نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال دوازدهم، شماره نخست، بهار ۱۴۰۳

Vol.12, No.1, Spring 2024

۶۱ – ۸۱

مقاله پژوهشی

ارائه روش ترکیبی بر مبنای تبدیل موجک و *IHS* بهینه‌سازی‌شده به‌منظور ادغام تصاویر سنجش از دوری از طریق تحلیل برجستگی

سعید محمدنژاد نیازی [۱]، رضا شاه حسینی [۲*]

۱- دانشجوی دکتری فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش‌ازدور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴

چکیده

ماهواره‌های سنجش از دوری داده‌های متنوعی را در بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی با قدرت تفکیک طیفی، زمانی و مکانی فراهم می‌کنند. برای بهره‌برداری کامل از داده‌های سنجش از دوری که از منابع مختلف حاصل می‌شوند تکنیک‌های مختلف عددی و تحلیلی ادغام تصاویر توسعه‌یافته‌اند. در میان روش‌های ادغام تصاویر موجود، روش مبتنی بر تبدیل رنگی شدت رنگ اشباع‌شدگی (*IHS*) و تبدیل موجک (*WT*) به دلیل کارایی، سرعت و دقت بالا از پرکاربردترین الگوریتم‌های ادغام تصاویر هستند؛ اما عموماً این روش‌ها روی کل تصویر به‌صورت یکجا اعمال می‌شوند و اساساً تمام تصویر با هر ویژگی و محتوایی را به‌عنوان یک شی در نظر می‌گیرند؛ درحالی‌که در یک تصویر ماهواره‌ای از مناطق مختلف، محتوای اطلاعاتی متفاوتی وجود دارد. در این تحقیق فرایندی جدید به‌منظور ادغام تصاویر بر پایه تجزیه تصویر بر مبنای برجستگی سطح آن ارائه شد. به این ترتیب تصویر به دو بخش برجسته و غیربرجسته تقسیم شده و سناریوی ادغام در این دو محدوده متفاوت خواهد بود. در مناطق برجسته که شامل مناطق مسکونی، جاده‌ها و... هستند، از روش *IHS* بهبود یافته با استفاده از روش بهینه‌سازی ژنتیک استفاده شد و در مناطق غیربرجسته (جنگل، مرتع و کشاورزی) از تبدیل موجک جهت تجزیه و استخراج عوارض با فرکانس بالا استفاده گردید. همچنین در این تحقیق به‌منظور پیاده‌سازی و ارزیابی روش ارائه شده، از نمونه تصویرهای مربوط به سنجنده‌های *WORLDVIEW2* بهره گرفته شده است. نتایج بصری و کمی طیفی و مکانی، نشان‌دهنده بهبود نتایج ادغام در مقایسه با روش‌های مرسوم و یکپارچه می‌باشد (مقادیر عددی مربوط به شاخص‌های مورد ارزیابی *CC*،*ERGAS* ، *RASE* و *RMSE* در مقایسه با روش‌های مورد مقایسه نشان‌دهنده نتایج بهتری بود). قابل ذکر است که سرعت پردازش در این روش، بسیار بالاتر از تکنیک‌های نوین بر مبنای شبکه‌های یادگیری عمیق می‌باشد.

کلیدواژه‌ها : برجستگی، ادغام تصاویر ماهواره‌ای، تبدیل موجک، تبدیل فضای رنگی *IHS*، الگوریتم ژنتیک.

* نویسنده مکاتبه کننده: گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تلفن: ۰۲۱۶۱۱۱۴۵۲۷

Email: rshahosseini@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

۱- مقدمه

طبق مطالعات، ادغام[۱]تصویر پانکروماتیک و چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی پایین به ابزاری قدرتمند جهت بسیاری از کاربردها تبدیل‌شده و به همین علت روش‌های مختلف ادغام در دو دهه اخیر ارائه شده است [۱، ۲، ۳ و ۶]. ادغام تصویر چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی پایین و تصویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا برای بسیاری از کاربردهای سنجش‌ازدوری شامل طبقه‌بندی، قطعه‌بندی و شناسایی عوارض حائز اهمیت است [۴۴ و ۶۳]. ایده اصلی طرح‌شده در ادغام تصویر، حفظ مقادیر طیفی تصویر چند طیفی مرجع تاحدامکان در تصاویر خروجی و بهبود قدرت تفکیک مکانی است [۴]؛ چراکه درواقع الگوریتم‌های مختلف، نتایج متفاوتی را نتیجه می‌دهند [۵]. اصولاً روش‌های ادغام تصاویر، ترکیب دو یا چند تصویر مختلف برای تشکیل یک تصویر جدید با استفاده از یک الگوریتم مشخص و معین است و هدف از آن آشکارسازی اطلاعات نمایان شده در تصویر، جهت افزایش قابلیت تفسیر تصاویر و همچنین افزایش دقت داده‌ها است. هدف اصلی روش‌های ادغام، تولید تصویری جدید حاوی اطلاعاتی است که به طور کامل محتویات تصاویر مرجع را دارا باشد. با این وجود روش‌های ادغام تصاویر معمولاً با اعوجاجات طیفی و مکانی در تصویر خروجی همراه هستند. میزان این اعوجاجات با توجه به روش و نیز داده‌های مورد استفاده متغیر است. امروزه به دلیل هزینه‌های بالا و پیچیدگی طراحی سنجنده‌های ماهواره‌ای، تولید تصاویر با وضوح مکانی و طیفی بالا به طور هم‌زمان، کاری دشوار و حتی غیرممکن است[۴۴]. در مناطق مختلف به دلیل وجود بافت‌های متفاوت و مرزهای واضح، تمایز قابل‌توجهی نسبت به محیط اطراف وجود دارد [۴۴ و ۶۳]؛ این در حالی است که مناطقی مانند زمین‌های کشاورزی، جنگل‌ها و علفزارها از نظر طیفی و هندسی دارای مرزهای مشخص و همچنین تمایز قابل‌توجه نسبت به گروه خودشان نیستند [۴۳].

در سال‌های اخیر، روش‌های فراوانی برای حل معضل داده‌های ماهواره‌ای با نهایت کیفیت مکانی و بصری ایجاد شده است [۴۴ و ۶۳]. با توجه به الگوریتم‌های به‌کاررفته در فرایند استخراج جزئیات تصویری، آنها را می‌توان به دو گروه کلی طبقه‌بندی کرد: نخست روش‌های مبتنی بر جایگزینی مؤلفه[۲](CS) که جزئیات را بر اساس تفاوت بین تصویر پانکروماتیک منطبق با هیستوگرام و ترکیب خطی باندهای چند طیفی استفاده می‌کند و در گروه دوم روش‌های مبتنی بر تجزیه و تحلیل چندسطحی[۳](MRA) که از تفاوت بین تصویر پانکروماتیک و نسخه پایین‌گذر حاصل از تجزینه چند سطحی استفاده می‌کنند، اشاره نمود [۴۴]. تزریق جزئیات مکانی استخراج شده معمولاً به‌صورت جهانی یا محلی با کمک پنجره‌های کشویی[۴]اجرا می‌شود. به‌طورکلی، برآورد جهانی بار محاسباتی کمی دارد، درحالی‌که تزریق جزئیات به‌صورت محلی می‌تواند به نتایج بهتری منجر شود [۴۴ و ۶۳].

برای تفسیر بصری و کمی کلاس‌های مختلف در تصاویر سنجش از دوری الزامات طیفی و مکانی متفاوت است. به‌عنوان‌مثال، اهداف ساخت بشر مانند جاده‌ها، ساختمان‌ها و فرودگاه‌ها به جزئیات مکانی بیشتری برای تجسم، تجزیه‌وتحلیل و طبقه‌بندی بهتر نیاز دارند [۴۵]. این مناطق عموماً بافت فراوان و مرزهای مشخصی دارند که آنها را نسبت به محیط اطرافشان قابل توجه‌تر می‌کند. در مقابل، مناطقی مانند زمین‌های کشاورزی، جنگل‌ها و مرتع‌ها با ویژگی‌های طیفی متمایز می‌شوند، در نتیجه به ویژگی‌های طیفی تحریف نشده برای حل مسئله تفسیر نیاز دارند [۴۳].

[۱] *Pan-Shahrpening (Fusion)*

[۲] *Component substitution-based methods*

[۳] *Multi Resolution Analysis*

[۴] *sliding windows*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

تزریق فضایی نامناسب در آن مناطق ممکـن اسـت بـه طور جدی تنوع طیفی آنها را افـزایش دهـد و بـه طـور هم‌زمان باعث ایجاد اثر شدید نویز "نمک و فلفلی" شود که منجـر بـه کـاهش دقـت در طبقـه‌بنـدی مـی‌شـود [۴۶،۱۷ و ۴۷]. بـااین‌حـال، اکثـر روش‌هـای موجـود پردازشی یکپارچه بدون توجه به این ویژگی‌ها در کـل سطح تصاویر اجرا می‌کنند. این مسئله قطعـاً منجـر بـه این مشـکل شـود کـه در منـاطقی کـه انتظـار مـی‌رود کیفیت مکانی بالاتری داشته باشند، هنوز به‌اندازه کافی بهبود نیافته‌انـد [۴۷]. حفـظ کیفیـت مکـانی و طیفـی به‌سختی می‌تواند در کل تصویر به‌صورت یکپارچه ایجاد شـود؛ چراکـه در هـر نقطـه‌ای از تصـاویر مـی‌بایسـت تکنیک‌های محلـی را جـایگزین روش‌هـای کلـی نمـود [۴۷]. بدیهی اسـت کـه گـام کلیـدی بـرای حـل ایـن مشکل، تقسیم این دو نوع منطقـه بـا شـرایط متفـاوت است [۴۷].

با الهام از مطالب ذکـر شـده، سـعی شـده تـا تجزیـه و تحلیل برجستگی[1]را به‌عنوان راه‌حلـی بـرای تقسـیم دو منطقـه بـا ویژگـی‌هـای متفـاوت معرفـی کنـیم. تجزیه‌وتحلیل برجستگی از مفـاهیم بصـری سرچشـمه مـی‌گیـرد و هـدف آن اسـتخراج جزئیـات متمـایز یـا بخش‌های منحصربه‌فرد است که می‌تواند توجه افـراد را در تصـاویر جلـب کنـد. اکثـر رویکردهـای تحلیـل برجستگی موجـود از ویژگـی‌هـای سـطح پـایین ماننـد شدت، رنگ و ویژگی برای تولید قطعات متمـایز بـدون هیچ‌گونه اطلاعات قبلی استفاده می‌کنند [۴۹ و ۵۰].

یان و همکـاران (۲۰۱۳) یـک مـدل سلسـله مراتبـی را معرفی کردند که در آن مقادیر برجستگی را در هر لایه محاسبه کردند و سپس با استفاده از یک مدل سـاختار درختی، مناطق برجسته را به دست آوردنـد. بـه‌منظـور استفاده از اطلاعـات متقابـل در میـان تصـاویر متعـدد، روش‌های تشخیص نواحی برجسته برای یـافتن اشـیای شاخص مشترک در گروهی از تصاویر طراحی شـده‌انـد. تکنیـک‌هـای رایـج در ایـن زمینـه شـامل اسـتراتژی یادگیری متریک [۵۱]، خوشه‌بندی مشـترک [۵۲، ۵۳ و ۵۴] مخلـوط گاوسـی [۵۵] و بهینـه‌سـازی جریـان گرادیان [۵۶] اسـت. اخیـراً محققـان از شـبکه عصـبی کانولوشنال بـرای بهبـود دقـت تشـخیص نیـز اسـتفاده کرده‌اند [۵۷].

بااین‌حال، روش‌های مرسوم تشخیص برجسـتگی ابتـدا برای تصاویر اخذ شده از طبیعت توسعه یافته‌اند. آنها به طـور کامـل ویژگـی‌هـای طیفـی و فضـایی تصـاویر سـنجش‌ازدور را در نظـر نمـی‌گیرنـد و نمـی‌تواننـد در ترکیب تصاویر سنجش‌ازدور به‌خوبی کار کنند؛ بنابراین در این پژوهش یک مدل جدید بر مبنای یکپارچه‌سازی فشـرده‌سـازی مبتنـی بـر انتشـار و روشـنایی بـرای تجزیه‌وتحلیل نشانه‌های برجستگی از جمله ویژگی‌های طیفی و مکانی در تصاویر سنجش‌ازدور پیشـنهاد شـده است و سپس یک استراتژی تلفیق برای به‌دسـت‌آوردن نتایج محصول نهایی ادغام شده ارائـه شـده اسـت. ایـن تحقیق شامل موارد زیر است:

۱) در این تحقیق تجزیـه‌وتحلیـل برجسـتگی چشـمی بـه‌عنـوان روشـی مـؤثر بـرای نشـان‌دادن منـاطق بـا ویژگی‌های متفاوت برای کیفیت فضایی و طیفی معرفی شده است و سپس مدل استخراج برجستگی از تصـاویر بـه‌صـورت کـاملاً بـدون نظـارت بـرای تجزیـه‌وتحلیـل نشانه‌های برجسته برای اسـتخراج منـاطق برجسـته در تصاویر سنجش‌ازدور توسعه داده شده است.

۲) در این تحقیق یک ساختار تلفیق تصاویر مـاهواره‌ای بر اساس مناطق حاوی برجستگی و فاقد آن ارائـه شـده که روی نتایج نهـایی در مقایسـه متریـک‌هـای کمـی و همچنین تحلیل‌های بصـری نتـایج مثبتـی بـه ارمغـان آورده است.

۳) در این تحقیق از ویژگی‌هـای مثبـت روش شـدت - رنگ - اشباع *(IHS)* و تبدیل موجک پیچیـده درختـی *(DT-CWT)* استفاده شده است تا استخراج جزئیات بـه ترتیـب بـرای منـاطق برجسـته و غیربرجسـته صـورت

[1] *Saliency analysis*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

گرفته و در فرایند ادغام استفاده شود.

۲- مطالعات پیشین

در این بخش سعی شده تا مطالعات پیشین انجام شده در خصوص روش‌های ادغام مورد استفاده در این تحقیق به طور مختصر بیان شود.

۲-۱- روش‌های مبتنی بر جایگزینی جزء

اصل روش‌های مبتنی بر *CS* یک طرح طیفی از تصویر چند طیفی(*MS*) است و در ادامه یک تبدیل خطی جهت در نظرگرفتن جزئیات مکانی در تصویر پانکروماتیک تخمین زده می‌شود. پس از تخمین مؤلفه و CS، تصاویر ادغام شده با تبدیل معکوس تولید می‌شوند. همبستگی بالا بین مؤلفه جایگزین و تصویر پانکروماتیک نقش مهمی در عملکرد این خانواده ایفا می‌کند؛ بنابراین، تطبیق هیستوگرام تصویر پانکروماتیک با مؤلفه شدت، یک قانون کلی است. تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی[۲](*PCA*)، تبدیل IHS و تبدیل برووی[۳]روش‌های مرسوم ادغام تصاویر مبتنی بر CS هستند. این تکنیک‌ها معمولاً در زمان صرفه‌جویی می‌کنند و در تلفیق تصاویر سنجش از دوری مؤثر هستند، اما نسبت به حفظ ویژگی‌های طیفی وفاداری پایینی دارند [۲۷،۲۶ و ۲۸].

در جوامع سنجش‌ازدوری احتمالاً یکی از مشهورترین روش‌های ادغام تصاویر، الگوریتم *IHS* است که روشی مبتنی بر رنگ است. روش‌هایی که اساس آن‌ها روش *IHS* است بسیار پرکاربرد هستند؛ در واقع به دلیل محاسبات تقریباً ساده و همچنین به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالای تصویر خروجی و نیز کارایی بالای این الگوریتم در تصاویر ماهواره‌ای، باعث شده تا این الگوریتم مورد استقبال قرار گیرد [۱۱]. باوجود قدرت روش ادغام *IHS* ازلحاظ محاسباتی و اجرای سریع در حال استفاده از داده‌هایی با حجم بالا، این روش ازلحاظ وجود اعوجاجات طیفی در تصویر ادغام‌شده خروجی، بسیار ضعیف است. علت این امر می‌تواند به دلیل اختلافات بسیار شدید درجات خاکستری تصویر پانکروماتیک و تصویر شدت باشد[۲۱]. واحد محاسباتی در این روش‌ها غالباً پیکسل است؛ چراکه پیکسل کوچک‌ترین جز حاوی اطلاعات است، بنابراین کمترین نابودی اطلاعات در طی فرایند ادغام رخ می‌دهد. ازاین‌رو روش‌های ادغام بر مبنای پیکسل، غالباً دارای دقت بالائی‌اند [۲۵].

با وجود قدرت روش ادغام *IHS* ازلحاظ محاسباتی و اجرای سریع در حال استفاده از داده‌هایی با حجم بالا، این روش از لحاظ وجود اعوجاجات طیفی در تصویر ادغام‌شده خروجی بسیار ضعیف است. علت این امر می‌تواند به دلیل اختلافات بسیار شدید درجات خاکستری تصویر پانکروماتیک و تصویر شدت باشد [۱۴]. با این‌وجود بسیاری از مطالعات در جهت بهتر شدن این روش ازلحاظ طیفی انجام‌شده است .

۲-۲- روش‌های ادغام چند سطحی[۴]

روش‌های چند سطحی با استفاده از عملیات فیلترینگ در سطوح چندگانه باندها است. این گروه از روش‌ها معمولاً اطلاعات مکانی را به‌خوبی حفظ می‌کنند، ولی اغلب حافظ خوبی برای اطلاعات طیفی نیستند[۹و۱۰]. این روش‌ها معمولاً فیلترهای رقومی را اعمال می‌کنند که تبدیل موجک [۱۸و ۱۹]، تبدیل *contourlet* [۲۰]، تبدیل منحنی [۲۱]، هرم‌های لاپلاسی [۲۲] و تبدیل موج‌دار [۲۳] را برای به‌دست‌آوردن چندگانه پوشش می‌دهند. در نمایش مقیاس‌های مختلف در رویکردهای مبتنی بر چند سطحی، ابتدا از تبدیل‌های مختلف برای تجزیه تصاویر پانکروماتیک به اجزای چند مقیاسی استفاده شود[۲۴]. سپس اطلاعات مکانی معادل موجود در جزء فرکانس بالا به یک تصویر چندطیفی نمونه‌برداری شده تزریق می‌شود. تصاویر دقیق

[۱] *Multi Spectral*
[۲] *Principal Component Analysis*
[۳] *brovey*
[۴] *Multi resolution analysis-based methods*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

روش‌هـای مبتنـی بـر *CS* و *MRA* بـه خـوبی مسـتند شده‌اند [۲۴]. علاوه بر این، فیلترهای حفظ لبه اغلب با تبدیل‌های*MRA* ادغام می‌شوند.

۳- منطقه مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق به‌منظور پیاده‌سازی و ارزیابی روش ارائه شده، از تصویر مربوط به یـک منطقـه متـراکم شـهری متعلـق بـه سـنجنده *worldview2* مربـوط بـه منطقـه سیدنی کشور استرالیا استفاده شده است (شکل (۱)). منطقه نیمه‌شـهری مطالعـاتی در شـهر سـیدنی کشـور استرالیا واقع‌شده است که تصویر ماهواره‌ای این منطقـه باقدرت تفکیک مکانی ۲ متر برای تصویر چند طیفـی و ۵۰ سـانتی‌متـر بـرای تصـویر پانکروماتیـک اسـت.

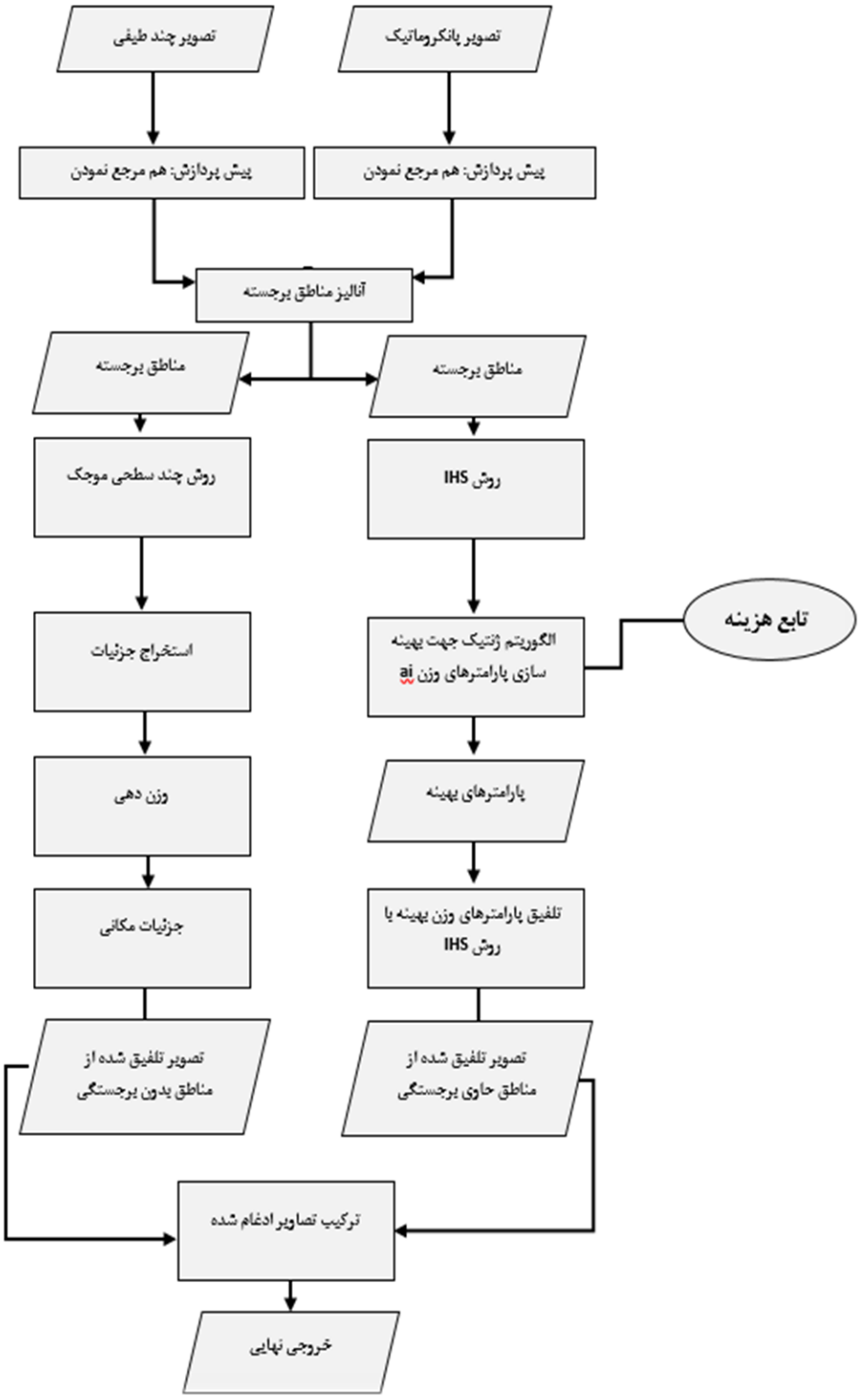
شکل۱: نمای کلی منطقه موردمطالعه

۴- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شـامل تجزیـه‌وتحلیـل برجسـتگی بـر اسـاس روش اسـتفاده شـده در تحقیـق ژو و همکـاران (۲۰۱۵) با تاکید بر فشرده‌سـازی مبتنـی بـر روشـنایی محلی و تلفیق با استفاده از روش تبدیل موجک و *IHS* موثر بر مناطق برجسته و غیربرجسته بـوده اسـت[۶۰]. در مرحله اول، تصاویر پانکروماتیک و چندطیفی به طور خودکار توسط روش اشاره شده بـه منـاطق برجسـته و غیربرجسته تقسیم می‌شوند؛ بنابراین می‌توان مناطق با ویژگی‌های مختلف را تشـخیص داد. در مرحلـه بعـدی، جزئیات فضایی را تخمین زده و با ساختار تلفیق معرفی شده، تصاویر تلفیقی جدید بدسـت مـی‌آیـد. روش IHS بهبـود یافتـه توسـط الگـوریتم ژنتیـک و DT-CWT بـه ترتیب برای استخراج جزئیات برای منـاطق برجسـته و مناطق غیربرجسته استفاده می‌شود.
شـکل(۲) چـارچوب پیشـنهاد ایـن تحقیـق را نشـان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]



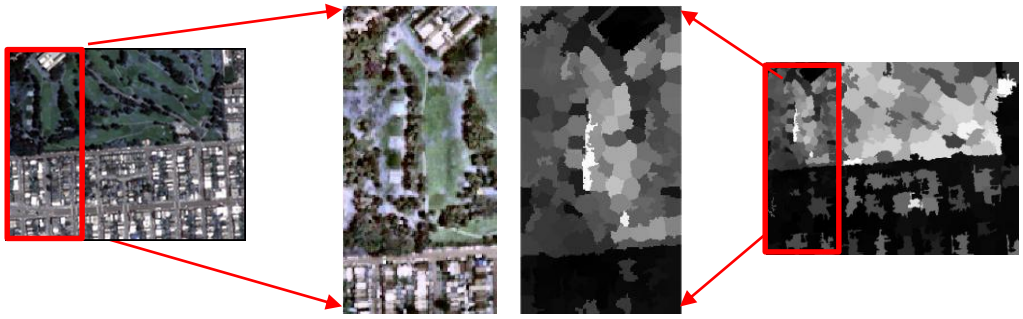
شکل ۲: روند انجام کار در این تحقیق

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

۴-۱- مدل استخراج نواحی برجسته/غیربرجسته

تشخیص منطقه برجسته یک مشکل چالش‌برانگیز و یـک موضوع مهم در بینایی کامپیوتر است که طیف وسـیعی از کاربردهـا ماننـد تشـخیص و تقسـیم‌بنـدی اشـیا را دارد. روش‌های زیادی برای تشخیص مناطق برجسته با استفاده از نشانه‌های بصری مختلف مانند فشردگی، منحصربه‌فـرد بودن و شی بودن پیشنهاد شده‌اند. بـااین‌حـال، هـر روش مبتنی بر نشانه بصری محدودیت‌های خاص خـود را دارد. پس از تجزیه‌وتحلیل مزایا و محـدودیت‌هـای نشـانه‌هـای بصری مختلف، متوجـه شـدیم کـه فشـردگی و روشـنایی (کنتراست) محلی مکمل یکدیگر هستند. عـلاوه بـر ایـن، کنتراست موضعی می‌تواند به طور مؤثری مناطق برجسته سرکوب شده را با استفاده از نشانه‌های فشـردگی بازیـابی کند. با توجه به این مطلـب یـک روش تشـخیص منطقـه برجسته از پایین‌به‌بالا را پیشنهاد شده است که فشـردگی و نشانه‌های روشنایی محلی را ادغام می‌کند. علاوه بر این، برای تولید یک نقشه برجسته بادقت پیکسلی که به طـور یکنواخت‌تری اشیای برجسته را پوشش می‌دهد، اطلاعات برجستگی را با استفاده از فرایند انتشار منتشـر مـی‌کنـد. ابتدا تصویر در سوپر پیکسل‌ها انتزاع شـده و یـک نمـودار ساخته می‌شود. سپس، دو نقشه برجسته مکمل با استفاده از نشانه بصری فشردگی و کنتراست محلی محاسبه مـی‌شود. نقشه‌های برجسـتگی حاصـل بـا اسـتفاده از فراینـد انتشار و نمودار ساخته شده منتشر می‌شوند. در نهایت، دو نقشه برجستگی محاسـبه شـده بـرای ایجـاد یـک نقشـه برجستگی از نظر پیکسلی ادغام می‌شود. به این منظـور از روش موجود در تحقیـق ژو و همکـاران (۲۰۱۵) اسـتفاده شده است[۶۰]. البته در تحقیق ذکر شـده کـل الگـوریتم ارائه شده روی تصاویر مصـنوعی و غیـر سـنجش از دوری اجرا شده، اما در این تحقیق، روش ارائه شده مـذکور روی تصاویر ماهواره‌ای تعمـیم داده شـده اسـت. تعیـین حـد آستانه بهینه معمولاً به روش سعی و خطا صورت گرفته و مبتنی بر تجربیات فرد خبره مفسر تصاویر اسـت. در ایـن تحقیق برای تعیین حد آستانه بهینه، از روش حد آستانه‌گذاری اتوماتیک اوتسو (*Otsu*) استفاده شده است. روش *Otsu* یکی از پرکاربردترین روش‌های حد آستانه‌گـذاری است که تفکیک‌پـذیری بـین پیکسـل‌هـای دو کلاسـی (مثلاً تغییرنیافته (کلاس *C0*) و پیکسل‌های تغییریافتـه (کلاس *C1*) را با توجه به واریانس کلاس‌هـای مربوطـه بیشینه می‌کند [۳۶و ۳۷]؛ بـه طـوری‌کـه حـد آسـتانه بهینه زمانی انتخاب خواهد شـد کـه مجمـوع واریـانس داخل کلاس‌ها کمینه شود که درواقع متناظر هست بـا آنکه واریانس بین کلاس‌هـا بیشـینه گـردد [۳۶ و ۳۷]. در شکل (۳)، خروجـی ایـن رونـد مقـدار ۰٫۲۱۸ بـرای تصویر *WorldView-2* به‌دست‌آمده است.



خروجی تصویر برجستگی | تصویر برجستگی (مناطق سیاه‌رنگ حاوی کلاس‌های برجسته بوده‌اند که ماسک شده‌اند) | تصویر ورودی | نمای کلی منطقه موردمطالعه

شکل ۳: خروجی نقشه برجستگی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

لذا به دلیل ماهیت اجرای این کد در هر تصویر با ابعاد مختلف (تجزیه‌وتحلیل برجستگی بر مبنای یکپارچه‌سازی فشرده‌سازی مبتنی بر انتشار و روشنایی محلی)، قطعات تشکیل شده و شناسایی شده به‌عنوان مناطق برجسته در تصاویر مختلف با ابعاد متفاوت به دلیل ماهیت متفاوت پیکسل‌های تصویری می‌تواند مختلف باشد.

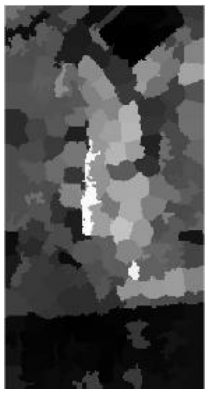
با توجه به یکسان بودن ویژگی‌های کلی این منطقه و کل تصویر مرجع (تراکم و شکل بلوک‌های ساختمانی - شکل هندسی خیابان‌ها - جنس کلی‌بافت منطقه - تراکم و نحوه پوشش گیاهی - مدل هندسی سقف ساختمان‌ها)، تیم تحقیقاتی پیش‌بینی یکسان بودن نتایج کار در این دو منطقه را داشته است؛ لذا شکل(۳) و خروجی‌های این مقاله بر مبنای منطقه‌ای نمونه و جدا شده از سطح کلی این تصویر است.

هدف از انتخاب این تکه از تصویر، وجود تمامی کلاس‌های حساس و مدنظر در این مقاله بوده است. ضمناً در بخش سمت راست شکل(۳) مناطق برجسته به طور اتوماتیک با رنگ مشکی ماسک شده و مناطق برجستگی کمتر با درجات خاکستری متفاوت و با توجه به میزان وجود مناطق برجسته طبق الگوریتم به نمایش درآمده است.

همان‌طور که از شکل (۴) مشخص است نواحی شامل مناطق برجسته (مناطق مسکونی، مناطق حاوی بلوکهای ساختمانی و بالطبع راه آسفالته، عوارض و ساختمان های شهری و .... می باشد) به رنگ سیاه به نمایش درآمده است. بادقت به بخش جنوبی تصویر به وضوح مشخص است حتی تک درختان واقع شده در محیط شهری خارج از ماسک مشکی قرار گرفته است.

ماسک مناطق غیربرجسته
(صرفاً جهت روشن‌سازی موضوع در این پاسخ نمایش درآمده است)

ماسک مناطق برجسته
(صرفاً جهت روشن‌سازی موضوع در این پاسخ نمایش درآمده است)



تصویر برجستگی
(مناطق سیاه‌رنگ حاوی کلاس‌های برجسته بوده‌اند که ماسک شده‌اند)

تصویر ورودی

شکل ۴: ماسک مناطق مختلف

۴-۲- ادغام تصویر بر اساس استراتژی زیرمنطقه‌ای

در این بخش سعی شده تا در مورد استراتژی‌های زیر منطقه‌ای به طور مختصر مطالبی بیان شود.

۴-۲-۱- رویکرد تلفیق تصاویر در مناطق برجسته

برای بهبود وضوح مکانی تاحدامکان و به طور هم‌زمان کاهش اعوجاج طیفی تا حد معینی در مناطق برجسته، از روش *IHS* بهبودیافته به طریقه روش ژنتیک استفاده کردیم. روش ادغام *IHS* احتمالاً یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ادغام تصاویر سنجش‌ازدوری است[۱۲]. روند اجرایی این روش به این صورت است که ابتدا تصویر سه باندی فضای رنگی *RGB* به فضای

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

رنگی *IHS* تبدیل مـی‌گـردد. در مرحلـه بعـدی تصـویر شدت طبق رابطه (۱) تولید می‌گردد.

$$I = \alpha_1 R + \alpha_2 G + \alpha_3 B$$ رابطه(۱)

سپس ایـن تصـویر بـا تصـویر پانکروماتیـک جـایگزین می‌شود. قبل از ادغام تصاویر، فرایند تطابق هیسـتوگرام بین دو تصویر چند طیفی و پانکروماتیک باهدف یکسان کردن محدوده طیفی دو تصویر اجرا می‌گردد. درنهایـت فرایند جایگزینی طبق رابطه (۲) اشـاره شـده در ذیـل صورت می‌گیرد [۱۳].

$$\begin{bmatrix} I \\ H \\ S \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha 1 & \alpha 2 & \alpha 3 \\ \frac{-\sqrt{2}}{6} & \frac{-\sqrt{2}}{6} & \frac{2\sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$ رابطه (۲)

در این فرایند به‌جای ضـرایب $\alpha_i = 1/3; (i = 1,2,3)$ مقادیر ذکرشده استفاده می‌گردد. در ادامه ایـن فراینـد ادغـام، نوبـت بـه هـم مقیـاس‌کـردن تصـویر پانکروماتیک(رابطه(۳)) از لحاظ یکسان کـردن مقـادیر میانگین و واریانس با تصویر شدت می‌رسد [۱۳]:

$$P = \frac{\sigma_I}{\sigma_P}(P - \mu(P)) + \mu(I)$$ رابطه (۳)

در رابطه (۳)، μ و δ به ترتیب میـانگین و واریـانس تصویر پانکروماتیک است. محتویـات موجـود در تصـویر شدت سپس با تصویر هـم مقیـاس شـده پانکروماتیـک حاصل از مرحلـه قبـل جـایگزین مـی‌گـردد و در آخـر تبدیل معکوس *IHS* برای رسیدن به تصویر ادغـام‌شـده نهایی انجام می‌شود.

این فرایند طبق رابطه (۴) صورت می‌گیرد [۱۳].

$$\begin{bmatrix} F(R) \\ F(G) \\ F(B) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + Pan - I \\ G + Pan - I \\ B + Pan - I \end{bmatrix}$$ رابطه (۴)

در رابطـه (۴)، *F(i)* تصـویر چنـد طیفـی ادغـام‌شـده به‌دست‌آمده است. پیاده‌سازی روش *IHS* به ایـن شـکل بسیار کارا خواهد بود و به همین علت به این روش نـام *FAST_IHS* اطلاق شده است [۷].

به همین دلیل روش *IHS*، الگوریتم مطلوبی برای کار با داده‌های با حجم بالا است.

در این تحقیق از روش توسعه‌یافته در تحقیـق نیـازی و همکاران (۲۰۱۶) به دلیـل غلبـه و کـاهش اعوجاجـات طیفی و مکانی در روش *IHS* استفاده شده اسـت [۴۴].

در این روش پیشنهادی، پارامترهـای وزن بهینـه بـرای تولید تصویر شدت با استفاده از الگـوریتم بهینـه‌سـازی ژنتیک استفاده گردیده است.

تصویر شدت حاصل از یـک رابطـه خطـی بـین تمـامی باندهای طیفی تصویر چند طیفی است (رابطه(۵)) و در حقیقت پارامترهای وزن هـر یـک از ایـن باندها تـأثیر مسـتقیمی روی نتـایج نهـایی ادغـام خواهـد داشـت. همان‌طور که در بخش قبلی اشـاره شـد، در تحقیقـات قبلی اغلب برای این پارامترها مقادیر مساوی و یا اخیـراً مقادیر تجربی در نظر گرفته شده است [۸ و ۲۹].

در روش پیشنهادی پارامترهای وزن از طریق الگـوریتم بهینه‌سازی ژنتیک محاسبه می‌شوند.

$$F = RMSE + ERGAS + (1 - QAVE) + RASE + SAM + SID + (1 - Spatial)$$ رابطه(۵)

الگوریتم‌های ژنتیک الگـوریتم‌هـایی هسـتند کـه دارای قدرت بسیار زیـادی در یـافتن جـواب مسـئله هسـتند [۳۸]. کاربرد اصلی این الگوریتم در مسـائلی اسـت کـه دارای فضای جسـتجوی بسـیار بـزرگ هسـتند و عمـلاً بررسی همه حالت‌ها ممکن نیست [۳۹]. از طرفی بایـد توجه داشت که حتماً بین حالات مختلـف مسـئله بایـد دارای پیوستگی مناسب و منطقی وجـود داشـته باشـد. درنهایت الگوریتم‌های ژنتیک این امکان را می‌دهـد کـه حرکتی سریع در فضای مسئله بـه‌سـوی هـدف برقـرار شود. اجزا الگوریتم ژنتیک، کروموزوم، جمعیـت و تـابع

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

هدف است. هر کروموزوم نشان‌دهنده یک نقطه در فضای جستجو و یک راه‌حل ممکن برای مسئله موردنظر است [۴۰]. خود کروموزوم‌ها (راه‌حل‌ها) از تعداد ثابتی ژن[۱](متغیر) تشکیل می‌شوند. برای نمایش کروموزوم‌ها، معمولاً از کدگذاری‌های دودویی (رشته‌های بیتی) استفاده می‌شود. مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها یک جمعیت را تشکیل می‌دهند. با تأثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت، جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می‌شود. به‌منظور حل هر مسئله با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی، ابتدا باید یک تابع برازندگی برای آن مسئله ابداع شود [۴۰]. برای هر کروموزوم، این تابع عددی غیر منفی را برمی‌گرداند که نشان‌دهنده شایستگی یا توانایی فردی آن کروموزوم است. درالگوریتم ژنتیک پس از مرحله تولید مثل، جواب نهایی حاصل می‌گردد. در طی مرحله تولیدمثل[۲]از عملگرهای ژنتیکی استفاده می‌شود. با تأثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت، نسل[۳]بعدی آن جمعیت تولید می‌شود. عملگرهای انتخاب،[۴] آمیزش[۵]و جهش[۶]معمولاً بیشترین کاربرد را در الگوریتم‌های ژنتیکی دارند. درنهایت هنگامی‌که شرط پایان الگوریتم برقرار گردد، جواب بهینه مشخص می‌گردد.

در مسئله انتخاب پارامترهای وزن بهینه نیز، درصورتی‌که تعداد پارامترها (فضای جستجوی پارامترها) زیاد بوده و درنتیجه امکان بررسی تمام حالت‌های مختلف قرارگیری پارامترها در کنار هم و انتخاب مجموعه مناسب میسر نباشد، از الگوریتم ژنتیک به‌منظور انتخاب بهینه‌ترین وزن‌ها استفاده می‌گردد. ساده‌ترین روش کد نمودن مسئله، تعیین طول کروموزوم‌ها برابر با تعداد مجهولات موجود در مبنای دو (طول کروموزوم‌ها برابر با ۲۸ در نظر گرفته شد) و قرار دادن ژن‌ها به دو صورت یک و صفر است که عدد یک بیانگر حضور و عدد صفر بیانگر عدم حضور است. پس از پایان اجرای الگوریتم نیز پارامترهای انتخابی معادل با ژن‌های دارای عدد یک می‌باشند که تبدیل از مبنای ۲ به مبنای ۱۰ صورت می‌پذیرد. در الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه برابر ۵۰۰ کروموزوم به‌صورت تصادفی تولید شد. در هر نسل ۲۵ کروموزوم برتر به نسل بعد انتقال پیدا می‌کنند. همچنین از روش تورنمنت برای انتخاب والدین، تقاطع تک نقطه ای با نرخ ۸۰ درصد و جهش یکنواخت استفاده شد. در صورتی که تفاوت بین بهترین نتیجه ۱۰ نسل متوالی از ۰/۰۰۰۱ کمتر باشد، الگوریتم متوقف خواهد شد. در الگوریتم ژنتیک به‌منظور محاسبه میزان تناسب (شایستگی) یک جواب، تعریف یک تابع ارزیابی مناسب برای مسئله ضروری است [۴۰ و ۴۱]. در این صورت ترکیب خطی از معیارهای دقت مکانی و طیفی می‌تواند به‌عنوان تابع ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد.

به همین منظور تصویر شدت جدید به همراه باندهای دیگر به‌عنوان ورودی به الگوریتم ژنتیک به جهت دستیابی به بهینه‌ترین پارامترها معرفی می‌شوند. مقادیر بالاتر تابع ارزیابی در الگوریتم ژنتیک بهترین نتایج را تولید می‌کند. در روش پیشنهادی تابع ارزیابی به‌صورت ترکیبی خطی از معیارهای کیفیت کیفی و مکانی طراحی‌شده است.

۴-۲-۲- رویکرد تلفیق تصاویر در مناطق غیربرجسته

برای مناطق غیربرجسته، تصویر پانکروماتیک توسط *DT-CWT* برای استخراج اطلاعات با فرکانس بالا به‌عنوان جزئیات مکانی تجزیه می‌شود.

DT-CWT نه تنها می‌تواند تجزیه و بازسازی کامل را ارائه دهد، بلکه در انتخاب ناچیز و انتخاب جهت نیز عملکرد عالی دارد. بار محاسباتی *DT-CWT* نیز بسیار کمتر است. *DT-CWT* با ادغام توانایی انتخاب جهت با

[۱] *Gene*
[۲] *Reproduction*
[۳] *Generation*
[۴] *Selection*
[۵] *Crossover*
[۶] *Mutation*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

کاهش مصـنوعات خـوب، توانـایی برتـری در اسـتخراج اطلاعات ظریـف بـا فرکـانس بـالا دارد. در ایـن بخـش تحقیق، از الگوریتم نسبتا جدید ارائـه شـده در تحقیـق سلسنیک و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شده است[۵۹].

در تبدیل موجک، سیگنال ورودی در سـطوح مختلفـی نمایش داده مـی‌شـود. هـر یـک از ایـن سـطوح شـامل اطلاعات کلی تا جزئی از داده مـورد نظـر هسـتند. ایـن مفهوم به‌منظور بهبود و رفع کاستی‌هـای انتقـال فوریـه کلاسیک تعریف و ارائه شد. از فواید تبـدیل موجـک آن است که این تبدیل، تفکیک زمانی بالا را برای فرکانس-های بالا و تفکیک زمانی پـایین را بـرای فرکـانس‌هـای پایین ایجاد می‌کند. از دیگر فواید تبدیل موجک، آنـالیز محلی آن است که امکان آنالیز چند تفکیکـی را فـراهم می‌کند (رابطه(۶)).

رابطه(۶)

$$X_{WT}(\tau s)=\frac{1}{\sqrt{|s|}}\int_{-\infty}^{+\infty}x(t)\psi*\left(\frac{t-\tau}{s}\right)dt$$

سیگنال تبدیل شده تابعی از پارامتر انتقـال τ و پـارامتر مقیاس s است. موجک مادر با ψ^{i} تعریف می‌شـود و $*$ بیانگر عملگر ترکیب است. المان‌های $X_{WT}(\tau s)$ ضرایب موجک نامیده می‌شوند. تبدیل موجک پیوسـته تبـدیل معکوس نیز دارد که به‌صـورت رابطـه (۷) نمـایش داده می‌شود.

رابطه(۷)

$$X_{WT}(\tau s)=\frac{1}{C_{\psi}^{2}}\iint_{-\infty}^{+\infty}X_{WT}(\tau s)\frac{1}{S^{2}}\psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right)d\tau ds$$

مقیاس بزرگ، منطبـق بـر فرکـانس پـایین اسـت کـه اطلاعات کلی از سیگنال ایجـاد مـی‌کنـد. مقیـاس‌هـای کوچک منطبق بر فرکانس‌های بالا هستند که اطلاعـات جزئی از سیگنال را فراهم می‌کنند. نتایج این الگـوریتم در پژوهش های دیگـر و بروزتـر نیـز مـورد تاییـد قـرار گرفته است.

۴-۳- معیارهای ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های ادغام تصاویر

برای ارزیابی میزان ابقای اطلاعات طیفی و مکانی نتایج این روش، از معیارهای زیر استفاده شده است.

الف) معیارهای ارزیابی حفظ اطلاعات طیفی

- **معیار ارزیـابی ضـریب همبسـتگی** [۱۶][۱]: طبـق رابطه (۸) این معیـار، ضـریب همبسـتگی بـین تصـویر ادغام‌شده نهایی و تصـویر چنـد طیفـی (*MS*) را نشـان می‌دهد.

رابطه(۸)

$$CC(A,B)=\frac{\sum_{m,n}(A_{m,n}-\mu_A)(B_{m,n}-\mu_B)}{\sqrt{\sum_{m,n}(A_{m,n}-\mu_A)^2\sum(B_{m,n}-\mu_B)^2}}$$

در رابطه (۸)، A و B به ترتیب تصاویر چند طیفی و ادغام‌شده و μ_A و μ_B به ترتیب میانگین تصویر مرجع چند طیفی (*MS*) و تصویر ادغام شده است.

- **معیار ارزیابی خطای *RMSE***[۳۱]: طبق رابطه (۹)، این معیار نشان‌دهنده میزان تغییرات بین نتیجه ادغـام یـک بانـد و بانـد اصـلی اسـت. مقـدار کـم ایـن معیـار نشان‌دهنده حفظ اطلاعات طیفی باند اصـلی در فراینـد ادغام است. رابطه مربوط بـه ایـن معیـار در زیـر آمـده است:

رابطه(۹)

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{x}\sum_{i}(A_i(x)-F_i(x))^2}{n\times m\times d}}$$

در رابطه(۹)، x، پیکسل و i تعداد باندهای تصویر اسـت، همچنین n تعداد سطرها، m تعداد ستون‌هـا و d تعـداد باندهای تصویری است.

- **معیـــار ارزیـــابی خطـــای *ERGAS*** [۳۱]: طبـق رابطه(۱۰)، این معیار درواقع میزان انحـراف طیفـی در تصویر ادغام نهایی را نشان می‌دهد. اگر مقدار این معیار به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده آن است کـه تصـویر ادغام خروجی از لحاظ طیفی قوی‌تر است. رابطه بیانگر

[۱] *Correlation Coeficient*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

این معیار در زیر نشان داده شده است:

رابطه(۱۰)

$$ERGAS = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\left(\frac{RMSE(n)}{\mu(n)}\right)^2}$$

در رابطه(۱۰)، h/l نسبت اندازه پیکسل تصویر پانکروماتیک به چند طیفی و μ میانگین n امین باند و N تعداد باندها است.

- **معیار ارزیابی خطای *RASE*** [۳۲]: طبق رابطه(۱۱)، این معیار، متوسط خطای طیفی نسبی تصویر ادغام‌شده در باندهای طیفی را نشان می‌دهد و به‌صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود.

رابطه(۱۱)

$$RASE = \frac{100}{M}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}RMSE^2(B_i)}$$

در رابطه(۱۱)، M میانگین n باند طیفی تصویر ادغام‌شده و تصویر چند طیفی مرجع است.

- **نگاشت زاویه طیفی** *SAM*[۳۳]: طبق رابطه (۱۲)، پارامتر *SAM* را برای کل تصویر محاسبه شده است و مقدار میانگین α به دست آمده است. درواقع α دارای مقداری بین صفر و یک است و هر چه ین مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد اطلاعات طیفی کیفیت بالاتری دارند.

رابطه(۱۲)

$$\cos\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{N}x_i y_i}{\sum_{i=1}^{N}x_i^2\sum_{i=1}^{N}y_i^2}$$

در رابطه(۱۲)، N تعداد باندها، $x = (x_1, x_2, ..., x_N)$ و $y = (y_1, y_2, ..., y_N)$ به ترتیب بردارهای طیفی تصاویر مرجع و ادغام‌شده با طول‌موج یکسان است. α زاویه طیفی در یک نقطه مشخص است.

- **ارزیابی بر اساس واگرایی اطلاعات طیفی *SID***[۳۴]:

بر طبق روابط(۱۳) و (۱۴) داریم:

$$p_j = \frac{x_j}{\sum_{i=1}^{N}x_i}$$

رابطه (۱۳)

$$q_j = \frac{y_j}{\sum_{i=1}^{N}y_i}$$

در روابط(۱۳) و (۱۴)، N تعداد باندها است؛ بنابراین *SID* به‌صورت رابطه (۱۴)تعریف می‌گردد:

رابطه(۱۴)

$$SID(x,y) = D(x\,\|\,y) + D(y\,\|\,x)$$

در رابطه(۱۴)، $D(x\,\|\,y)$ آنتروپی نسبی است که به‌صورت: $D(x\,\|\,y) = \sum_{i=1}^{L}p_i\log(p_i/q_i)$ تعریف می‌شود. به همین منوال $D(y\,\|\,x)$ نیز تعریف خواهد شد. هر چه دیورژانس به‌دست‌آمده برای شناسه طیفی یک پیکسل و شناسه طیفی تصویر از نظر قدر مطلق کوچک‌تر بودند، شباهت این دو شناسه به یکدیگر بیشتر است.

ب) معیارهای ارزیابی حفظ اطلاعات مکانی

- **معیار ارزیابی همبستگی مکانی** [۳۵]: هر چه همبستگی مؤلفه‌های بالا بین تصویر با دقت مکانی بالا و تصویر حاصل از ادغام بیشتر باشد، گویای مشارکت بیشتر این ویژگی‌ها در حاصل کار است. پنجره بالاگذری که در این تحقیق مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌صورت رابطه (۱۵) است. در رابطه(۱۵)، F_{KHPF}، C_{PANHPF} به ترتیب نتایج اعمال ماسک فوق روی تصاویر ادغام‌شده و پانکروماتیک و σ_{PAN} و σ_F به ترتیب انحراف معیار تصویر مرجع پانکروماتیک و تصویر ادغام شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

$$HPF(mask)=\begin{pmatrix}-1 & -1 & -1\\ -1 & 8 & -1\\ -1 & -1 & -1\end{pmatrix}$$

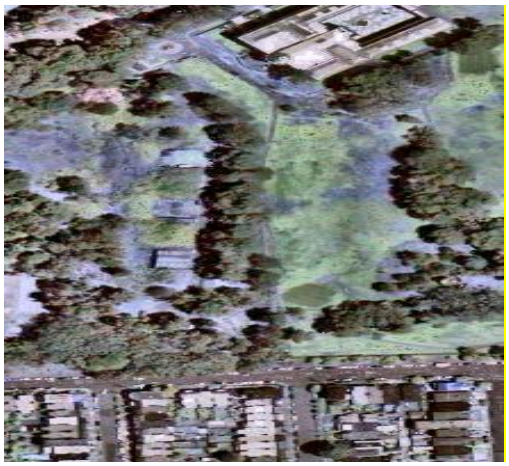
رابطه (۱۵)

$$P(k)=\frac{C_{PANHPF},F_{KHPF}}{\sqrt{\sigma_{PAN}{}^{2},\sigma_{F}{}^{2}}}$$

۵- نتایج تجربی

به‌طورکلی، کارایی روش‌های ادغام تصاویر مـاهواره‌ای از دو منظر قابل بررسی است. اول از لحاظ کیفی و بصری، دوم از لحاظ کمی و عددی. به‌منظور بررسـی و ارزیـابی بصری، تصاویر رنگی حاصل از ترکیـب سـه بانـد قرمـز، سبز و آبی در شکل (۵) و (۶) نمایش داده شـده اسـت.

IHS IHS-Adaptive (روش این مقاله)



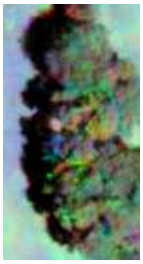
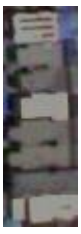
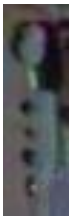
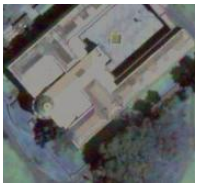
GIHS-wavelet (روش این مقاله)

شکل ۵: خروجی های نهایی

از لحاظ بصری، بررسی عوارض کلیدی در یـک تصـویر مانند مناطق پوشیده از گیاه، سـاختمان‌هـا و راه‌هـا و... می‌تواند توانایی روش ادغام مورد استفاده را نشان دهـد. طبق شکل(۶)، سعی شده است تـا از تمـامی محتـوای اطلاعاتی تصاویر، تکه‌های مختلف انتخاب شود. از لحاظ بصری خروجـی روش مـورد اسـتفاده در ایـن تحقیـق، شامل تصاویری با وضوح بالاتر و روشـنایی متناسـب در تمامی بخش‌های تصویر به نسبت تصـویر مرجـع چنـد طیفـی ورودی بـوده اسـت؛ ایـن در حـالی اسـت کـه خروجی این روش از لحاظ طیفی به تصویر مرجع اولیه بسیار نزدیک بوده اسـت و اعوجاجـات طیفـی کمتـری روی تصاویر حاصل شده دیده می‌شود. طبق شـکل(۶)، روش ادغام ارائه شده در این تحقیق، تصویر چند طیفی ورودی را در مناطق دارای برجستگی واضـح‌تـر سـاخته است. اگر به تصاویر مرجع ورودی دقت کنیم این نکتـه قابـل مشـاهده اسـت کـه در تصـویر ورودی، منـاطق برجسته بسیار تاریک و تیره دیده می‌شود. ایـن امـر در واقع فرایند طبقه‌بندی را تحت تأثیر قرار مـی‌دهـد، امـا وقتی به خروجی همین تصـویر دقـت شـود بـه خـوبی مناطق حاوی اطلاعات برجسته قابل مشاهده است و در واقع این مناطق از لحاظ طیفی روشـن‌تـر شـده اسـت.

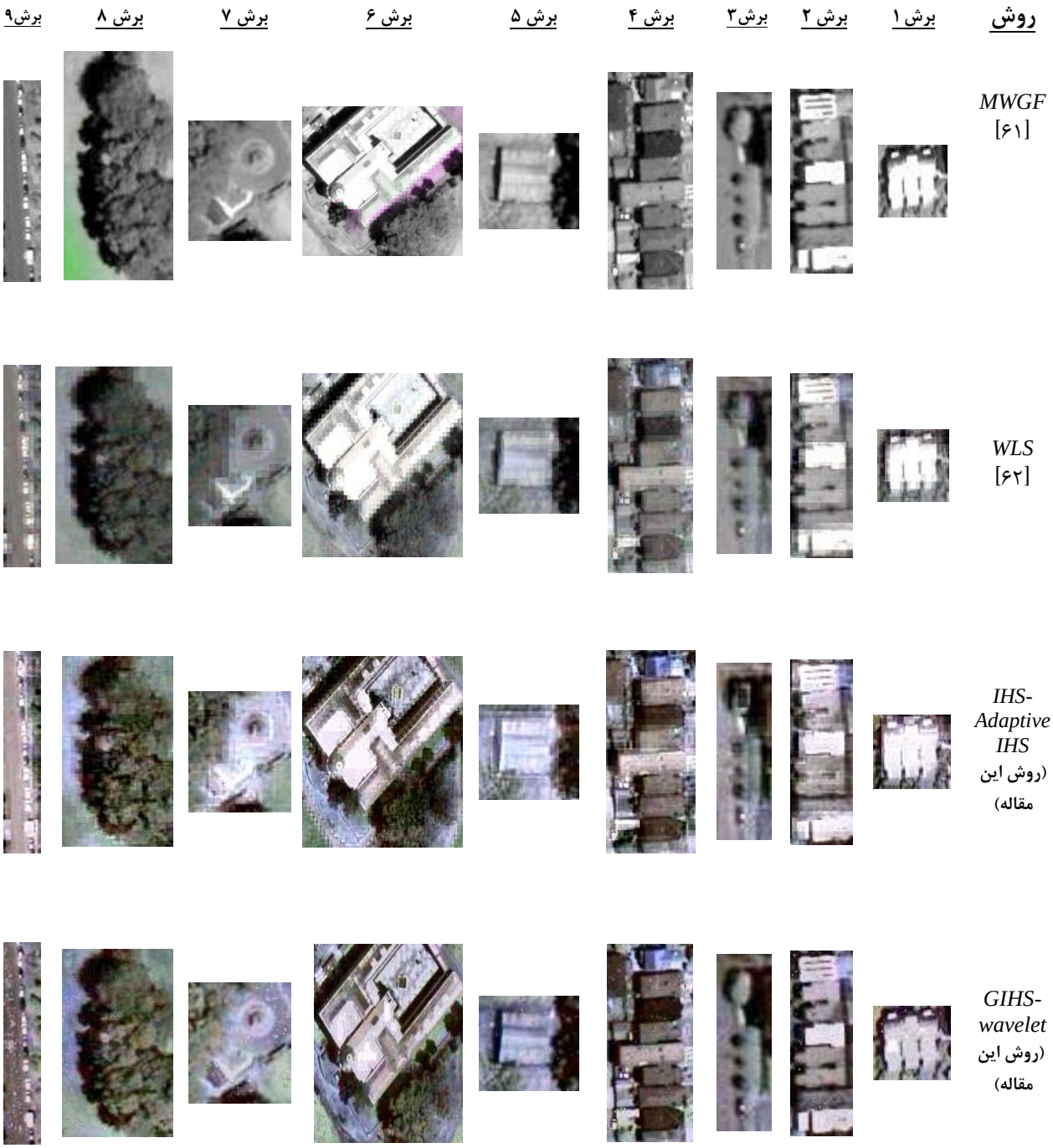
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

روش	برش ۱	برش ۲	برش۳	برش ۴	برش ۵	برش ۶	برش ۷	برش ۸	برش۹
تصویر چند طیفی اولیه									
Adaptive -IHS [۴۲]									
brovey									
IHS-GA [۴۴]									
PCA									

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]



شکل۶ : خروجی تصاویر ادغام‌شده مربوط به روش‌های مورد ارزیابی و روش پیشنهادی در تحقیق

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

همچنین خروجی روش پیشنهادی از لحاظ مکانی نیز بهبود اساسی یافته است. علت این امر نبود اختلاف فاحش بین تصویر شدت و پانکروماتیک به دلیل وجود ضرایب بهینه در روند تشکیل تصویر شدت بوده است. در مناطق شامل بلوک‌های ساختمانی که در شکل(۶)، برش‌های (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، (۵) و (۶) نمایش داده شده، مشخص است که لبه‌ها بدون تضاریس و اعوجاجات مکانی و طیفی بوده است. در خروجی‌های مربوط به روش پیشنهادی، لبه‌ها تیزتر به نظر می‌رسند. علت این امر تاکید ویژه الگوریتم مورد استفاده در مناطق حاوی برجستگی به حفظ حداکثری ویژگی‌های بافت و مکانی بوده است، اما در سایر الگوریتم‌های مورد استفاده این مشکل به‌صورت جدی مشاهده می‌شود. نکته دیگر قابل ذکر در این کار وجود اعوجاجات و تغییرات طیفی در مناطق غیربرجسته می‌باشد. همان‌طور که در شکل(۶) مشخص است، خروجی مربوط به روش‌های *MWGF*، *brovey* و *IHS-GA* همگی دارای اعوجاجات و نویزهایی در مناطق گیاهی هستند که به نظر می‌رسد اساسا ضعف کلی این روش‌ها در مقالات نیز همین مسئله باشد.

به‌منظور اندازه‌گیری تغییرات طیفی ظریف که به‌سختی می‌توان با مشاهده بصری متوجه آن شد، چندین شاخص کیفیت پرکاربرد برای ارزیابی کمی انتخاب شده است. به همین ترتیب طبق جداول ارزیابی، اعوجاجات طیفی این روش نیز حداقل مقدار ممکن بوده است که معیارهای ارزیابی در جدول (۱) نیز نشانگر این مسئله است. طبق شکل(۶)، اعوجاجات طیفی زیادی در نتایج حاصل از روش‌های ادغام خانواده *IHS* برای داده مورد استفاده مشاهده می‌شود. درواقع این روش‌ها به طور ذاتی اطلاعات مکانی را به نحو قابل قبول حفظ کرده، ولی اطلاعات طیفی را حفظ نمی‌کنند؛ زیرا ضرایب مورد استفاده در تصویر شدت بدون توجه به ماهیت اطلاعاتی باندها به‌صورت تجربی و یا برابر باهم به کار برده شده است. نکته قابل‌توجه، بهبود طیفی خروجی روش *IHS-GA* به علت محاسبه دقیق سهم هر باند در تشکیل تصویر شدت بوده است.

جدول ۱: معیارهای ارزیابی استفاده شده در این تحقیق - تلفیقی از متریک‌های مکانی و طیفی

روش	*cc*	*ERGAS*	*RASE*	*RMSE*	*SID*	*Spatial*
MWGF [61]	۰٫۰۱۹۰۵۴	۰٫۰۲۰۲	۰٫۰۷۶۴۸۸	۰٫۶۸۵۰۷	۰٫۰۹۶۳	**۰٫۹۹۰۶**
WLS [62]	۰٫۰۱۸۹۱	۰٫۰۱۴۰۴	۰٫۰۴۵۴۲۷	۰٫۴۰۵۹۸	۰٫۰۸۵۸	۰٫۷۰۵۳۵
Brovey	۰٫۰۵۶۹۳۳	۰٫۰۲۰۴۱	۰٫۰۷۸۳۶۲	۰٫۶۹۷۷۳	**۰٫۰۱۶۱**	۰٫۹۵۳۲۶
AdaptiveIHS [42]	۰٫۰۰۴۱۸۳	۰٫۰۲۳۱۷	۰٫۰۵۹۲۵۲	۰٫۵۲۷۶	۰٫۲۰۶۳۷	۰٫۶۶۷۳۹
IHS-GA [44]	۰٫۰۰۷۳۰۵	۰٫۰۲۵۰۶	۰٫۰۶۵۰۷۵	۰٫۵۷۹۴۳	۰٫۲۱۴۶۲	۰٫۹۱۶۶۱
PCA	۰٫۰۴۶۳۲۱	۰٫۰۱۹۶۹	۰٫۰۴۹۴۲۴	۰٫۴۳۷۴۹	۰٫۰۵۵۲۵	۰٫۶۱۲۳۸
IHS_AdaptiveIHS (روش این تحقیق)	۰٫۰۲۳۳۸۵	۰٫۰۱۵۱۶	۰٫۰۴۵۴۱۸	۰٫۴۰۲۷۳	۰٫۱۵۰۰۳	۰٫۷۸۹۹۷
GIHS_wavelet (روش این تحقیق)	**۰٫۰۰۱۰۵**	**۰٫۰۱۴۴**	**۰٫۰۳۷۰۷**	**۰٫۳۲۷۸**	۰٫۱۹۴۳۴	۰٫۹۸۴۵۸
Reference	۰	۰	۰	۰	۰	۱

بررسی دقیق‌تر نشان‌دهنده بهبود مناطق غیربرجسته در تصاویر ادغام شده با روش پیشنهادی این تحقیق از لحاظ کیفیت طیفی نسبت به سایر روش‌ها بوده است. با توجه به معیارهای ارزیابی جدول(۱)، مقادیر به‌دست‌آمده از معیارهای ارزیابی بسیار نزدیک به مقادیر بهینه (مرجع) برای این معیارها است. بر طبق جدول(۱) و تصاویر نشان داده شده در شکل(۳)، اکثر معیارهای طیفی و کمی روش پیشنهادی حاکی از عملکرد مطلوب این روش به نسبت دیگر روش‌های موجود در این تحقیق بوده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

۶- نتیجه‌گیری

یکی از مسائل قابل توجه در حوزه ادغـام تصـاویر چنـد طیفی و پانکروماتیک، ایجاد اعوجاجات طیفی و مکـانی متعدد در سطح خروجی می‌باشـد کـه عمـده مطالعـات صورت گرفته در این حـوزه، روی ایـن موضـوع تمرکـز ویژه داشته‌اند و تمامی الگوریتم‌های ارائه شده یا بهبـود یافته پیرامون این مسأله تمرکز کرده‌انـد. بـالطبع بـرای ارزیابی این موضوع نیز از پارامترها و معیارهای مناسـب بهره گرفته شده است. در مقایسه با مطالعـات قبلـی در حوزه ادغام تصاویر که جهت ارزیابی از معیارهای مکانی یا صرفاً معیارهای طیفی استفاده کرده‌اند، توجه به ایـن نکته ضروری است که باید برای ارزیابی یک روش ادغام از هر دو نوع معیار مکانی و طیفی به‌طـور توأمـان بهـره برد[۲۵ و ۴۲]. در این مطالعه نیـز معیارهـای طیفـی و مکانی متفـاوتی در نظـر گرفتـه شـده اسـت. از طریـق تجزیـه و تحلیـل بصـری و ارزیـابی کمـی، مـی‌تـوان تفاوت‌های آشکاری بـین روش ترکیبـی ایـن تحقیـق و روش‌های کلاسیک موجود مشاهده نمود.

تجزیـه و تحلیـل بیشـتر را مـی‌تـوان در هـر کـلاس از الگوریتم‌های ادغام انجام داد. در میان خانواده روش‌های مبتنی بر *MRA*، روش‌های مبتنـی بـر تبـدیل موجـک مزایای آشکاری در ارائه محصول ادغـام شـده باکیفیـت مکانی بهتر نشان می‌دهند.

نتـایج تجربـی نشـان مـی‌دهـد، روش پیشـنهادی ایـن تحقیق عملکرد پیشرفته‌ای را ارائه می‌کنـد و پتانسـیل بالایی برای رسیدگی به نیازهای پیچیده مناطق مختلف در ترکیب دارد.

مزیـت روش پیشـنهادی ایـن تحقیـق در مقایسـه بـا روش‌های مرسوم موجود در زمینه ادغام، توانایی حفـظ محتوای طیفی و شباهت بین‌بانـدی قابـل توجـه بـوده اسـت؛ اگرچـه عملکـرد روش پیشـنهادی و برخـی روش‌های فوق در نگهداری طیفی و حفاظت از سـاختار مکانی کاملاً مشابه است. علاوه بر این، از منظر بصـری، پیشنهاد این تحقیق در دستیابی به تعـادل خـوب بـین دقت مکانی و وفـاداری طیفـی در منـاطق بـا نیازهـای متفـاوت در تفکیـک مکـانی و طیفـی، بهتـر از سـایر رویکردها عمل کرده است. نکته قابل‌ذکر دیگر می‌تـوان به مناسب بودن دقت مکانی روش پیشنهادی نسبت بـه روش‌های کلاسیک که کل تصـویر را یکنواخـت فـرض نموده و الگوریتم به‌صورت یکجا روی کل تصـاویر تـأثیر می‌گـذارد، اشـاره نمـود. اسـتفاده از روش ترکیبـی بـر مبنـای اسـتفاده از ویژگـی‌هـای منـاطق برجسـته و غیربرجسته و همچنین استفاده هم‌زمان از نتایج مثبـت الگـوریتم بهینـه‌سـازی ژنتیـک و روش ادغـام *IHS* و همچنین تبدیل موجک باعث بهبود نتایج طیفـی شـده است که البته این موضوع در حالی است کـه اطلاعـات مکانی نیز حفظ شـده اسـت. نتـایج حاصـل از ارزیـابی معیارهـای مختلـف حـاکی از توانـایی بـالای روش پیشنهادی تحقیق در ادغام تصاویر است.

همـان‌طـور کـه از نتـایج معیارهـای طیفـی و مکـانی مشـخص اسـت، تمـامی معیارهـای مورداسـتفاده، نشان‌دهنده توانایی روش پیشنهادی تحقیق نسـبت بـه حفـظ و ابقـای اطلاعـات طیفـی و مکـانی تصـویر پانکروماتیک و چند طیفی مرجع است.

در پایان پیشنهاد مـی‌گـردد در مرحلـه تولیـد منـاطق برجسته و غیربرجسته علاوه بر ویژگی‌هـای فشـردگی و کنتراسـت محلـی، از روال تعیـین حـد آسـتانه‌گـذاری اتوماتیک به‌منظور تولید ماسک بـاینری اسـتفاده شـود. تأثیر الگوریتم ژنتیک در تصاویر بـا تعـداد بانـد طیفـی بیشتر نیز قابل بررسی است.

مراجع

[1] *C. Genderen, J. L. "Multi sensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications". International Journal of Remote Sensing, 19(5), pp. 823-854, 1998.*

[2] *W. Lau, BA. King, Z. Li. "The influences of image classification by fusion of spatially oriented images". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33 (Part B7), pp. 752-759, 2000.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

[3] Z. Wang, AC. Bovik, HR. Sheikh, EP. Simoncelli, " Image quality assessment : From error visibility to structural similarity", IEEE Transaction on Image Processing, 13 (4): 600-612, 2004.

[4] S Yang, M Wang, L Jiao, " Fusion of multispectral and panchromatic images based on support value transform and adaptive principal component analysis", Information Fusion, 13 (3): 177-184, 2012.

[5] S Klonus, M Ehlers, " Image fusion using the Ehlers spectral characteristics preserving algorithm", GIS science and Remote Sensing, 44 (2): 93-116, 2007.

[6] Y. Zhang, "Understanding image fusion". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 70: 657-661, 2004.

[7] L Alparone, B Aiazzi, S Baronti, A Garzelli, F Nencini, M Selva. "Multispectral and panchromatic data fusion assessment without reference". In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2004.

[8] T. Tu, S. Su, H. Shyn and P. Huang. "A New Look at IHS-like Image Fusion Methods." Information Fusion, Vol. 2. pp. 177-186 .2001.

[9] S.K. Sadhasivam, M. B. Keerthivasan and M.S. "Implementation of Max Principle with PCA in Image Fusion for Surveillance and Navigation Application." Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis 10(1):1-10, 2011.

[10] M. N. Do and M. Vetterli, "The contourlet transform: An efficient directional multi-resolution image representation," IEEE Trans .Image Process. vol. 14, no. 12, pp. 2091–2106, Dec.2005.

[11] V. Shah, N. H. Younan, and R. L. King, "An efficient pan-sharpening method via a combined adaptive PCA approach and contourlets," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. vol. 46, no.5 pp.1323–1335, 2008.

[12] EM Schetselaar, "Fusion by the IHS transform: Should we use cylindrical or spherical coordinates". International Journal of Remote Sensing, 19 (4): 759-765, 1998.

[13] M Choi, HC Kim, N Cho, HO Kim. "An improved intensity-hue-saturation method for IKONOS image fusion". International Journal of Remote Sensing, 00: 1-10, 2006.

[14] M. Choi, "A new intensity-hue-saturation fusion approach to image fusion with a tradeoff parameter". IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 44 (6): 1672-1682, 2006.

[15] C. Myungjin. "New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion with a Tradeoff Parameter". IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 44 (6): 1672-1682, 2006.

[16] P.S. Chavez, A.Y Kwarteng. "Extracting spectral contrast in Landsat Thematic Mapper image data using selective principal component analysis". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 55: 339-348, 1989.

[17] V.K. Shettigara. "A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set". Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, 58: 561-567, 1992.

[18] J. Vrabel, "Multispectral Imagery Band Sharpening Study". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62: 1075-1083, 1996.

[19] W. Yang, Y. Gong, "Multi-spectral and panchromatic images fusion based on PCA and fractional spline wavelet". International Journal of Remote Sensing, 33 (22): 7060-7074, 2012.

[20] Earth Resource Mapping Pty Ltd," The Brovey transform explained", EMU Forum, 2 (11), 1990.

[21] P.S. Chavez, S.C. Sides, J.A. Anderson." Comparison of three different methods to merge multi-resolution and multispectral data: TM & Spot Pan". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57: 295-

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

303, 1991.

[22] Q. Younan, N.H. King, R. Shah, "On the performance evaluation of pan-sharpening techniques". IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing Letters, 4 (4): 518-522, 2007.

[23] F. Bovolo, L. Bruzzone, L. Capobianco, A. Garzelli, S. Marchesi. "Analysis of effect of pan-sharpening in change detection on VHR Images". IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing Letters, 7 (1): 53-57, 2010.

[24] Otazu and Gonzalez, "Introduction of Sensor Spectral Response into Image Fusion Methods: Application to Wavelet-Based Methods". IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sens. vol. 43, pp. 2376-2385,2005.

[25] Y. Zhang, "Methods for image fusion quality assessment-A Review, comparison and analysis". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2005.

[26] Tu. Huang, Hung, C.P. Chang, "A fast intensity hue-saturation fusion technique with spectral adjustment for IKONOS imagery". IEEE Geosci. Remote Sens. Lett. vol. 1, no. 4, pp. 309–312, 2005.

[27] C. Lillesand, Kiefer, "The use of intensity-hue-saturation transformations for merging spot panchromatic and multispectral image data", Photogramm. Eng. Remote Sens. vol. 56, no. 4, pp. 459–467, 1990.

[28] F. Palsson, J. Sveinsson, J. Benediktsson, H. Aanaes. "Classification of pansharpened urban satellite images". Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of, 5(1), 281-297, 2012.

[29] M. Choi, H. Kim, N.I. Cho and H.O. Kim. "An Improved Intensity-Hue-Saturation Method for IKONOS Image Fusion." International Journal of Remote Sensing. 2008.

[30] TM. Tu, YC. Lee, CP. Chang, PS. Huang. "Adjustable intensity-hue-saturation and brovey transform fusion technique for IKONOS/Quickbird imagery". In: Optical Engineering, 2005.

[31] L.Wald, "Quality of High Resolution Synthesized Images: Is There a Simple Criterion?" Proc. Int. Conf. Fusion Earth Data.2000.

[32] T. Ranchin, L. Wald, "Fusion of high spatial and spectral resolution images: The Arsis concept and its implementation". Photogramm. Eng. Remote Sens. vol. 66, no. 1, pp. 49–61, 2005.

[33] R. Yuhas, A. Goetz, J.Boardman, "Discrimination among semi-arid landscape endmembers using the Spectral Angle Mapper (SAM) algorithm", Summaries 3rd Annu. JPL Airborne Geoscience Workshop, vol. 1, pp. 147–149, 1992.

[34] C.Chang, "Spectral information divergence for hyperspectral image analysis", inProc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. IGARSS'99, vol. 1, pp. 509–511, 1999.

[35] J. Zhou, D. Civco, J. Silander, "A wavelet transform method to merge LandSat TM and SPOT panchromatic data," Int. J. Remote Sens., vol. 19, no. 4, pp. 743–757, Mar. 1998.

[36] M. Mezouar, N. Taleb, K. Kpalma, J. Ronsin, "An Improved Intensity-Hue-Saturation for a High-Resolution Image Fusion Technique Minimizing Color Distortion". IJICT, Vol. 3, No. 1, 2010.

[37] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms." Automatica 11(285-296): 23-27, 2010.

[38] M. Cui, S. Prasad, W. Li, L. Bruce, "Locality preserving genetic algorithms for spatial-spectral hyperspectral image classification". Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of 6, 1688-1697, 2013.

[39] W. Siedlecki, J. Sklansky, "A note on genetic algorithms for large-scale feature selection". Pattern recognition letters 10,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

335 -347, 1989.

[40] S. Li, H. Wu, D. Wan, J. Zhu, "An effective feature selection method for hyperspectral image classification based on genetic algorithm and support vector machine". Knowledge-Based Systems 24, 40-48, 2011.

[41] A. Garzelli , F. Nencini, "Pan-sharpening of very high resolution multispectral images using genetic algorithms,"Int. J. Remote Sens, 2006.

[42] S. Rahmani, M. Strait, D Merkurjev, "Evaluation of pan-sharpening methods", 2008.

[43] S. Franklin, O. Ahmed, "Deciduous Tree Species Classification Using Object-Based Analysis and Machine Learning with Unmanned Aerial Vehicle Multispectral Data." International Journal of Remote Sensing 1–10, 2018.

[44] S. Mohammad Nejad Niazi, M. Mokhtar Zade , F. Saeed Zadeh, "A Novel IHS-GA Fusion Method Based on Enhancement Vegetated Area", Journal of Geomatics Science and Technology, 6(1), pp. 235–248, 2016(Persian).

[45] S. Myint, P. Gober, A. Brazel, "Per-Pixel Vs. ObjectBased Classification of Urban Land Cover Extraction Using High Spatial Resolution Imagery." Remote Sensing of Environment 115 (5), 2011.

[46] Yu, Q., P. Gong, N. Clinton, G. Biginget, M. Kelly, and D. Schirokauer, "Object-Based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 72 (7): 799–811, 2002.

[47] D. Tuia, E. Pasolli, W. Emery, "Using Active Learning to Adapt Remote Sensing Image Classifiers." Remote Sensing of Environment 115 (9): 2232–2242, 2011.

[48] L. Zhang, J. Zhang, " A novel remote-sensing image fusion method based on hybrid visual saliency analysis". International Journal of Remote Sensing, 39(22), 7942-7964, 2018.

[49] L. Zhang, K. Yang, H. Li, "Regions of Interest Detection in Panchromatic Remote Sensing Images Based on Multiscale Feature Fusion." IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 7 (12): 4704–4716, 2014.

[50] L. Zhang, A. Li, "Region-Of-Interest Extraction Based on Saliency Analysis of CoOccurrence Histogram in High Spatial Resolution Remote Sensing Images." IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 8 (5): 2111–2124, 2015.

[51] J. Han, G. Cheng, Z. Li, D. Zhang, "A Unified Metric Learning-Based Framework for CoSaliency Detection." IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology PP (99), 2017.

[52] J. Chen, L. Zhang, "Joint Multi-Image Saliency Analysis for Region of Interest Detection in Optical Multispectral Remote Sensing Images." Remote Sensing 8 (6): 461, 2016.

[53] X. Yao, J. Han, D. Zhang, F. Nie, "Revisiting Co-Saliency Detection: A Novel Approach Based on Two-Stage Multi-View Spectral Rotation Co-Clustering." IEEE Transactions on Image Processing 26 (7), 2017.

[54] K. Zhang, M. Wang, S. Yang, "Multispectral and Hyperspectral Image Fusion Based on Group Spectral Embedding and Low-Rank Factorization." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 55 (3): 1363–1371, 2016.

[55] W. Wang, J. Shen, X. Li, F. Porikli, "Robust Video Object Cosegmentation." IEEE Transactions on Image Processing 24 (10): 3137–3148, 2015a.

[56] J. Shen, and L. Shao, "Consistent Video Saliency Using Local Gradient Flow Optimization and Global Refinement." IEEE Transactions on Image Processing 24 (11): 4185–4196, 2015b.

[57] H. Chen, N. Liu, C. Yan, and X. Li, "CNNs-

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

Based RGB-D Saliency Detection via CrossView Transfer and Multiview Fusion." IEEE Transactions on Cybernetics PP (99): 1–13, 2017b.

[58] P. Chavez, S. Sides, J. Anderson, "Comparison of Three Different Methods to Merge Multiresolution and Multispectral Data – Landsat TM and SPOT Panchromatic." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 57 (3): 295–303, 1991.

[59] S. Selesnick, I. W., R. G. Baraniuk, N. C. Kingsbury, "The Dual-Tree Complex Wavelet Transform." IEEE Signal Processing Magazine 22 (6): 123–151, 2005.

[60] L. Zhou, Z. Yang, Q. Yuan, Z. Zhou, D. Hu, "Salient region detection via integrating diffusion-based compactness and local contrast". IEEE Transactions on Image Processing, 24(11), 3308-3320, 2015.

[61] Z. Zhou, S. Li, B. Wang, "Multi-scale weighted gradient-based fusion for multi-focus images". Information Fusion, 20, 60-72, 2014.

[62] J Ma, Z Zhou, B Wang, H Zong, "Infrared and visible image fusion based on visual saliency map and weighted least square optimization". Infrared Physics & Technology, 82, 8-17, 2017.

[63] S. Niazi, M. Mokhtarzade, F. Saeedzadeh, "a Novel Ihs-Ga Fusion Method Based on Enhancement Vegetated Area". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40, 543-548, 2015.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.12, No.1, Spring 2024

Research Paper

A Hybrid Method Based on Wavelet Transform and Optimized IHS to Fusion of Remote Sensing Images Through Salience Analysis

Saeed Mohammad Nejad Niazi [1], Reza Shah-Hosseini [2*]

1- PhD Student, School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

Remote sensing satellites provide various data in different parts of the electromagnetic spectrum with spectral, temporal and spatial resolution. In order to make full use of the data obtained from different sources, various numerical and analytical techniques of image integration have been developed. Among the existing image integration methods, due to their high efficiency, speed and spatial accuracy, IHS (Intensity Hue Saturation) and Wavelet Transformation are the most widely used algorithms. But generally, these methods are applied to the entire image all together, and basically whatever its characteristics and contents are, they consider the entire image as a unique object. While from a satellite image of different areas we can get different data and contents. In this research, a new process for integrating images using image analysis based on its surface salience is presented. In this way, the image is divided into two prominent and non-prominent sections, and the integration scenario will be different in these two areas. In the prominent areas, which include residential areas, roads, etc., we used the IHS method which was improved by the genetic optimization method, and in the non-prominent areas (forests, pastures, and agricultural fields) we used the wavelet transformation to analyze and extract the features with high frequency. In this research, in order to implement and evaluate the presented method, samples of images related to worldview 2 gauges have been used. The visual results and the spectral and spatial quantitive ones show the improvement of the integration results compared to the conventional and integrated methods (the output of the assessed metrics CC, ERGAS, RASE and RMSE showed better results compared to the other methods). In addition, the processing speed in this method is much higher than the new techniques which are based on the deep learning networks.

Key words: *Saliency, Fusion of sattelite images, Wavelet Transformation, Intensity Hue Saturation, Genetic Algorithm.*

Correspondence Address*: Photogrammetry & Remote Sensing Group, School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*
Tel*: +98 21 61114527*
Email: *rshahosseini@ut.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.61186/jgit.12.1.61]