

بهبود کارایی آشکارسازی اهداف زیرپیکسل در تصاویر فراطیفی بر مبنای انتخاب ویژگی‌های مناسب

علی مسجدی^۱، صفا خزایی^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور-دانشکده مهندسی نقشه برداری-دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
amasjedi@mail.kntu.ac.ir

^۲ استادیار گروه مهندسی عمران-دانشگاه جامع امام حسین (ع)
skhazai@ihu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۴، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۴)

چکیده

تصاویر فراطیفی به دلیل ارائه اطلاعات مناسبی از خصوصیات طیفی عوارض و پدیده‌های سطح زمین دارای پتانسیل بسیار بالایی برای آشکارسازی هدف می‌باشند. با این وجود، استفاده از تمام باندهای تصویر در فرایند آشکارسازی به علت وجود همبستگی بالا بین باندها و همچنین افزایش هزینه محاسباتی توصیه نمی‌گردد. این موضوع در خصوص آشکارسازی اهداف با ابعاد کوچکتر از ابعاد پیکسل (زیرپیکسل)، به علت اختلاط طیفی هدف با پس زمینه از اهمیت بیشتری برخوردار است و معمولاً منجر به نرخ هشدار اشتباه بالایی می‌شود. هدف اصلی این مقاله بهبود کارایی آشکارسازی اهداف زیرپیکسلی بر اساس انتخاب باند های طیفی مناسب است. روش پیشنهادی این تحقیق، استفاده از الگوریتم ژنتیک با تابع تناسب بیشینه نمودن مقدار آشکارساز در اهداف زیرپیکسلی شبیه سازی شده بر روی تصویر می‌باشد. آشکارساز اهداف زیرپیکسلی مورد استفاده، الگوریتم معروف ACE است که به صورت محلی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج تجربی به دست آمده بر روی مجموعه داده واقعی Target Detection Blind Test با در نظر گرفتن پنجره‌های داخلی و خارجی آشکارسازی به ترتیب با ابعاد 3×3 و 5×5 ، نشان می‌دهد که استفاده از روش پیشنهادی تعداد هشدار اشتباه را در مقایسه با استفاده از تمام باندها به میزان ۷۵ درصد کاهش می‌دهد. همچنین مقایسه روش پیشنهادی نسبت به روش مشابه انتخاب باند بر اساس الگوریتم ژنتیک حاکی از کاهش ۷۰ درصدی تعداد هشدار اشتباه است.

واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، انتخاب باند، آشکارسازی اهداف زیرپیکسلی، تصاویر فراطیفی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

تصاویر فراطیفی به دلیل داشتن قدرت تفکیک طیفی بالا، اطلاعات ارزشمندی از مواد و عوارض سطح زمین فراهم می‌کنند. بنابراین این تصاویر در کاربردهای فراوانی شامل تشخیص، شناسایی و طبقه‌بندی مواد سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دهه‌های اخیر، آشکارسازی اهداف یکی از کاربردهای مورد علاقه و مهم این تصاویر بوده است که در حوزه‌های کاربردی مخالف نظیر عمران، محیط زیست، زمین‌شناسی و حوزه‌ی دفاعی بکار گرفته شده است. در مبحث آشکارسازی اهداف، "هدف" به پیکسل‌هایی "نادر" در تصویر اطلاق می‌شود که دارای طیف مورد نظر می‌باشد و موقعیت آن باید مشخص گردد. در طول دو دهه اخیر، الگوریتم‌های مختلفی شامل روش‌های آماری، فیزیکی و ابتکاری برای این منظور توسعه داده شده است [۱-۳]. بیشتر این الگوریتم‌ها بر اساس آماره‌های مرتبه دوم می‌باشد. به عنوان مثال روش‌های فیلترهای انطباقی^۱ [۴]، کمینه‌سازی انرژی‌های مقید^۲ [۵] و برآوردگر همدوسی‌های انطباقی^۳ [۴، ۶] ارائه شده است.

از طرف دیگر حجم بسیار بالای اطلاعات مهیا شده توسط تصاویر فراطیفی باعث افزایش حجم محاسبات و در نتیجه زمان مورد نیاز برای انجام محاسبات و همچنین ایجاد همبستگی بالا در بین باندهای تصویری می‌گردد. علاوه بر این، حتی بهترین روش آشکارسازی اهداف نیز به دلیل شباهت طیفی بالا بین هدف و پس‌زمینه بویژه در آشکارسازی اهداف زیرپیکسل (اهدافی که ابعاد آن از ابعاد پیکسل کوچکتر می‌باشد) موجب به وجود آمدن هشدار اشتباه بالا می‌گردد. در نتیجه، برای حل این مشکلات، کاهش ابعاد تصاویر فراطیفی یکی از قدم‌های اولیه در استفاده از این تصاویر برای کاربردهای مختلف می‌باشد. پس از کاهش ابعاد معمولاً علاوه بر کاهش زمان و پیچیدگی محاسبات، نتایج نیز بهبود می‌یابد. در چند سال اخیر، روش‌های بسیاری برای کاهش ابعاد این تصاویر ارائه شده است که انواع آن را می‌توان در دو دسته کلی جای داد. دسته اول روش‌های استخراج ویژگی^۴ می‌باشند که از

آن جمله می‌توان به روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی^۵ [۷]، کمینه‌سازی کسر نویز^۶ [۸] و تحلیل مؤلفه مستقل^۷ [۹] اشاره کرد. در این دسته داده‌ها از طریق تبدیلی غیرخطی به فضای دارای ابعاد کوچکتر منتقل می‌گردد و در عین حال به دلیل تبدیل فضا، معنای فیزیکی اولیه خود را از دست می‌دهند. دسته دوم روش‌های انتخاب ویژگی است که در آن یک زیرمجموعه از ویژگی‌های اولیه توسط روش انتخاب می‌گردد و بنابراین معنای فیزیکی آنها حفظ خواهد شد.

در سال‌های اخیر، بیشتر روش‌های انتخاب باند شامل یک استراتژی مبتنی بر خوشه‌بندی [۱۰]، یک الگوریتم نظارت‌شده بر اساس حداقل برآورد کوواریانس فراوانی با استفاده از امضا طیفی کلاس [۱۱]، روش محاسبات موازی بر اساس شبیه‌سازی تبرید [۱۲]، یک الگوریتم مبتنی بر کلاس [۱۳]، یک استراتژی ترکیبی بر اساس الگوریتم ژنتیک [۱۴]، یک روش خوشه‌بندی باند نیمه نظارت‌شده [۱۵]، و یک چارچوب انتخاب گروه رشدکننده [۱۶] در زمینه طبقه‌بندی تصاویر فراطیفی ارائه شده است. علاوه بر این، برخی از مطالعات بر انتخاب سه باند برای نمایش تصاویر فراطیفی [۱۶-۱۸] تمرکز دارد.

اگرچه این روش‌ها دارای محدودیت عملی در کاربردهای آشکارسازی اهداف می‌باشد، تنها در چند مطالعه محدود به مساله انتخاب باند برای آشکارسازی اهداف پرداخته شده است. در اینجا، تعدادی از روش‌های ارائه شده برای آشکارسازی اهداف مرور می‌شود. یک روش انتخاب باند بر اساس آماره‌های مرتبه بالا در [۱۹] ارائه شده است. در این روش، باندها بر اساس مقادیر گشتاور مرتبه بالا مرتب می‌شود. سپس معیار دیورژانس به منظور تعیین قطعی باندهای دارای مقدار بیشتر گشتاور مرتبه بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، یک رویکرد آستانه‌گذاری بر اساس مقادیر ویژه به منظور برآورد تعداد باند استفاده شده است. چانگ و همکاران یک روش محدود کننده باند بر اساس مفهوم CEM طراحی کردند که در آن مقادیر همبستگی بین باندهای انتخابی کمینه می‌گردد. همچنین، روش ابعاد مجازی برای برآورد تعداد

^۱ Matched Filter (MF)

^۲ Constrained Energy Minimization (CEM)

^۳ Adaptive Coherence Estimator (ACE)

^۴ feature extraction

^۵ principal component analysis

^۶ minimum noise fraction

^۷ independent component analysis

باند مورد نیاز استفاده شده است [۲۰]. روش ارائه شده در [۲۱] به آشکارساز اجازه می‌دهد که یک زیرمجموعه از باندها که احتمال تشخیص هدف قرار گرفته در پس زمینه را بیشینه می‌کند انتخاب کند در حالی که پس زمینه شامل یک یا بیش از یک کلاس باشد. در تحقیقی دیگر، روش ارائه شده تعدادی از باندها را بر اساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان^۱ انتخاب می‌کند. در این روش از حاشیه اطمینان الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای تعیین باندهایی که اختلاف بین پس‌زمینه و هدف را بیشینه می‌کند، استفاده شده است. در نهایت این روش نتایج آشکارسازی را بهبود داده است [۲۲]. در [۲۳] زیرمجموعه‌ای از باندها که یک تابع هدف مناسب برای آشکارسازی اهداف را بهینه می‌کند، انتخاب می‌شود. به طور خاص، این تابع هدف احتمال آشکارسازی را در یک نرخ هشدار اشتباه^۲ ثابت در یک پس‌زمینه داده شده، بیشینه می‌کند [۲۳]. استراتژی پیشنهادی از لحاظ تئوری به طور مستقیم عملکرد آشکارسازی را بهبود می‌دهد هرچند عملکرد واقعی به دلیل در نظر نگرفتن عواملی همچون تاثیر اتمسفر بر طیف هدف، ممکن است متفاوت باشد. در [۲۴]، الگوریتم ژنتیک^۳ برای بهینه‌سازی موقعیت و پهنای باندهای انتخابی به منظور بازدهی بهترین عملکرد آشکارسازی مورد استفاده قرار گرفت. باندهای طیفی که معیار فاصله بین هدف و پس زمینه در صفحه آشکارسازی را بیشینه می‌کند، انتخاب شده است. نقطه ضعف اصلی این روش تنظیم فاصله به عنوان معیار انتخاب باند است، چرا که بیشینه‌سازی فاصله همیشه با انتخاب تعداد زیاد باند همراه است [۲۴]. در تحقیقی دیگر که توسط قلی‌زاده و همکاران انجام شد نیز الگوریتم ژنتیک برای کاهش ابعاد مورد استفاده قرار گرفت. در این روش، سطح زیر منحنی^۴ به عنوان تابع تناسب استفاده شد [۲۵]. اگر چه این تابع تناسب عملکرد آشکارساز را بهبود می‌دهد ولی محاسبه آن برای هر کروموزوم بسیار زمان‌بر می‌باشد. علاوه بر این، برای محاسبه مقدار تناسب موقعیت هدف در تصویر باید مشخص باشد. در [۲۶] یک روش حذفی برای کاهش ابعاد در ابر طیفی که شامل روش‌های "مستقیم از" و "مرتب

کردن بر اساس" معرفی و یک روش انتخاب حذف بهینه‌تر با ترکیب این دو روش به دست آمد. این روش به نوع آشکارساز مورد استفاده توجه نمی‌کند و همین مساله نقطه ضعف آن است. در [۲۷] در قالب یک کار جدید سه روش انتخاب باند مختلف بر اساس CEM برای آشکارسازی اهداف کوچک پیشنهاد گردید. روش ارائه شده از این واقعیت که نتیجه آشکارسازی الگوریتم CEM می‌تواند از جمع وزن‌دار اجرای الگوریتم بر روی تک‌تک باندها بدست آید، بهره می‌برد. بر همین اساس سه روش مختلف ارائه شد که هر سه به دلیل توجه به نوع آشکارساز دارای نتایج مطلوب بودند. عیب اصلی این روش این است که برای دیگر روش‌های آشکارسازی قابل استفاده نمی‌باشد. در [۲۸] یک روش انتخاب باند نظارت نشده بر اساس شباهت بین باندها ارائه دادند که در آن باندهای دارای سطح اطلاعات بیشتر انتخاب می‌شوند. نکته مهم در این تحقیق این است که قبل از انتخاب باند، برای کاهش پیچیدگی محاسبات، چند پیکسل انتخاب شده به جای استفاده از تمام پیکسل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که باندهای انتخاب شده به خوبی تفاوت بین هدف و پس‌زمینه را افزایش داده‌اند و بنابراین عملکرد آشکارساز ACE بهبود یافت. در تحقیق [۲۹] آشکارسازی اهداف و روند انتخاب باند با هم ترکیب شده و یک روش انتخاب باند جدید برای آشکارسازی اهداف ارائه شد. در واقع، با استفاده از مدل رگرسیون خطی همه باندها به صورت همزمان برای شرکت در آشکارسازی ارزیابی شده و باندهای برتر انتخاب شدند. این روش انتخاب باند فقط برای آشکارساز CEM طراحی شده است و برای دیگر روش‌های آشکارسازی قابل استفاده نمی‌باشد.

در مجموع می‌توان گفت که بسیاری از مقالات مرور شده دارای اشکالاتی در اجرا می‌باشند. اولین اشکال مساله زمان‌بر بودن تعدادی از آن‌ها است که موجب ایجاد محدودیت در استفاده از آنها می‌گردد. مساله دوم عدم توجه تعدادی از این روش‌ها به روش آشکارسازی می‌باشد. در نهایت اشکال دیگری که در بعضی از روش‌ها مشاهده می‌شود اینست که روش ارائه شده بر اساس فقط یک آشکارساز بوده و قابل استفاده برای دیگر آشکارسازها نمی‌باشد. بنابراین هدف اصلی این مقاله ارائه یک معیار جدید در انتخاب باند توسط الگوریتم ژنتیک می‌باشد که اشکالات بیان شده را رفع کند. به عبارت دیگر روش ارائه شده در این مقاله در کنار انواع

^۱ Support Vector Machine (SVM)

^۲ False Alarm (FA)

^۳ Genetic Algorithm (GA)

^۴ Area Under the Curve (AUC)

که در این روابط s_i طیف هدف می‌باشد که با استفاده از کتابخانه طیفی یا اندازه‌گیری با دستگاه طیف‌سنج و با استفاده از تصویر معلوم است و a نیز برابر با فراوانی هدف می‌باشد. در اینصورت آشکارساز ACE از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد [۱].

$$T_{(ACE)}(x) = \text{sign}((s_i - m_G)^T \Sigma_G^{-1} (x - m_G)) \times \frac{((s_i - m_G)^T \Sigma_G^{-1} (x - m_G))^2}{((s_i - m_G)^T \Sigma_G^{-1} (s_i - m_G))((x - m_G)^T \Sigma_G^{-1} (x - m_G))} \quad (3)$$

که در آن $\text{sign}(x) = 1$ اگر $x > 0$ و $\text{sign}(x) = -1$ اگر $x < 0$ باشد. همچنین Σ_G ماتریس کوواریانس بوده و به صورت رابطه ۴ از داده‌های موجود تخمین زده می‌شود.

$$\Sigma_G = \frac{[x - m_G]^T [x - m_G]}{N - 1} \quad (4)$$

در این رابطه m_G میانگین کل تصویر و N تعداد پیکسل‌های تصویر می‌باشد. مقدار خروجی آشکارساز برای تمام پیکسل‌های تصویر محاسبه می‌گردد. در اینصورت اگر مقدار از حدآستانه‌ی تعیین شده بیشتر باشد، پیکسل مورد آزمایش پیکسل هدف خواهد بود و در غیر این صورت، پیکسل شامل هدف نمی‌باشد. اهداف زیرپیکسل به دلیل غلبه طیف زمینه بر طیف هدف، معمولاً به سختی قابل شناسایی هستند و شناسایی آن‌ها با هشدار اشتباه بالایی همراه خواهد بود. به همین دلیل روش‌های زیادی برای بهبود دقت در آشکارسازی این اهداف ارائه شده است که یکی از این روش‌ها محاسبه پارامترهای آشکارساز به صورت محلی می‌باشد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

گام اول در بهبود آشکارساز ACE، جایگزینی میانگین کل تصویر با میانگین محلی می‌باشد. از آنجایی که در اهداف زیرپیکسل، فقط طیف پیکسل‌های مجاور پیکسل مرکزی می‌تواند اثرگذار باشد، استفاده از میانگین محلی در این اهداف می‌تواند باعث بهبود دقت آشکارساز گردد. گام دوم در بهبود آشکارساز ACE، محاسبه ماتریس کوواریانس زمینه با استفاده از میانگین محلی (m_L) می‌باشد. بدین منظور می‌توان ماتریس کوواریانس محلی (Σ_L) را با استفاده از میانگین محلی محاسبه نمود (رابطه ۵).

$$\Sigma_L = \frac{[x - m_L]^T [x - m_L]}{N - 1} \quad (5)$$

آشکارسازها می‌توانند برای انتخاب باند بکار گرفته شود. همچنین انتخاب باند بر اساس آشکارساز و پارامترهای آن صورت می‌گیرد. در نهایت استفاده از روش ارائه شده نه تنها باعث بهبود زمان آشکارسازی خواهد شد بلکه عملکرد آشکارساز نیز بطور قابل توجهی بهبود می‌یابد. نوآوری اصلی این مقاله ارائه تابع شایستگی جدید برای انتخاب باند با استفاده الگوریتم ژنتیک با توجه به نوع آشکارساز مورد استفاده می‌باشد. در این تابع شایستگی مقدار میانگین آشکارساز برای اهداف شبیه‌سازی شده پیشنهاد می‌گردد.

در ادامه‌ی این مقاله، در بخش ۲ به ارائه الگوریتم آشکارسازی ACE، روش پیشنهادی برای انتخاب ویژگی و معرفی مجموعه داده مورد استفاده پرداخته می‌شود. در بخش ۳ نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی ارائه و بررسی می‌شود. در بخش ۴ نیز نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- الگوریتم آشکارسازی اهداف زیرپیکسلی ACE

در هدف‌های زیرپیکسل به دلیل کوچکتر بودن اندازه هدف از سطح پوشش پیکسل، طیف پیکسل مورد مشاهده ترکیبی از طیف هدف و طیف پیکسل‌های پس‌زمینه است. الگوریتم‌های آشکارسازی اهداف زیرپیکسل به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. دسته اول شامل الگوریتم‌هایی هستند که پارامترهای آماری زمینه تصویر در آن مشخص است (زمینه ساختار یافته^۱). دسته دوم نیز شامل الگوریتم‌هایی است که پارامترهای آماری زمینه در آن مشخص نمی‌باشد (زمینه ساختار نیافته^۲). الگوریتم ACE در دسته دوم قرار دارد و یکی از کارآمدترین الگوریتم‌های ارائه شده در بحث آشکارسازی اهداف می‌باشد که در شناسایی اهداف زیرپیکسل و تمام پیکسل توانمند است. در این الگوریتم دو فرض H_0 و H_1 برای پیکسل دارای طیف x و با فرض وجود نویز جمع شونده v با توزیع نرمال در زمینه، به صورت رابطه ۱ و ۲ بیان می‌گردد.

$$H_0: x = v \quad (\text{عدم حضور تارگت}) \quad (1)$$

$$H_1: x = as_i + v \quad (\text{حضور تارگت}) \quad (2)$$

^۱ Structured Background

^۲ Unstructured Background

با استفاده از میانگین محلی و ماتریس کوواریانس محلی، الگوریتم ACE با رابطه ۳ به صورت رابطه ۶ تغییر می کند [۳۰].

$$T_{(ACE)}(x) = \text{sign}((s_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1}(x - m_L)) \times \frac{((s_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1}(x - m_L))^2}{((s_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1}(s_i - m_L))((x - m_L)^T \Sigma_L^{-1}(x - m_L))} \quad (6)$$

مساله مهم در استفاده از الگوریتم ACE محلی تعیین ابعاد پنجره برای محاسبه میانگین محلی می باشد. برای این منظور، دو نوع پنجره با ابعاد متفاوت بر روی پیکسل مورد آزمایش در نظر گرفته می شود. این دو پنجره کوچکتر (پنجره داخلی) و پنجره بزرگتر (پنجره خارجی) دو محدوده را برای پیکسل مشخص می کند. پنجره داخلی محدوده مورد انتظار برای وجود هدف را نشان می دهد و پنجره خارجی برای مدل سازی پس زمینه بکار گرفته می شود [۳۱]. در صورتی که اهداف مورد شناسایی در ابعاد زیرپیکسل باشند، می توان ابعاد پنجره داخلی را برابر با یک پیکسل قرار داد. در مورد پنجره خارجی نیز روش خاصی برای تعیین ابعاد وجود نداشته و بصورت تجربی تنظیم می گردد.

۲-۲- تنظیم الگوریتم ژنتیک برای انتخاب باندهای مناسب

کاربرد اصلی الگوریتم ژنتیک در حل مسائل بهینه سازی است که دارای فضای جستجوی بسیار بزرگ هستند و عملاً بررسی همه حالتها ممکن نیست. در مساله انتخاب باند، با توجه به تعداد زیاد باند در تصاویر فرایضی، امکان بررسی تمام حالت های مختلف قرارگیری باندها در کنار هم و انتخاب مجموعه مناسب عملاً میسر نیست. بنابراین از الگوریتم ژنتیک می توان به منظور انتخاب باندهای مناسب استفاده نمود. ساده ترین روش کد نمودن مساله، تعیین طول کروموزومها برابر با تعداد باند موجود در تصویر و قرار دادن ژن ها به دو صورت یک و صفر می باشد که عدد یک بیانگر حضور باند و عدد صفر بیانگر عدم حضور آن باند می باشد. پس از پایان اجرای الگوریتم نیز باندهای انتخابی معادل با ژن های دارای عدد یک می باشند.

در الگوریتم ژنتیک به منظور محاسبه میزان تناسب (شایستگی) یک جواب، تعریف یک تابع ارزیابی مناسب برای مساله ضروری است. به عنوان مثال در انتخاب باند در مساله طبقه بندی تصویر، دقت کلی طبقه بندی می تواند

به عنوان یک تابع ارزیابی خوب مورد استفاده قرار گیرد. اما در مساله آشکارسازی اهداف به سادگی مساله طبقه بندی نبوده و تعیین تابعی که میزان شایستگی واقعی یک کروموزوم را بیان کند دارای مشکلاتی است که در ادامه بررسی خواهد شد.

میزان شایستگی یک کروموزوم از نتایج آن پس از آشکارسازی مشخص می گردد. در اینجا دو مشکل برای بررسی نتایج آشکارسازی وجود دارد. مشکل اول این است که برای بررسی میزان خطای هر کروموزوم در آشکارسازی باید با استفاده از باندهایی که هر کروموزوم مشخص می کند یک بار عملیات آشکارسازی انجام شود و با استفاده از نقشه آشکارسازی به دست آمده از آن میزان خطای هر کروموزوم (معادل با دقت هر کروموزوم) تعیین گردد. بنابراین چون برای بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیاز به اجرای چند صد تا چند هزار بار اجرای آشکارسازی است لذا بسیار زمان بر بوده و در عمل قابل اجرا نیست. از طرف دیگر، حتی اگر مساله زمان را در نظر نگیریم، محاسبه دقت نتیجه آشکارسازی نیز همواره به سادگی قابل انجام نیست. در صورتی که موقعیت هدف در تصویر مشخص باشد، به سادگی می توان تعداد پیکسل هایی که غیر از هدف به عنوان هدف معرفی شده اند را به عنوان خطای آشکارساز در نظر گرفت. اما در مسائل کاربردی که موقعیت هدف مشخص نیست، میزان خطای واقعی هر کروموزوم را نیز نمی توان تعیین نمود.

به منظور حل این مشکلات، دو تابع تناسب جدید در این بخش پیشنهاد و معرفی می گردد. تابع تناسب ۱ نیازمند دانستن موقعیت واقعی هدف می باشد و لذا در مسائل واقعی کاربردی نیست و فقط به منظور الگوبرداری از آن و ارائه تابع تناسب ۲ ارائه شده است. در تابع تناسب ۲ نیازی به آگاهی از موقعیت هدف نبوده و بنابراین برای تمام شرایط و انواع آشکارسازها قابل استفاده می باشد.

۲-۲-۱- تابع تناسب ۱

اصولاً با قرار دادن یک مقدار (دلخواه) به عنوان حد آستانه در نقشه آشکارسازی می توان هدف یا غیر هدف بودن کل پیکسل ها را مشخص نمود. لذا، اگر موقعیت هدف در تصویر مشخص باشد می توان مقدار خروجی آشکارساز را برای آن پیکسل به عنوان مقدار حد آستانه انتخاب کرد. در این صورت هر پیکسلی که مقدار بالاتر از

حدآستانه داشته باشد به اشتباه به عنوان هدف شناخته خواهد شد و بنابراین هشدار اشتباه برابر با تعداد این پیکسل‌ها خواهد بود. بنابراین در یک الگوریتم آشکارسازی دقیق انتظار می‌رود که مقدار آشکارساز برای پیکسل هدف بیشترین مقدار باشد چراکه در این صورت هشدار اشتباه برابر با کمینه مقدار ممکن خواهد بود.

بر همین اساس، می‌توان برای الگوریتم ژنتیک تابع تناسب مناسب را تعریف نمود. در [۲۵] کمینه‌سازی تعداد هشدار اشتباه به عنوان تابع هدف تعریف شده است. عیب اصلی این روش این است که برای محاسبه تعداد هشدار اشتباه در هر کروموزوم باید آشکارسازی بر روی کل تصویر انجام شود که همانطور که بیان شد از نظر عملی بسیار زمان‌بر است. به جای آن، در تابع تناسب ارائه شده می‌توان بیشینه‌سازی مقدار آشکارساز در پیکسل هدف را به عنوان تابع هدف در نظر گرفت. این بیشینه‌سازی تقریباً معادل با کمینه‌سازی هشدار اشتباه است. نیاز نداشتن به محاسبه آشکارساز بر روی کل تصویر (فقط برای پیکسل هدف)، مزیت اصلی این تابع تناسب می‌باشد. نکته مهم این است که در بیشینه‌سازی مقدار آشکارساز در پیکسل هدف، نوع آشکارساز تاثیری ندارد. به عبارت دیگر این روش انتخاب باند قابلیت اجرا بر روی آشکارسازهای مختلف را دارا می‌باشد.

افزایش دقت آشکارسازی به پارامترهای زیادی بستگی دارد. برای مثال یکی از موارد مهم در دقت آشکارسازی میزان اختلاف (کنتراست) بین هدف و پس‌زمینه می‌باشد. هر چه کنتراست بیشتر باشد، آشکارسازی هدف راحت‌تر بوده و انتظار می‌رود که میزان خطای آشکارسازی نیز کمتر باشد. بیشینه‌سازی مقدار آشکارساز در محل هدف در تابع تناسب ۱ به صورت خودکار مقدار کنتراست بین هدف و پس‌زمینه را افزایش می‌دهد.

۲-۲-۲- تابع تناسب ۲

همانطور که بیان شد، مشکل اصلی در استفاده از تابع تناسب ۱ محدود بودن به آگاهی از موقعیت هدف در تصویر است. برای رفع این مشکل، ابتدا با استفاده از رابطه ۷ [۳۲] یک هدف در یک پیکسل دلخواه در تصویر شبیه‌سازی می‌گردد.

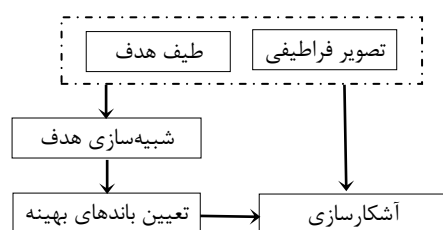
$$u = f \cdot s_i + [1-f] \cdot b \quad (7)$$

در این رابطه f مقدار نسبت وجود هدف در پیکسل، b بیانگر طیف پیکسل پس‌زمینه در تصویر و u طیف پیکسل هدف شبیه‌سازی شده می‌باشند.

بدین ترتیب به محل یک هدف شبیه‌سازی شده دسترسی داشته و می‌توان مقدار آشکارساز را برای آن پیکسل بیشینه نمود. مساله‌ای که وجود دارد این است که در حالتی که محل واقعی هدف مشخص بود، بهینه‌سازی کامل و بدون نقص اجرا می‌شد. اما در این حالت، مکان پیکسل هدف شبیه‌سازی شده تاثیر بسزایی در نتیجه آشکارسازی و در نهایت در نتیجه بهینه‌سازی خواهد داشت. به عبارت دیگر، اگر پیکسل انتخاب شده برای شبیه‌سازی هدف در آن شبیه به پیکسل واقعی که هدف در آن قرار گرفته است، باشد نتایج مناسبی به دست می‌آید ولی در غیر اینصورت شبیه‌سازی نمی‌تواند مناسب باشد. در واقع دلیل این مساله این است که پیکسل‌های پس‌زمینه تاثیر زیادی بر روی آشکارسازی و همچنین باندهای مناسب برای آشکارسازی دارند. برای رفع این مشکل، به جای شبیه‌سازی یک پیکسل می‌توان تعداد زیادی پیکسل به صورت تصادفی در مکان‌های مختلف انتخاب نمود به گونه‌ای که تمام کلاس‌های پس‌زمینه پوشش داده شود و شبیه‌سازی بر روی تمام آنها انجام شود. لازم به ذکر است که در این حالت بهینه‌سازی برای تمام کلاس‌های پس‌زمینه به صورت همزمان انجام می‌گردد. در اینجا نیز در بیشینه‌سازی مقدار میانگین آشکارساز در پیکسل‌های شبیه‌سازی شده، نوع آشکارساز تاثیری ندارد و بنابراین قابل اجرا بر روی آشکارسازهای مختلف می‌باشد. برای نمونه تابع تناسب برای آشکارساز ACE از رابطه ۸ بدست می‌آید.

$$fitness = \text{mean} \left\{ \frac{((s_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1} (u_i - m_L))^2}{((s_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1} (s_i - m_L))((u_i - m_L)^T \Sigma_L^{-1} (u_i - m_L))} \right\}_{i=1}^k \quad (8)$$

که در این رابطه u_i هدف شبیه‌سازی شده i ام و k تعداد اهداف شبیه‌سازی شده می‌باشد. فلوچارت آشکارسازی با استفاده از این تابع تناسب در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- فلوچارت آشکارسازی با استفاده از تابع تناسب ۲

۳-۲- مجموعه داده مورد استفاده

مجموعه داده مورد مطالعه در این تحقیق شامل یک تصویر انعکاسی فراطیفی اخذ شده توسط سنجنده HyMap و تعدادی طیف کتابخانه‌ای مربوط به تعدادی هدف قرار گرفته در منطقه می‌باشد. شکل ۲ تصویر ناحیه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این تصویر از شهر Cooke آمریکا را در تابستان سال ۲۰۰۶ به درخواست متخصصین سنجش از دور RIT^۱ جهت تشخیص و بررسی روش‌های آشکارسازی اهداف، گرفته شده است. تصویر بازتابندگی بدست آمده پس از اعمال تصحیح اتمسفری از سایت این دانشگاه قابل دریافت می‌باشد. ابعاد این تصویر برابر با 2800×800 پیکسل و در کل دارای ۲۲۴۰۰۰ پیکسل می‌باشد. اهداف قرار گرفته در این تصویر شامل ۱۲ نوع پارچه و یا نایلون رنگی در ابعاد 3×3 مترمربع (پیکسل کامل)، 2×2 و 1×1 متر (زیرپیکسل) می‌باشد که در یک منطقه علفزار در قسمت شرقی شهر قرار گرفته‌اند [۱] و در جدول ۱ مشخصات آن‌ها بیان شده است. موقعیت اهداف F1 تا F4 در شکل ۲ بر روی تصویر مشخص شده است.



شکل ۲- یک تصویر رنگی از سه باند سنجنده HyMap از شهر Cooke (آمریکا) که موقعیت اهداف self-test بر روی آن مشخص شده‌اند.

با توجه به اینکه تمرکز این مقاله بر روی اهداف زیرپیکسل می‌باشد و همچنین به منظور نشان دادن تاثیر روش‌های مختلف، الگوریتم آشکارسازی فقط بر روی اهداف دارای ابعاد 2×2 و 1×1 متر انجام خواهد شد.

جدول ۱- مشخصات اهداف موجود در تصویر

اهداف Self-Test			اهداف Blind-Test		
هدف	نوع	ابعاد (متر)	هدف	نوع	ابعاد (متر)
F1	پارچه قرمز	3×3	F5a	نایلون قرمز	2×2
F2	نایلون زرد	3×3	F5b	نایلون قرمز	1×1
F3a	پارچه آبی	2×2	F6a	نایلون خاکستری	2×2
F3b	پارچه آبی	1×1	F6b	نایلون خاکستری	1×1
F4a	نایلون قرمز	2×2	F7a	پارچه سبز	2×2
F4b	نایلون قرمز	1×1	F7b	پارچه سبز	1×1

^۱ Rochester Institute of Technology

۳- نتایج تجربی

در این بخش، دقت و کارایی الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب باند بررسی و ارزیابی می‌گردد. به این منظور، نتایج اجرای الگوریتم آشکارسازی ACE بر روی تمام باندها و به دو صورت محلی و سراسری ارائه می‌گردد. همچنین، نتایج اجرای الگوریتم محلی آشکارسازی بر روی باندهای انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک با کمک تابع تناسب ۱ و تابع تناسب ۲ ارائه خواهد شد. نتایج به دست آمده نیز با نتایج حاصل از دو روش مشابه دیگر که از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کنند مقایسه می‌گردد. روش اول که در این تحقیق GA-AUC نامیده می‌شود، در تحقیق [۲۵] ارائه شده است. در این روش تابع تناسب بیشینه‌سازی مقدار AUC است. برای اجرای این روش نیاز است که موقعیت واقعی هدف معلوم باشد تا با استفاده از آن بتوان AUC را محاسبه نمود. بنابراین این روش نیز مشابه با روش تابع تناسب ۱ در شرایط واقعی قابل اجرا نیست. روش دومی که به منظور مقایسه اجرا شده است و در این تحقیق GA-Contrast نامیده می‌شود، بر اساس بیشینه‌سازی فاصله (کنتراست) بین هدف و پس‌زمینه عمل می‌کند [۲۴].

۳-۱- استفاده از تمام باندها

در این پژوهش، الگوریتم آشکارسازی ACE به صورت محلی مورد استفاده قرار گرفته است. برای بررسی کارایی آشکارسازی هدف از معیار تعداد هشدار اشتباه استفاده می‌گردد. نحوه محاسبه این معیار به این صورت می‌باشد که ابتدا مقدار آشکارساز در محل هدف (محل هدف در داده مورد استفاده مشخص می‌باشد) به عنوان حدآستانه انتخاب شده و سپس این حدآستانه بر روی تصویر حاصل از آشکارسازی اعمال می‌گردد. بدین ترتیب که یک تصویر دودویی بدست می‌آید که هر پیکسل از آن که مقدار آشکارساز برای آن از حدآستانه بیشتر بوده مقدار یک و در غیر اینصورت مقدار آن صفر می‌باشد. در نتیجه هر تعداد پیکسل که در تصویر به اشتباه به عنوان هدف شناخته شده است مشخص می‌گردد. جدول ۲ بیانگر تعداد هشدار اشتباه برای تمام اهداف زیرپیکسل می‌باشد. در این تحقیق به منظور محاسبه میانگین محلی یکبار از پنجره داخلی با ابعاد 3×3 متر و پنجره خارجی با ابعاد 5×5 و بار دیگر از پنجره داخلی با ابعاد 5×5 متر و پنجره خارجی با ابعاد 7×7

استفاده شد. در حالت اول، جمع هشدار اشتباه برابر با ۲۲۳ می‌باشد در حالی که در حالت دوم مقدار آن حدود دو برابر شده است. علت آن می‌تواند در کوچک بودن ابعاد اهداف در این تصویر باشد. اگر اهداف کوچک باشد نیازی به در نظر گرفتن پنجره داخلی با ابعاد بزرگتر از 3×3 نمی‌باشد.

۳-۲- استفاده از باندهای مناسب

طول کروموزوم با توجه به تعداد باندهای تصویر برابر با ۱۲۶ بوده که مقدار یک معادل با حضور باند مربوطه در آشکارسازی و عدد صفر بیانگر عدم استفاده از آن باند می‌باشد. تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک مرحله‌ای بسیار مهم در استفاده از این الگوریتم می‌باشد که با استفاده از روش‌های مختلف مانند روش استفاده شده در [۳۳] می‌تواند انجام شود. در این مقاله با استفاده از روش سعی و خطا بهترین پارامترها انتخاب شدند. بنابراین، جمعیت اولیه برابر با ۱۰۰ کروموزوم به صورت تصادفی تولید شد. در هر نسل ۵ کروموزوم برتر به نسل بعد انتقال پیدا می‌کنند. همچنین از روش تورنمنت^۱ برای انتخاب والدین، تقاطع تک نقطه‌ای با نرخ ۸۰٪ و جهش یکنواخت استفاده شد و نیز تنظیم گردید در صورتیکه تفاوت بین بهترین نتیجه ۱۰ نسل متوالی از ۰/۰۰۱ کمتر باشد، الگوریتم متوقف خواهد شد.

همانطور که بیان شد، برای اجرای الگوریتم ژنتیک نیاز به معرفی یک تابع ارزیابی به همراه یک معیار ارزیابی مناسب می‌باشد. در واقع نکته کلیدی در الگوریتم ژنتیک تعریف تابع تناسب مناسب می‌باشد [۱۴]. با استفاده از دو تابع تناسب معرفی شده در بخش ۳، انتخاب باند انجام شده و پس از آن آشکارساز اجرا می‌گردد. آشکارساز مورد استفاده در این قسمت نیز همان الگوریتم ACE به صورت محلی می‌باشد. در تابع تناسب ۱، الگوریتم ژنتیک باندهایی را انتخاب نموده که مقدار آشکارساز در پیکسل هدف را بیشینه نموده و پس از آن آشکارسازی با استفاده از پنجره داخلی با ابعاد 3×3 متر و پنجره خارجی با ابعاد 5×5 انجام می‌شود. طبق جدول ۲ و همانطور که انتظار می‌رفت، میزان هشدار اشتباه برای این روش بسیار کم می‌باشد. به طوری که برای هدف F3b برابر با صفر بوده و برای مجموع اهداف نیز ۱۱ می‌باشد. این میزان هشدار اشتباه بیان کننده دو نکته بسیار مهم می‌باشد. نکته اول

اینکه الگوریتم ACE محلی مورد استفاده در این مقاله در آشکارسازی اهداف زیر پیکسل بسیار توانمند می‌باشد. توجه شود که مساحت هدف مورد نظر در این تحقیق ۱ متر مربع می‌باشد در حالی که مساحت پیکسل برابر با ۹ متر مربع بوده است. به عبارت دیگر اهداف مورد بررسی حتی در شرایطی که فرض کنیم کل آن در یک پیکسل قرار گرفته است نیز فقط حدود ۱۱ درصد از پیکسل را پوشانده است. نکته دوم این است که الگوریتم ژنتیک نیز کارایی بسیار خوبی در انتخاب باند نشان داده است. در واقع هشدار اشتباه بسیار کم نشان می‌دهد که در صورتی که بتوان تابع تناسب مناسبی برای الگوریتم ژنتیک در نظر گرفت، می‌توان انتظار نتایج بسیار مناسب از آن داشت. در نهایت استفاده از این الگوریتم باعث کاهش ۹۵ درصدی مجموع هشدار اشتباه اهداف شده است. همانطور که قبل از این نیز اشاره شد، این آزمایش فقط برای نشان دادن قدرت الگوریتم ژنتیک و آشکارساز ACE محلی انجام شده و در شرایط واقعی قابل اجرا نیست.

با الگوبرداری از تابع تناسب ۱، تابع تناسب ۲ مطابق با توضیحات ارائه شده در بخش قبل طراحی شد. برای این تابع تناسب ابتدا ۱۰۰ هدف در نقاط مختلف تصویر به صورت تصادفی و به گونه‌ای که تمام کلاس‌های پس‌زمینه را پوشش دهد، شبیه‌سازی شد. در شبیه‌سازی مقدار سهم هدف در موقعیت‌های مختلف متناسب با ابعاد هدف و ابعاد پیکسل برابر با $1/9$ ، $2/9$ ، $3/9$ و $4/9$ در نظر گرفته شد. الگوریتم ژنتیک باندهایی را انتخاب می‌کند که مقدار میانگین آشکارساز برای این ۱۰۰ پیکسل بیشینه گردد. در نهایت نیز با استفاده از باندهای انتخابی عملیات آشکارسازی بر روی تصویر اصلی انجام شد. طبق جدول ۲، هشدار اشتباه در این حالت نسبت به استفاده از تابع تناسب ۱ بیشتر است چرا که در تابع تناسب ۱ مقدار آشکارساز مستقیماً در پیکسل هدف بیشینه شده بود. با این وجود هشدار اشتباه نسبت به حالتی که از تمام باندها استفاده شده است کاهش شدیدی را نشان می‌دهد.

در شکل ۳ نتایج نهایی آشکارسازی با استفاده از این روش پیشنهادی نشان داده شده است. طبق آن بیشتر هشدار اشتباه در اهداف مربوط به پیکسل‌های اطراف پیکسل هدف می‌باشد. برای مثال درمورد هدف F3b، هشدار اشتباه برابر با ۹ پیکسل می‌باشد که یکی از این پیکسل‌ها مربوط به هدف F3a بوده و ۸ پیکسل دیگر نیز

^۱ Tournament

همگی در کنار آن می‌باشند که به دلیل تاثیر تابع گسترش نقطه‌ای^۱ و عوامل دیگر به اشتباه به عنوان هدف شناسایی شده‌اند. در برخی از روش‌های محاسبه هشدار اشتباه از یک پنجره با ابعاد ۳×۳ استفاده می‌شود. اگر در اینجا نیز از آن پنجره استفاده شود، عملاً تعداد هشدار اشتباه برای اهداف F4b، F3b و F6b صفر خواهد بود. در مورد هدف F5b نیز شباهت بالای آن با پس‌زمینه است

که باعث شده هشدار اشتباه بالایی داشته باشد. این تعداد هشدار اشتباه بالا در ستون‌های اول جدول ۲ که انتخاب باند انجام نشده است نیز مشاهده می‌گردد. در مجموع مقایسه انتخاب باند با استفاده از تابع تناسب ۲ و آشکارسازی با استفاده از تمام باندها نشان می‌دهد که مجموع هشدار اشتباه ۷۵ درصد کاهش داشته است. این مساله کارایی بالای روش پیشنهادی را ثابت می‌کند.

جدول ۲- تعداد هشدار اشتباه آشکارسازی با استفاده از الگوریتم ACE

هدف زیرپیکسلی	ابعاد پنجره داخلی ۳×۳ و پنجره خارجی ۵×۵					ابعاد پنجره داخلی ۵×۵ و پنجره خارجی ۷×۷				
	تمام باندها	GA-AUC	GA-Contrast	تابع تناسب ۱	تابع تناسب ۲	تمام باندها	GA-AUC	GA-Contrast	تابع تناسب ۱	تابع تناسب ۲
F3a	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱
F3b	۲۵	۰	۱۸	۰	۹	۸۲	۱	۲۱	۲	۱۵
F4a	۱	۰	۱	۰	۲	۱	۰	۱	۰	۲
F4b	۶۲	۱	۵۳	۲	۵	۷۸	۲	۵۹	۳	۹
F5a	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱
F5b	۲۹	۷	۳۰	۸	۱۸	۲۵۹	۱۳	۳۵	۱۳	۳۳
F6a	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱
F6b	۱۱	۰	۱۰	۰	۸	۱۳	۲	۱۰	۳	۹
F7a	۷	۰	۷	۰	۴	۱۸	۰	۱۷	۰	۶
F7b	۸۷	۲	۷۰	۱	۸	۷۰	۱	۶۱	۱	۷
جمع هشدار اشتباه	۲۲۳	۱۰	۱۹۰	۱۱	۵۷	۵۲۲	۱۹	۲۰۵	۲۲	۸۴
متوسط زمان انتخاب باند (ثانیه)	-	۶۲۳۰	۱۸	۴۵	۵۰	-	۷۱۰۰	۱۹	۴۹	۵۳
متوسط زمان اجرای ACE (ثانیه)	۲۰	۱۰	۱۹	۱۰	۹	۲۵	۱۳	۲۵	۱۲	۱۲

نتایج روش GA-AUC در جدول ۲ ارائه گردیده است. با توجه به مشخص بودن محل هدف و کمینه‌سازی هشدار اشتباه با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تعداد هشدار اشتباه با استفاده از این روش بسیار کم بوده و حتی از روش تابع تناسب ۱ نیز بهتر عمل می‌کند. از طرف دیگر، به دلیل اینکه در هر بار محاسبه تابع تناسب نیاز است که روش بر روی کل تصویر اجرا گردد، زمان اجرای آن بسیار زیاد می‌باشد. بنابراین هرچند این روش تعداد هشدار اشتباه بسیار کم دارد اما به دلیل محاسبات زمان‌بر قابل توجیه نبوده و استفاده از روش تابع تناسب ۱ در این شرایط توصیه می‌گردد.

نتایج روش GA-Contrast نیز در جدول ۲ ارائه گردیده است. نتایج این روش حدود ۱۵ درصد کاهش هشدار اشتباه نسبت به حالتی که از انتخاب باند استفاده نمی‌گردد را نشان می‌دهد. مشکل این روش اینست که تعریف کنتراست به

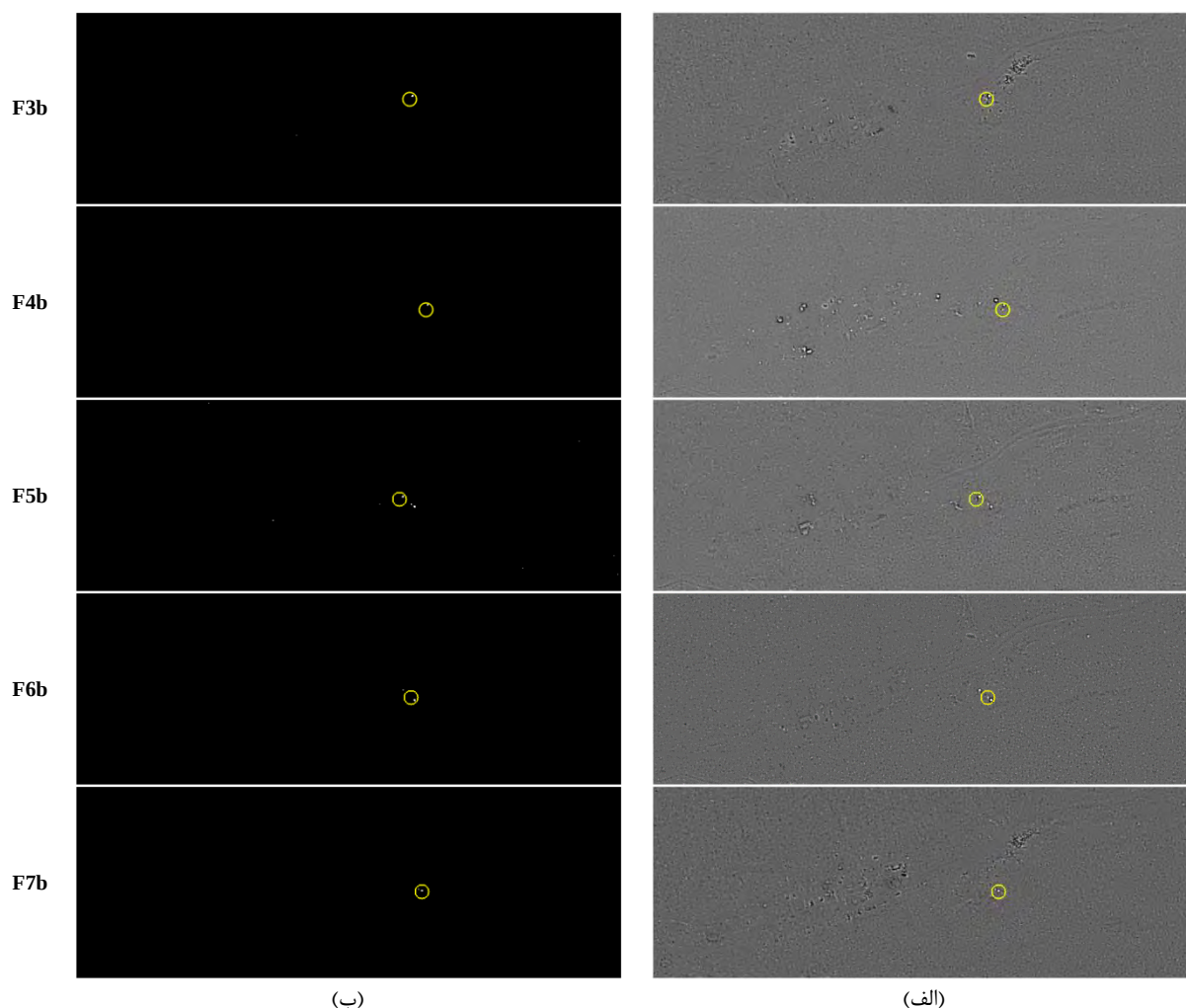
عنوان معیار تناسب باعث می‌شود که تعداد باند زیادی انتخاب شود و بنابراین علاوه بر اینکه روش در کاهش هشدار اشتباه موفقیت چشمگیری ندارد، زمان اجرای آشکارسازی با استفاده از آن نسبت به تابع تناسب ۲ نیز حدود دو برابر است.

پس از آن آشکارسازی مجدداً روش‌های بیان شده این بار با استفاده از پنجره داخلی با ابعاد ۵×۵ متر و پنجره خارجی با ابعاد ۷×۷ انجام می‌شود. نتایج اجرای الگوریتم‌ها در این حالت نیز در جدول ۲ ارائه شده است. طبق این جدول، تعداد هشدار اشتباه در این حالت در بیشتر اهداف و در تمام روش‌ها افزایش داشته است. همانطور که بیان شد، علت این مساله کوچک بودن ابعاد اهداف در این تصویر باشد. همچنین به دلیل بزرگتر بودن ابعاد پنجره خارجی در این حالت، محاسبه میانگین هر پیکسل زمان بیشتری نیاز دارد و بنابراین آشکارسازی با استفاده از این روش حدود ۲۰ درصد زمان بیشتری نیاز دارد.

^۱ Point Spread Function (PSF)

استفاده از این ابعاد پنجره فقط برای هدف F7b موجب کاهش هشدار اشتباه شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که این هدف در میان دو پیکسل قرار

گرفته است و بنابراین بزرگتر بودن ابعاد پنجره داخلی باعث می‌شود که حریم هدف حفظ شده و در نتیجه دقت آشکارسازی بالاتر است.



شکل ۳- نقشه‌های آشکارسازی حاصل از اجرای الگوریتم ACE در حالت استفاده از پنجره داخلی با ابعاد 3×3 متر و پنجره خارجی با ابعاد 5×5 (الف) و با اعمال حداستانه (ب) پس از انتخاب باندهای مناسب به کمک الگوریتم ژنتیک با تابع تناسب ۲ جهت کشف اهداف با ابعاد 1×1 متر (مشخص شده با دایره زرد رنگ).

۳-۳- بحث

یکی از معیارهای مورد استفاده در ارزیابی الگوریتم‌ها، زمان مورد نیاز برای اجرای آن الگوریتم می‌باشد. در این مقاله، این زمان برای هر ۱۰ هدف مورد استفاده محاسبه شده و سپس میانگین آن در جدول ۲ ارائه شده است. طبق جدول ۲، انتخاب باند فرآیندی موثر در کاهش هشدار اشتباه آشکارسازی بوده است و علاوه بر بهبود عملکرد دقت زمان مورد نیاز برای آشکارسازی را نیز کاهش داده است. این کاهش زمان به دلیل استفاده از تعداد باند کمتر در فرآیند آشکارسازی می‌باشد. اما مساله‌ای که در اینجا وجود دارد مساله زمان مورد نیاز برای انتخاب باند است. طبق جدول ۲،

این زمان برای تابع تناسب ۱ برابر با ۴۵ ثانیه بوده و برای تابع تناسب ۲، ۵۰ ثانیه می‌باشد که دلیل بیشتر بودن مدت اجرا در تابع تناسب ۲، نیاز به شبیه‌سازی ۱۰۰ هدف در تصویر بوده است. در نهایت برای تابع تناسب ۲ نسبت به حالتی که انتخاب باند انجام نشود مدت زمان اجرای آشکارسازی حدود ۵۵ درصد کاهش داشته است در حالی که مدت زمان مجموع انتخاب باند و آشکارسازی حدود ۳ برابر افزایش داشته است. این مقدار افزایش در مدت اجرا در مقایسه با کاهش ۷۵ درصدی تعداد هشدار اشتباه کاملاً قابل قبول به نظر می‌رسد. از طرف دیگر می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف زمان اجرای الگوریتم را نیز بهینه نمود. مقایسه نتایج

پیشنهادهای این است که انتخاب باند با استفاده از آن کاملاً با توجه به آشکارساز انتخاب شده صورت می‌گیرد و بنابراین انتظار می‌رود که بهترین عملکرد ممکن را داشته باشد. در این مقاله ابتدا آشکارساز ACE به صورت محلی معرفی شد و سپس آشکارسازی با استفاده از آن انجام شد. پس از آن انتخاب باند با استفاده از روش پیشنهادی و تعدادی از دیگر روش‌ها انجام شد. پس از انتخاب باند نیز با استفاده از الگوریتم ACE محلی آشکارسازی اجرا گردید. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که اگرچه روش انتخاب باند ارائه شده زمان‌بر است ولی با توجه به کاهش تعداد باند و در نتیجه افزایش سرعت آشکارساز و همچنین کاهش ۷۵ درصدی تعداد هشدار اشتباه، استفاده از روش پیشنهادی از هر جهت باعث بهبود در کارایی آشکارسازی اهداف خواهد شد. همچنین، مقایسه روش پیشنهادی با روش مشابه GA-contrast برتری ۷۰ درصدی روش پیشنهادی را از نظر دقت آشکارسازی نشان داد.

قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از گروه سنجش از دور و تصویربرداری رقومی RIT به دلیل تهیه و در اختیار گذاشتن مجموعه داده Target detection blind test و به طور ویژه از دکتر John P. Kerekes به دلیل در اختیار قرار دادن موقعیت اهداف blind-test کمال تشکر را بنمایند.

تابع تناسب ۱ با روش GA-AUC نشان می‌دهد که هشدار اشتباه هر دو تقریباً یکسان است در صورتیکه زمان اجرای روش تابع تناسب ۱ بسیار کوتاه تر می‌باشد. بنابراین در شرایطی که موقعیت اهداف مشخص باشد استفاده از این روش توصیه می‌گردد. اما در شرایط واقعی که موقعیت اهداف مشخص نیست می‌توان از روش تابع تناسب ۲ یا روش GA-Contrast استفاده نمود که مقایسه آن دو نشان می‌دهد استفاده از روش تابع تناسب ۱ حدود ۷۰ درصد تعداد هشدار اشتباه را کاهش می‌دهد در حالی که زمان اجرای انتخاب باند آن حدود سه برابر می‌باشد. البته زمان آشکارسازی آن به علت انتخاب تعداد باند کمتر حدود نصف روش GA-Contrast می‌باشد. بنابراین در این شرایط نیز استفاده از این روش توصیه می‌گردد.

۴- نتیجه گیری

هدف اصلی این مقاله ارائه‌ی روشی مناسب برای انتخاب باندهای مناسب با توجه به مساله آشکارسازی اهداف در تصاویر فراطیفی بود. بر این اساس روشی جدید در بر اساس الگوریتم ژنتیک و به منظور آشکارسازی اهداف زیرپیکسل معرفی شد. در این روش، یک معیار تناسب جدید جهت استفاده از الگوریتم ژنتیک قرار گرفت. روش پیشنهادی نسبت به روش‌های مشابه قبلی دارای دو مزیت اصلی می‌باشد. مزیت اول اینکه این روش برای تمام آشکارسازها قابل استفاده می‌باشد و محصور به استفاده از تنها یک روش آشکارسازی نمی‌باشد. مزیت دوم روش

مراجع

- [1] D. Manolakis and G. Shaw, "Detection algorithms for hyperspectral imaging applications," Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 19, pp. 29-43, 2002.
- [2] D. Manolakis, D. Marden, and G. Shaw, "Target detection algorithms for hyperspectral imaging application," Lincoln Laboratory Journal, vol. 14, pp. 79-116, 2003.
- [3] N. M. Nasrabadi, "Hyperspectral target detection: An overview of current and future challenges," Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 31, pp. 34-44, 2014.
- [4] D. Manolakis, D. Marden, and G. A. Shaw, "Hyperspectral image processing for automatic target detection applications," Lincoln Laboratory Journal, vol. 14, pp. 79-116, 2003.
- [5] W. H. Farrand and J. C. Harsanyi, "Mapping the distribution of mine tailings in the Coeur d'Alene River Valley, Idaho, through the use of a constrained energy minimization technique," Remote Sensing of Environment, vol. 59, pp. 64-76, 1997.
- [6] S. Kraut, L. L. Scharf, and L. T. McWhorter, "Adaptive subspace detectors," Signal Processing, IEEE Transactions on, vol. 49, pp. 1-16, 2001.

- [7] I. Jolliffe, Principal component analysis: Wiley Online Library, 2002.
- [8] A. A. Green, M. Berman, P. Switzer, and M. D. Craig, "A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 26, pp. 65-74, 1988
- [9] A. Hyvärinen, J. Karhunen, and E. Oja, Independent component analysis vol. 46: John Wiley & Sons, 2004.
- [10] A. Martínez-Usó, F. Pla, J. M. Sotoca, and P. García-Sevilla, "Clustering-based hyperspectral band selection using information measures," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 45, pp. 4158-4171, 2007.
- [11] H. Yang, Q. Du, H. Su, and Y. Sheng, "An efficient method for supervised hyperspectral band selection," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 8, pp. 138-142, 2011.
- [12] Y.-L. Chang, K.-S. Chen, B. Huang, W.-Y. Chang, J. A. Benediktsson, and L. Chang, "A parallel simulated annealing approach to band selection for high-dimensional remote sensing images," *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, vol. 4, pp. 579-590, 2011.
- [13] Y. Maghsoudi, M. J. Valadan Zoej, and M. Collins, "Using class-based feature selection for the classification of hyperspectral data," *International journal of remote sensing*, vol. 32, pp. 4311-4326, 2011.
- [14] S. Li, H. Wu, D. Wan, and J. Zhu, "An effective feature selection method for hyperspectral image classification based on genetic algorithm and support vector machine," *Knowledge-Based Systems*, vol. 24, pp. 40-48, 2011.
- [15] H. Su, H. Yang, Q. Du, and Y. Sheng, "Semisupervised band clustering for dimensionality reduction of hyperspectral imagery," *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, vol. 8, pp. 1135-1139, 2011.
- [16] Y. Yuan, G. Zhu, and Q. Wang, "Hyperspectral Band Selection by Multitask Sparsity Pursuit," 2015.
- [17] S. Le Moan, A. Mansouri, Y. Voisin, and J. Y. Hardeberg, "A constrained band selection method based on information measures for spectral image color visualization," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 49, pp. 5104-5115, 2
- [18] H. Su, Q. Du, and P. Du, "Hyperspectral image visualization using band selection," *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, vol. 7, pp. 2647-2658, 2014.
- [19] Q. Du, "Band selection and its impact on target detection and classification in hyperspectral image analysis," in *Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data*, 2003 IEEE Workshop on, pp. 374-377, 2003.
- [20] C.-I. Chang and S. Wang, "Constrained band selection for hyperspectral imagery," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 44, pp. 1575-1585, 2006.
- [21] M. Greco, N. Acito, G. Corsini, and M. Diani, "Band selection for spectral signature based target detection in hyperspectral data," in *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on*, pp. 3899-3902,
- [22] G. Balasubramanian, V. Shettigara, S. Angeli, and G. Fowler, "Band selection using support vector machines for improving target detection in hyperspectral images," in *Digital Image Computing Techniques and Applications, 9th Biennial Conference of the Australian Pattern Recognition Society on*, 2007, pp. 446-453.
- [23] M. Diani, N. Acito, M. Greco, and G. Corsini, "A new band selection strategy for target detection in hyperspectral images," in *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, pp. 424-431, 2008.
- [24] J. Minet, J. Taboury, F. Goudail, M. Pealat, N. Roux, J. Lonnoy, et al., "Influence of band selection and target estimation error on the performance of the matched filter in hyperspectral imaging," *Applied optics*, vol. 50, pp. 4276-4285, 2011.
- [25] H. Gholizadeh, M. J. V. Zoj, and B. Mojaradi, "Impact of informative band selection on target detection performance," in *SPIE Remote Sensing*, pp. 81801-81807, 2011.
- [26] Y. Wang, S. Huang, D. Liu, and B. Wang, "A new band removed selection method for target detection in hyperspectral image," *Journal of Optics*, vol. 42, pp. 208-213, 2013.
- [27] K. Sun, X. Geng, and L. Ji, "A band selection approach for small target detection based on CEM," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 35, pp. 4589-4600, 2014.
- [28] Y. Cao, J. Zhang, L. Zhuo, C. Wang, and Q. Zhou, "An Unsupervised Band Selection Based on Band Similarity for Hyperspectral Image Target Detection," in *Proceedings of International Conference on Internet Multimedia Computing and Service*, 2014, p. 336.

- [29] K. Sun, X. Geng, and L. Ji, "A New Sparsity-Based Band Selection Method for Target Detection of Hyperspectral Image," 2015.
- [30] Y. Cohen, D. G. Blumberg, and S. R. Rotman, "Subpixel hyperspectral target detection using local spectral and spatial information," *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 6, pp. 063508-1-063508-15, 2012.
- [31] H. Kwon, S. Z. Der, and N. M. Nasrabadi, "Dual-window-based anomaly detection for hyperspectral imagery," in *AeroSense 2003*, pp. 148-158, 2003.
- [32] S. Khazai, S. Homayouni, A. Safari, and B. Mojaradi, "Anomaly detection in hyperspectral images based on an adaptive support vector method," *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, vol. 8, pp. 646-650, 2011.
- [33] Y. Rezaei, M. R. Mobasheri, M. V. Zoj, and M. E. Schaepman, "Endmember extraction using a combination of orthogonal projection and genetic algorithm," *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, vol. 9, pp. 161-165, 2012.