتمسفر در غالب محصول سطح C₁ به کاربر عرضه می‌شوند. در ادامه، کاربران قادرند با انجام تصحیحات اتمسفری بر روی این سطح، تصویری قائم با بازتاب بالای سطح زمین^۱ را تولید نمایند [۵۱، ۵۲]. 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 سری‌زمانی از نقطه نظر وجود برف و ابر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. دلیل انتخاب نیمه دوم سال میلادی، روند متمایز فنولوژیکی گیاه بادام‌کوهی و بنه می‌باشد. سبزیگی موثر گیاه بادام‌کوهی در فصل پاییز و زمستان و همچنین روند از دست رفتن برگ‌ها و میوه‌دهی در اواخر بهار را می‌توان بعنوان جنبه‌های متمایز بادام‌کوهی و همچنین کاهش سبزیگی بوته‌ها و علف‌های هرز در مقابل سبزیگی برگ درختان بنه در بهار و تابستان و روند زرد شدن برگ درختان در فصل پاییز از جنبه‌های تمایز در این بازه‌ی زمانی قلمداد نمود. وجود پوشش برف در زمستان و عدم تمایز فاحش طیفی گیاهان کاندید در فصل بهار نسبت به سایر گیاهان در باندهای طیفی مورد استفاده از تصاویر سنتینل-۲، دلایل عدم انتخاب شش ماهه‌ی نخست سال میلادی در تولید سری زمانی می‌باشند. شکل (۳-۴) زمان اخذ داده‌ی تصویری در تولید سری زمانی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۴-۳) 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 (SNAP^۲) و با استفاده از افزونه Sen2cor صورت پذیرفته است.

^۱ Top-Of Surface (TOS) reflectance

^۲ Sentinel Application Platform (SNAP)



شکل ۳-۴- تاریخ تصاویر مورد استفاده

۳-۳ شاخص‌های مورد استفاده

بمنظور 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 پذیربودن آنها در روند آشکارسازی هدف صورت پذیرفته است. شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۳-۱) بطور خلاصه معرفی شده است.

جدول ۳-۱- شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق

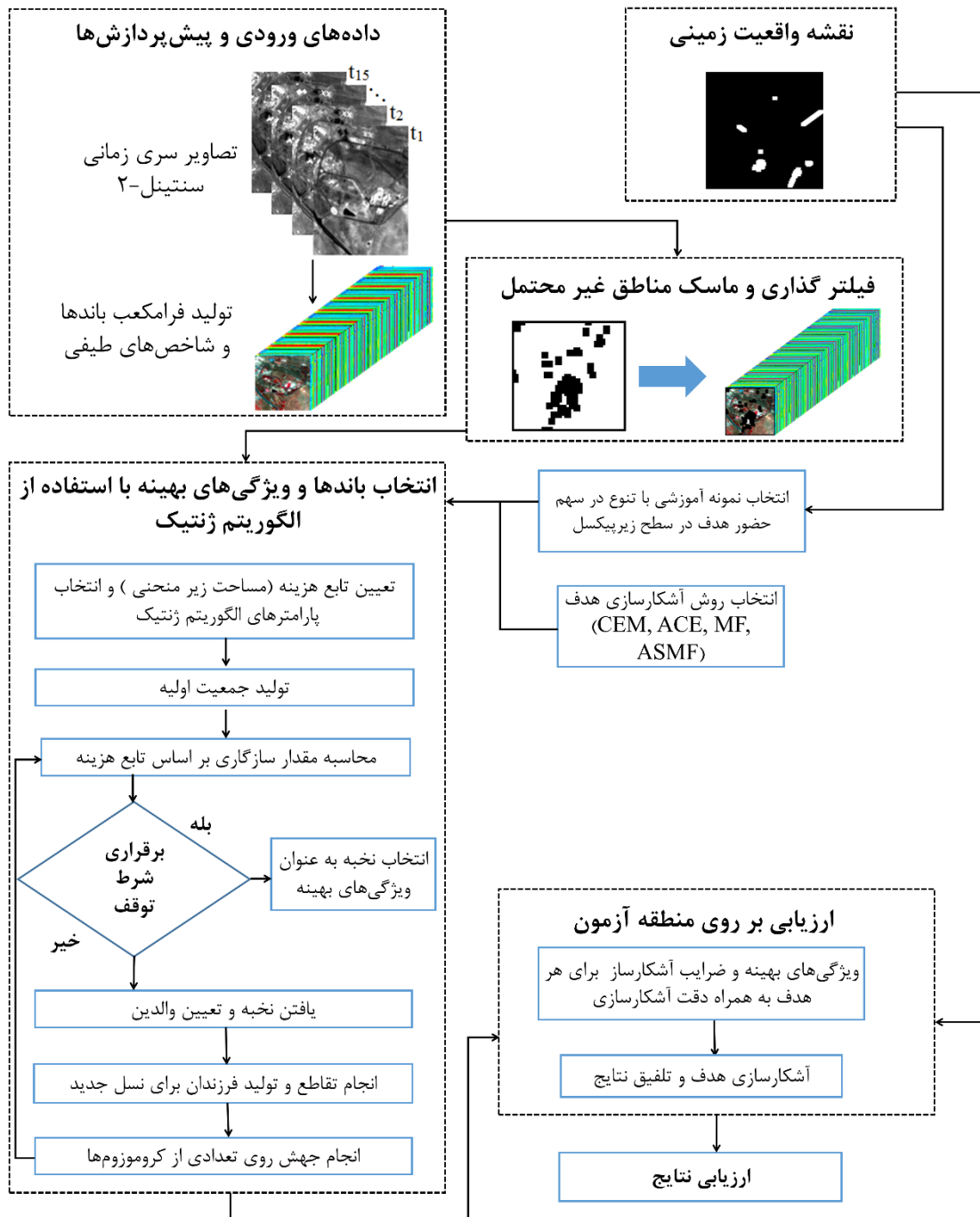
مراجع	نام کامل	فرمول	اختصار شاخص
Huete (۱۹۹۸)	Soil Adjusted Vegetation Index	$1.5 * ((NIR - R) / (NIR + R + 0.5))$	SAVI
Qi et al. (۱۹۹۴)	Modified Soil Adjusted Vegetation Index developed	$(2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - R)}) / 2$	MSAVI ²
Jordan (۱۹۶۹)	Difference Vegetation Index	NIR / R	DVI
Richardson and Wiegand (۱۹۷۷)	Perpendicular Vegetation Index	$(\sin(a) * NIR) - (\cos(a) * R)$	PVI
Clevers (۱۹۸۸)	Weighted Difference Vegetation Index	$NIR - 0.5 * R$	WDVI

MSAVI	$\frac{0.5 * ((NIR + 1) - \sqrt{((NIR + 1)^2 - 1 * (NIR - R))})}{\sqrt{((NIR + 1)^2 - 1 * (NIR - R))}}$	Modified Soil Adjusted Vegetation Index	.Qi et al (۱۹۹۴)
GNDVI	$(NIR - G)/(NIR + G)$	Green Normalized Difference Vegetation Index	Buschmann, C.; Nagel, E (۱۹۹۳)
NDVI	$(NIR - R)/(NIR + R)$	Normalized Difference Vegetation Index	Rouse et al. (۱۹۷۴)
IPVI	$\frac{NIR}{NIR + R}$	Infrared Percentage Vegetation Index	(۱۹۹۰) Crippen
BI^v	$\sqrt{(R^v + G^v + NIR^v)/3}$	Brightness Index	Escadafal (۱۹۸۹)
NDWI	$(NIR - SWIR)/(NIR + SWIR)$	Normalized Difference Water Index	McFeeters (۱۹۹۶)
VARI	$(G - R)/(G + R)$	Visible atmospherically resistant index	Gitelson, A et al. (۲۰۰۲)
GCC	$G/(R + G + B)$	Green chromatic coordinate	Woebbecke, D.M et al. (۱۹۹۵)

در جدول (۳-۱)، 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 ۱۳ شاخص معرفی شده برای هر مقطع زمانی از سری زمانی، یک مکعب داده با ۲۵۵ ویژگی و باندطیفی برای محدوده مورد مطالعه ساخته شد.

۳_۴ روش‌شناسی راهکار پیشنهادی

این بخش به تشریح راهکار پیشنهاد شده بمنظور آشکارسازی گیاهان منتخب اختصاص داشته که روند آن بصورت فلوجارت در شکل (۳-۴) قابل مشاهده است.



شکل ۳-۵- مراحل انجام تحقیق

مطابق با شکل (۳-۵)، 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 منتخب و حذف سایر مناطق با احتمال رخداد پایین حضور هدف در دستور کار قرار دارد. در گام دوم با معرفی چند نمونه‌ی آموزشی از رفتار طیفی-زمانی هدف، باندها و ویژگی‌های موثر در آشکارسازی هدف از پس‌زمینه بکمک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک به ازای هر سیگنال از هدف شناسایی می‌شوند. در نهایت بعد از تعیین ویژگی‌های بهینه و برآورد ضرایب آشکارساز برای هر یک از نمونه‌های آموزشی، در گام سوم

از روند اجرای این تحقیق آشکارسازی هدف در مناطق آزمون به اجرا رسیده است. در این مرحله نیز بمنظور افزایش توان آشکارسازی هدف، راهکاری مبتنی بر تلفیق نتایج کسب شده از هر نمونه‌ی آموزشی (ویژگی‌های بهینه و ضرایب فیلترهای انطباقی آشکارساز) پیشنهاد شده است. در ادامه هر گام از روش پیشنهادی در قالب زیربخش‌های ۳-۴-۳، ۳-۴-۲ و ۳-۴-۱، به تفصیل تشریح شده است.

۳-۴-۱ شناسایی مناطق مستعد حضور گیاه بادام کوهی و بنه

هنگام استفاده از روش‌های آشکارسازی هدف، کاهش پیچیدگی توزیع نمونه‌های پس‌زمینه در فضای ویژگی بعنوان یکی از عوامل کسب نتایج دقیق‌تر قلمداد می‌شود [۶۲]. وجود تنوع بالا در پدیده‌های حاضر در صحنه‌ی 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. بعبارت بهتر، تنوع بالا در کلاس‌های موجود در فضای ویژگی، اعتبار تعمیم یک ماتریس کوواریانس را بعنوان نماینده‌ی 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 در آنها پایین بوده در دستورکار قرار گرفت. برای این منظور، رفتار طیفی و زمانی مناطق رویش گیاه هدف 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 هدف (بادام کوهی و بنه) از احتمال بالایی برخوردار نیست. از آنجاییکه این گیاه عموماً در مناطق دشت و تپه‌ماهور رشد می‌کند؛ عمده‌ی 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 بعنوان قیود منطقی در جداسازی مناطق مستعد رویش انتخاب شده است. این دو قید در سری زمانی شاخص NDVI بصورت رابطه‌ی (۳-۱۴) اعمال شده است.

$$NDVI_i (i = all\ times) < 0.3 \text{ and } NDVI_{Winter} - NDVI_{Spring} < 0 \quad (3-1)$$

در رابطه (۳-۱)، $NDVI_{Spring}$ شاخص تفاضلی گیاهی نرمال‌شده 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 بازبندی استاندارد شاخص $NDVI$ برای زمین‌های با پوشش گیاهی تنک در نظر گرفته شده است [۶۳].

با اعمال قیود ذکر شده در رابطه‌ی (۳-۱) از حضور مناطقی همچون: ۱- پوشش گیاهی متراکم، ۲- مناطق پایدار و بدون تغییر در شاخص $NDVI$ و ۳- مناطق آبی، بعنوان پهنه‌ی محتمل حضور گیاه هدف جلوگیری می‌شود. بدیهی است که این اقدامات صرفاً جنبه پالایشی داشته و بخش‌های زیادی از خاک توام با پوشش گیاهی را در بر خواهد گرفت. اما انتظار می‌رود تا حد زیادی از پیچیدگی فضای ویژگی بواسطه‌ی کاهش در تنوع کلاس‌های واقع در صحنه‌ی تصویر کاسته شده و به تبع آن آماره‌های مستخرج از ماتریس کواریانس یا همبستگی تولید شده از نمونه‌های باقیمانده به توزیع آماری نرمال نزدیکتر گردند. راهکارهای مشابهی مطابق با این رویکرد نیز در تحقیقات گذشته گزارش شده است [۶۴].

۳_۴_۲ بهینه‌سازی بمنظور 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 بمنظور کسب نتایج بهتر در روند آشکارسازی هدف ضروری خواهد بود. عبارت بهتر وجود باندها و ویژگی‌های افزونه و همچنین عدم تمایز و تفکیک‌پذیری برخی از آنها در جداسازی هدف/اهداف از پس‌زمینه باعث کاهش دقت آشکارسازی خواهد شد. بنابراین به کمک اجرای الگوریتم فراابتکاری ژنتیک باینری، ویژگی‌های موثر شناسایی گردید [۶۵، ۶۶]. دلیل انتخاب الگوریتم فراابتکاری ژنتیک سهولت در فرایند کدگذاری باینری (بودن یا نبودن یک ویژگی) در روند تولید ژن‌های کروموزم می‌باشد.

تاکنون، روش‌های متعددی با هدف کاهش ابعاد فضای ویژگی ارائه شده که می‌توان آنها را در دو دسته کلی جای داد. دسته نخست روش‌های استخراج ویژگی بوده که از جمله می‌توان به روش‌های تحلیل مولفه اصلی^۱، کمینه‌سازی کسر نویز^۲ و تحلیل مولفه مستقل^۳ 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 دارد که در آن یک زیر مجموعه از ویژگی‌های اولیه انتخاب می‌گردند. بکارگیری الگوریتم ژنتیک باینری را می‌توان در زمره‌ی روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری دانست که برای انتخاب ویژگی در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است

^۱ Principal component analysis

^۳ Independent Component Analysis

^۲ Minimum Noise Fraction

[۶۶-۶۹]. 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 بترتیب با مقادیر یک و صفر کدگذاری می‌گردد. جدول (۲-۳) سایر پارامترهای تنظیمی الگوریتم ژنتیک [۷۰]، بکارگرفته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۲- پارامترهای الگوریتم ژنتیک طراحی شده بمنظور انتخاب ویژگی

نحوه کدگذاری کروموزوم	باینری
طول کروموزوم	۲۵۵
تعداد جمعیت 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

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، برای هر گیاه منتخب تعداد ۳ پیکسل بعنوان رفتار طیفی-زمانی هدف انتخاب شده و جهت 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. نمونه‌ی 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.

۳_۴_۳ پیاده‌سازی در مناطق ارزیابی با رویکرد تلفیق نتایج

بعد از اجرای فرآیند بهینه‌سازی، به ازای هر نمونه‌ی آموزشی، ضرایب آشکارساز، ویژگی‌های بهینه و دقت کسب شده از آن برآورد می‌شود. در ادامه بمنظور اعمال نتایج کسب شده به سایر مناطق، یک رویکرد تلفیقی اجرا شده است. در این رویکرد، به ازای هر نمونه‌ی آموزشی از رفتار طیفی-زمانی هدف و همچنین ویژگی‌های بهینه‌ی مرتبط با آن (با در نظر گرفتن روش

^۱Tournament Selection

آشکارساز انتخاب شده) یک نقشه‌ی پاسخ آشکارساز تولید می‌گردد. در نهایت، نتیجه‌ی نهایی پاسخ آشکارسازی (RT_f) از طریق میانگین‌گیری وزن‌دار از نتایج پاسخ آشکارسازی به ازای هر یک از نمونه‌های آموزشی بصورت رابطه‌ی (۳-۱۵) تولید خواهد شد.

$$RT_f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AUC_i \times RT_i \quad (3-2)$$

در این رابطه، $N=3$ تعداد نمونه‌های آموزشی، AUC_i سطح زیر منحنی بدست آمده در منطقه‌ی آزمون به ازای انتخاب نمونه‌ی آموزشی i ام و RT_i نقشه‌ی پاسخ آشکارساز به ازای ضرایب بهینه‌ی یافته شده برای نمونه‌ی i ام می‌باشند.

مطابق با رابطه (۳-۱۵)، آشکارسازهای با مساحت زیر منحنی بزرگتر نقش بیشتری را در تولید نقشه‌ی نهایی پاسخ آشکارساز ایفا می‌کنند. ایده‌ی این راهکار تلفیقی افزایش اثرپذیری نتایج آشکارسازی‌های موفق در مقایسه با نتایج ضعیف‌تر در تولید نتایج نهایی بوده و همچنین این کار شرایط ایجاد هم‌افزایی میان نتایج بدست آمده را جهت تصمیم‌سازی با عدم قطعیت کمتر فراهم می‌آورد.

فصل چهارم

نتایج پیاده‌سازی و تحلیل

۴_۱ مقدمه


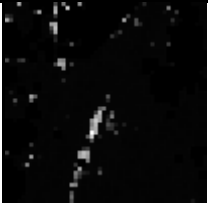



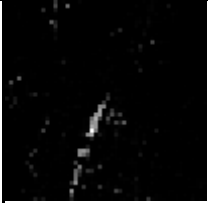
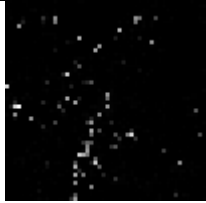

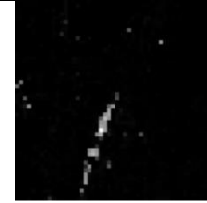
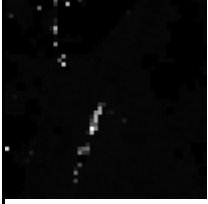




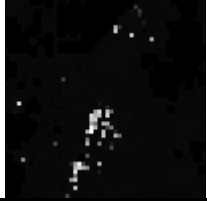


ارزیابی نتایج این تحقیق در دو سطح انجام شده است. در سطح نخست، میزان موفقیت فرآیند بهینه‌سازی به کمک نقشه واقعیت زمینی مربوط به داده‌های آموزشی و سطح زیر منحنی برای هریک از روش‌های آشکارسازی هدف، مورد بررسی قرار گرفته است. سطح دوم ارزیابی، مستقل از روند بهینه‌سازی بوده که بعد از انتخاب ویژگی‌های بهینه و تولید نتایج تلفیقی، کفایت و قابلیت تعمیم نتایج بدست آمده در فرآیند بهینه‌سازی در منطقه‌ای آزمون مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه، ابتدا نتایج مربوط به فرآیند بهینه‌سازی و سپس نتایج اعمال ویژگی‌ها بهینه‌ی آشکارساز در منطقه آزمون ارائه و مورد بحث قرار گرفته است.

۴_۲ نتایج فرآیند بهینه‌سازی و آشکارسازی

همانطور که در بخش (۷-۲) نیز بدان اشاره شد؛ بمنظور ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکارسازی هدف از دو معیار کمی منحنی ROC و سطح زیر این منحنی (AUC) استفاده شده است. در ادامه نتایج مربوط به دو گیاه منتخب ارائه شده است.

۴_۲_۱ نتایج فرآیند بهینه‌سازی گیاه بادام کوهی

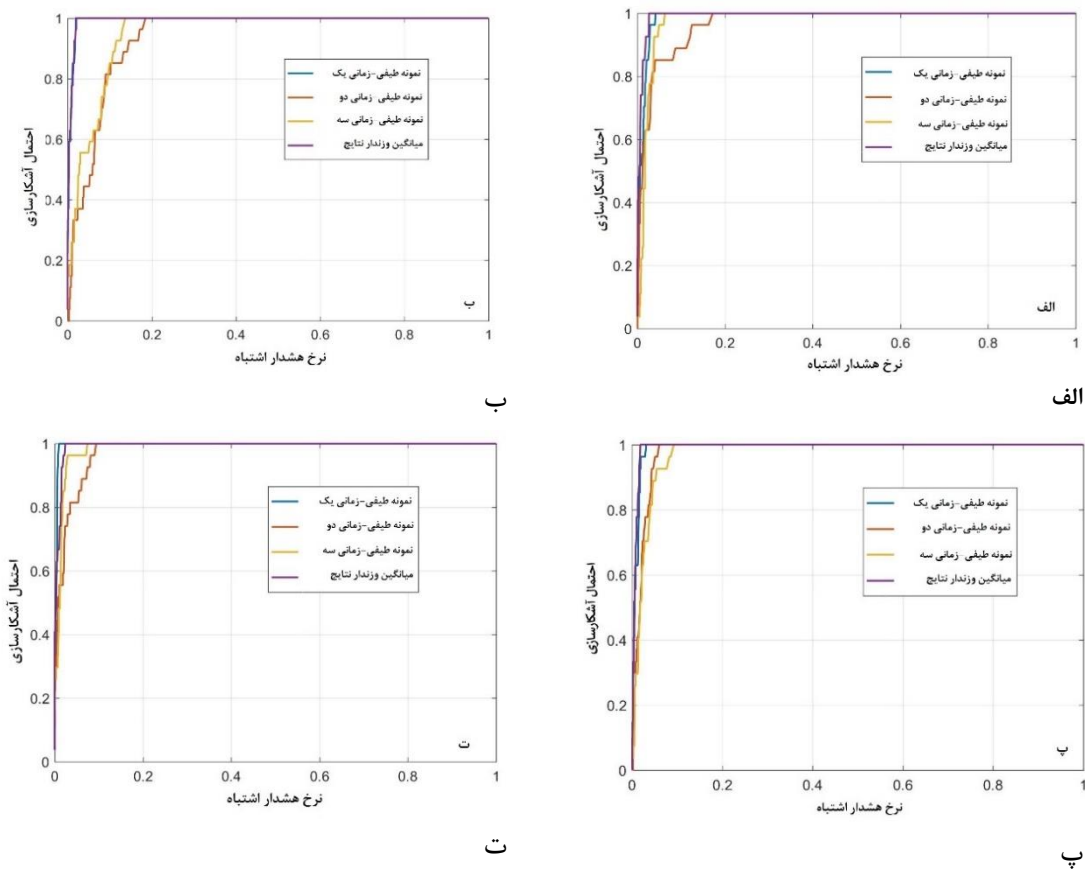
نتایج فرآیند بهینه‌سازی برای روش‌های CEM، ACE، MF، ASMF در شکل (۱-۴) دیده می‌شود.

داده‌ی واقعیت زمینی مربوط به فرآیند بهینه‌سازی				
				
نمونه‌ی آموزشی ی	تلفیق نتایج رابطه‌ی (۳-۱۵)			
	۱	۲	۳	۴
روش- آشکارساز ی				
CEM				
ACE				
MF				
ASM F				

شکل ۴-۱- نتایج کسب شده از فرآیند آشکارسازی بادام‌کوهی در منطقه-
ی آموزشی بدست آمده از فرآیند بهینه‌سازی

شکل (۴-۱) 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 ۴ سطر (الگوریتم‌های آشکارسازی هدف) و ۴ ستون (نتایج کسب شده برای ۳ نمونه‌ی آموزشی و نتایج تلفیق) در رابطه (۳-۱۵) ارائه شده است. با مقایسه‌ی نقشه‌ی پاسخ آشکارسازها و نقشه‌ی واقعیت زمینی، موفقیت بصری نتایج مشهود است. از سوی دیگر، نتایج بصری حاکی از موفقیت بیشتر راهکار تلفیقی در برآورد

نقشه‌ی 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 کوواریانس (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 بمنظور تامین شرایط ارزیابی کمی، منحنی ROC مربوط به هر یک از نقشه‌های پاسخ آشکارساز شکل (۴-۱) در شکل (۴-۲) ارائه شده است.



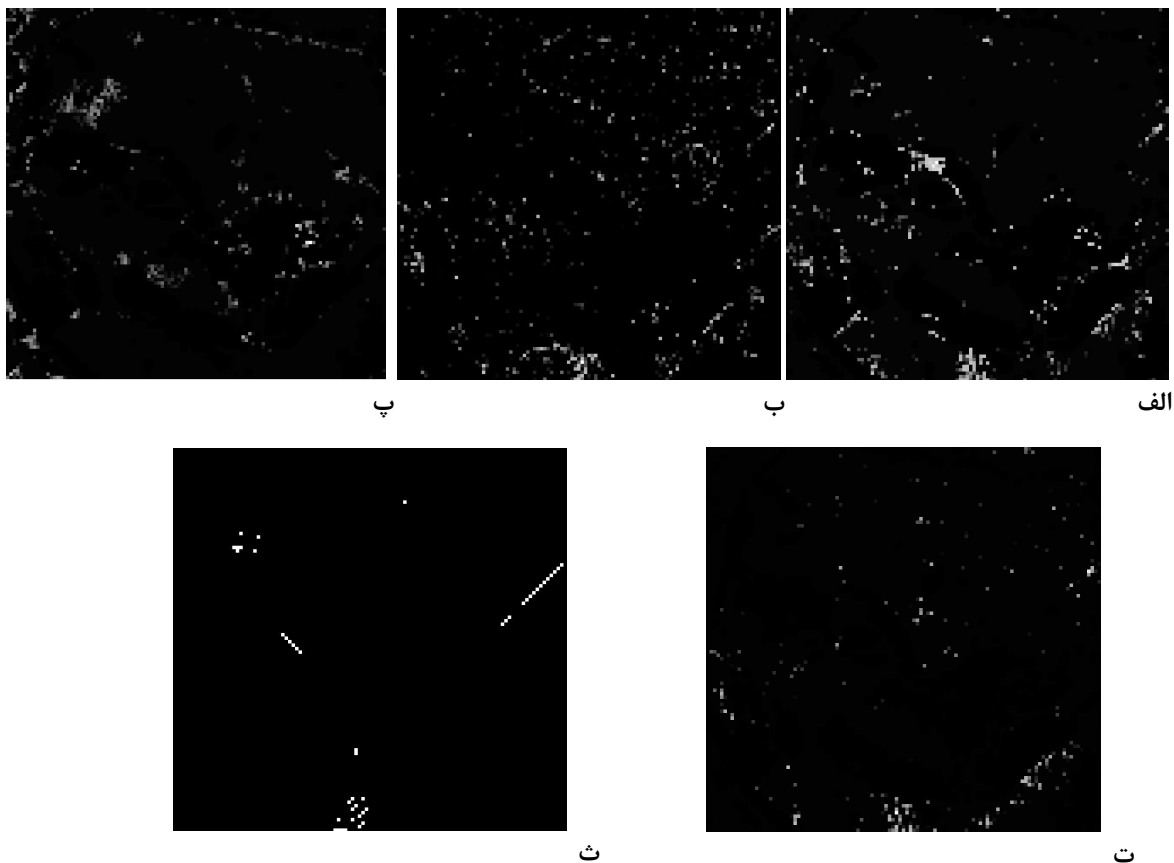
شکل ۴-۲- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF

در جدول (۴-۱) نیز شاخص سطح زیر منحنی مستخرج از هر یک از نمودارهای ROC شکل (۴-۲) ارائه شده است. نتایج کمی (منحنی ROC و مقادیر سطح زیر منحنی) نیز بهبود نتایج تلفیقی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه از نمونه‌های آموزشی با تنوع در سهم حضور گیاه مورد نظر بعنوان 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.

جدول ۴-۱- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله بهینه‌سازی بادام‌کوهی

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

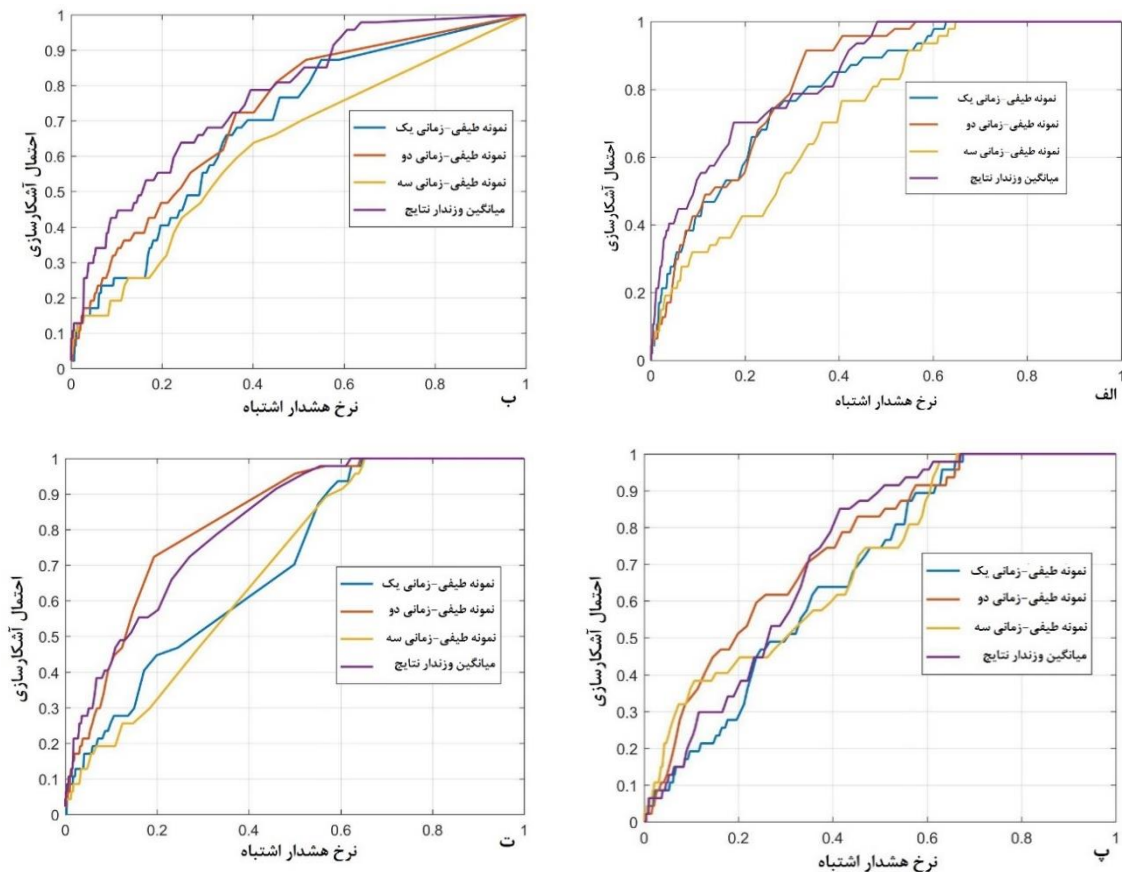
در ادامه بمنظور ارزیابی تعمیم‌پذیری ویژگی‌های مستخرج در روند بهینه‌سازی و همچنین ضرایب آشکارساز بدست آمده از ویژگی‌های بهینه، روند آشکارسازی با رویکرد تلفیقی در منطقه‌ی آزمون شکل (۲-۳-الف) پیاده‌سازی شده است. نتایج بصری بدست آمده از آشکارسازهای CEM، ACE، MF و ASMF در شکل (۳-۴) ارائه شده است.



شکل ۴-۳- تصاویر مربوط به ارزیابی نتایج با استفاده از ۴ الگوریتم آشکارسازی بر روی منطقه آزمون که در شکل (۲-۳-الف) مشخص شده است؛ الف) CEM ب) ACE پ) MF ت) ASMF (ث) نقشه واقعیت زمینی همانطور که در شکل (۳-۴) دیده می‌شود؛ با مقایسه نقشه واقعیت زمینی و پاسخ آشکارسازها، موفقیت بصری نتایج مشهود

است. علت کیفیت کمتر نتایج بدست آمده در منطقه‌ی آزمون نسبت به داده‌های آموزشی در فرآیند بهینه‌سازی 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 منطقه‌ی آزمون مشخص شد که در برخی از مناطق اکسترمم محلی در نقشه‌ی آشکارساز حضور بادام‌کوهی بصورت تک بوته و با وسعت کم وجود داشته که این مناطق در تولید نقشه‌ی واقعیت زمینی حضور نداشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که این رویکرد توانسته اهداف زیرپیکسلی حتی با وسعت بسیار اندک نیز شناسایی نماید.

ارزیابی‌های کمی و کیفی در این مورد نیز مشابه با روند بهینه‌سازی در شکل (۴-۴) و جدول (۴-۲) قابل مشاهده است. در شکل (۴-۴) نتایج آشکارسازی به ازای ویژگی‌های یافته شده برای هر یک از اهداف آموزشی را نشان می‌دهد. جدول (۴-۲) نیز مقدار سطح زیر منحنی برای هر یک از روش‌های آشکارساز نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۴- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF




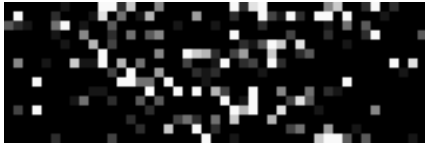











جدول ۴-۲- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله ارزیابی بادام‌کوهی

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	۰/۷۲۴	۰/۶۲۹	۰/۷۷۲
MF	۰/۶۸۲	۰/۷۱۴	۰/۷۰۵	۰/۷۳۴
ASMF	۰/۷۰۲	۰/۸۰۳	۰/۶۹۰	۰/۸۱۵

مقایسه‌ی نتایج بدست آمده از مساحت‌های زیر منحنی جدول (۴-۲) نشان دهنده‌ی قابلیت بهتر راهکار CEM تلفیقی نسبت به سایر الگوریتم‌های آشکارسازی است. این راهکار به ترتیب ۳/۱ درصد نسبت به روش ASMF تلفیقی، ۷/۴ درصد نسبت به روش ACE تلفیقی و ۱۱/۲ درصد نسبت به روش MF تلفیقی بهبود دقت کسب نموده است.

۴_۲_۴ نتایج فرآیند بهینه‌سازی گیاه بَنه

نتایج فرآیند بهینه‌سازی برای روش‌های CEM، ACE، MF، ASMF در شکل (۴-۵) دیده می‌شود.

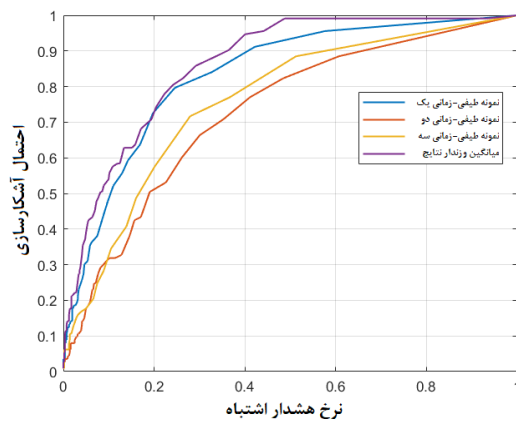
داده‌ی واقعیت زمینی مربوط به فرآیند بهینه‌سازی		
		
لگوریتم آشکارسازی	ACE	CEM
۱		
۲		
۳		
تلفیق نتایج رابطه‌ی (۱۵-) (۳)		
لگوریتم آشکارسازی	ASMF	MF
۱		
۲		
۳		



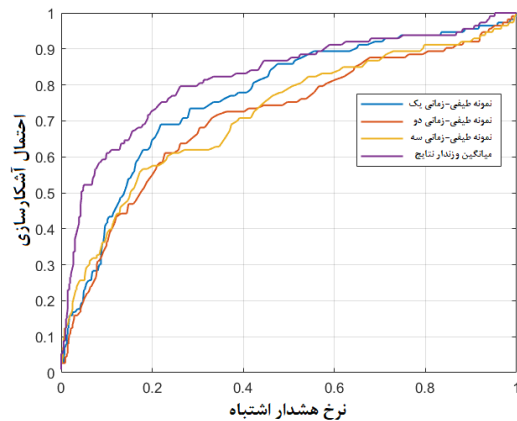
شکل ۴-۵- نتایج کسب شده از فرآیند آشکارسازی بَنه در منطقه‌ی آموزشی بدست آمده از فرآیند بهینه‌سازی

در شکل (۴-۵) نتایج حاصل از بهینه‌سازی روش‌های آشکارسازی برای نمونه‌های طیفی-زمانی مربوط به درخت بَنه مشاهده می‌شود. در بالای این شکل ماسک مربوط به واقعیت زمینی استفاده شده در فرآیند بهینه‌سازی ترسیم شده است. با مقایسه‌ی نقشه‌ی پاسخ آشکارسازها و نقشه‌ی واقعیت زمینی، موفقیت بصری نتایج مشهود است.

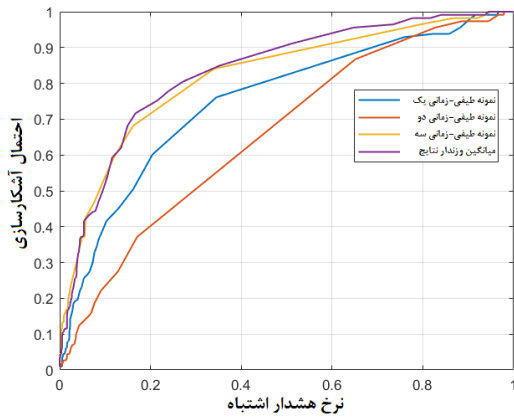
لازم به ذکر است روش CEM در آشکارسازی دو طیف نسبت به روش ASMF عملکرد بهتری داشته اما در آشکارسازی طیف سوم عملکرد ضعیفتری نشان داده و در مجموع روش CEM نسبت به دیگر روش‌ها عملکرد ضعیفتری را از خود نشان داده است. وجه تمایز این راهکار با روش‌های MF و ACE، بکارگیری ماتریس همبستگی (R) بجای ماتریس کواریانس (Γ) است و علاوه بر این حساسیت بیشتری به نویز از خود نشان می‌دهد. بهترین نتیجه از لحاظ بصری با اختلاف محسوس نسبت به سایر روش‌ها مربوط به روش MF می‌باشد. روش MF بسیار مشابه CEM است ولی تفاوت آن در حذف بردار میانگین از پیکسل‌های تصویر است. با اینحال بمنظور تامین شرایط ارزیابی کمی، منحنی ROC مربوط به هر یک از نقشه‌های پاسخ آشکارساز شکل (۴-۵) در شکل (۴-۶) ارائه شده است.



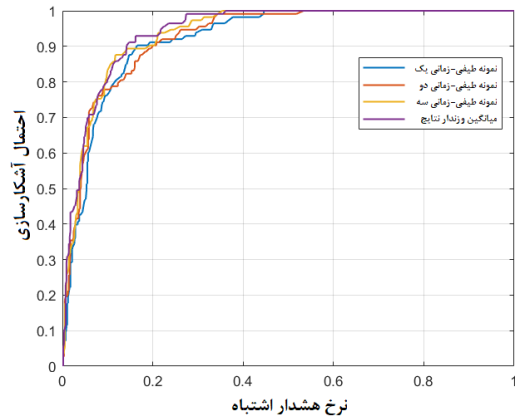
ب



الف



ت



پ

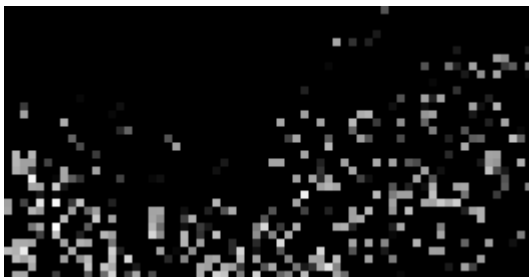
شکل ۴-۶- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF

در جدول (۳-۴) نیز شاخص سطح زیر منحنی مستخرج از هر یک از نمودارهای ROC شکل (۴-۶) ارائه شده است. نتایج

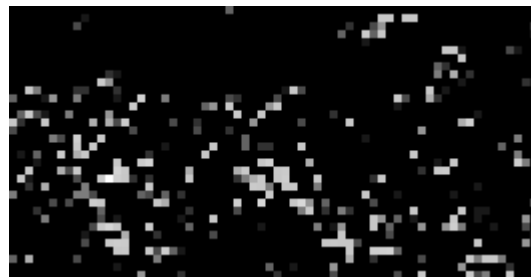
کمی و کیفی (منحنی ROC و مقادیر سطح زیر منحنی) نیز بهبود نتایج تلفیقی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله بهینه‌سازی بنه

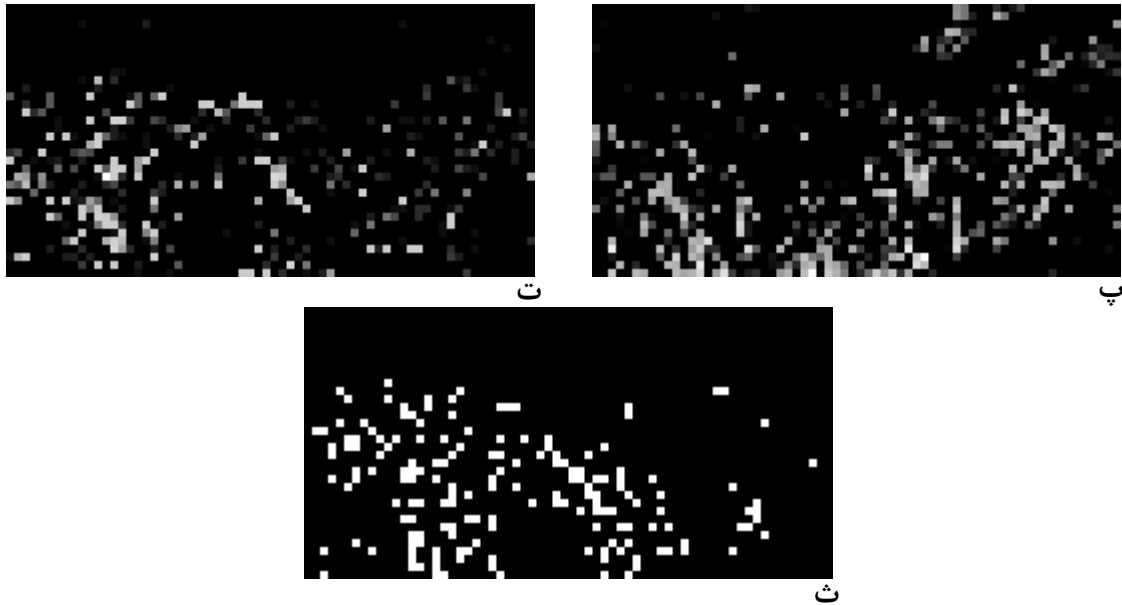
الگوریتم	دقت آشکارسازی طیف یک %	دقت آشکارسازی طیف دو %	دقت آشکارسازی طیف سه %	دقت میانگین وزندار نتایج %
CEM	۰/۷۶۷	۰/۷۱۰	۰/۷۱۸	۰/۸۲۱
ACE	۰/۸۳۲	۰/۷۳۲	۰/۷۵۹	۰/۸۶۲
MF	۰/۹۲۳	۰/۹۲۷	۰/۹۳۷	۰/۹۴۲
ASMF	۰/۷۵۱	۰/۶۵۹	۰/۸۲۰	۰/۸۳۴



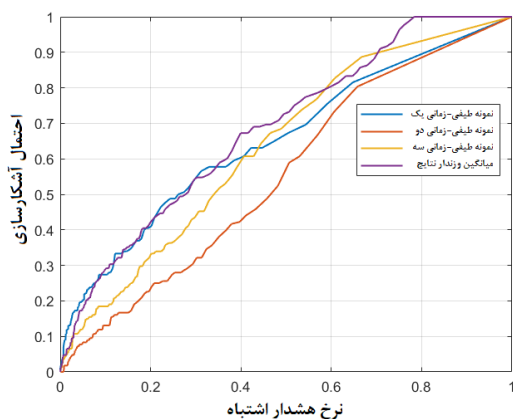
ب



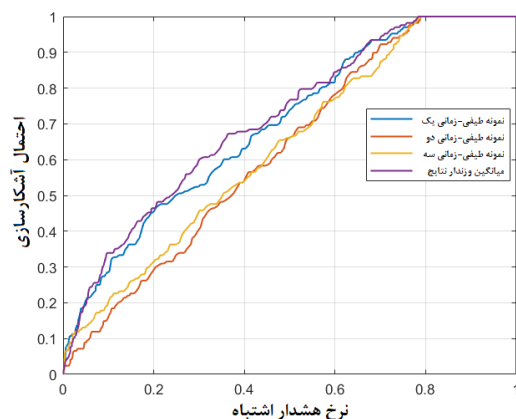
الف



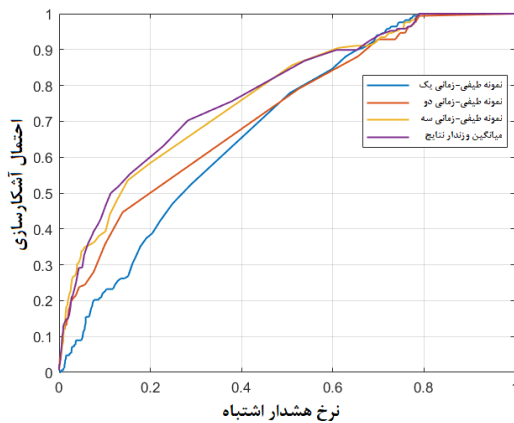
شکل ۴-۷- تصاویر مربوط به ارزیابی نتایج با استفاده از ۴ الگوریتم آشکارسازی بر روی منطقه آزمون که در شکل (۳-۳) - الف مشخص شده است؛ الف) CEM (ب) ACE (پ) MF (ت) ASMF (ث) نقشه واقعیت زمینی همانطور که در شکل (۴-۷) دیده می‌شود؛ روش ASMF در آشکارسازی منطقه آزمون عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته است. عملکرد بهتر روش ASMF در این مرحله را می‌توان ناشی از قابلیت این روش در حذف مناطق ناهنجاری دانست. ضعیف‌ترین نتایج این مرحله مربوط به روش ACE است. ارزیابی‌های کمی در این مورد نیز مشابه با روند بهینه‌سازی در شکل (۴-۸) و شکل (۴-۹) قابل مشاهده است. در شکل (۴-۸) نتایج آشکارسازی به ازای ویژگی‌های یافته شده برای هر یک از اهداف آموزشی را نشان می‌دهد. شکل (۴-۹) نیز نتایج روش تلفیقی را برای هر یک از روش‌های آشکار ساز نمایش می‌دهد.



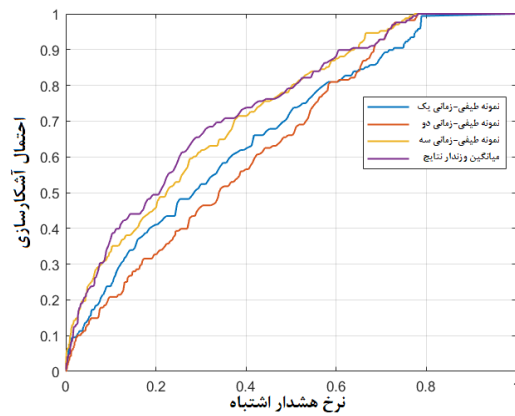
ب



الف



ت



پ

شکل ۴-۸- نمودار ROC مربوط به بهینه‌سازی برای سه طیف انتخابی و میانگین نتایج برای روش‌های آشکارسازی معرفی شده؛ الف) CEM ب) ACE پ) MF ت) ASMF

جدول ۴-۴- شاخص سطح زیر منحنی آشکارسازی هدف مربوط به مرحله ارزیابی بنه

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	۰/۷۲۴	۰/۶۲۹	۰/۷۷۲
MF	۰/۶۸۲	۰/۷۱۴	۰/۷۰۵	۰/۷۳۴
ASMF	۰/۷۰۲	۰/۸۰۳	۰/۶۹۰	۰/۸۱۵

مقایسه‌ی نتایج بدست آمده از سطح زیر منحنی‌های جدول (۴-۴) نشان دهنده‌ی قابلیت بهتر راهکار ASMF تلفیقی نسبت به سایر الگوریتم‌های آشکارسازی است. این راهکار به ترتیب ۳/۶ درصد نسبت به روش MF تلفیقی ۶/۵ درصد نسبت به روش CEM تلفیقی و ۹/۳ درصد نسبت به روش ACE تلفیقی بهبود دقت کسب نموده است.

شناسایی باندها و ویژگی‌های موثر که باعث افزایش تمایز بین هدف و پس‌زمینه و در نتیجه افزایش دقت آشکارسازی می‌شوند به کمک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک انجام شد. در مورد گیاه بادام‌کوهی بهترین عملکرد در مرحله بهینه‌سازی با اختلاف کمی نسبت به سایر روش‌ها مربوط به روش ASMF بود و در مرحله ارزیابی مستقل نیز بهترین عملکرد مربوط به روش CEM می‌باشد. این دو روش آشکارسازهای زیر پیکسلی می‌باشند و از ماتریس همبستگی بمنظور کمینه کردن عناصر پس‌زمینه استفاده می‌کنند. در مرحله بهینه‌سازی درخت بنه بهترین عملکرد مربوط به روش MF و ضعیف‌ترین عملکرد مربوط به روش CEM و ASMF بود. اما در مرحله ارزیابی مستقل نتایج برعکس مرحله بهینه‌سازی شد و بهترین نتیجه مربوط به

دو روش CEM و ASMF و ضعیف‌ترین مربوط به روش MF است. علت این امر را می‌توان به تغییر ساختار عناصر پس‌زمینه و همچنین حساسیت این دو روش به نویز مرتبط دانست. در مجموع می‌توان گفت بهترین عملکرد در این تحقیق مربوط به روش CEM و ASMF و ضعیف‌ترین متعلق به روش ACE می‌باشد. با اینحال نتایج نشان دهنده موفقیت راهکار پیشنهادی بمنظور پهنه‌بندی گیاهان دارویی و آشکارسازی هدف در سری زمانی تصاویر چندطیفی می‌باشد.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱_۵ نتیجه گیری

در این تحقیق با محوریت روش های آشکارسازی هدف، یافتن گیاهان بادام کوهی و بنه با وسعت مکانی عمدتاً زیرپیکسلی در سری زمانی تصاویر ماهواره‌ی سنتینل-۲ به اجرا رسید. در این روش از ۴ آشکارساز هدف شامل MF، CEM، ACE و ASMF برای بمنظور آشکارسازی هدف استفاده شد. ایده‌ی بکارگیری رفتار طیفی-زمانی گیاهان بعنوان 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 پهنه‌بندی گیاهان دارویی خودرو نمود. این مهم می‌تواند هر ساله 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 سبزیگی‌ها 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 دیگری همچون: ۱- گون، ۲- شیرین بیان، ۳- خارشتر، ۴- انگبین و نمونه‌هایی از این دست پتانسیل بررسی و اجرای ایده‌ی بکارگرفته شده در این تحقیق را بمنظور پهنه‌بندی برخوردارند.

۲_۵ پیشنهادات

موارد دیگری که می‌تواند بعنوان محور تحقیقات آتی در این حوزه مطرح باشد شامل: ۱- بکارگیری تابع شایستگی تلفیقی در فرآیند بهینه‌سازی با این هدف که ویژگی‌های بهینه‌ی مربوط به همه سیگنال‌های هدف در قالب صرفاً یک بهینه‌سازی

برآورد شوند، ۲- طراحی و بکارگیری ایده‌های تلفیقی کارآمدتر که بتواند علاوه بر تنوع در ویژگی‌های طیفی-زمانی، تلفیق نتایج کسب شده از آشکارسازهای مختلف را شامل شود، ۳- بکار بستن روش‌های آشکارسازی نیازمند به رفتار طیفی-زمانی عناصر پس‌زمینه و بکارگیری روش‌های نظارت‌نشده بمنظور 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 بمنظور کاهش پیچیدگی‌های اجرایی اعم از فرآیند جستجو بمنظور یافتن باندها و ویژگی‌های بهینه، می‌باشند.

مراجع

- [١] H. Iain Davidson, "Ecological ethnobotany: stumbling toward new practices and paradigms," *MASA J*, vol. ١٦, pp. ١-١٣, ٢٠٠٠.
- [٢] 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. ٦, pp. ٦٣٥-٦٤٢, ٢٠١٥.
- [٣] R. Singh, "Medicinal plants: A review," *Journal of Plant Sciences*, vol. ٣, no. ١-١, pp. ٥٠-٥٥, ٢٠١٥.
- [٤] 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*, ٢٠١٥.
- [٥] 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. ٣١, no. ٤, pp. ٦٣٧-٦٥٠, ٢٠١٥.
- [٦] G. Khodahami and M. Rezai, "Medicinal plant zoning. *Teucrium polium* L in different habitats of Maharlo watershed Fars province," *Ecophytochemicals of medicinal plants*, vol. ٢, no. ٤, pp. ٢٧-٣٥, ٢٠١٤.
- [٧] 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*, ٢٠١٧.
- [٨] D. Manolakis and G. Shaw, "Detection algorithms for hyperspectral imaging applications," *IEEE signal processing magazine*, vol. ١٩, no. ١, pp. ٢٩-٤٣, ٢٠٠٢.
- [٩] 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. ١٠, no. ١٢, p. ٢٠٠٥, ٢٠١٨.
- [١٠] N. Lu, "Biases and Abrupt Shifts of Monthly Precipitable Water from Terra MODIS," *Atmosphere Remote Sensing*, vol. ١١, no. ١١, p. ١٣١٥, ٢٠١٩.
- [١١] 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. ١١, no. ٧, p. ٧٥٦, ٢٠١٩.
- [١٢] 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. ۱۱, no. ۹, p. ۲۰۱۹.

- [۱۳] C. Xu et al., "The ۲۰۱۸ Mw ۷.۵ Palu Earthquake: A Supershear Rupture Event Constrained by InSAR and Broadband Regional Seismograms," Applications of Sentinel Satellite for Geohazards Prevention, vol. ۱۱, no. ۱۱, p. ۱۳۳۰, ۲۰۱۹.
- [۱۴] R. Mania, T. R. Walter, M. Belousova, A. Belousov, and S. L. Senyukov, "Deformations and Morphology Changes Associated with the ۲۰۱۶-۲۰۱۷ Eruption Sequence at Bezymianny Volcano, Kamchatka," Satellite Remote Sensing for Water Resources in a Changing Climate, vol. ۱۱, no. ۱۱, p. ۱۲۷۸, ۲۰۱۹.
- [۱۵] B. H. P. Maathuis, "Remote Sensing Based Detection of Minefields," Geocarto International, vol. ۱۸, no. ۱, pp. ۵۱-۶۰, ۲۰۰۳.
- [۱۶] V. Markogianni, D. Kalivas, G. P. Petropoulos, and E. Dimitriou, "An Appraisal of the Potential of Landsat ۸ in Estimating Chlorophyll-a, Ammonium Concentrations and Other Water Quality Indicators," Satellite Remote Sensing for Water Resources in a Changing Climate, vol. ۱۰, no. ۷, p. ۱۰۱۸, ۲۰۱۸.
- [۱۷] ش. ا. ر. دانا, "تفرش ذخیره‌گاه گونه‌های مختلف گیاهان دارویی," ۱۳۹۶ ۱۳۹۶ [Online]. Available: www.dana.ir/news/۱۰۸۳۷۶۵.html.
- [۱۸] م. ع. اکبری, ر. جعفری, م. ر. وهابی, and ا. سعادت‌فر, "تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌گون زرد با استفاده از تلفیق GIS و سنجش از دور," (in fa), "سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی-۱۵", vol. ۱, no. ۲, pp. ۱۵-۳۰, ۱۳۹۰. [Online]. Available: <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/۷۹۱۹۱۷>.
- [۱۹] H. Bibak and F. Moghbeli, "Collection, Identification and Traditional Usage of Medicinal Plants in Jiroft County," jmpir, vol. ۴, no. ۶۴, pp. ۱۱۶-۱۴۰, ۲۰۱۷. [Online]. Available: <http://jmp.ir/article-۱-۱۹۱۴-fa.html>.
- [۲۰] m. r. forouzeh, G. Heshmati, and H. Barani, "Feasibility Study of Preparing Prediction Map of the Possibility of Presence of Some Important Range Species in Zagros Rangeland," (in eng), Plant Ecosystem Conservation, Research vol. ۵, no. ۱۰, pp. ۵۳-۷۴, ۲۰۱۷. [Online]. Available: <http://pec.gonbad.ac.ir/article-۱-۲۳۹-fa.html>.
- [۲۱] م. رحیم‌زادگان and م. پورغلام, "تعیین سطح زیر کشت گیاه زعفران با استفاده از تصاویر لندست (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه)," سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی, ۹۷-۱۱۵, vol. ۷, no. ۴, pp. ۹۷-۱۱۵, ۲۰۱۷. [Online]. Available: http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_۵۲۸۸۸۴_۸a۴b۳fc۱a۸۱۲۸۲e۵ed۵۴۰۸۷۵۸e۰b۸۴۶e.pdf.
- [۲۲] ج. فرزادمهر and ک. تباکی بجستانی, "تعیین قابلیت تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در تخمین سطح زیر کشت زعفران (نمونه موردی: شهرستان تربت حیدریه)," علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران, ۴۹-۶۰, ۲۰۱۸, vol. ۶, no. ۱, pp. ۴۹-۶۰, ۲۰۱۸. doi: ۱۰.۲۲۰۴۸/jsat.۲۰۱۷,۴۸۵۱۸,۱۱۹۴.

- [۲۳] S. A. Sayedain, M. J. Valadan Zoej, and Y. Maghsoudi, Exploration of oil seepages using target detection algorithms in hyperspectral images. ۲۰۱۳, pp. ۳۶۱-۳۶۳.
- [۲۴] M. Rahimzadegan and B. Sadeghi, Application of target detection algorithms to identification of iron oxides using ASTER images: a case study in the North of Semnan province, Iran. ۲۰۱۴.
- [۲۵] K. Sun, X. Geng, and L. Ji, "A New Sparsity-Based Band Selection Method for Target Detection of Hyperspectral Image," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. ۱۲, no. ۲, pp. ۳۲۹-۳۳۳, ۲۰۱۵, doi: ۱۰.۱۱۰۹/LGRS.۲۰۱۴.۲۳۳۷۹۵۷.
- [۲۶] L. Ji, X. Geng, V. Sun, Y. Zhao, and P. Gong, Target detection method for water mapping using landsat ۸ OLI/TIRS Imagery. ۲۰۱۵, pp. ۷۹۴-۸۱۷.
- [۲۷] 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-۲ MSI imagery. ۲۰۱۸, pp. ۲۵۹-۲۷۰.
- [۲۸] M. Imani, Difference-Based Target Detection Using Mahalanobis Distance and Spectral Angle. ۲۰۱۹, pp. ۸۱۱-۸۳۱.
- [۲۹] A. Camacho, C. Vargas-Garcia, and H. Arguello, A comparative study of target detection algorithms in hyperspectral imagery applied to agricultural crops in Colombia. ۲۰۱۶, p. ۸۶.
- [۳۰] X. Geng, L. Ji, and Y. Zhao, Filter tensor analysis: A tool for multi-temporal remote sensing target detection. ۲۰۱۹, pp. ۲۹۰-۳۰۱.
- [۳۱] H. Gholizadeh, M. J. Valadan Zoej, and B. Mojaradi, Impact of informative band selection on target detection performance. ۲۰۱۱, p. ۳۱.
- [۳۲] C. Lin, S.-Y. Chen, C.-C. Chen, and C.-H. Tai, "Detecting newly grown tree leaves from unmanned-aerial-vehicle images using hyperspectral target detection techniques," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. ۱۴۲, pp. ۱۷۴-۱۸۹, ۲۰۱۸/۰۸/۰۱/ ۲۰۱۸, doi: <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.isprsjprs.۲۰۱۸.۰۵.۰۲۲>.
- [۳۳] م. ع. فتاح, "راهکارهای توسعه کشت گیاهان دارویی در استان همدان" کارشناسی ارشد, مهندسی کشاورزی موسسه آموزش عالی عمران و توسعه, ۱۳۹۴.
- [۳۴] R. Omidbaigi, Production and processing of medicinal plants. Mashhad: Astan Qods Razavi (in persian), ۲۰۰۹.
- [۳۵] ت. مهدی and خ. نیلوفر ایمان, "ارزیابی تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر صادرات گیاهان دارویی ایران, (in Fa)", پژوهشگر, vol. ۱۳۸۴, no. ۵, ۱۳۸۴. [Online]. Available: <http://ensani.ir/fa/article/۳۶۶۶۸>.
- [۳۶] Z. Sayadi and Thesis, "The evaluation of topography and soil characteristics on quantitative and qualitative traits (case study: Rahmat abad Abyek resrve, Ghazvin)," ۲۰۱۲.
- [۳۷] ی. رستمی کیا and ع. ا. ایمانی, "فنولوژی بنه (*Pistacia atlantica* Desf subsp. *mutica* (F. & M.)

- Rech در جنگل های خلخال, "تحقیقات جنگل و صنوبر ایران, vol. ۱۷, no. ۳, pp. ۳۵۸-۳۴۸, ۲۰۰۹. [Online]. Available: http://ijfpr.areeo.ac.ir/article_۱۰۷۸۱۶_d۴۳۵d۵۳۶۲۷۱b۹۹۶۵۸۳b۱۹aab۷de۱e۲۵df.pdf.
- [۳۸] B. Chen, Z. Chen, L. Deng, Y. Duan, and J. Zhou, "Building change detection with RGB-D map generated from UAV images," *Neurocomputing*, vol. ۲۰۸, pp. ۳۵۰-۳۶۴, ۲۰۱۶/۱۰/۰۵/ ۲۰۱۶, doi: <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.neucom.۲۰۱۵.۱۱.۱۱۸>.
- [۳۹] C. Dong, M. Naghedolfeizi, D. Aberra, and X. Zeng, "Spectral-Spatial Discriminant Feature Learning for Hyperspectral Image Classification," *Remote Sensing*, vol. ۱۱, no. ۱۳, ۲۰۱۹, doi: ۱۰.۳۳۹۰/rs۱۱۱۳۱۵۵۲.
- [۴۰] C. Pang and G. Shan, "Risk-based sensor scheduling for target detection," *Computers & Electrical Engineering*, vol. ۷۷, pp. ۱۷۹-۱۹۰, ۲۰۱۹/۰۷/۰۱/ ۲۰۱۹, doi: <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.compeleceng.۲۰۱۹.۰۵.۰۱۴>.
- [۴۱] Y. Shao, J. Lan, Y. Zhang, and J. Zou, "Spectral Unmixing of Hyperspectral Remote Sensing Imagery via Preserving the Intrinsic Structure Invariant," *Sensors*, vol. ۱۸, no. ۱۰, ۲۰۱۸, doi: ۱۰.۳۳۹۰/s۱۸۱۰۳۵۲۸.
- [۴۲] D. Akbari, Thesis : The Evaluation of Target Detection Methods in Hyperspectral Images ۲۰۰۸.
- [۴۳] R. Li and S. Latifi, "Improving hyperspectral subpixel target detection using hybrid detection space," *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. ۱۲, no. ۱, pp. ۱-۲۲, ۲۲, ۲۰۱۸. [Online]. Available: <https://doi.org/۱۰.۱۱۱۷/۱.JRS.۱۲.۰۱۵.۲۲>.
- [۴۴] N. M. Nasrabadi, "Hyperspectral Target Detection : An Overview of Current and Future Challenges," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. ۳۱, no. ۱, pp. ۳۴-۴۴, ۲۰۱۴, doi: ۱۰.۱۱۰۹/MSP.۲۰۱۳.۲۲۷۸۹۹۲.
- [۴۵] A. Bitar, J.-P. Ovarlez, and L.-F. Cheong, "Exploitation of Sparsity for Hyperspectral Target Detection," ۲۰۱۸.
- [۴۶] C.-I. Chang, *Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification*, (Vol. ۱). Springer Science & Business Media, ۲۰۰۳.
- [۴۷] O. L. Frost, "An algorithm for linearly constrained adaptive array processing," *Proceedings of the IEEE*, vol. ۶۰, no. ۸, pp. ۹۲۶-۹۳۵, ۱۹۷۲, doi: ۱۰.۱۱۰۹/PROC.۱۹۷۲.۸۱۱۷.
- [۴۸] L. Gao, B. Yang, Q. Du, and B. Zhang, "Adjusted Spectral Matched Filter for Target Detection in Hyperspectral Imagery," *remote sensing*, vol. ۷, pp. ۶۶۱۱-۶۶۳۴, ۲۰۱۵.
- [۴۹] د. ف. م. بیات, الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری (همراه با کاربردهایی در مهندسی برق). انتشارات جهاد دانشگاهی, ۱۳۹۳.
- [۵۰] F. Gascon et al., *Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status*. ۲۰۱۶.
- [۵۱] H. Ezatabadipur, "Introducing Satellite Sentinel-2 Images," in *The 3rd International Conference*

on Innovations in Civil Engineering, Architecture and Urbanism, Tehran, ۲۰۱۶.

- [۵۲] F. Gascon, C. Bouzinac, O. Thépaut, and a. E. al., "Copernicus Sentinel-۲A Calibration and Products Validation Status," *Remote Sensing*, ۲۰۱۷.
- [۵۳] ا. فتوحی, "پایش خشکسالی با استفاده همزمان از تصاویر نوری و راداری," کارشناسی ارشد, دانشکده مهندسی عمران و نقشه برداری, دانشگاه تفرش, ۱۳۹۴.
- [۵۴] B. P. Salmon, W. Kleynhans, F. v. d. Bergh, J. C. Olivier, T. L. Grobler, and K. J. Wessels, "Land Cover Change Detection Using the Internal Covariance Matrix of the Extended Kalman Filter Over Multiple Spectral Bands," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. ۶, no. ۳, pp. ۱۰۷۹-۱۰۸۵, ۲۰۱۳, doi: ۱۰.۱۱۰۹/JSTARS.۲۰۱۳.۲۳۴۱۰۲۳.
- [۵۵] J. Qi, A. Chehbouni, A. R. Huete, Y. H. Kerr, and S. Sorooshian, "A modified soil adjusted vegetation index," *Remote Sensing of Environment*, vol. ۴۸, no. ۲, pp. ۱۱۹-۱۲۶, ۱۹۹۴/۰۵/۰۱/۱۹۹۴, doi: [https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/۰۰۳۴-۴۲۵۷\(۹۴\)۹۰۱۳۴-۱](https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/۰۰۳۴-۴۲۵۷(۹۴)۹۰۱۳۴-۱).
- [۵۶] A. J. Richardson and C. Wiegand, "Distinguishing vegetation from soil background information," *Photogrammetric engineering and remote sensing*, vol. ۴۳, no. ۱۲, pp. ۱۵۴۱-۱۵۵۲, ۱۹۷۷.
- [۵۷] T. A. H. Naji, "Study of vegetation cover distribution using DVI, PVI, WDVI indices with ۲D-space plot," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. ۱۰۰۳, p. ۰۱۲۰۸۳, ۲۰۱۸/۰۵ ۲۰۱۸, doi: ۱۰.۱۰۸۸/۱۷۴۲-۶۵۹۶/۱۰۰۳/۱/۰۱۲۰۸۳.
- [۵۸] A. Gitelson, R. Stark, U. Grits, D. Rundquist, Y. Kaufman, and D. Derry, "Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction." ۲۰۰۲, pp. ۲۵۳۷-۲۵۶۲.
- [۵۹] R. E. Crippen, "Calculating the vegetation index faster," *Remote sensing of Environment*, vol. ۳۴, no. ۱, pp. ۷۱-۷۳, ۱۹۹۰.
- [۶۰] R. Escadafal, "Remote sensing of arid soil surface color with Landsat thematic mapper," *Advances in space research*, vol. ۹, no. ۱, pp. ۱۵۹-۱۶۳, ۱۹۸۹.
- [۶۱] P. Schneider, D. A. Roberts, and P. C. Kyriakidis, "A VARI-based relative greenness from MODIS data for computing the Fire Potential Index," *Remote Sensing of Environment*, vol. ۱۱۲, no. ۳, pp. ۱۱۵۱-۱۱۶۷, ۲۰۰۸/۰۳/۱۸ ۲۰۰۸, doi: <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.rse.۲۰۰۷.۰۷.۰۱۰>.
- [۶۲] M. Pal and G. M. Foody, "Feature Selection for Classification of Hyperspectral Data by SVM," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, pp. ۲۲۹۷-۲۳۰۷, ۲۰۱۰.
- [۶۳] J. R. Jensen, *Remote Sensing of the Environment : An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River, NJ, United Pearson Education (US), ۲۰۰۶.
- [۶۴] 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.

۱۰, no. ۳, p. ۲۴, ۲۰۱۸.

- [۶۵] 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. ۱۲-۱۹, ۲۰۱۶.
- [۶۶] 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. ۲۴, pp. ۱۳۵-۱۵۲, ۲۰۱۶.
- [۶۷] 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. ۳, ۲۰۱۵.
- [۶۸] A. Salinmi, M. Ziyai, A. Amiri, and 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*, vol. ۱۰, pp. ۷۷-۹۳, ۲۰۱۸.
- [۶۹] 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. ۳, pp. ۲۰۳-۲۱۵, ۲۰۱۶.
- [۷۰] M. Melanie, *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge: MIT Press, ۱۹۹۶.

Abstract

Today, medicinal plants have a special place in the economy and health of the community, and as a result of natural growth, a large part of these products seems to be necessary for mapping them with the aim of making more and better use of them. Traditional solutions that have been used for this purpose are not efficient because of the speed and accuracy of the process, and the need for a new method is felt. Remote sensing data has many applications in different fields due to the spectral, spatial and temporal data of earth-surface phenomena. One of the uses of remote sensing technology is the detection of targets. In this paper, target detection methods including Constrained Energy Minimization (CEM), Adaptive Coherence Estimator (ACE), Matched Filter (MF) and Adjusted Spectral Matched Filter (ASMF), were used to detect *Amygdalus Scoparia* and *Pistacia Terebinthus* in the time-series obtained from Sentinel-2 Satellite images. This city is located in the central province and with favorable geographical conditions, is a good habitat for many herbs such as *Amygdalus Scoparia* and *Pistacia Terebinthus*. *Amygdalus Scoparia* and *Pistacia Terebinthus* are widely used in the preparation of cosmetics and food industries. The economic and environmental value, distinct phenology, crop density and magnitude of these two medicinal plants compared to other plants in the region and their greater consistency with the potential of the data used are the reasons for their selection in this study. In this process, the first time, logical

initial filtering of adverse effects (unlikely plant growth areas) was removed from the time-series of the images. Then, with the help of Meta-heuristic, the optimal features of the time-series were identified to reduce the dimension and increase the detection accuracy. Due to the presence of several training samples with different target share in the study area, the final detection map is generated by weighting the results obtained from each training sample. The generalizability of the proposed solution was evaluated using the selected optimal features elsewhere and with the help of the ground truth map. Subsequently, with the help of the target detection methods, a map of the *Amygdalus Scoparia* and *Pistacia Terebinthus* plants was prepared. The generalization of the proposed strategy, as well as selected features in another area, was assessed by Ground truth map. The ROC (Receiver Operating Characteristics) curve and its Area Under the Curve (AUC) are used to evaluate the results. In the optimization stage for the feature selection, the area under the curve index for all detection methods used in relation to *Amygdalus Scoparia* was more than 0.99 and *Pistacia Terebinthus* more than 0.82. The best results obtained in the *Amygdalus Scoparia* detection process were assigned to the CEM detector which achieved the accuracy of 0.993 and 0.846 in the optimization and independent evaluation, respectively. Also, the best results obtained in the *Pistacia Terebinthus* detection process, in the optimization stage for MF method with accuracy of 0.942 and in the independent evaluation stage with 0.998 accuracy with ASMF method. The results of this study show the efficacy of Sentinel-2 satellite imagery in target detection and efficiency in detecting targets such as medicinal plants.

Keywords: Remote Sensing, Target Detection, Time Series, Sentinel-2, Medicinal plants, Constrained Energy Minimization (CEM), ACE, MF, ASMF, Data reduction, Band selection, Tafresh,



Ministry of Science, Research and Technology

Tafresh University

Geomatic Department

MSc Thesis

Title

**The zoning of medical plants of the Tafresh city using
remote sensing technology and Sentinel-۲ satellite
images**

Supervisor

Dr. Marziyeh Jafari

Dr. Alireza Safdarinezhad

By

Iman Shakeri

۲۰۱۹

