

ارزیابی و مقایسه عملکرد روش‌های آشکارسازی در شناسایی پهنه‌های فرسایش بادی با استفاده از تصاویر لندست ۸، (مرکز و شمال غرب استان خوزستان)

علی‌اکبر نوروزی^{۱*}

^۱ پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

آشکارسازی موفق هدف، به خصوص در صورت وجود تشابه طیفی بین هدف و ناحیه‌ی پس‌زمینه‌ی هدف، همواره از مسائل قابل توجه در مطالعات سنجش از دور است. از طرفی تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌های فرسایش بادی هم به دلیل رفتار طیفی مشابه با دیگر پدیده‌ها و هم نحوه‌ی پراکنش مکانی این واحدها در سطح زمین، امری دشوار است؛ از این رو مطالعه‌ی حاضر تلاش می‌کند با استفاده از روش‌های آشکارسازی، به استخراج مطلوب این پهنه‌ها از تصاویر ماهواره‌ای بپردازد. تصاویر ابر طیفی می‌توانند قابلیت خوبی در این امر داشته باشند، ولی دسترسی آسان و به‌موقع در زمان‌های منطبق با مطالعات میدانی سخت خواهد بود. لذا در این پژوهش از آخرین نسل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) با توجه به دسترسی آسان مربوط به فوریه ۲۰۱۵، در مطالعه‌ی منطقه‌ی شمال غرب استان خوزستان استفاده شد. برای این منظور از روش‌های فیلتر تطبیق یافته (MF)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، روش برآورد کننده سازگار یافته تطبیقی (ACE) و روش نقشه‌برداری زاویه‌ای طیفی (SAM) استفاده شد. برای ارزیابی دقت نقشه‌ی تهیه شده، از نمونه‌های حاصل از برداشت‌های زمینی استفاده گردید. نتایج نشان داد روش MF با دقت کلی ۸۱ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۱، در شناسایی مناطق هدف بیشترین دقت را نسبت به سه روش دیگر دارد. پس از روش MF، روش ACE با دقت کلی ۷۳ درصد عملکرد مناسبی را نشان داد. روش‌های SVM و SAM به ترتیب با دقت کلی ۶۰ و ۴۸ درصد، نسبت به سایر روش‌ها عملکرد ضعیف‌تری را نشان دادند. نمودار ROC نیز این نتایج را تأیید می‌کند. به نظر می‌رسد روش MF در زمینه‌ی تمایز پدیده‌های با رفتار طیفی نزدیک به هم، کارایی بالاتری دارد و نسبت به روش‌هایی چون SVM، کمتر تحت تأثیر تداخلات کاذب ناشی از ابر داده‌ها قرار می‌گیرد و می‌تواند برای تهیه‌ی تفکیک پدیده‌هایی چون پهنه‌های فرسایش بادی مناسب باشد.

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۴/۹/۳

اصلاح: -

پذیرش: ۹۵/۷/۲

واژگان کلیدی:

انتخاب باند،

آشکارسازی هدف،

فرسایش بادی،

لندست ۸.

۱- مقدمه

فرسایش بادی از مهم‌ترین فرآیندهای بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۵). اینک به علت تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های متوالی، معضل افزایش فرسایش‌های بادی و اثرات آن به بحران منطقه‌ای و جهانی تبدیل شده‌است. گرد و غبار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پیامدهای فرسایش بادی در سطح

جهان و ایران، همواره مشکل ساز بوده است. در داخل ایران به ویژه منطقه‌ی غرب و جنوب غرب، به طور متناوب با پدیده‌ی گرد و غبار و مشکلات آن مواجه است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰).

دستیابی به اطلاعات در کوتاه‌ترین زمان و کمترین هزینه، از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های اتوماتیک کم‌هزینه و سریع مانند فناوری سنجنش از دور، به علت توانایی در ارائه‌ی تکنیک‌های متنوع و کارآمد همواره از سوی متخصصین علوم محیطی قابل توجه بوده است. با توجه به آنکه شناسایی مناطق مستعد فرسایش بادی و بررسی اثرات آن با استفاده از روش‌های صحرایی، کاری بسیار دشوار، زمان‌بر و پرهزینه است؛ استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجنش از دور می‌تواند در این زمینه بسیار کارآمد باشد. آشکارسازی هدف بر اساس ویژگی‌های طیفی پدیده‌های مختلف، از موضوعات اساسی مورد مطالعه در سنجنش از دور به شمار می‌رود. یک مانع اصلی برای آشکارسازی موفق هدف ناحیه، پس‌زمینه‌ی هدف به عنوان یک عامل مداخله‌کننده است (Manolakis et al, 2003). سطوح طبیعی اغلب از یک ماده‌ی یکنواخت تشکیل نشده‌اند. اختلاط زمینی در میدان دید لحظه‌ای زمینی پیکسل‌های تصویر، بر روی نشانه‌های طیفی مواد تأثیر می‌گذارد (Boardman, 1995) و شناسایی هدف را مشکل می‌سازد. روش‌های رایج طبقه‌بندی تصویر، در پی یافتن پیکسل‌های خالص هستند و اساساً به اطلاعات موجود در سطح زیر پیکسل نمی‌پردازند. روش‌های آشکارسازی اهداف مبتنی بر شیوه‌های جداسازی، علاوه بر برآورد مقدار هدف در سطح زیر پیکسل، امکان کاهش اثر پس‌زمینه را فراهم می‌کنند. فیلتر تطبیق یافته و ارزیاب همبستگی تطبیقی، دو الگوریتم تشخیص براساس آزمون فرضیه هستند. این دو روش ابتدا تشخیص هدف را به عنوان آزمون فرضیه‌ی باینری فرموله، سپس برای تحقق آشکارسازها، از آزمون نسبت درست-نمایی و آزمون نسبت درست‌نمایی تعمیم استفاده می‌کنند و در آن طیف هدف و ماتریس، کوواریانس پس‌زمینه‌ی شناخته‌شده فرض می‌شود.

در سال‌های اخیر، مطالعات بسیاری در زمینه‌ی انواع روش‌های آشکارسازی هدف انجام شده است و بدین منظور الگوریتم‌های متفاوتی با تئوری‌ها و فرضیات متعدد و تمرکز بر متغیرهای متفاوت (سنجنده، مکان، هدف و پس‌زمینه) توسعه داده شده و آزمون شده‌اند (Adam, 2005). آدام و همکاران (۲۰۰۵) عملکرد سه روش ACE^1 ، CEM^2 و SAM^3 را در آشکارسازی هدف در زمینه‌ی تغییر ارتفاع مطالعه کردند. نتایج این مطالعه، بهبود عملکرد الگوریتم آشکارساز را با افزایش ارتفاع تصویر و کاهش اطلاعات مکانی نشان می‌دهد و روش ACE در تمام موارد آزمون، عملکرد بهتری نسبت به دو روش ACE و SAM دارد (Kolodner, 2007). در مطالعه‌ی وابسته به آزمایشگاه، جان هاپکینگز توانایی روش MF^4 را در آشکارسازی اهداف با پوشش غالب (RT^5) و اهداف زیرپیکسل (SPT^6) را آزمود و با تأکید بر قدرت این روش، از آن در ساختار یک روش اتوماتیک آشکارساز هدف تصاویر ابر طیفی بهره گرفت (Akhter et al, 2013). آنها به مقایسه‌ی دو روش آشکارساز MF و OSP^7 پرداختند و با تأکید بر

¹ Adaptive Coherence Estimator

² Classification-Expectation-Maximization

³ Spectral Angle Mapper Classification

⁴ Matched Filter

⁵ Resolved Target

⁶ Sub Pixel Target

⁷ Orthogonal subspace projection

توانایی بیشتر روش MF و بر مبنای آن، روش GMF^۱ را به منظور کاهش بیشتر اثر پس‌زمینه در موارد حضور مکرر هدف در تصویر معرفی نمودند. یانگ و همکاران (۲۰۱۴) با تأکید بر قدرت دو روش CEM و ACE، به بهبود آشکارسازی هدف بر مبنای این دو روش و معرفی دو روش Adaptive MF و Adaptive ACE پرداختند. گائو^۲ (۲۰۱۵)، در سال ۲۰۱۵ الگوریتم بهبود یافته^۳ ASMF را بر مبنای روش MF ارائه کرد. در داخل کشور نیز با استفاده از روش‌های آشکارسازی هدف، مطالعاتی با اهداف مختلف انجام شده‌است. بلواسی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی نواحی دارای مس منطقه‌ی قزل داش با استفاده از تصاویر هایپریون، نتیجه گرفتند که می‌توان از این تصاویر و الگوریتم SAM در شناسایی نواحی دارای فلز مس استفاده کرد. شریفی‌هشجین و همکاران (۱۳۹۵) با ارائه‌ی روشی برای آشکارسازی اهداف زیرپیکسلی در تصاویر ابرطیفی بر مبنای انتخاب باندهای مناسب با حذف باندهای بد، براساس مقایسه‌ی طیف‌های آزمایشگاهی و میدانی اهداف بیان کردند که این روش نتایج دو روش متداول آشکارسازی MF و ACE را بهبود می‌بخشد. همچنین در این زمینه می‌توان به تحقیقات اکبری و همکاران، ۱۳۸۷؛ ارغوانیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهرام‌بیگی و همکاران، ۱۳۹۱؛ سیدین و همکاران، ۱۳۹۳ و دهنوی و همکاران، ۱۳۹۴ اشاره کرد. در زمینه‌ی مطالعه‌ی پهنه‌های فرسایش بادی با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی نیز تاکنون مطالعات بسیاری از جمله مطالعات پیس^۴ (۱۹۹۹)، شین^۵ و همکاران (۲۰۰۵)، هرمس^۶ و همکاران (۲۰۱۲)، وستراتن و محمد^۷ (۲۰۱۲) و آل‌مازراهی^۸ و همکاران (۲۰۱۳) صورت گرفته‌است.

وستراتن و محمد (۲۰۱۲)، به بررسی دینامیک پهنه‌های فرسایشی با استفاده از داده‌های سری زمانی TM پرداختند. هرمس و همکاران (۲۰۱۲) با بهره‌گیری از داده‌های SPOT4، تغییرات پهنه‌های متأثر از فرسایش بادی در سطح زیر پیکسل را مطالعه کردند. در این پژوهش برای آشکارسازی هدف پهنه‌های فرسایش بادی در غرب خوزستان، روش‌های ACE، SVM، MF و SAM با استفاده از داده‌های غیرتجاری سنجنده‌ی Landsat آزمون می‌شوند.

استان خوزستان به سبب موقعیت جغرافیای و قرارگیری در مجاورت کشورهای همسایه‌ی غربی ایران، همواره با تهدیدهای انسانی و طبیعی رو به رو بوده و پدیده‌ی فرسایش بادی هر ساله خسارات قابل توجهی به تأسیسات آن وارد نموده‌است. با توجه به پیامدهای متعدد این پدیده در مقیاس‌های مکانی کوچک و بزرگ، شناسایی مناطق مستعد فرسایش به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر در مقابله با این پدیده و کاهش هزینه‌های آن، از ضرورت قابل توجهی برخوردار است. همچنین بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای غیر تجاری در قالب روشی مناسب و کارآمد، با توجه به هزینه‌ی بالا و محدودیت‌های موجود در امر دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای در داخل کشور می‌تواند حائز اهمیت باشد.

¹ Gaussian matched filter

² Gao

³ Adaptive Switched Median Filter

⁴ Pease

⁵ Qin

⁶ Hermas

⁷ Verstraeten and Mohamed

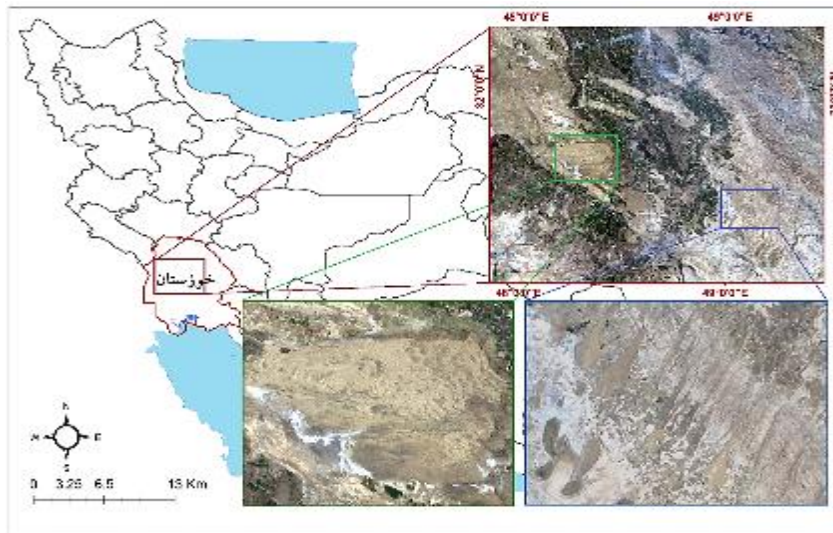
⁸ Al Masrahy

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، در بخش مرکزی و شمال غربی استان خوزستان بین طول جغرافیایی ۰۲ ۳۵ ۴۷ تا ۳۰ ۲۸ ۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ۰۴ ۹۰ ۳۱ تا ۵۹ ۱۶ ۳۲ شمالی واقع شده و مساحتی در حدود ۲۱،۶۹۳ کیلومتر مربع را در بر گرفته است (شکل ۱).

شکل ۱: منطقه‌ی مطالعاتی



منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر حساسیت سازندها به فرسایش، در دو کلاس مقاومتی متوسط تا ضعیف و ضعیف قرار می‌گیرد. ۲۲۱ نمونه به صورت تصادفی به فواصل ۵ کیلومتر از تپه‌های ماسه‌ای جمع‌آوری شد. این نمونه‌ها تقریباً دارای ۹۵ درصد ماسه و ۵ درصد رس و سیلت بودند؛ بنابراین این امر نشان می‌داد که فرسایش بادی طولانی‌مدت، باعث افزایش ماسه و کاهش سیلت و رس در منطقه شده و بافت رسوبی غالب آن منطقه ماسه یا Sand است. رنگ اغلب رسوبات تپه‌های ماسه‌ای منطقه‌ی خوزستان در حالت خشک، قهوه‌ای تا قهوه‌ای مایل به زرد و در حالت مرطوب، قهوه‌ای تیره تا قهوه‌ای مایل به زرد تیره است. این امر به دلیل وجود مواد کربن دار آلی و محیط قلیایی حاکم، همچنین وجود رسوبات دانه‌درشت و ماسه‌ای است که موجب می‌شود رنگ زرد در رسوبات منطقه بروز یابد. اغلب رسوبات، دارای وزن مخصوص حقیقی بین ۲/۶۱ تا ۲/۶۷ گرم بر سانتیمتر مکعب است. اکثر رسوبات نیز دارای وزن مخصوص ۲/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و وزن مخصوص ظاهری بین ۱/۶۲ تا ۲/۰۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. درصد کربن آلی یا TOC، بین ۰/۵۶۹ تا ۰/۰۰۹ درصد است و نقاطی که بیشترین مقدار کربن آلی را دارند، مربوط به نمونه‌های نمونه‌برداری شده از تلماسه‌های تثبیت‌شده و دارای پوشش گیاهی هستند. مقدار EC یا شوری در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای، بین ۹۴/۵ تا ۰/۲ mc است. PH یا اسیدیته رسوبات تپه‌های ماسه‌ای خوزستان، بین ۸/۵۸ تا ۷/۴۶ است که نشان‌دهنده‌ی محیط قلیایی است و به دلیل گسترش شرایط خشک و نیمه بیابانی، پوشش گیاهی چندانی در آن وجود ندارد تا تجزیه‌ی مواد آلی آنها نقشی در تغییر PH به ازای عمق، ایفا نماید. با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده، درجه حرارت رسوبات منطقه‌ی مورد مطالعه بین ۱۵ تا بیش از ۲۲ درجه است که بیانگر رژیم

حرارتی Hyper thermic و Thermic است (ایرمانش، ۱۳۹۴). این میزان حرارت می تواند به گسترش شرایط خشک و نیمه خشک و تا حدی بیابانی کمک کند. این امر نکته ای است که به افزایش فرسایش بادی در منطقه نیز دامن می زند.

هدف پژوهش پیش رو، ارزیابی عملکرد روش آشکار ساز هدف MF در مقایسه با روش های SAM، ACE و SVM در شناسایی پهنه های فرسایش بادی است. برای این منظور از داده های سنجنده Landsat 8 OLI مربوط به ماه فوریه ۲۰۱۵ استفاده شد.

۲-۲- روش

پیش پردازش داده

پیش پردازش داده ها شامل دو مرحله ی کلی تصحیحات رادیومتریکی و تصحیحات هندسی است که برای تصحیحات هندسی براساس نقشه ی توپوگرافی موجود، از تعدادی نقطه با پراکندگی مناسب در سطح تصویر و نقشه استفاده شد. در ادامه تصحیحات رادیومتریک تبدیل DN به TOA رادیانس، براساس روابط زیر روی تصویر موردنظر پیاده سازی شد:

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho \quad (1)$$

در رابطه ی فوق، $\rho\lambda'$ معرف TOA رفلکتانس، Q_{cal} معرف ارزش پیکسل (DN) کالیبره شده ی تدریجی، $M\rho$ فاکتور تغییر مقیاس ضرب شونده مختص هر باند و $A\rho$ بیانگر فاکتور تغییر مقیاس جمع شونده مختص هر باند است. سپس تصحیح اثر زاویه ی خورشیدی اعمال شد:

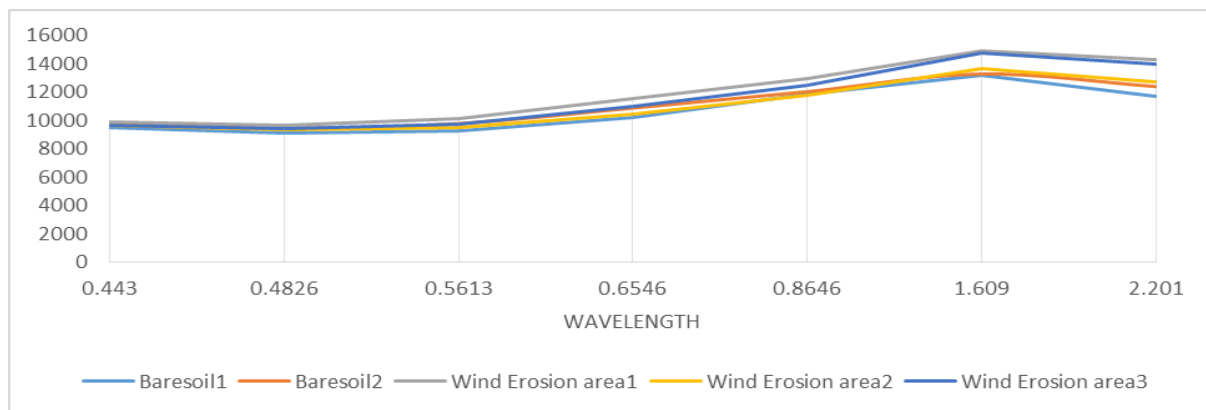
$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta SE)} \quad (2)$$

که $\rho\lambda$ معرف TOA رفلکتانس تصحیح شده و θSE زاویه ارتفاع خورشیدی محلی است (Usgs, 2013). سپس منطقه ی مورد مطالعه از تصویر OLI برش داده شد تا برای شروع مطالعه آماده شود.

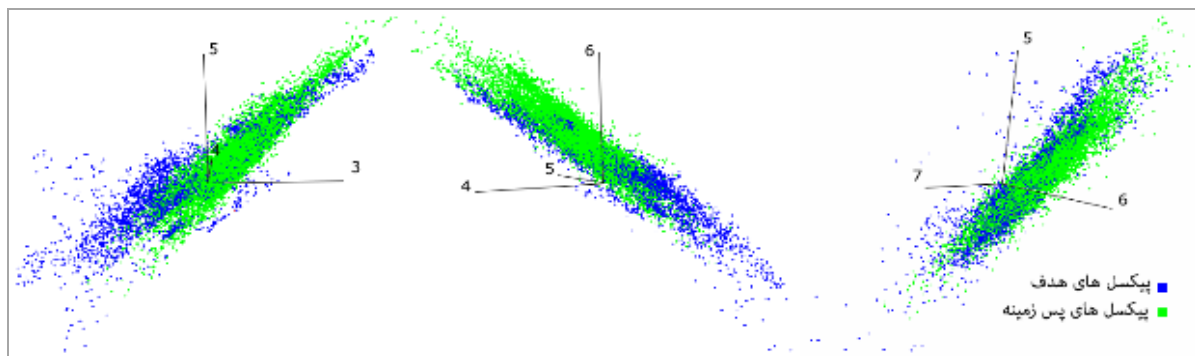
تهیه ی نمونه های تعلیمی

در روش های نظارت شده، پیکسل هایی که به عنوان نمونه های تعلیمی معرفی می شوند، بر نحوه ی عملکرد مدل تأثیر بسیاری می گذارند (Foody et al, 1995) و در رسیدن به دقت بهتر، این عامل می تواند حتی از انتخاب الگوریتم آشکار سازی نیز مهم تر باشد. در این مطالعه از روش ESR که در آن از درصد ثابتی از پیکسل ها در اندازه های ۱۰٪، ۲۰٪، ... ۱۰۰٪ از کل پیکسل های هر کلاس، به صورت تصادفی انتخاب می شود (Paola and Schowengerdt, 1995)، در پهنه های هموژن هدف و غیر هدف استفاده شد. همان گونه که در شکل (۲) مشاهده می شود، براساس مقادیر ثبت شده از نمونه های هدف و غیر هدف در باندهای سنجنده دارای رفتار طیفی مشابهی هستند. شکل (۳) نیز تداخل ابر داده های پیکسل های هدف و غیر هدف را در فضاهای طیفی گوناگون نشان می دهد که بیانگر دشواری تفکیک هدف از ناحیه ی پس زمینه است.

شکل ۲: نمودار طیفی نمونه‌های هدف و غیر هدف



شکل ۳: تداخل ابر داده‌های پیکسل‌های هدف و پس‌زمینه در نواحی طیفی مرئی و مادون قرمز (اعداد نماینده باند‌های سنسور هستند)



روش نقشه‌بردار زاویه‌ای طیفی (SAM)

SAM یک الگوریتم تجزیه و تحلیل طیفی سریع و کارآمد، برای محاسبه شباهت بین طیف پیکسل و طیف‌های مرجع است (Chang et al, 2007). در فضای N بعدی چند/فرا طیفی بردار پیکسل، x دارای دو مقدار طول و زاویه است که با توجه به محورهای سیستم مختصات فضا اندازه‌گیری می‌شود. در روش (SAM) برای شناسایی طیف پیکسل، فقط از اطلاعات زاویه‌ای استفاده می‌شود. طیف‌ها را می‌توان از یکدیگر متمایز کرد در صورتی که زاویه‌ی بین آنها به اندازه‌ی کافی متفاوت باشد. با استفاده از این مفهوم، مرزهای تصمیم‌گیری زاویه‌ای تعریف می‌شوند (از داده‌های کتابخانه‌ای یا داده‌های آموزشی). توابع این روش، عملکرد خوبی در برابر نویز دارند. ریچاردز، این روش زاویه α بین طیف مبنا (r)، و بردار محاسبه‌ی پیکسل هدف (t) را در فضای n بعدی مقایسه کرده و براساس حد آستانه‌ی مشخص‌شده، آن را به کلاس طیفی مبنا که حاصل زاویه‌ی کوچک‌تر است، اختصاص می‌دهد (Jensen, 2005).

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\left[\sum_{i=1}^n t_i^2 \right]^{1/2} \left[\sum_{i=1}^n r_i^2 \right]^{1/2}} \right] \quad (3)$$

یکی از مزایای استفاده از SAM، این است که به نرمال شدن اختلافات روشنایی ناشی از اثرات توپوگرافی منجر می‌شود (Pouch and Campagna, 1990).

روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)¹

ماشین بردار پشتیبان یا SVM، در واقع یک طبقه‌بندی کننده‌ی دودویی است که دو کلاس را با استفاده از یک مرز خطی از هم جدا می‌کند و وابسته به خانواده‌ی کلاس‌بندی‌های خطی تعمیم‌یافته است (Srivastava et al, 2009). SVM یک روش سلسله‌مراتبی است که به پیکسل‌های مجاور hyperplane جداکننده بستگی دارد و در نهایت، به قرارگیری در موقعیتی نسبت به hyperplane منجر می‌شود که برای نمونه‌های تعلیمی در بهینه‌ترین محل باشد (Richards, 1999).

Kernel های مختلفی برای کلاس‌بندی به روش SVM وجود دارد. در صورتی که ابر داده‌ها دارای تداخل زیادی باشند، می‌توان از کرنل‌های Polynomial با درجات چندجمله‌ای و گامای متفاوت یا از کرنل RBF² استفاده کرد. در این مطالعه از کرنل BRF استفاده شد:

$$RBFK(x_i, x_j) = \exp(-g \|x_i - x_j\|^2), g > 0 \quad (4)$$

g بیانگر گاما و X_i و X_j نشان‌دهنده‌ی بردار مؤلفه‌ی i ام و j ام است.

ACE³

این آشکارساز از یک تابع توزیع به منظور 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 $\sigma^2 \Sigma$ در نظر گرفته می‌شود که مقدار Σ معادل ضریب مقیاس واریانس است. برای توسعه‌ی چنین الگوریتمی، ابتدا به تعریف مجموعه‌ای از فرض‌های آماری نیاز است که این فرض‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$H_1: x \sim N(a_s, \sigma^2 \Sigma) \quad (5)$$

در رابطه‌ی فوق، x پیکسل مورد بررسی بوده و a_s نیز بردار فراوانی مربوط به هدف است (رابطه‌ی ۵-۲). برخلاف چنین فرض‌های ساده‌ای، این آشکارساز یکی از قدرتمندترین آشکارسازهای موجود می‌باشد (چو و کیم، ۱۹۹۵). آشکارساز ACE را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد (رابطه‌ی ۶):

$$T_{ACE} = \frac{(d^T \Sigma^{-1} x)^2}{(d^T \Sigma^{-1} d)(x^T \Sigma^{-1} x)} \quad (6)$$

در رابطه‌ی فوق، d معرف طیف هدف، x معرف طیف مورد بررسی، μ بردار میانگین ناشی از باندهای تصویری و Σ نیز بیانگر ماتریس کوواریانس پس‌زمینه است (Manolakis, 2002).

¹ Support Vector Machine

² Radial Basis Function

³ Adaptive Coherence Estimator

روش Matched Filter

فیلتر سازگار شده‌ی (MF) به‌عنوان یک روش استاندارد، به‌طور گسترده‌ای در آشکارسازی اهداف استفاده می‌شود. روش MF در بسیاری از مطالعات حوضه‌ی آشکارسازی اهداف، از گذشته تاکنون استفاده می‌شده و بر مبنای یک آزمون فرض دو دویی استوار است. با داشتن طیف مشاهده‌شده‌ی نسبت احتمال LR با تقسیم تابع چگالی، احتمال زیر حاصل می‌شود:

$$\Lambda(x) = \frac{p(x|Signal\ Present)}{p(x|Signal\ Absent)} \quad (7)$$

اگر $\Lambda(x)$ بیشتر از حد آستانه باشد، فرض «حضور سیگنال» و در غیر این صورت، فرض «عدم حضور سیگنال» پذیرفته می‌شود. تابع چگالی احتمال با هر یک از فرض‌های متعلق به آن به‌عنوان توزیعی نرمال، مدل‌سازی و به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$H_0: x \sim N(\mu_b, \Sigma_b) \text{ در حضور هدف} \quad (8)$$

$$H_1: x \sim N(\mu_t, \Sigma_t) \text{ در غیاب هدف}$$

μ_t و Σ_t معرف ماتریس کوواریانس و میانگین هدف هستند و μ_b و Σ_b همین پارامترها، در مورد پس‌زمینه و غیر هدف هستند (چین و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طور خلاصه عملگر این آشکارساز را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$T_{MF} = \frac{(d - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)}{(d - \mu)^T \Sigma^{-1} (d - \mu)} \quad (9)$$

در رابطه‌ی فوق، d معرف طیف هدف، x معرف طیف مورد بررسی، μ بردار میانگین ناشی از باندهای تصویری و Σ نیز بیانگر ماتریس کوواریانس پس‌زمینه است. MF با استفاده از آمار تصویر، به‌سرکوب پس‌زمینه و افزایش SNR هدف می‌پردازد. در این فیلتر فرض می‌شود که طیف هدف در تصویر در اقلیت است؛ به این معنی که آمار تصویر (میانگین و ماتریس کوواریانس) تقریباً با آمار پس‌زمینه برابر است. با استفاده از معادله‌ی ۵، در پیکسل‌هایی از تصویر که مقادیر طیفی آن برابر با میانگین است، MF برابر با صفر خواهد شد؛ درحالی‌که امتیاز MF برای پیکسل‌هایی که مقادیر طیفی مشابه با هدف داشته باشند، برابر با ۱ است (Kolodner, 2007).

این روش، یک روش آشکارسازی خطی بهینه برای تعیین محل اثر طیفی شناخته‌شده در حضور یک پس‌زمینه‌ی ناشناخته و ترکیبی است. یک MF استاندارد دربرگیرنده‌ی یک عملگر خطی بهینه یا یک بردار تصویرکننده است و تلاش می‌کند تا یک تعادل مناسبی بین دو پدیده برقرار کند که عبارت است از: آشکارسازی هدف و سرکوب پس‌زمینه. یک تصویر خروجی مطلوب ناشی از روش MF، ترکیبی خطی از باندهای تصویری ورودی به همراه چندین ویژگی است:

۱- میانگین صفر

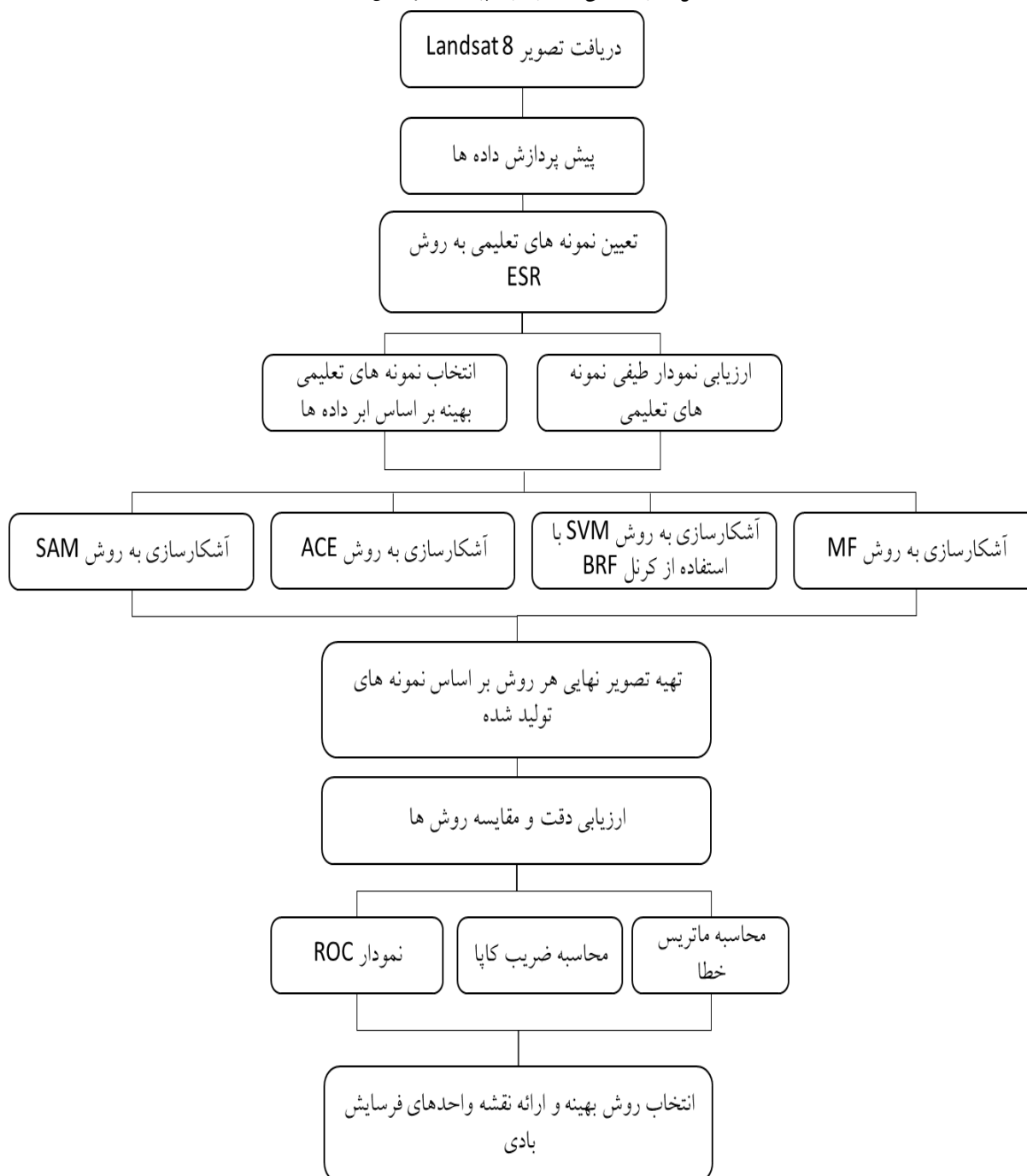
۲- حداقل واریانس

۳- پیکسل‌های امتیازبندی شده بر اساس میزان سازگاری مناسب با هدف

این روش از آماره‌های کوواریانس صحنه‌ی تصویر، برای مدل کردن تغییرات طیفی پس‌زمینه استفاده می‌کند و در آن طیف هدف شناخته‌شده، توسط ماتریس تعمیم‌یافته معکوس کوواریانس پس‌زمینه، تصویر می‌شود تا بردار تصویر کننده MF حاصل گردد.

به این ترتیب، به بخش مربوط به طیف هدف که کمتر تحت تأثیر طیف پس‌زمینه قرار گرفته‌است، وزن بیشتری داده می‌شود. پیکسل‌هایی که بیشتر تحت تأثیر پس‌زمینه قرار گرفته‌اند، پاسخی نزدیک به صفر از خود ارائه می‌کنند؛ بنابراین، نسبت سیگنال به نویز بین پیکسل‌های هدف و پس‌زمینه حداکثر می‌گردد. چگونگی انجام کلی این تحقیق در شکل (۲) نشان داده شده‌است.

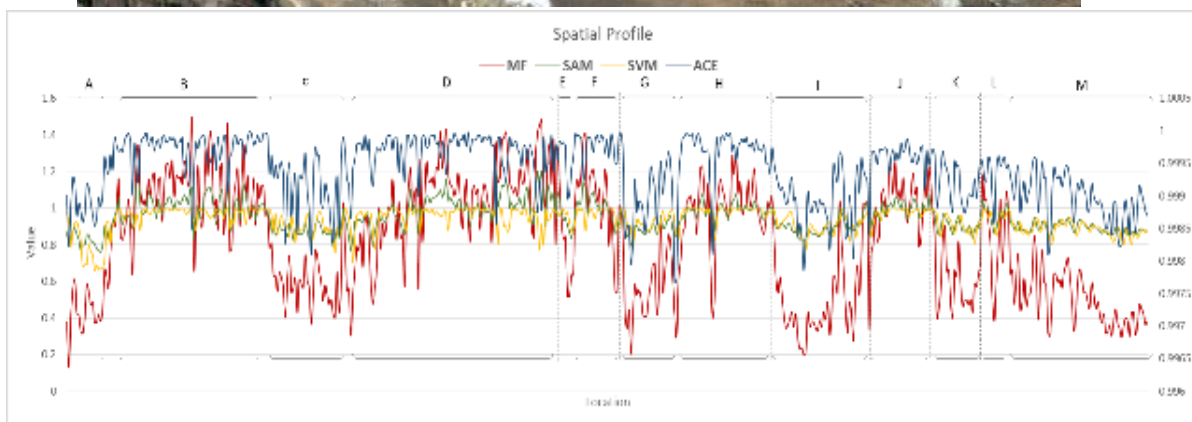
شکل ۴: روند کلی آشکارسازی پهنه‌های فرسایش بادی



۳- یافته‌ها (نتایج)

به‌منظور مشاهده‌ی دقت و صحت نسبی عملکرد روش MF در مقایسه با روش‌های دیگر مطرح‌شده در این کار منطقه‌ی مورد مطالعه، یک پروفیل طیفی - مکانی در نظر گرفته شد؛ به‌گونه‌ای که تغییرات متناوب مناطق هدف و غیر هدف را در مقادیر متفاوت شامل شود (شکل ۵). بدین ترتیب، عملکرد روش‌ها به شرح زیر بررسی و مقایسه می‌شود.

شکل ۵: مقایسه‌ی عملکرد و میزان حساسیت روش MF و روش‌های SVM، SAM و ACE پروفیل طیفی - مکانی

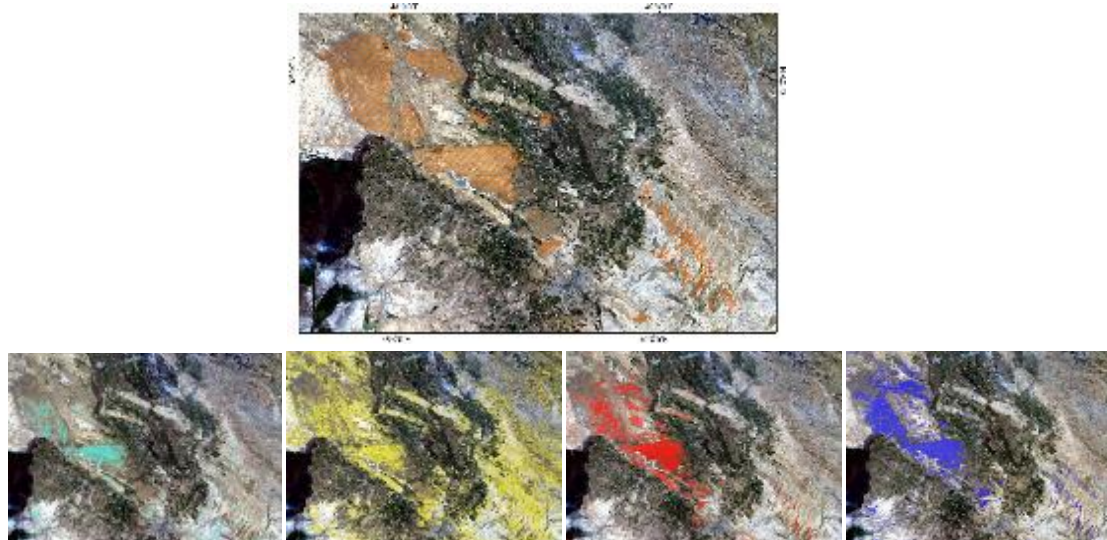


با توجه به شکل (۵) می‌توان گفت که در تمامی روش‌ها، شاهد تغییر شیب نمودار در تغییر از ناحیه‌ی هدف به غیر هدف و برعکس می‌باشیم. دو روش SAM و SVM به‌طور کلی رفتار مشابه و نزدیکی را نشان می‌دهند و در هر دو روش، شاهد تغییر اندک و ملایم شیب منحنی در نواحی هدف و غیر هدف هستیم که این امر بیانگر حساسیت کمتر و عملکرد ضعیف نسبی آن روش‌ها است. همان‌گونه که در شکل (۵) دیده می‌شود، روش MF علاوه بر افزایش و کاهش منطقی مقادیر در مناطق هدف و غیر هدف، این اختلافات را نسبت به روش‌های دیگر به حداکثر می‌رساند و بیشترین مقادیر هدف و کمترین مقادیر غیرهدف در نتایج این روش ثبت شده‌است. این امر سبب تمایز بهتر این مناطق می‌شود که حاصل عملکرد موفق‌تر روش MF در آشکارسازی پهنه‌های فرسایش بادی و سرکوب

پس زمینه است. همچنین در منحنی مقادیر MF، نقاط اکستریم محلی مشاهده می‌شوند که حاکی از حساسیت بالای این روش در تشخیص هدف می‌باشد. این نقاط در واقع، مقادیر متناظر با سطوح تپه‌های کوچک تثبیت شده‌ی حاضر در مناطق هدف هستند که در شکل (۶) دیده می‌شوند و روش MF در تشخیص hKIH موفق‌تر عمل می‌کند. روش ACE نیز به همین گونه ولی با تغییرات کمتر مقادیر عمل می‌کند و اختلافات را کمتر حفظ می‌نماید.

شکل ۶: نتایج ناشی از اعمال روش‌های آشکارساز هدف مورد مطالعه بر روی تصویر: (a) پهنه‌های مشخص شده ناشی از کار میدانی (b) روش

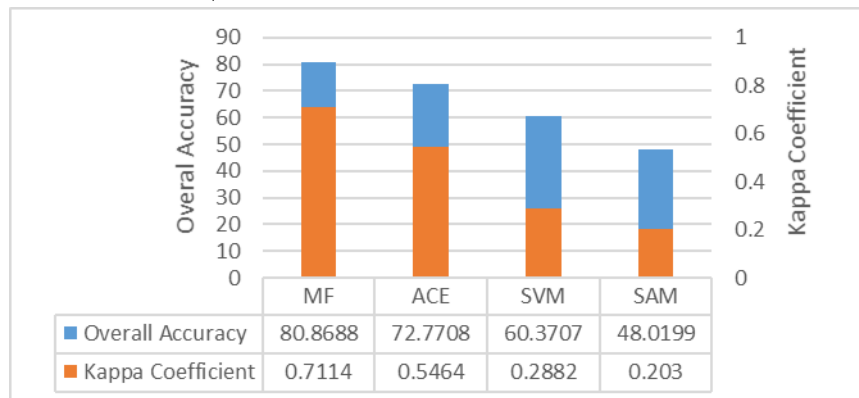
MF، (c) روش ACE، (d) روش SVM و (e) روش SAM



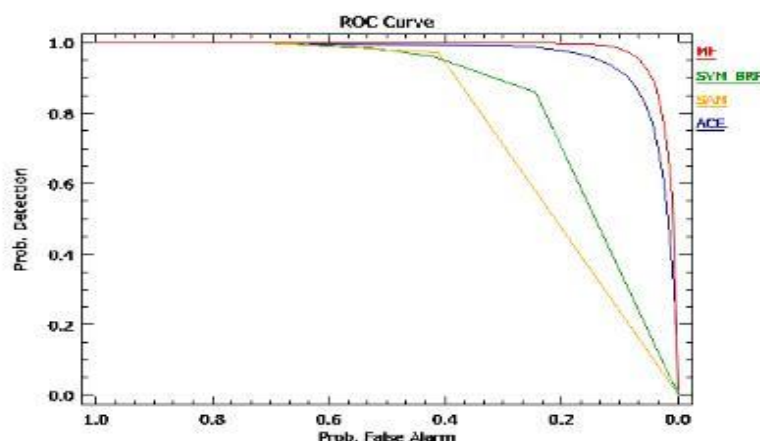
شکل (۷)، مناطق هدف مشخص شده‌ی ناشی از اعمال این ۴ روش و مناطق مرجع حاصل از عملیات زمینی را نشان می‌دهد. نزدیکی نتایج دو روش MF و ACE به پهنه‌های مرجع، بیانگر عملکرد مناسب آنها است. روش SAM بر مبنای زاویه‌ی طیفی عمل می‌کند و ممکن است دو پدیده‌ی متفاوت به دلیل رفتار طیفی‌ای که ایجاد کرده‌اند، با شدت بازتاب‌های متفاوت نیز زاویه‌ی یکسانی در فضای چند بعدی - که مبنای محاسباتی روش است - ایجاد کنند؛ بنابراین، این دو پدیده به دلیل داشتن اختلاف زاویه‌ی یکسان از طیف هدف، با وجود شدت بازتاب‌های متفاوت، می‌توانند ارزش نهایی یکسانی در تصویر تولیدی داشته‌باشند و این امر به طبقه‌بندی اشتباه هر دو پدیده در یک کلاس، منجر گردد. همچنین در فرمولاسیون این روش، بخشی به منظور سرکوب پس‌زمینه در نظر گرفته نشده‌است و با توجه به تشابه رفتار طیفی هدف و پس‌زمینه، شاید بتوان گفت این عوامل موجب عملکرد ضعیف این روش در منطقه‌ی مورد مطالعه بوده‌است. روش SVM نسبت به میزان و چگونگی پراکندگی نمونه‌های تعلیمی، دارای حساسیت است و ممکن است با توجه به میزان این داده‌های تعلیمی، تعداد پیکسل‌های اضافه‌شده به ناحیه‌ی میان ابر داده‌ها، تداخل ابر داده را بیشتر کند (گودرزی مهر و همکاران، ۲۰۱۲). این روش ممکن است بسته به میزان نمونه‌ها و تشابه نمونه‌های هدف و غیر هدف، در تعریف هایپرپلن دچار پیچیدگی شود و عملکرد درستی ارائه ندهد. همچنین

این روش نسبت به روش MF و ACE، سرعت محاسباتی پایین‌تری داشته‌است و به تنظیم پارامترهای بیشتری نیز نیاز دارد. نتایج ناشی از محاسبه‌ی دقت کلی، ضریب کاپا و نمودار ROC این نتایج را تأیید می‌کند.

شکل ۷: مقادیر دقت کل و ضریب کاپا به‌دست‌آمده برای هر کدام از روش‌ها



شکل ۸: نمودار ROC برای هر کدام از روش‌ها



منحنی ROC، روشی برآمده از تئوری تشخیص سیگنال است که به طور گسترده‌ای در علوم محیطی به کار گرفته شده‌است (بیگریا ۲۰۰۶ و الاتری و همکاران، ۲۰۰۹). ROC روشی مطلوب برای نمایش عملکرد یک روش طبقه‌بندی یا آشکارساز به منظور انتخاب یک آستانه‌ی مناسب تصمیم‌گیری و مقایسه‌ی عملکرد روش‌های مختلف طبقه‌بندی است (Bradley, 1997). اغلب روشی که دارای مساحت زیر منحنی بیشتر و در واقع به گوشه‌ی سمت راست بالا نزدیک‌تر باشد، عملکرد بهتری را داشته‌است (Fawcett, 2006). همان‌گونه که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، روش MF از بیشترین احتمال تشخیص هدف در مقابل کمترین احتمال تشخیص خطا برخوردار است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی و آشکارسازی پهنه‌های فرسایش بادی با استفاده از عملیات میدانی، با هزینه‌های زیاد اقتصادی و زمانی همراه است؛ از این رو، در طی دهه‌های اخیر استفاده از روش‌های دورسنجی به منظور کاهش هزینه‌های فوق، از

سوی بسیاری از پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است. با وجود این با توجه به دشواری های آشکار سازی پهنه های فرسایش بادی، به دلیل تشابه رفتار طیفی و تداخل ابر داده های این نواحی با عوارض مجاور و محدودیت های دسترسی به داده های ماهواره ای مناسب در کشور، بررسی و مقایسه ی روش های موجود در این زمینه به منظور انتخاب روشی مناسب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو در پژوهش حاضر، با توجه به نقش قابل توجه پهنه های فرسایش بادی در تشدید پدیده ی گرد و غبار نواحی جنوب غربی کشور، چهار روش آشکار سازی مختلف برای شناسایی پهنه های فرسایش بادی استفاده و نتایج آنها برای انتخاب مناسب ترین روش مقایسه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روش های آشکار سازی MF و ACE در شناسایی پهنه های فرسایش بادی منطقه ی مورد مطالعه، عملکرد مناسب تری دارند؛ زیرا انحنای منحنی ROC این روش ها بیشتر از دو روش دیگر است (شکل ۸). براساس نتایج نمودار ROC، به دلیل بیشترین انحنای روش MF و حساسیت بیشتر آن در پاسخ نسبت به حضور هدف (پهنه ی فرسایش بادی)، در حالت کلی می توان گفت که روش MF بهترین روش برای شناسایی پهنه های فرسایش بادی نواحی غربی استان خوزستان است؛ از این رو می توان گفت که استفاده از روش MF و تصاویر در دسترس و غیر تجاری لندست ۸ در آشکار سازی پهنه های فرسایش بادی بسیار کارآمد خواهد بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش دهنوی و همکاران (۱۳۹۴) از جهت انتخاب روش MF برای تهیه ی نقشه ی کانی های دگرسان گرمایی، نتایج پژوهش سیدین و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی اکتشافات هیدرو کربوری با استفاده از روش های آشکار سازی هدف تطابق دارد.

منابع

۱. ایرانمنش، ف.، ۱۳۹۴. گزارش نهایی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی تپه های ماسه ای غرب استان خوزستان، انتشارات پژوهشکده ی حفاظت خاک و آبخیزداری.
۲. بلواسی، م.؛ سراسکانرود، ص.؛ زینالی، ا.؛ صاحبی، ب.؛ و س، ایقان، ۱۳۹۴. اکتشافات دارای نواحی مس در منطقه قزل داش شهرستان خوی با استفاده از تصاویر هایپریون، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۷(۲)، ۲۸۷-۳۰۲.
۳. دهنوی، س.؛ مقصودی، ی.؛ ولدان زوج، م. ج.؛ و ع. بیاتانی، ۱۳۹۴. ترکیب آشکار سازها در تهیه نقشه از کانی های دگرسان گرمایی (مطالعه ی موردی: گناباد)، مجله ی علوم زمین، شماره ی ۹۸، ۴۰۴-۳۹۵.
۴. زهتابیان، غ.؛ جوادی، م. ر.؛ احمدی، ح.؛ و ح. آذرنیوند، ۱۳۸۵. بررسی اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابانزایی و ارائه مدل منطقه ای بیابانزایی در حوزه آبخیز ماهان، منابع طبیعی، شماره ۷۳، ۶۵-۷۵.
۵. سیدین، س. ع.؛ ولدان زوج، م. ج.؛ ی. مقصودی، ۱۳۹۳. اکتشافات تراوشات هیدرو کربوری با استفاده از روش های آشکار سازی هدف در تصاویر فراطیفی، ماهنامه ی علمی - ترویجی اکتشافات و تولید نفت و گاز، شماره ی ۱۱۱، ۶۳-۶۹.
۶. شریفی هاشجین، ش.؛ درویشی بلورانی، ع.؛ ص. خزائی، ۱۳۹۵. ارائه روشی جهت انتخاب باند برای آشکار سازی نظارت شده اهداف زیرپیکسلی در تصاویر ابر طیفی، نشریه ی علوم و فنون نقشه برداری، ۶(۱)، ۱۲۹-۱۳۹.

۷. عزیزی، ق.؛ میری، م.؛ و، نبوی، ۱۳۹۱. ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲(۷)، ۶۳-۸۱.
۸. نصرالهی، م.؛ صباغ زاده، س.؛ و ح. خسروی، ۱۳۹۳. مروری بر تکنیک‌های سنجش از دور مورد استفاده در شناسایی مناطق حساس به فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان، دانشکده‌ی کویرشناسی دانشگاه سمنان، مرکز بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.
9. Adam, P. C., & R. S. John, 2005. Performance Comparison of Hyperspectral Target Detection Algorithms in Altitude Varying Scenes., Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI, *Proceedings of SPIE*. 58.
10. Al-Masrahy, A. M. & NP. Mountney 2013. Remote sensing of spatial variability in aeolian dune and interdune morphology in the Rub' Al-Khali, Saudi Arabia, *Aeolian Research*, 1,155-170.
11. Beguería, S., 2006. Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management, *Nat. Hazards*, 37, 315-329.
12. Boardman, J. W., Kruse, F. A. & R. O. Green, 1995. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data: in Summaries, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, *JPL Publication*, 1, 23-26.
13. Bradley, A. P., 1997. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms, *Pattern Recognition*, 30 7: 1145-1159. Doi: 10.1016/S0031-3203(96)00142-2.
14. Chang, C. I., 2003. *Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
15. Chang, C. I., Liu, J. M., Chieu, B. C., Wang, C. M., Lo, C. S., Chung, P. C., Ren, H., Yang, C. W. & D. J. Ma, 2000. A generalized constrained energy minimization approach to subpixel target detection for multispectral imagery, *Optical Engineering*, 39(5), 1275-1281.
16. Fawcett, T., 2006. An introduction to ROC analysis," *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861-874.
17. Foody, G. M., McCulloch, M. B. & W. B. Yates, 1995. The effect of training set size and composition on artificial neural network classification. *International Journal of Remote Sensing*, 16, 1707-1723.
18. Hermas, a., Sebastien, L. b. & I. A. El-Magd, 2012, Retrieving sand dune movements using sub-pixel correlation of multi-temporal optical remote sensing imagery, northwest Sinai Peninsula, Egypt. *Remote Sensing of Environment*, 121,51-60.
19. Jensen, j. R., 2005. *Introductory digital image processing*. Carolina.
20. Kolodner, M.A., 2007. an Automated Target Detection System for Hyperspectral Imaging Sensors, Johns Ho pkins APL Technical Digest, 27(3).
21. Manolakis, D. M. & G. A. Shaw, 2003. Hyperspectral image processing for automatic target detection applications, *Lincoln Laboratory Journal*, 14, 79-116.
22. Mohamed, I. N. L. & G. Verstraeten, 2012. Analyzing dune dynamics at the dune - field scale based on multi-temporal analysis of Landsat - TM images, *Remote Sensing of Environment*, 119,105-117.
23. Paola, J. D. & R. A. Schowengerdt, 1995, A review and analysis of back propagation neural networks for classification of remotely sensed multi-spectral imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 16, 3033-3058.
24. Pease, P. P., Gregory, D., Bierly, b., Vatche, P., Tchakerian, c. & W. Neil, 1999. Mineralogical characterization and transport pathways of dune sand using Landsat TM data, Wahiba Sand Sea, Sultanate of Oman, *Geomorphology*, 29, 235-249.

25. Pouch, G. W. & D. J. Campagna, 1990. Hyperspherical direction cosine transformation for separation of spectral and illumination information in digital scanner data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56, 475–479.

26. Richards, J. A., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 240.

27. Srivastava, D. K. & L. Bhambhu, 2009. Data classification using support vector machine, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 1-7.

Evaluation of Matched Filter method for wind erosion mapping Landsat 8 OLI Imagery, (Central and North West province of Khuzestan)

Noroozi, A.A^{1*}

¹ Assistant. Prof, Soil Conservation & watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization

Article History:

Received:
24.11.2015

Revised:

-

Accepted:
23.9.2016

Keywords:

*Band selection,
target detection,
wind erosion,
Landsat 8.*

Successful target detection, especially if there is a similarity between the target and the background area, always is a noticeable issue in remote sensing studies. Because of the spectral behavior similarity to the other phenomena and spatial distribution of these units, the mapping of wind erosion units is difficult. Thus, this study attempts to detect the favorable areas by using matched filter (MF) methods and satellite imagery. In this regard, the latest generation of Landsat satellite imagery (Landsat 8 OLI) in February 2015 was used to study the North West of Khuzestan province. To evaluate this method, the other techniques in this field, such as Support Vector Machine (SVM), Adaptive Coherence Estimator (ACE) and Spectral Angle Mapper (SAM) are adapted to the methods. In order to assess the accuracy of the results, the ground samples were used. The study indicated that this method (MF) with 81 percent was more accurate than other methods in identifying of the target areas. Also ACE showed a good performance after the MF method. SVM and SAM showed lower performance and ROC curve also confirms these results. It seems that MF method has a higher performance than other methods such as SVM to distinguish phenomena with similar spectral behavior and less affected by interference from the data cloud and can be used successfully to provide separation maps of phenomena such as wind erosion units.

* Corresponding Author Email: noroozi.aa@gmail.com