

## شناسایی اهداف با استفاده از تلفیق تصاویر فراطیفی و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا

سامان جواهری ۱، علی اصغر تراهی ۲، سیدمحمد توکلی صبوری ۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵

صفحات: ۷ تا ۲۹

### چکیده

شناسایی، مأموریتی برای کسب اطلاعات در مورد فعالیت ها، منابع، توانمندی ها و موقعیت دشمن است. شناسایی اهداف نظامی می تواند اطلاعاتی پیرامون وضعیت فعالیت ها، استقرار نیروها، آرایش نظامی و بسیاری از اطلاعات گوناگون دیگر از یک محدوده نظامی را در اختیار فرماندهان قرار دهد. در سال های اخیر پیشرفت تکنولوژی در زمینه سنجش از دور امکان تهیه تصاویر مختلف با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا را فراهم نموده است. تلفیق تصاویر فراطیفی و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا می تواند کمک موثری به شناسایی، استخراج و تولید نقشه از عناصر سازنده یک محیط را فراهم نماید. هدف از تحقیق حاضر، شناسایی اهداف نظامی با استفاده از تلفیق تصاویر فراطیفی و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا می باشد. برای این منظور، پنجره ای از تصاویر سنجنده های هایپرین، ALI و OrbView3، انتخاب گردید. در ابتدا نسبت به پیش پردازش داده فراطیفی هایپرین از لحاظ باندهای غیرقابل استفاده، نوارهای بد عمود، تصحیح اتمسفری و تصحیح هندسی اقدام شد. در ادامه تصویر هایپرین در فرایند دو مرحله ای با باندهای پانکروماتیک تصاویر ALI و OrbView3 با استفاده از الگوریتم های Gram schmidt، Pc Spectral و IHS تلفیق شد. نتایج تلفیق نشان داد، روش Gram schmidt بهترین عملکرد را از نظر طیفی و مکانی داشته است. در ادامه تحقیق از تبدیل MNF به منظور کاهش ابعاد تصویر و کاهش نویزها بهره گرفته شد و از الگوریتم PPI خالص ترین پیکسل ها به منظور استخراج پروفیل طیفی با مقایسه با طیف های مرجع به صورت بصری و دقیق به دست آمد. در ادامه از الگوریتم های BANDMAX، نقشه بردار زاویه طیفی و دایورجنس اطلاعات طیفی جهت شناسایی اهداف استفاده شد. نتایج ارزیابی شناسایی اهداف نشان داد که روش BANDMAX با دقت کلی ۸۹.۷۷ و ضریب کاپای ۰.۸۱ نسبت به دو الگوریتم دیگر عملکرد بهتری داشته است.

واژگان کلیدی: تصاویر فراطیفی، تلفیق تصاویر، شناسایی اهداف، تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالا

۱- کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران

۲- استادیار رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران

۳- استادیار رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران

## مقدمه

نسبت به تصاویر چندطیفی یا پانکروماتیک برخوردار می باشند. بنابراین تلفیق تصویر فراطیفی با تصاویر چندطیفی یا پانکروماتیک میتواند مضمون اطلاعات را بهبود بخشد (صادقی چهارده، ۱۳۹۲). از این جهت در بیشتر مواقع، لازم است تا به منظور یک کاربرد خاص و یا پایش پدیده های گوناگون، اطلاعات و داده های سنجنده های مختلف را به منظور استفاده از مزیت های تمامی آن ها مورد استفاده قرار داد. به عبارتی دیگر، داده ها و تصاویر اخذ شده توسط سنجنده های مختلف با یکدیگر به نحوی تلفیق شوند و داده و یا تصاویر جدید، دارای خصوصیات و ویژگیهای تمامی تصاویر و یا داده های اولیه باشد. به این نحو از تلفیق تصاویر (داده) به اصطلاح ادغام (Fusion) می گویند (علی رخس ماهپور و روزبه شاد، ۱۳۹۴). به طور طبیعی، برای ترکیب کردن دو نوع مختلف از فرمولاسیون و به دست آوردن یک تصویر جدید با هر دو مشخصات اطلاعات ایده آل طیفی و مکانی یک کار مهم و مفید است (Zhenyu And Zhenwei, ۲۰۱۴). قدرت تفکیک طیفی بالا می تواند باعث تمایز بین سطوح مختلف زمین را به وسیله ترکیبات مواد متفاوت با مشخصه طیفی شود (Kousha And Ghassemian, ۲۰۱۱). تکنیک های موجود در تلفیق تصاویر اساسا در سه سطح پردازش صورت می گیرند: تلفیق در سطح پیکسل: در تلفیق در سطح پیکسل محاسبات مستقیماً روی پیکسل ها صورت می گیرد. خروجی این فرایند تصویری است که برای اهداف انسان یا ماشین به کار می رود و در مراحل بعدی تلفیق در تصویر یعنی تلفیق در سطح ویژگی و تصمیم و همچنین پردازش تصویر همانند بخش بندی تصویر و استخراج ویژگی و شناسایی اشیاء می تواند مفید و

سنجش از دور می تواند تحت عنوان هنر بدست آوردن اطلاعات فیزیکی (تشخیص، مشاهده، شناخت) بدون تماس مستقیم با شیء با استفاده از سنسور تعریف شود. واژه سنجش از دور اولین بار در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۵۰ توسط آقای Evelyn Pruitt از اداره تحقیقات نیروی دریایی آمریکا به کار رفت. هدف از سنجش از راه دور استخراج اطلاعات در مورد ساختار و محتوای سطح زمین، به وسیله پایش و تفسیر اندازه گیری های طیفی بدست آمده از یک مکان دور می باشد (Ghassemian, ۲۰۱۶). در این میان سنجش از راه دوری فراطیفی یک تکنولوژی جدید سنجش از دوری است، که ترکیبی از قدرت تفکیک طیفی بالا و تصویر فضایی دو بعدی می باشد. تصاویر فراطیفی توسط سیستم های تصویربرداری طیفی اخذ می شود و برخلاف تصاویر رنگی و چندطیفی که تنها به تصویربرداری در چند باند محدود می پردازند، در سیستم تصویربرداری فراطیفی، صدها تصویر هم مرجع شده در هر لحظه عکسبرداری تولید و ذخیره می شود. داده های فراطیفی به طور گسترده ای برای صحت طبقه بندی های زمینی و شناسایی اهداف مورد استفاده قرار میگیرند (Da And LI, ۲۰۱۸). وجود تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا منجر به افزایش کاربرد سنجش از دور در زمینه های مختلف شده است، با استفاده از این داده ها می توان نواحی خاصی را مورد بررسی قرار داده و برخی عوامل مورد نیاز را پیش بینی کرد و در نهایت قادر به تولید نقشه هایی با جزئیات بیشتر و به روز خواهیم بود (زلیکانی، ۱۳۹۲). تصاویر فراطیفی با وجود اطلاعات طیفی فراوان از قدرت تفکیک مکانی کمتری

تصویر فیوژن شده را نشان می دهد. نتایج تحقیق نشان داد که تصویر فیوژن شده مادیس ضمن حفظ قدرت تفکیک طیفی خود قدرت مکانی نیز بهبود یافته است. Kheirkhah Zarkesh و همکارانش در سال ۲۰۱۷ به تلفیق تصاویر لندست ۸ و اسپات پرداختند. آن ها از شش الگوریتم IHS<sup>۱</sup>، HPF<sup>۱</sup>، Multiplication<sup>۲</sup>، Brovey<sup>۳</sup> و SFIM<sup>۴</sup> PCA در سطح پیکسل استفاده کردند. در ادامه برای ارزیابی کیفیت تلفیق تصاویر از شاخص های mean, standard deviation, average gradient, correlation, information entropy و coefficient استفاده کردند. نتایج تلفیق نشان داد که دو الگوریتم Brovey و SFIM در حفظ اطلاعات طیفی بهترین و الگوریتم PCA بدترین عملکرد را داشته اند. هارونی و کریمی در سال ۱۳۹۳ در تحقیقی به تلفیق تصاویر ماهواره لندست پرداختند که برای ارزیابی نتایج کمی تلفیق از شاخص های Correlation Coefficient، نسبت پیک سگنال به نویز PANR، انترپی، میانگین گرادیان و فرکانس مکانی<sup>۳</sup> استفاده کردند. آن ها اظهار داشتند که، روش های مبتنی بر تبدیل موجک گسسته<sup>۴</sup> و روش های مبتنی بر تبدیل پرده، رنگ، اشباع Intensity Hue Saturation بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند. یک روش جدید ادغام تصویر مبتنی بر ترکیب روش های HIS و DWT ارائه گردید که معایبی همچون اعوجاج رنگی در روش مبتنی بر HIS و عدم پیوستگی مکانی در ویژگی های خطی در روش مبتنی بر DWT را برطرف کرده است و

سودمند باشد (مهتابی گوجگی و همکاران، ۱۳۹۴). تلفیق در سطح عارضه: در این سطح از تلفیق ابتدا اهداف مورد نظر در منابع داده با استفاده از روشهای قطعه بندی استخراج می شوند. سپس با استفاده از خصوصیتی که خاص عوارض معین هستند از قبیل شکل و همسایگی اهداف مشابه از چند منبع تعیین شده و در نهایت با استفاده از روشهای آماری یا شبکه های عصبی تلفیق انجام میگردد (صادقی چهارده، ۱۳۹۲). تلفیق در سطح تصمیم گیری: در این سطح از تلفیق تصاویر ورودی به صورت جداگانه پردازش شده و اطلاعات استخراج می شوند. سپس از قواعد تصمیم گیری جهت ترکیب این اطلاعات و دستیابی به تفسیر مشترک از عوارض مشاهده شده استفاده می شود (Vaibhav et al, ۲۰۱۵). از جمله تحقیقاتی که در زمینه تلفیق تصاویر: Pande و همکارانش در سال ۲۰۰۹ تلفیق تصاویر هایپریون و چندطیفی IKONOS را با استفاده از سه الگوریتم تبدیل نرمالایز رنگی، PCI و گرام اشمیت بررسی نمودند. Gomez و همکارانش در سال ۲۰۰۱ از موجک جهت تلفیق تصویر فراطیفی و چندطیفی شبیه سازی شده استفاده نمودند. تلفیق تصویر بین دو سطح طیفی تصویر فراطیفی و یکی از باندهای تصویر چندطیفی انجام گردید. Francis و همکاران (۲۰۰۳) به تلفیق تصاویر مادیس با تصویر موزایک لند کاور لندست TM برای نظارت و پایش زمین های کشاورزی منطقه Krishna در مقیاس جهانی پرداختند. آن ها از روش های HSI و PCA برای تلفیق تصاویر استفاده کردند، سپس با استفاده از مقایسه، طبقه بندی تصویر تلفیق شده و تصویر طبقه بندی شده همان منطقه از بازه زمانی پیشین به اعتبار سنجی روش تلفیق پرداختند، که صحت طبقه بندی

<sup>۱</sup> - High Pass Frequency

<sup>۲</sup> - Smoothing Filter-based Intensity Modulation

<sup>۳</sup> - Average Gradient

<sup>۴</sup> - Discrete Wavelet Transform

کارگیری الگوریتم های آشکارسازی در آن ها می تواند امکان شناسایی مواد مورد نظر بر روی زمین را از راه دور فراهم کند (Shaw and Burke, 2003). معمولاً از طریق تصویربرداری فراطیفی در سکوه های زمینی یا آزمایشگاهی، امضای طیفی<sup>۲</sup> مواد و اهداف، ثبت و در کتابخانه های طیفی ذخیره می شوند تا با برآورد میزان همسانی یا شباهت بازتاب طیفی اشیاء مختلف در تصاویر فراطیفی هوایی با امضاهای موجود در کتاب خانه طیفی، امکان شناسایی اهداف بر روی آن تصاویر میسر گردد (خزایی و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله تحقیقات در زمینه شناسایی اهداف: Yuksel و Karakaya (2016) در تحقیقی تحت عنوان "تلفیق الگوریتم های شناسایی اهداف در تصاویر فراطیفی" به مقایسه و تلفیق الگوریتم های شناسایی اهداف زیر پیکسلی، GLRT, ACE, SACE, HUD و CEM, MF, AMSD, OSP الگوریتم آنامولی RX, Maxmin و Diffdet پرداختند. آن ها از تصاویر HyMap منطقه Chooke City آمریکا به عنوان منطقه مطالعه استفاده کردند. سپس از تصویر HyMap منطقه نه قسمت تعلیمی به صورت آزاد انتخاب کردند، از روش های تلفیق hybrid fusion و MFF<sup>۳</sup> برای ترکیب الگوریتم های زیرپیکسلی بهره گرفتند. سپس از منحنی ROC برای ارزیابی نتایج استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که، SACE, CEM, AMSD, بهترین عملکرد را داشتند. Geng و همکارانش (2016) در تحقیقی تحت عنوان "بررسی الگوریتم Clever eye<sup>۴</sup> برای شناسایی اهداف در تصاویر سنجش از دوری" به مقایسه الگوریتم

کیفیت ظاهری تصویر را هم نسبت به روش های ذکر شده بهبود بهتری داد.

بررسی، شناسایی و آشکارسازی اهداف و طبقه بندی مناطق شهری و غیر شهری، یک امر دشوار است. یک منطقه شهری، چه از نظر هندسی و چه از نظر فیزیکی، یک عارضه پیچیده و پویا به شمار می رود. بر اساس این دو جنبه مدل سازی این عارضه برای کاربردهای گوناگون تهیه نقشه، نیاز به اطلاعات دقیق از هر دو بعد طیفی و مکانی دارد. (زلیکانی، ۱۳۹۲). در مبحث آشکارسازی اهداف، "هدف" به پیکسل هایی "نادر" در تصویر اطلاق می شود که دارای طیف مورد نظر می باشد و موقعیت آن باید مشخص گردد (مسجدی و خزایی، ۱۳۹۴). روش های آشکارسازی اهداف بر مبنای در اختیار داشتن یا نداشتن اطلاعات، بویژه امضا طیفی، از اهداف به دو دسته نظارت شده و نظارت نشده تقسیم می شوند. آشکارسازی اهداف زیر پیکسل که در آنها هدف مورد نظر تنها بخشی از سطح پیکسل را می پوشاند، یکی از مهم ترین چالش های کاربرد تصاویر ابرطیفی است. چرا که در پیکسل مورد نظر، طیف این اهداف با پدیده های مجاور دیگر ترکیب می شوند و تنها در حد بسیار کمی از پس طیف زمینه تصویر منحرف می شوند (شریفی هاشجین و همکاران، ۱۳۹۵). شناسایی اهداف<sup>۱</sup> یکی از وظایف اصلی آنالیز تصاویر فراطیفی می باشد. هر ماده موجود در صحنه تصویر به دلیل داشتن ترکیب و ساختار مولکولی مخصوص به خود، اثر طیفی منحصر به فردی از خود نشان می دهد. این مطلب اساس کار شناسایی و آشکارسازی مواد مختلف از طریق فن آوری سنجش از دور می باشد. بنابراین استفاده از تصاویر ابرطیفی وبه

<sup>۲</sup> - Spectral Signatures

<sup>۳</sup> - matched filter fusion

<sup>۴</sup> - دید عالی

<sup>۱</sup> - Target detection

معیار دقیق و پذیرفته شده ای برای ارزیابی است، استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم CRX بهترین نتیجه را برای آشکارسازی ناهنجاری در بردارد. در سال ۲۰۰۳ تحقیقی توسط مانلاکیس، ماردن و شاو با عنوان پردازش تصاویر فراطیفی برای آشکارسازی اتوماتیک هدف انجام گرفت، در این تحقیق مولفین پس از بیان قابلیت های تصاویر فراطیفی، به معرفی بعضی از الگوریتم های آشکارسازی طیفی در سطح پیکسل و زیرپیکسل پرداختند. آن ها در این تحقیق از دو سری داده استفاده کردند، یک سری از داده ها مربوط به سنجنده HYDISCE بوده که برای ارزیابی کلیه الگوریتم ها مورد استفاده قرار گرفت، داده دیگری مربوط به سنجنده Hyperion می باشد که از آن برای پیاده سازی الگوریتم های زیر پیکسلی استفاده شد، در این تحقیق برای ارزیابی خروجی الگوریتم ها نیز از منحنی های ROC استفاده گردید.

### مواد و روش ها

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه معروف به دوکوهه نام منطقه و پادگانی است، در ۴ کیلومتری شمال غربی شهر اندیمشک و ۱۶۰ کیلومتری شهر اهواز در استان خوزستان و در مجاورت جاده اندیمشک به خرمآباد و شهرک دوکوهه در شرق جاده و پادگان دوکوهه در غرب جاده واقع شده است. این پادگان با حواشی آن ۱۵ کیلومتر مربع می باشد که وسعت بخش اصلی آن کمتر از پنج کیلومتر مربع است. بخش اصلی پادگان که شامل ساختمان های گردان ها، ساختمان های اداری، دژبانی و انبار و ادوات و همچنین زمین

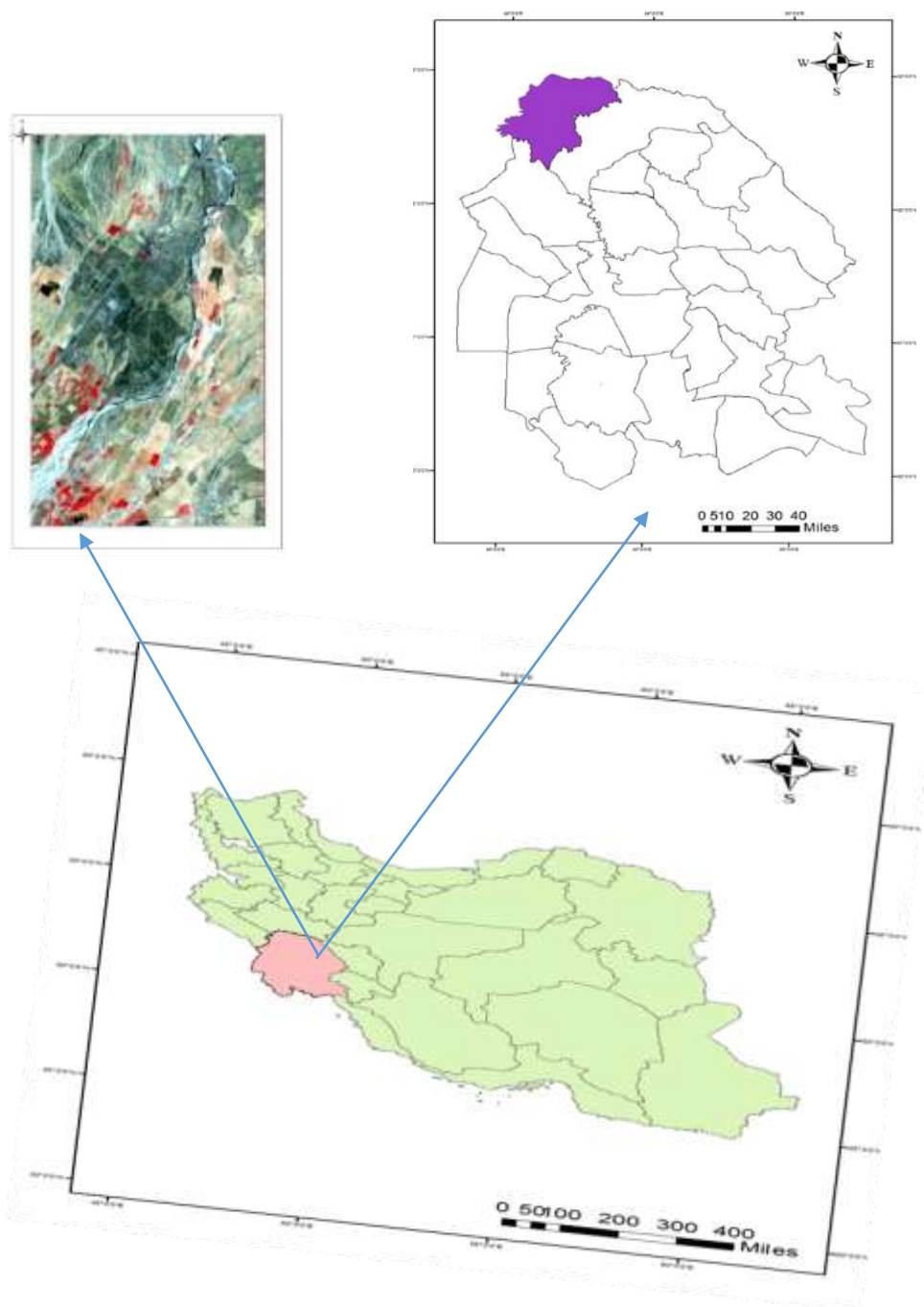
پیشنهادی خود نسبت به دو الگوریتم CEM<sup>۱</sup> و MF<sup>۲</sup> پرداختند. اهداف مورد بررسی این تحقیق شامل دو قسمت آب راکد در تصویر بود که با استفاده از امضای طیفی موجود در کتاب خانه طیفی به شناسایی آن پرداختند، سپس با استفاده از منحنی ROC به ارزیابی نتایج رسیدند. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم پیشنهادی Clever eye نسبت به دو الگوریتم دیگر انرژی بیشتری را به عنوان کمینه محاسبه کرده و به راحتی جهت و حرکت هدف مورد نظر را شناسایی کرده و خروجی بهتری نسبت به دو الگوریتم دیگر را دارد. Cisz and Schott (۲۰۰۵) به مقایسه سه الگوریتم شناسایی اهداف SAM، ACE و CEM پرداختند. آن ها از داده های تصویر سنجنده HYDICE با ۲۱۰ باند طیفی، شامل محدوده طیفی ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر در سه ارتفاع ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ فوتی به شناسایی سه کاربری درخت، جاده و گیاه پرداختند. برای ارزیابی نتایج شناسایی اهداف مورد نظر از منحنی ROC و مساحت زیر منحنی بهره گرفتند. نتایج نشان داد الگوریتم ACE بهترین عملکرد را داشته است. انصاری نیا و همکارانش (۱۳۹۳) به بررسی الگوریتم های تشخیص ناهنجاری از جمله: RX، NRX، MRX، CRX، LPDT، UTD، RX-UTD، MaxMin و SBAD پرداختند. در این مقاله، برای آنالیز الگوریتم ها، از داده تصویری فراطیفی که به کمک سنجنده AVIRIS از منطقه کالیفرنیا آمریکا اخذ شده، استفاده شد. برای ارزیابی نتایج از منحنی ROC و برای ارزیابی دقیق با استفاده از این منحنی، از مساحت زیر منحنی ROC یا AUC که

<sup>۱</sup> - constrained energy minimization

<sup>۲</sup> - matched filter

و ۱۸ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۶ ثانیه عرض شمالی می باشد.

صبحگاه است، در کنار جاده و ایستگاه راه آهن موقت دوکوهه قرار دارد. موقعیت جغرافیایی آن ۴۸ درجه



شکل ۱- موقعیت شماتیک منطقه مورد مطالعه

اتمسفر می باشد. به منظور بازیابی بازتابندگی و بررسی خصوصیات بازتابندگی سطح، مؤلفه های اتمسفری باید کاهش یا حذف شوند. این همان تصحیح اتمسفری<sup>۶</sup> است که روی داده های هایپریون اعمال می شود (Hadjit et al, ۲۰۱۳). تصحیح اتمسفری تصویر هایپریون در نرم افزار ENVI با استفاده از ماژول FLAASH<sup>۷</sup> انجام شد. یکی از گام های اصلی در فرآیند تلفیق، تطابق دو مجموعه داده است، که در نتیجه نهایی تلفیق تأثیرگذار می باشد. تصحیح هندسی، به معنی جابه جا کردن موقعیت پیکسلهای تصویر است تا آنها نسبت به هم در موقعیت مناسبی قرار گیرند و تصویر با زمین منطبق گردد. در نهایت باید یک سیستم مختصات زمینی به تصویر تصحیح شده اعمال شود (Dave et al, ۲۰۱۵). در این تحقیق ابتدا تصویر هایپریون و تصویر ALI با استفاد از عملیات نمونه برداری مجدد به روش نزدیکترین همسایه<sup>۸</sup> با ۳۱ نقطه کنترل به صورت پیکسل هایی با انداز ۱۰\*۱۰ متر تبدیل شد. عملیات زمین مرجع کردن این دو مجموعه داده با خطای RMSE ۰.۴۳۹ انجام گردید. در قسمت دوم تلفیق تصویر هایپریون با تصویر OrbView با استفاد از عملیات نمونه برداری مجدد به روش نزدیکترین همسایه با ۱۷ نقطه کنترل به صورت پیکسل هایی با انداز ۱.۵\*۱.۵ متر تبدیل شد. عملیات زمین مرجع کردن این دو مجموعه داده با خطای RMSE ۰.۵۲۵ انجام گردید. یکی از فرایندهایی که بعد از تصحیح هندسی انجام می شود عملیات نمونه برداری مجدد روی تصویر می باشد. در

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل تصویر فراطیفی سنجنده هایپریون<sup>۱</sup> از سری ماهواره EO-۱<sup>۲</sup> مربوط به ژوئن سال ۲۰۰۳ با ۲۴۲ باند طیفی و قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و سطح ۱R Level، تصویر مربوط به سنجنده ALI<sup>۳</sup> از سری ماهواره EO-۱ مربوط به تاریخ ژوئن سال ۲۰۰۳ با ۱۰ باند طیفی که باند یک آن باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و سطح ۱Gst LEVEL ژئورفرنس شده و تصویر مربوط به سنجنده OrbView<sup>۳</sup> در تاریخ ۲۰۰۳ با ۵ باند طیفی که باند ۵ آن باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر است از سایت usgs اخذ گردید.

### پیش پردازش تصاویر ماهواره ای

از جمله پیش پردازش های لازم داده هایپریون شامل : حذف باند های غیر قابل استفاده، حذف نوارهای بد قائم در تصویر، تصحیح اتمسفری داده هایپریون، تصحیح اتمسفری داد های ALI و OrbView، تصحیح هندسی<sup>۴</sup> تصویر هایپریون با باند پانکروماتیک تصویر ALI و OrbView و عملیات نمونه برداری مجدد<sup>۵</sup> روی تصویر تصحیح شده هندسی می باشد. اشعه خورشیدی منعکس شده از سطح زمین قبل از رسیدن به سنجنده در مسیرش بایستی از لایه میانی اتمسفر عبور کند، که در این میان بخار آب، ذرات معلق و دیگر گازهای موجود در جو زمین، میزان انرژی منعکس شده از پدید های سطح زمین را تحت تأثیر قرار می دهند. از این رو، اطلاعات بدست آمده بیان کننده ی ویژگیهای سطح زمین و همچنین

<sup>۱</sup> - Hyperion Sensor

<sup>۲</sup> - Earth Observation-۱

<sup>۳</sup> - Advanced Land Imager

<sup>۴</sup> -geometric correction

<sup>۵</sup> -resampling

<sup>۶</sup> -Atmospheric correction

Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral

<sup>۷</sup> - Hypercubes

<sup>۸</sup> -Nearest neighbor

این تبدیل نسبت به روش IHS اینست که محدودیت تعداد باند وجود ندارد و همه باندهای تصویر فراطیفی در تبدیل شرکت داده می شوند (Bhiwan And Vaibhav, ۲۰۱۵). روش اعمال این تبدیل به صورت :

- شبیه سازی باند پانکروماتیک از مجموعه داده باندهای تصویر فراطیفی و چند طیفی.
- اعمال تبدیل گرام اشمیت روی باند شبیه سازی شده ی پانکروماتیک و باندهای طیفی، با استفاده از باند پانکروماتیک شبیه سازی شده بعنوان باند اول.
- جایگزینی باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا توسط اولین باند تبدیل گرام اشمیت.
- اعمال تبدیل معکوس روش گرام اشمیت روی باندهای با قدرت تفکیک مکانی بالا

### الگوریتم Pc Spectral Sharpening

تبدیل Pc یک تکنیک آماری است که، تعدادی از متغیرهای وابسته را به متغیرهای ناهمبسته خطی که ترکیبی از متغیرهای اولیه می باشد تبدیل می کند. هدف اصلی این تبدیل در درجه اول کاهش ابعاد داده ها و در درجه دوم حفظ تغییرات اعمال شده در ادامه پردازش می باشد. در این تبدیل مولفه اصلی بیشترین تغییر را داشته و با باند پانکروماتیک انطباق زیادی خواهد داشت. روش کار بدین صورت خواهد بود که، باند پانکروماتیک جایگزین اولین مولفه اصلی Pc شده در ادامه تبدیل معکوس Pc اعمال شده و در نهایت اندازه پیکسل تصویر چند طیفی یا فراطیفی با تصویر پانکروماتیک به وسیله یکی از روش های نمونه

فرآیند نمونه برداری مجدد، عملیات درون یابی و نمونه برداری با یکدیگر ترکیب می شوند و بنابراین تصویر فقط برای آن دسته از پیکسل هایی که نیاز به پیش بینی دارند، درون یابی می شود. در تصحیح هندسی اندازه پیکسل نیز تغییر می کند ولی برای اطمینان بیشتر تصویر را به یکی از روش های نمونه برداری مجدد دوباره از لحاظ پیکسل سائز بررسی می کنند (Studley & Weber, ۲۰۱۰). در این جا تصاویر تصحیح هندسی شده هر دو مرحله تصحیح هندسی باندهای پیکسل ۱۰ متر و ۱.۵ متر دوباره بر اساس روش نزدیک ترین همسایه نمونه برداری مجدد شدند. بعد از اینکه مراحل پیش پردازش تصاویر هایپرپون ، ALI و OrbView<sup>۳</sup> به اتمام رسید عملیات تلفیق تصاویر شروع می شود. با توجه به اینکه هدف نهایی تلفیق در این تحقیق رسیدن قدرت تفکیک مکانی یا پیکسل سائز به اندازه ۱.۵\*۱.۵ متر می باشد، و براساس اینکه رسیدن پیکسل سائز هایپرپون از ۳۰ متر به ۱.۵ متر باعث اعوجاج طیفی و عدم انطباق پیکسل های دو تصویر می شود، فرایند تلفیق دو مرحله ای خواهد شد. در مرحله اول تصویر هایپرپون و ALI تلفیق شده تا پیکسل سائز آن ۱۰\*۱۰ متر شده و سپس در مرحله دوم، با باند پانکروماتیک تصویر OrbView<sup>۳</sup> تلفیق خواهد شد.

### تلفیق تصاویر

#### الگوریتم گرام اشمیت<sup>۱</sup>

روش گرام اشمیت یک روش متعامد از روش های قدرتمند pan sharpening بوده که مجموعه ای از متغیرهای ناهمبسته و متعامد را از یک مجموعه متغیرهای همبسته و متعامد تولید می کند. ارجحیت

<sup>۱</sup>-Gram scmidt sharpening

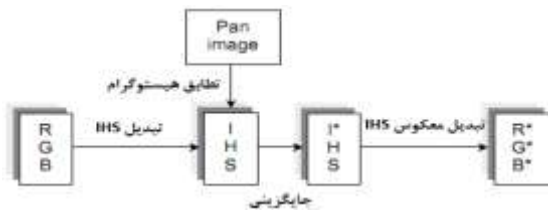


در این معادله ها  $V_1$  و  $V_2$  متغیرهای وابسته بین دو فضا هستند.

حالت دوم بازگشت از فضای IHS به فضای RGB :

معادله ۴ :

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} \\ \frac{11}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$



شکل ۲- فرایند تلفیق IHS

این بخش به ارزیابی سه الگوریتم؛ Pc Spectral Sharpening، IHS و گرام اشمیت در تلفیق تصویر فراطیفی هایپریون و باند پانکروماتیک تصویر ALI با قدرت تفکیک مکانی بالا می پردازد.

برداری مجدد هم مقیاس می شوند (Klonus And Ehlers, ۲۰۰۹)

### الگوریتم IHS<sup>۱</sup>

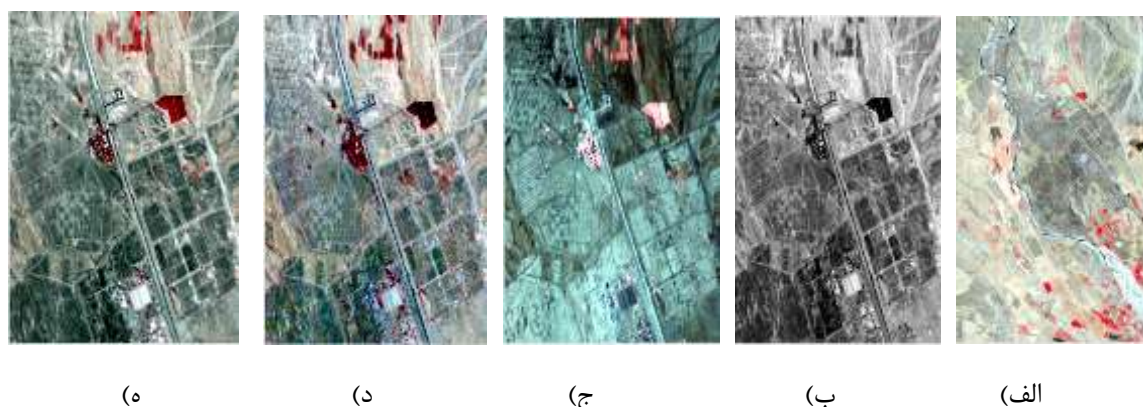
یکی از تکنیک های کلاسیک تلفیق تصاویر تبدیل IHS می باشد، این تبدیل یک روش تلفیق تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک طیفی بالا و تصاویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا در سنجش از دور است. در این تبدیل سه باند اصلی تصویر سنجنده چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی پایین به فضای IHS تبدیل می شوند که، در این تبدیل مولفه I شدت روشنایی، مولفه H میزان رنگ متناسب با طول موج روشنایی و S اشباع میزان خلوص رنگ است. در این تبدیل I (متوسط مکانی متناظر با ناهمواری های سطح زمین) و H و S (اطلاعات طیفی بازتاب) تصویر RGB از هم دیگر جدا می شوند و اطلاعات مکانی با تفکیک بالا، به جای اطلاعات مکانی I جایگزین می شود. لازم به ذکر است که پیش تر اجزای H و S با دقت مکانی PAN از نظر نمونه برداری یکسان می شوند و متعاقباً عملیات تبدیل عکس انجام می شود (Gharbia et al, ۲۰۱۰).

حالت اول تبدیل از فضای RGB به فضای IHS :

$$\begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} \\ \frac{11}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad \text{معادله ۱}$$

$$\text{معادله ۲: } H = \tan^{-1} \frac{V_1}{V_2} \quad \text{معادله ۳: } S = \sqrt{(V_1 + V_2)^2}$$

<sup>۱</sup> - intensity-hue-saturation transform



شکل ۳- تصاویر حاصل از تلفیق تصویر هایپریون و تصویر ALI، (الف) تصویر هایپریون، (ب) تصویر پانکروماتیک ALI، (ج) تصویر حاصل از الگوریتم PC، (د) تصویر حاصل از الگوریتم IHS، (ه) تصویر حاصل از الگوریتم گرام اشمیت

بعضی از اطلاعات طیفی و مکانی از دست می رود، بنابراین تصویر تلفیق شده باید با تصاویر اولیه مقایسه گردد (Darvishi et al, ۲۰۰۵). به منظور ارزیابی دقیق تر و کمی کیفیت تصویر تلفیق شده هایپریون با تصویر باند پانکروماتیک ALI، از روش های بایاس (BIAS)، ERGAS، Correlation Coefficient، RMSE و Q استفاده گردید. جدول زیر نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت تلفیق داده هایپریون با باند پانکروماتیک ALI، را نشان می دهد.

همان گونه در شکل ۳، مشاهده می گردد، تصاویر تلفیق شده هایپریون با باند پانکروماتیک ALI حاصل از هر سه الگوریتم PC، IHS و Gs به لحاظ بصری کیفیت بالایی دارند و اعوجاج و پاشیدگی رنگی و جابجایی عوارض در تصاویر حاصل از تلفیق مشاهده نمی گردد. بنابراین از لحاظ بصری تصاویر تلفیق شده کیفیت بالایی رو نشان می دهند. ارزیابی کیفیت تصویر در بسیاری از کاربردهای سنجش از دور که نیازمند هر دو قدرت تفکیک مکانی و طیفی است از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در حین تلفیق

جدول ۱- نتایج ارزیابی کیفیت داده های تلفیق شده Hyperion+ALI

شاخص	Pc spectral	IHS	گرام اشمیت
بایاس (Bias)	۰.۳۲	۰.۲۹	۰.۲۲
ERGAS	۷.۴۶	۸.۴۴	۵.۱۲
CC	۰.۸۵۲	۰.۹۲۳	۰.۸۹۲
RMSE	۲.۳۲۱	۳.۱۵۶	۱.۴۲۸
Q	۰.۸۹۱	۰.۹۳۲	۰.۹۱۵

دیگر از صحت بالاتری برخوردار بوده و برای پردازش های بعدی (مرحله دوم تلفیق) مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این مرحله تصویر هایپریون (خروجی الگوریتم گرام اشمیت) تلفیق شده مرحله قبل که

بنابراین با توجه به خروجی شاخص ها، نتیجه حاصل از تلفیق تصویر هایپریون با تصویر باند پانکروماتیک ALI، صحت بالایی دارد. از بین سه تاگوریتم اعمال شده، الگوریتم گرام اشمیت نسبت به دو الگوریتم

تلفیق شد. به دلیل محدودیت تعداد باند در این مرحله از روش IHS صرف نظر شد.

دارای پیکسل سایز  $10 \times 10$  متر بود با تصویر پانکروماتیک OrbView<sup>3</sup> با پیکسل سایز یک متر



(د)

(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۴- تصاویر حاصل از تلفیق تصویر هایپریون و تصویر OrbView<sup>3</sup> (الف) تصویر هایپریون، (ب) تصویر پانکروماتیک OrbView<sup>3</sup> ، (ج) تصویر حاصل از الگوریتم Pc ، (د) تصویر حاصل از الگوریتم Gram schmidt

اختلاف زمانی تصویر هایپریون با تصویر OrbView<sup>3</sup> از کیفیت تصاویر تلفیق شده تا حدودی کاسته شده است.

همان گونه در شکل (۴) مشاهده می گردد، تصاویر تلفیق شده هایپریون با باند پانکروماتیک OrbView<sup>3</sup> حاصل از هر دو الگوریتم Pc و Gs به لحاظ بصری کیفیت نسبتا خوبی دارند. به دلیل

جدول ۲- نتایج ارزیابی کیفیت داده های تلفیق شده Hyperion+OrbView

شاخص	Pc spectral	گرام اشمیت
بایاس (Bias)	۰.۶۳	۰.۴۴
ERGAS	۸.۶۸	۶.۷۸
CC	۰.۷۶۴	۰.۷۸۶
RMSE	۳.۳۸۴	۲.۱۴۹
Q	۰.۹۲۲	۰.۹۱۵

پردازش های بعدی (شناسایی اهداف) مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

شناسایی اهداف

کاهش ابعاد داده در تصاویر فراطیفی

بنابراین با توجه به خروجی شاخص ها، نتیجه حاصل از تلفیق تصویر هایپریون با تصویر باند پانکروماتیک OrbView<sup>3</sup>، صحت بالایی دارد. از بین سه تاگوریتم اعمال شده، الگوریتم گرام اشمیت نسبت به دو الگوریتم دیگر از صحت بالاتری برخوردار بوده و برای

### الگوریتم اندیس خلوص پیکسلی (PPI)<sup>۲</sup>

از روش های استخراج اعضای خالص است که توسط بوردمن<sup>۳</sup> برای جست وجوی پیکسل های خالص تصویر ارائه شده است. در هر بار تصویر کردن پیکسل های نهایی، پیکسل هایی که در انتهای بردارهای واحد قرار می گیرند، شمرده می شوند. در نهایت تصویر پیکسل خالص ایجاد می شود که در آن مقدار هر پیکسل متناظر با تعداد دفعاتی است که به عنوان پیکسل نهایی شمرده شده است (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۵). این الگوریتم بر روی نتایج تبدیل MNF اجرا می شود، البته در شرایطی که باندهای شامل نویز و بدون اطلاعات از تصویر حذف شده باشند. هرچه تعداد دفعات تکرار الگوریتم بیشتر باشد امکان پیدا کردن پیکسل های خالص تر بیشتر است. پیکسل هایی که دارای مقادیر بالایی هستند از نظر طیفی خالص تر هستند.

هدف از این کار شناسایی منحنی های طیفی مربوط به اهداف مورد نظر و همچنین انتخاب نمونه های آزمایشی برای ارزیابی نتایج شناسایی اهداف در تصویر می باشد. شکل (۵) تصویر PPI حاصل از تبدیل MNF را نشان می دهد.

اگرچه تصاویر فراطیفی اطلاعات فراوانی را پیرامون طیف فراهم می نمایند اساسا ابعاد زیاد آنها حجم بالایی از محاسبات را به کاربر تحمیل می نماید. بنابراین یک گام مهم در پردازش داده فراطیفی کاهش افزونگی اطلاعات طیفی و مکانی بدون از دست دادن جزئیات با ارزش می باشد (Shraddha and Kamlapur, 2014). این هم پوشانی منجر به ایجاد اثرات نامطلوبی از قبیل افزونگی داده و افزایش هزینه پردازش می شود و نیز موجب می گردد تا مجموعه داده حاوی اطلاعات و نویز باشد که میزان نویز در تصاویر فراطیفی نسبتا بالاتر است. هدف از کاهش ابعاد شناسایی زیر مجموعه ای از باندهای تصویر می باشد به گونه ای که شامل بیشترین اطلاعات تصویر از میان باندهای موجود باشند (Junying a & Ning, 2008).

### تبدیل کمترین کسر نویز (MNF)

تبدیل MNF<sup>۱</sup> توسط آقای گرین و همکاران در سال ۱۹۹۸ معرفی گردید. تبدیل MNF از داد ها یک تبدیل خطی ارائه میدهد به طوریکه مقادیر نویز داده ها در تبدیل های اولیه کمتر و رفته رفته مقدار نویز افزایش می یابد. لذا این تبدیل به صورت گسترده در پردازش های سنجش از دوری به عنوان یک روش کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار می گیرد. با استفاده از تبدیل MNF می توان فضای داده ها را به دو بخش تقسیم نمود: بخش اول که شامل مقادیر زیاد و منسجم eigenvalue ها هستند و بخش دو شامل eigenvalue های غیر منسجم و نویز است (Yokoya and Akira, 2013).

<sup>۲</sup> - Pixel purity index

<sup>۳</sup> - Boardman

<sup>۱</sup> - minimum noise fraction



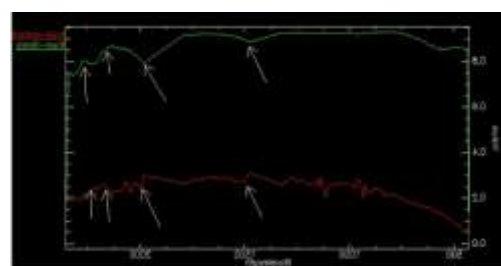
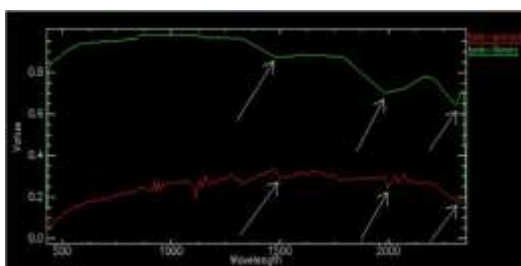
شکل ۵ - تصویر PPI حاصل از تبدیل MNF

مربوط به عناصر خالص با کتابخانه طیفی مقایسه شد. از این عناصر خالص طیف های مربوط به اهداف نظامی (تانک و کامیون نظامی) مشخص شدند و در نهایت طیف این اهداف از تصویر استخراج شد.

طیف های مرجع مربوط به تانک و کامیون نظامی به وسیله طیف سنج ASD از منطقه برداشت گردید. شکل (۶) طیف های نهایی استخراج شده و همچنین طیف متناظر آن (طیف مرجع کتابخانه ای) نشان داده شده است.

پیکسل هایی در تصویر که به رنگ سفید هستند، پیکسل خالص بود و از روی آنها منحنی طیفی و نمونه های آزمایشی به منظور ورودی به ارزیابی نتایج شناسایی اهداف برداشت می شود. پیکسل های بارنگ سیاه، پیکسل هایی هستند که خالص نبوده و در برداشت نمونه ها استفاده نمی شوند.

پیکسل های خالص شناسایی شده توسط الگوریتم PPI از طریق Band Threshold to ROI به محیط ویژگی یا n-D Visuaizer معرفی شدند. در نهایت پیکسل های نهایی حاصل از الگوریتم PPI



## (الف)

شکل ۶- طیف های استخراجی حاصل از الگوریتم PPI. الف) طیف کامیون نظامی استخراج شده توسط الگوریتم PPI (طیف قرمز رنگ)، طیف کامیون نظامی مربوط به کتابخانه طیف سنج (طیف سبز رنگ). ب) طیف تانک نظامی استخراج شده توسط الگوریتم PPI (طیف قرمز رنگ)، طیف تانک نظامی مربوط به کتابخانه طیف سنج (طیف سبز رنگ).

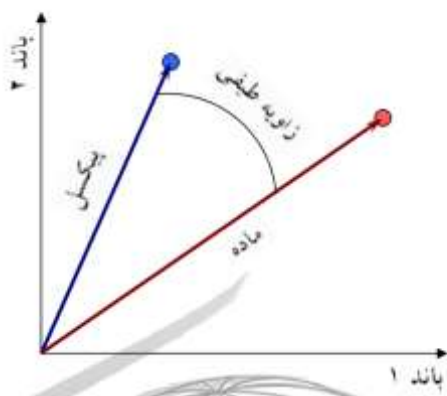
$$a = \cos^{-1} \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum(x)^2 \sum(y)^2}}$$

$a$  = زاویه طیفی بین پیکسل و ماده

$X$  = بردار طیف تصویر

$Y$  = بردار طیف تصویر مبنای

SAM کسینوس زاویه، بین بردار طیف هدف و بردار طیف پیکسل مورد آزمایش است و همیشه مقداری بین صفر و یک دارد از آن جایی که مقدار زاویه طیفی عددی بین صفر تا ۹۰ می باشد از این رو جهت داشتن تصویری در بازه صفر تا یک کافی است تصویر حاصله را بر عدد ۹۰ تقسیم نمود که هرچه زاویه بین دو بردار کوچک تر باشد (نزدیک به صفر)، نشان دهنده تشابه بیشتر این دو بردار است.



شکل ۷- زاویه بین پیکسل و ماده

همان گونه که در شکل های (۶) قابل مشاهده می باشد (بصورت فلش دو به دو مقایسه شدند) طیف استخراجی کامیون در مقایسه با طیف کتابخانه ای (طیف سنج کامیون) در محدوده SWIR در باندهای ۲۰۵، ۲۰۲، ۱۸۳، ۱۳۵ و ۲۱۱ کاملاً شبیه به هم بوده، همچنین طیف استخراجی مربوط به تانک در مقایسه با طیف کتابخانه ای در محدوده SWIR در باندهای ۲۱۵، ۱۸۴ و ۱۳۵ کاملاً شبیه به هم می باشند.

### الگوریتم های شناسایی اهداف

در سالیان دراز الگوریتم های زیادی در زمینه شناسایی اهداف مورد استفاده قرار گرفته اند که هر کدام بسته به موقعیت اهداف کاربردهای گوناگونی داشته اند.

### الگوریتم اندازه گیری زاویه طیفی (SAM)

الگوریتم SAM<sup>۱</sup> زاویه بین امضاءهای طیفی بین دو بردار را محاسبه می کند. این الگوریتم با استفاده از ضرب داخلی و محاسبه زاویه طیفی بین دو بردار منحنی مرجع و پیکسل تصویر، تشابه بین دو بردار را تعیین و به صورت زیر محاسبه می کند (Ihsan and Xiaojian, ۲۰۰۹).

معادله (۵)؛

<sup>۱</sup>-Spectral angle mapper

$$P_1 = S_{iL} / \sum_{k=1}^L S_{iK} \quad \text{معادله ۷}$$

$$q_1 = S_{jL} / \sum_{k=1}^L S_{jK} \quad \text{معادله ۸}$$

در روابط بالا،  $p_1$  و  $q_1$  به ترتیب احتمال مولفه طیفی  $S_{iL}$  و  $S_{jL}$  مربوط به دو بردار پیکسل  $r_i$  و  $r_j$  هستند و  $L$  بعد بردار یا تعداد باندهای تصویر است. در این روش، به منظور داشتن تصویری در بازه صفر تا یک لازم است مقدار به دست آمده نرمالیزه شود.

در ادامه با استخراج منحنی های طیفی اقدام به پیاده سازی الگوریتم شناسایی اهداف: BANDMAX. نقشه بردار زاویه طیفی و دایورجنس اطلاعات طیفی گردید. شکل (۸) زیر نتایج پیاده سازی الگوریتم های شناسایی اهداف را نشان می دهد.

## الگوریتم SAM & BANDMAX

### الگوریتم SAM Target Finder With

Bandmax این روش به صورت گام به گام جهت یافتن هدف مورد نظر با استفاده از تصاویر فراطیفی و روش طبقه بندی SAM و الگوریتم BANDMAX عمل می کند. در این روش علاوه بر معرفی طیف هدف میتوان طیف پس زمینه را نیز به نرم افزار معرفی کرد، در نتیجه دقت کار به مقدار زیادی بالا رفته و پیکسل های اشتباه یا به عبارتی دیگر پیکسل های پس زمینه تصویر در پردازش دخالت داده نمی شوند. الگوریتم BANDMAX داده های زمینه را در مرحله شناسایی و پردازش به واسطه تعیین یک زیر مجموعه بهینه از باندهای طیفی تصویر که در تمایز بین هدف و پس زمینه مفید هستند را به نحوی که در شناسایی هدف تاثیری ندارد در نظر نمی گیرد. این روش به صورت یک چرخه است و تا زمانی که نتایج قابل قبول نباشد قابل بازگشت می باشد (فرهودی، ۱۳۹۲).

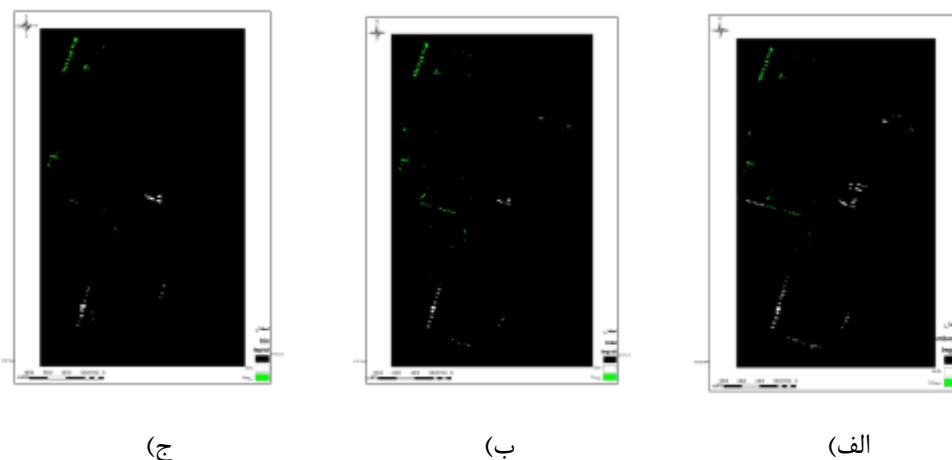
### الگوریتم دایورژنس اطلاعات طیفی (SID)

<sup>۱</sup>SID تشابه طیفی بین دو بردار پیکسل را بر

اساس اختلاف توزیع احتمال به دست آمده از امضاهای طیفی آن ها، اندازه گیری می کند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۰). بر این اساس:

$$\text{SID} = + \sum_{i=1}^L q_1 \text{Log} \left( \frac{q_1}{p_1} \right) + \sum_{i=1}^L P_1 \text{Log} \left( \frac{P_1}{q_1} \right)$$

<sup>۱</sup>-Spectral information divergence



شکل ۸- نتایج الگوریتم های شناسایی اهداف. الف) الگوریتم BANDMAX. ب) الگوریتم نقشه بردار زاویه طیفی. ج) الگوریتم دایورجنس اطلاعات طیفی

### ارزیابی نتایج شناسایی اهداف

ارائه نتایج شناسایی بدون هیچ گونه پارامتری که کیفیت و یا صحت این نتایج را بیان کند از ارزش آنها می کاهد و در بعضی مواقع آنها را بدون استفاده میکند. بنابراین این نکته را باید در نظر داشت که همیشه در کنار انجام شناسایی نتایج آن نیز ارزیابی شده و به کاربر عرضه گردند (اکبری، ۱۳۸۷). در این تحقیق از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی نتایج شناسایی اهداف استفاده شد.

صحت کلی<sup>۱</sup>، میانگینی از دقت طبقه بندی است که نسبت پیکسل های صحیح طبقه بندی شده به جمع کل پیکسل های معلوم را به صورت زیر محاسبه می کند. معادله ۹:  $O.A =$

$$\frac{\sum_i^C I^{Eij}}{N}$$

که در آن C، تعداد کلاس ها، N تعداد کل پیکسل های معلوم  $E_{ij}$  اعضای قطری ماتریس خطا است. صحت کلی از ساده ترین پارامترهای دقت است

که نیاز به عملیات پیچیده برای محاسبه ندارد و یک برآورد کلی از دقت طبقه بندی و یا میانگینی از دقت طبقه بندی است. خروجی این شاخص بین ۰ در صد تا ۱۰۰ درصد می باشد که نتیجه خروجی هر چه به سمت ۱۰۰ درصد پیش برود به معنای صحت بالای طبقه بندی است و هر چه به سمت صفر باشد، بیانگر صحت پایین طبقه بندی داد ها است ( Somdatta And Sampa, ۲۰۱۴).

یکی دیگر از پارامترهای دقت ضریب کاپا<sup>۲</sup> می باشد. ضریب کاپا دقت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می کند. به این معنی که مقدار طبقه بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه بندی شود به دست می آورد (Debes et al, ۲۰۱۴).

معادله ۱۰:

$$Kappa = \frac{\text{انتظار-مشاهده}}{\text{انتظار} - ۱}$$

<sup>۲</sup> - Kappa Coefficient

<sup>۱</sup> - Overall Accuracy



## شکل ۹- نقشه واقعیت زمینی

در شکل (۹) نقشه واقعیت زمینی مشاهده می شود که برای ارزیابی نتایج شناسایی اهداف با استفاده از طیف های مرجع به دست آمد.

جدول ۴- مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا حاصل از الگوریتم SAM & BANDMAX و SAM و Sid

الگوریتم	صحت کلی	ضریب کاپا
SAM & BANDMAX	٪۸۹.۷۷	۰.۸۱
SAM	٪۸۷.۵۰	۰.۷۷
SID	٪۶۷.۰۴	۰.۴۷

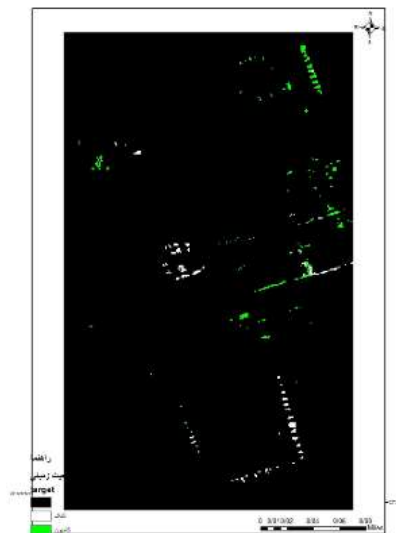
نتایج حاصل از جدول (۴)، نشان می دهد که الگوریتم bandmax با صحت کلی ۸۹.۷۷ و ضریب کاپا ۰.۸۱ نسبت به الگوریتم های نقشه بردار زاویه طیفی با صحت کلی ۸۷.۵۰ و ضریب کاپا ۰.۷۷ و دایورجنس اطلاعات طیفی با صحت کلی ۶۷.۰۴ و ضریب کاپا ۰.۴۷ عملکرد بهتری داشته است.

مشاهد همان صحت کلی است. انتظار هم با استفاد از ستون ها و ردیف های ماتریس ابهام محاسبه میشود:

$$\text{معادله ۱۱} \quad \text{انتظار} = \frac{\text{مجموع عوامل قطری}}{\text{کل مجموع عوامل}}$$

ضریب کاپا به منظور ارزیابی میزان تصادفی بودن صحت طبقه بندی عددی بین ۰ تا ۱ ارائه می دهد که ۰ به معنای کاملا تصادفی بودن طبقه بندی و ۱ به معنی غیر تصادفی بودن صحت طبقه بندی است.

جهت ارزیابی نتایج شناسایی اهداف با استفاده از طیف های مرجع صحت سنجی انجام گرفت، به همین منظور نقشه واقعیت زمینی استخراج گردید سپس نتیجه آشکارسازی با آن مقایسه گشته و ماتریس خطا بدست آمد. که در ادامه با استفاده از معیار های صحت کلی و ضریب کاپا نتایج آشکارسازی اهداف باهم مقایسه شدند.



## بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی تحقیق حاضر، تلفیق داده های فراطیفی و مجموعه داده دارای قدرت تفکیک

مکانی بالا به منظور شناسایی اهداف نظامی) شامل: خودروهای نظامی، تانک ها و ادوات نظامی) می باشد. با توجه به اینکه اهداف مورد

مکانی ۱۰ متر تلفیق شد. در مرحله دوم تلفیق، خروجی تصویر تلفیق شده هایپرون و تصویر ALI این بار با باند پانکروماتیک OrbView<sup>۳</sup> با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر در ابتدا با خطای RMSE ۰.۵۲۵ تصحیح هندسی شده و سپس به پیکسل سایز ۱.۵ متر نمونه برداری مجدد شد و در انتها تلفیق شدند. برای تلفیق تصاویر از سه روش Gram Schmidt، pc spectral و IHS استفاده گردید. از نقطه نظر مکانی، بهبود قابل توجهی در قدرت تفکیک مکانی ویژگی های تصویر هایپریون به دست آمده است. در حالی که این در مورد داده پانکروماتیک بزرگ مقیاس صدق نمی کند. شاخص های اندازه گیری مکانی و طیفی روی نتایج حاصل از تلفیق جهت تعیین کیفیت تصاویر اعمال شده است. مقایسه نتایج حاکی از آن بوده است که تصویر حاصل از روش Gram Schmidt در حفظ خصوصیات طیفی بهتر از سایر روش هاست و از نظر مکانی هم نتایج قابل قبولی ارائه داده است.

با مشاهده بصری تصویر هایپریون تلفیق شده و مقایسه آن با تصویر پانکروماتیک OrbView<sup>۳</sup> اهداف مورد نظر تا حدود زیادی قابل شناسایی با دید بصری هستند. پس از اتمام مراحل تلفیق تصاویر و انتخاب روش Gram Schmidt به عنوان بهترین روش از لحاظ طیفی و مکانی، در مرحله بعد به منظور کاهش ابعاد داده در تصویر فراطیفی اقدام به پیاده سازی تبدیل MNF گردید. در این تبدیل از ده مولفه اول آن به منظور پردازش های بعدی استفاده شد. در ادامه از الگوریتم PPI به منظور استخراج پیکسل های خالص موجود در تصویر بهره گرفته شد. هدف از

بررسی در این تحقیق معمولا دارای ابعاد گوناگون ۱\*۱ متر، ۲\*۲ متر، ۳\*۳ متر و.. می باشند و هدف نهایی در این تحقیق رسیدن توان تفکیک ۱.۵ متر می باشد بر این اساس و با توجه به وجود آمدن خطاهایی در هنگام تلفیق یک باره داده با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر با داده دارای قدرت تفکیک مکانی ۱ متر، از یک داده حد واسط ALI به منظور تلفیق این دو مجموعه داده استفاده گردید و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تلفیق داده ها در ابتدا تصویر هایپریون به دلیل خام بودن مورد پیش پردازش های مختلف از جمله: حذف باندهای بد، حذف نوارهای بد عمود، تصحیح اتمسفری با استفاده از الگوریتم FLAASH که هدف از تصحیح اتمسفری این است که در تلفیق تصاویر، شرایط اتمسفری و توپوگرافی منطقه به شدت بر روی نتایج خروجی تأثیر می گذارد، از روش الگوریتم FLAASH که خطاهای اتمسفری طول موج های مرئی، مادون قرمز، مادون قرمز کوتاه را تصحیح می کند و همچنین ابهام و مه گرفتگی در تصویر کاهش یافته و عوارض موجود در تصویر واضح تر شده و تصویر بهتر به نظر خواهد می رسد، استفاده شد. سپس این دو مجموعه داده با خطای RMSE ۰.۴۲۴ تصحیح هندسی و سپس به پیکسل سایز ۱۰ متر نمونه برداری مجدد شدند، هدف از نمونه برداری مجدد جلوگیری از جابه جایی عوارض، ایجاد عوارض مصنوعی و خطا در ارزش پیکسل های روی هم افتاده می باشد. در ادامه تصویر هایپریون با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر با باند پانکروماتیک تصویر ALI با قدرت تفکیک

این کار استخراج منحنی های طیفی مربوط به اهداف مورد نظر به منظور شناسایی اهداف در تصویر می باشد. پس از پیاده سازی الگوریتم PPI پیکسل های خالص شناسایی شده به محیط ویژگی یا n-D Visualizer معرفی شدند. در نهایت پیکسل های نهایی حاصل از الگوریتم PPI مربوط به عناصر خالص با کتابخانه طیفی مقایسه شد. از این عناصر خالص طیف های مربوط به اهداف نظامی (تانک و کامیون نظامی) مشخص شدند و در نهایت طیف این اهداف از تصویر استخراج شد. در ادامه با استخراج منحنی های طیفی اقدام به پیاده سازی الگوریتم شناسایی اهداف: BANDMAX ، نقشه بردار زاویه طیفی و دایورجنس اطلاعات طیفی گردید جهت ارزیابی نتایج شناسایی اهداف با استفاده از طیف های مرجع صحت سنجی انجام گرفت، به همین منظور نقشه واقعیت زمینی استخراج گردید. سپس نتیجه آشکارسازی با آن مقایسه گشته و ماتریس خطا بدست آمد. در ادامه با استفاده از معیار های صحت کلی و ضریب کاپا نتایج آشکارسازی اهداف باهم مقایسه

شدند. نتایج حاصل از ارزیابی شناسایی اهداف، نشان داد که الگوریتم BANDMAX با صحت کلی ۸۹.۷۷ و ضریب کاپا ۰.۸۱ نسبت به الگوریتم های نقشه بردار زاویه طیفی با صحت کلی ۸۷.۵۰ و ضریب کاپا ۰.۷۷ و دایورجنس اطلاعات طیفی با صحت کلی ۶۷.۰۴ و ضریب کاپا ۰.۴۷ عملکرد بهتری داشته است.

۱. استفاده از سنجنده های مختلف با قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب جهت تلفیق
۲. استفاده از دیگر روش ها و تبدیلات تلفیق تصاویر از جمله تلفیق توسط سطوح مختلف موجک
۳. استفاده از نقشه واقعیت زمینی با صحت بالا تا بتوان بدین وسیله به صورت دقیق تری هدف و خصوصا لبه های آن را استخراج نموده و به ارزیابی های دقیق تری دست یافت.
۴. استفاده از دیگر روش های شناسایی اهداف به منظور مقایسه نتایج

## منابع

- اکبری، داوود و همکاران، (۱۳۹۰) " بهبود آشکارسازی بام ساختمانها با استفاده از اطلاعات طیفی - مکانی در تصاویر فراطیفی "، نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره دوم، شماره ۴، ۹۷-۱۱۴.
- اکبری، داوود، (۱۳۸۷). " ارزیابی روشهای آشکارسازی هدف در تصاویر فراطیفی." پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- انصاری نیا، محمد ، دهقانی، حمید و زوار تربتی . احمد (۱۳۹۳). " الگوریتم های آشکارساز ناهنجاری در تصاویر فراطیفی." اولین همایش ملی پدافند غیر عامل در علوم دریایی.
- رخش ماهپور، علی و شاد، روزبه، (۱۳۹۴). " ادغام زمانی- مکانی تصاویر ماهواره‌های به منظور کاهش بازه ی پایش پدیده ها." اولین کنفرانس جغرافیا، عمران، شهرسازی، معماری، مدیریت شهری و توسعه پایدار. ۱۸۴-۱۸۶.
- زلیکانی، رقیه، (۱۳۹۲). "تهیه نقشه تغییرات در مناطق شهری با استفاده از تلفیق تصاویر ابر طیفی و اپتیکی با حد تشخیص مکانی بالا." پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- صادقی چهارده، ربابه، (۱۳۹۲). " بررسی و ارزیابی نتایج تلفیق تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا با تصویر فراطیفی سنجنده هایپریون." پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- کشاورز احمد ، حمیدرضا کیهان پور و سید محمدکریم هاشمی زاده، (۱۳۹۵). " بررسی تشخیص نفت با استفاده از الگوریتم های جداسازی طیفی PPI و FPPI در تصاویر ابرطیفی "، فصلنامه تخصصی علمی ترویجی، بهار ۱۳۹۵ / شماره ۵۳، ۶۶-۷۹.
- فروودی، رضا، (۱۳۹۲). "شناسایی عوارض شهری با استفاده از روش طبقه بندی SAM و الگوریتم Bandmax با استفاده از تصاویر فراطیفی." پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.
- هشجین، شهرام شریفی، بلورانی. علی درویشی و خزائی. صفا، (۱۳۹۵). " ارائه روشی جهت انتخاب باند برای آشکارسازی نظارت شده اهداف زیر پیکسلی در تصاویر ابرطیفی." نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ششم، شماره ۱، ۱۲۹-۱۳۹
- هارونی، مجید و کریمی، محسن (۱۳۹۳). " یک روش جدید بهبود کیفیت تصاویر ماهواره ای به کمک ادغام تصویر در سطح پیکسل و ویژگی." سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان).
- مسجدی، علی و خزایی، صفا، (۱۳۹۴). " بهبود کارایی آشکارسازی اهداف زیرپیکسل در تصاویر فراطیفی بر مبنای انتخاب ویژگی های مناسب." نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره پنجم، شماره ۳.
- مهتابی گوجگی، ناصر، ابوالقاسمی، مجتبی، اکبرفخر آبادی، مهدی و حسینی، سید سعید (۱۳۹۴). " مقایسه ترکیب و تلفیق تصاویر رنگی ماهواره‌های و تصاویر پنکروماتیک به روش IHS و WaveLet با درونبایی نزدیکترین همسایه." اولین کنفرانس بین المللی دستاورهای نوین پژوهشی در مهندسی برق و کامپیوتر.
- An. Zhenyu & Shi. Zhenwei. (۲۰۱۴). " Hyperspectral image fusion by multiplication of spectral constraint and NMF ". Image Processing Center, School of Astronautics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing ۱۰۰۱۹۱, PR China. Optik ۱۲۵ (۲۰۱۴) ۳۱۵۰-۳۱۵۸.
- Cisz. Adam & Schott. John. (۲۰۰۵). " Performance comparison of hyperspectral target detection algorithms in altitude varying scenes". Rochester Institute of Technology RIT Scholar Works. Recommended Citation Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI ۵۸۰۶ (۲۰۰۵) ۸۳۹-۸۴۹.
- Chakravorty. Somdatta & Ghosh. Sampa. (۲۰۱۴). " Fusion of High Spatial and High Spectral Data for Quality Enhancement of Remotely Sensed Images". Proc. of Int. Conf. on Computing, Communication & Manufacturing. ۱۶-۲۱.

- Golderi. S. Adler, Berk. A, Bernstein. L.S, Richtsmeier. S, Acharya. P.K & Matthew. M.W.(۲۰۰۲)." FLAASH, A MODTRAN: ATMOSPHERIC CORRECTION PACKAGE FOR HYPERSPECTRAL DATA RETRIEVALS AND SIMULATIONS". 'Spectral Sciences, Inc., ۹۹ South Bedford St., Burlington, MA ۰۱۸۰۳.
- Gomez, R.B., Jazaeri, A., Kafatos, M., (April ۲۰۰۱)." Wavelet-based hyperspectral and multispectral image fusion." in Proceedings of SPIE ,Orlando.
- LIU. Da & LI. Jianxun.(۲۰۱۸)." Spectral-spatial target detection based on data field modeling for hyperspectral data". Chinese Journal of Aeronautics, (۲۰۱۸), ۳۱(۴): ۷۹۵-۸۰۵.
- Manolakis, D., Marden D., and Shaw G. A., (۲۰۰۳). "Hyperspectral Image Processing for Automatic Target Detection Applications", LINCOLN LABORATORY JOURNAL.
- Pandit. Vaibhav R & Bhiwani. R. J.(۲۰۱۵). " Image Fusion in Remote Sensing Applications: A Review". International Journal of Computer Applications. Volume ۱۲۰ – No. ۱۰.
- Pande, H., Tiwari, P., Dobhal, S., (September ۲۰۰۹). "Analyzing Hyper-Spectral and Multi-Spectral Data Fusion in Spectral Domain." Springer, ۳۷: ۳۹۵-۴۰۸.
- Shaw. Gary A & Burke. Hsiao-hua K.(۲۰۰۳). " Spectral Imaging for Remote Sensing". LINCOLN LABORATORY JOURNAL. Volume ۱۴, Number ۱.
- Shraddha P. Lodha and Prof. S. M. Kamalapur.(۲۰۱۴)." Dimensionality Reduction Techniques for Hyperspectral Images". International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM). Volume ۳, Issue ۱۰. ۹۲-۹۹.
- SU Junying a & Shu Ning a.(۲۰۰۸)." A DIMENSIONALITY REDUCTION ALGORITHM OF HYPER SPECTRAL IMAGE BASED ON FRACT ANALYSIS". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B۷.
- Yuksel. Seniha Esen & Karakaya. Ahmet.(۲۰۱۶). " Fusion of Target Detection Algorithms in Hyperspectral Images". International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering. IJISAE, ۲۰۱۶, ۴(۴), ۱۰۲-۱۱۰.
- Yokoya. Naoto & Iwasaki. Akira.(۲۰۱۳)." A MAXIMUM NOISE FRACTION TRANSFORM BASED ON A SENSOR NOISE MODEL FOR HYPERSPECTRAL DATA". Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo.
- Dave. Chintan P, Joshi. Rahul & Srivastava. S. S.(۲۰۱۵)." A Survey on Geometric Correction of Satellite Imagery". International Journal of Computer Applications (۰۹۷۵ – ۸۸۸۷). Volume ۱۱۶ – No. ۱۲. ۲۴-۲۷.
- Darvishi, A., Kappas, M., Erasmi, S., (May ۲۰۰۵). "Hyper-spectral/high-resolution data fusion: Assessing the quality of EO۱-Hyperion/Spot-Pan & Quickbird-MS fused images in spectral domain". in International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Workshop, Hannover, Germany.
- Debes. Christian.(۲۰۱۴). " Hyperspectral and LiDAR Data Fusion: Outcome of the ۲۰۱۳ GRSS Data Fusion Contest". IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, VOL. ۷, NO. ۶. ۲۴۰۵-۲۴۱۸.
- Hassan Ghassemian.(۲۰۱۶)." A review of remote sensing image fusion methods". Faculty of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Information Fusion ۳۲ (۲۰۱۶) ۷۵-۸۹.
- Hadjit. Hanane, Oukebdane. Abdelaziz & Hafid Belbachir. Ahmad.(۲۰۱۳)." Atmospheric correction of Earth-observation remote sensing images by Monte Carlo method". J. Earth Syst. Sci. ۱۲۲, No. ۵, October ۲۰۱۳, pp. ۱۲۱۹-۱۲۳۵.
- Haq. Ihsan ul & Xu Xiaojian.(۲۰۰۹)." Band Selection and Decision Fusion for Target Detection in Hyperspectral Imagery". School of Electronic Information Engineering Beihang University, Beijing ۱۰۰۱۹۱, China. ۱۴۶۸-۱۴۷۱.
- Klonus. Sascha & Ehlers. Manfred.(۲۰۰۹). " Performance of evaluation methods in image fusion". ۱۲th International Conference on Information Fusion Seattle, WA, USA. ۱۴۰۹-۱۴۱۶.
- Kheirkhah Zarkesh. Mir.Masoud, Chatrsimab. Zahra, Bolouri. Samira & Asadi Lotfi. Akram.(۲۰۱۷). " Study and Comparison of Remote Sensing Images Fusion Techniques ". The ۱st international conference of SILKGIS. Isfahan. Iran.
- Kousha. Hassan & Ghassemian. Hassan.(۲۰۱۱). " High Spatial Resolution and Hyperspectral Image Fusion ". Faculty of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University. ۲۸۸۷-۲۸۹۲.
- Gharbia. Reham, Taher Azar. Ahmad, El Baz. Ali & Ella Hassani. Aboul.(۲۰۱۴). "Image Fusion Techniques in Remote Sensing ".
- Geng. Xiurui, Ji. Luyan & Sun. Kang.(۲۰۱۶). " Clever eye algorithm for target detection of remote sensing imagery". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing ۱۱۴ (۲۰۱۶) ۳۲-۳۹.

Resolution Data for Global Scale Image Map Production". Proceedings of the ۲۰th International Symposium on Remote Sensing of Environment – Information for Risk Management and Sustainable Development.

Weber, Keith T & Studley, Heather.(۲۰۱۰)." Comparison of Image Resampling Techniques for Satellite Imagery". Final Report: Assessing Post-Fire Recovery of Sagebrush-Steppe Rangelands in Southeastern Idaho. ۱۸۵-۱۹۶.

X. Francis, J. Canisius & Turrall, Hugh.(۲۰۰۲). " Fusion Technique to Extract Detail Information from Moderate

## target detection using fusion of hyperspectral and high resolution imagery

Saman Javaheri <sup>۱</sup>, Ali Asghar Tarahi <sup>۲</sup>, Seyed Mohammad Tavakoli Sabour <sup>۳</sup>

### Abstract

Identification is a mission to learn about the activities, resources, abilities and position of the enemy. Military targets detection can provide commanders with a variety of information on the status of activities, deployment of forces, military arrangement of targets, and many other information from a military area. In recent years, the advancement of remote sensing technology has made it possible to produce different images with high resolution Spectral and spatial. fusion of hyperspectral and high resolution imagery can help effectively identify, extract, and produce maps from the constituent elements of an environment. The purpose of this research is to target detection (military) using fusion of hyperspectral and high resolution imagery. For this reason the Hyperion, ALI and OrbView<sup>۳</sup> data was acquired. Firstly, Hyperion Data Preprocessing was used in terms of unused bands, bad straights, atmospheric correction and geometric correction. The image of Hyperion in a two-step process with panchromatic bands combined ALI and OrbView<sup>۳</sup> images using gram-schmidt, Pc Spectral, and IHS algorithms. The combined results showed that Gram schmidt had the best spectral and spatial performance. In the next research, the MNF conversion was used to reduce the image size and reduce the noise, and the PPI algorithm of the purest pixels was used to extract the spectral profile in a visual and precise manner compared with the reference spectra. In the following, algorithms, BANDMAX, spectral angle mapper and divergence spectral information were used to identify the targets. The results of the identification of the objectives showed that the BANDMAX method with a Overall accuracy of ۸۹.۲۵ and Kappa coefficient of ۰.۷۲۳ was better than the other two algorithms.

**Keywords:** Hyperspectral, Image fusion, Target detection, high spatial resolution