

## ادغام تصاویر فراطیفی با تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالا بر پایه سطوح مختلف

### تبدیل موجک گسسته هار

حسن حسنی مقدم<sup>۱</sup>، علی اصغر تراهی<sup>۲</sup>، پرویز ضیایان فیروزآبادی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱

صفحات: ۷-۱۷

#### چکیده

ادغام تصویر، فرآیند تلفیق اطلاعات مناسب از مجموعه‌ای تصاویر در یک تصویر است، به طوری که تصویر ادغام شده حاوی اطلاعات مفیدتر و کامل‌تر از هر یک داده‌های ورودی خواهد بود. هدف از ادغام تصاویر سنجش از دوری، ترکیب اطلاعات به دست آمده از سنجنده‌هایی با قدرت های تفکیک مکانی، طیفی و زمانی متفاوت به منظور به دست آوردن تصویری با جزئیات اطلاعاتی بیشتر نسبت به هر کدام از داده‌های انفرادی است. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی عملکرد تبدیل موجک گسسته در ادغام تصاویر فراطیفی با تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالا است. برای این منظور، پنجره‌ای از تصاویر سنجنده های هایپریون، ALI و OrbView<sup>۳</sup> انتخاب گردید. ابتدا تصویر هایپریون، به لحاظ باندهای غیرقابل استفاده و نویزهای استریپ، تصحیح شد. از باند پانکروماتیک سنجنده ALI، به منظور تصحیح هندسی و ثبت تصویر هایپریون استفاده گردید. در ادامه تصویر هایپریون با استفاده از عملیات باز نمونه برداری به صورت تصویری با اندازه پیکسل ۱۰ متر تبدیل شده و با استفاده از الگوریتم Gram-Schmit، با تصویر ALI، ادغام شد. دوباره با استفاده از تصویر OrbView<sup>۳</sup>، بر روی تصویر ادغام شده، عملیات ثبت تصویر انجام گرفته سپس هر دو تصویر با استفاده از عملیات باز نمونه برداری به اندازه پیکسل ۴ متر تبدیل شدند. تصویر OrbView<sup>۳</sup>، با استفاده از موجک گسسته هار، در چهار سطح تجزیه شده و جهت ادغام مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که با هر بار افزایش سطح تجزیه تصویر، صحت و دقت ادغام افزایش پیدا می کند.

واژگان کلیدی: تصاویر فراطیفی، ALI، موجک گسسته، باز نمونه برداری، Gram-Schmit

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه خوارزمی تهران [h.h.moghaddam@iran.ir](mailto:h.h.moghaddam@iran.ir)

۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه خوارزمی تهران [atorahi@khu.ac.ir](mailto:atorahi@khu.ac.ir)

۳- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه خوارزمی تهران [Zeaiean@khu.ac.ir](mailto:Zeaiean@khu.ac.ir)

## ۱- مقدمه

مجموعه داده فراطیفی با داده دارای قدرت تفکیک مکانی بالا منجر به ایجاد تصویری خواهد شد که علاوه بر قدرت تفکیک مکانی بالا، قدرت تفکیک طیفی بالایی نیز خواهد داشت. به طور کلی چهار سطح برای ادغام داده‌ها وجود دارد: سطح سیگنال، سطح پیکسل، سطح عارضه و سطح اتخاذ تصمیم (Vignesh et al, ۲۰۱۶). در سطح سیگنال، سیگنال‌های خام به دست آمده از سنجنده‌های مختلف با یکدیگر تلفیق می‌شوند. در سطح پیکسل، تصویر ادغام شده، از تلفیق پیکسل‌های منفرد هر یک از داده‌های ورودی به دست می‌آید (Li et al, ۲۰۱۷ & Anita and Moses, ۲۰۱۳). سطح عارضه نیازمند استخراج عوارض متناظر از داده‌های ورودی است (Nirmala and Vaidehi, ۲۰۱۵). در سطح اتخاذ تصمیم که به عنوان بالاترین سطح ادغام داده‌ها شناخته می‌شود، نتایج حاصل از الگوریتم‌های مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا تصمیم نهایی ادغام حاصل آید (Nalini et al, ۲۰۱۶). الگوریتم‌ها و روش‌های متعددی جهت ادغام داده توسعه یافته است (Abdikan and Sanli, ۲۰۱۲ & Karasanassi et al, ۲۰۱۱ & Deng et al, ۲۰۰۷). الگوریتم‌های PCA, HPF, DWT و Gram-Schmit از جمله الگوریتم‌هایی هستند که برای ادغام داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الگوریتم‌ها می‌توانند به صورت انفرادی و یا در ترکیب با یکدیگر به کار روند. بسته به سطح ادغام مورد نظر، انواع پیش پردازش‌هایی باید بر روی تصاویر اعمال گردد تا نتایج خروجی کمترین میزان اختلاف با تصاویر ورودی را داشته باشند. استفاده از سطح پیکسل در ادغام

ادغام تصویر، فرآیند تلفیق اطلاعات مناسب از مجموعه‌ای تصاویر در یک تصویر است، به طوری که تصویر ادغام شده حاوی اطلاعات مفیدتر و کامل‌تر از هر یک داده‌های ورودی خواهد بود (Mamatha et al, ۲۰۱۵). هدف از ادغام تصاویر سنجش از دوری، تلفیق اطلاعات به دست آمده از سنجنده‌هایی با قدرت‌های تفکیک مکانی، طیفی و زمانی متفاوت به منظور به دست آوردن تصویری با جزئیات اطلاعاتی بیشتر نسبت به هر کدام از داده‌های انفرادی است (Pohl and Van gender, ۲۰۱۶). در فرآیند ادغام تصاویر، تصویر خروجی، ترکیبی از ویژگی‌های مهم دو یا چند داده ورودی است (Sahu and Sahu, ۲۰۱۴). با افزایش حجم اطلاعات، نیاز برای ترکیب اطلاعات دو و یا چند تصویر افزایش پیدا کرده است. ادغام تصاویر حاصل از سنجنده‌های متفاوت موجب کاهش عدم قطعیت، افزایش اطلاعات خروجی، بهبود عملکرد سیستم و تجمیع اطلاعات می‌شود (Naveen et al, ۲۰۱۶). تصاویر فراطیفی با وجود اینکه حاوی اطلاعات طیفی منحصر به فردی از پدیده‌های زمینی هستند، اغلب قدرت تفکیک مکانی پایینی دارند (Anshakov et al, ۲۰۱۵). سنجنده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا، در مناطقی با پیچیدگی زیاد به ویژه مناطق شهری موجب جداسازی بهتر عوارض می‌شوند. اما این سنجنده‌ها به دلیل قدرت تفکیک طیفی پایین (اغلب ۰.۳ تا ۰.۹ میکرومتر)، در جداسازی انواع عوارض و استخراج اطلاعات مربوط به پدیده‌های مختلف با چالش جدی روبه‌رو هستند (Vivekan et al, ۲۰۱۴). ادغام دو

موجک موجب می‌شود تصویر خروجی دارای RMSE پایین و میزان PSNR بالا می‌باشد.

(Sahu and Sahu, ۲۰۱۴)، در تحقیقی به ارائه کاربرد ادغام داده‌ها در تصاویر پزشکی پرداخته‌اند. آن‌ها در این تحقیق از تبدیل موجک استفاده کرده و مزیت‌ها و معایب هر یک از موجک‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند.

(Ben-SHoshan and Yitzahaky, ۲۰۱۴)، دو روش به منظور بهبود ادغام داده‌ها ارائه کردند. روش اول بر پایه اتخاذ تصمیم مبنی بر اینکه کدام یک از داده‌ها باید به تصویر سیاه‌وسفید به الگوریتم معرفی شود استوار بود. روش دوم که برای ادغام داده‌های چند رزولوشن مناسب بود، پیشنهاد می‌داد که کدام یک از زیرباند های داده‌های با فرکانس پایین را در هرم زیرباندها انتخاب کنیم. نتایج کار آن‌ها نشان داد که استفاده از روش پیشنهادی موجب کاهش ایجاد عوارض مصنوعی در تصویر می‌شود.

هدف از تحقیق حاضر، ادغام تصویر فراطیفی سنجنده هایپریون با تصویر سنجنده OrbView<sup>۳</sup>، بر پایه تبدیل موجک گسسته است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، تصویر اخذ شده از سنجنده های هایپریون، ALI و OrbView<sup>۳</sup>، از شهر واشنگتن است. این تصاویر در شکل‌های (۱-۳)، نشان داده شده است.

داده‌ها نیازمند اعمال پیش‌پردازش‌هایی همچون هم مختصات کردن تصاویر، عملیات بازنمونه برداری و انواع تصحیحات رادیومتریک هست که هر چه میزان دقت در انجام این پیش‌پردازش‌ها بالاتر باشد به همان نسبت صحت نتایج خروجی افزایش می‌یابد.

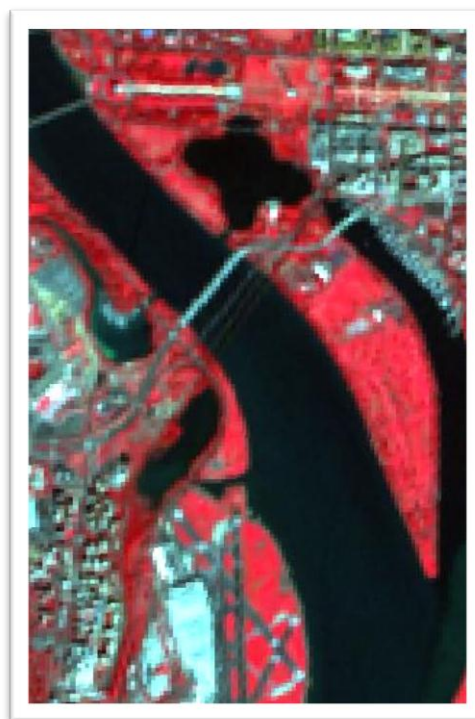
(Grochala and Kedzireski, ۲۰۱۷)، در تحقیقی پیشنهاد دادند که به منظور نیل به قدرت تفکیک مکانی و طیفی توأمان، داده پانکروماتیک را با استفاده از وزن دهی اصلاح و سپس با داده چند طیفی ادغام کنند. در این تحقیق آن‌ها از شش الگوریتم ادغام استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که الگوریتم مؤلفه اصلی با RMSE کمتر از ۲۰ درصد از این نظر بهترین عملکرد را دارد و از نظر همبستگی با داده پانکروماتیک، الگوریتم Gram-Schmit با ۱۸ درصد بهترین عملکرد را دارد.

(Gambhir and Manchanda, ۲۰۱۶)، یک روش جدید به منظور ادغام تصاویر پزشکی بر پایه تبدیل موجک ارائه کردند. برای این منظور آن‌ها از موجک دابیشیز استفاده کردند. آن‌ها ابتدا تصاویر ورودی را با استفاده از موجک دابیشیز تجزیه کرده، سپس ضرایب به دست آمده را با استفاده از متد همبستگی نرمال، ادغام کردند. در انتها تصویر ادغام شده با اعمال معکوس موجک بازسازی شد.

(Mishra and Bhatnagar, ۲۰۱۴)، به منظور ادغام تصاویر پزشکی تحقیقی با عنوان ادغام تصاویر ام آر آی و سی‌تی‌اسکن بر پایه تبدیل موجک انجام داده‌اند. برای این منظور آن‌ها از تبدیل موجک گسسته دوبعدی استفاده کرده‌اند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که ادغام تصاویر ام آر آی و سی‌تی‌اسکن با استفاده از تبدیل



شکل ۲- تصویر باند پانکروماتیک سنجنده ALI

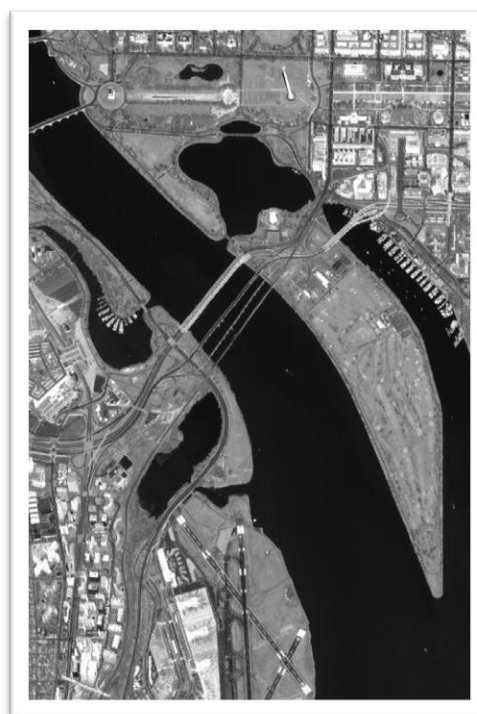


شکل ۱- تصویر رنگی کاذب سنجنده هایپریون

ابتدا داده هایپریون به لحاظ Bad-Bands تصحیح گردید. تعداد ۱۵۸ باند از مجموعه داده هایپریون به منظور پردازش های بعدی انتخاب گردید. سپس داده هایپریون به لحاظ نویزهای استریپ و شرایط اتمسفری مورد تصحیح قرار گرفت. به منظور تصحیح هندسی داده هایپریون از تصویر پانکروماتیک ALI، استفاده شد. تعداد ۳۰ نقطه به عنوان نقاط کنترل زمینی برداشت، و تصویر هایپریون با خطای ۰.۶۰ زمین مرجع گردید. سپس عملیات بازنمونه برداری با استفاده از متد نزدیک ترین همسایه بر روی تصویر هایپریون اعمال شد تا اندازه پیکسل آن ۱۰ متر گردد.

#### ۲-۲- تبدیل موجک گسسته

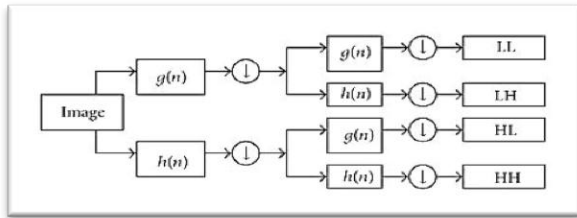
با توجه به نقش کامپیوترها در انجام محاسبات امروزی، لازم است ایده های پردازشی را درخور محاسبات کامپیوتر درآورد. تبدیل های پیوسته امکان کاربرد عملی در کامپیوتر را ندارند و نیاز به گسسته کردن آنها



شکل ۳- تصویر باند پانکروماتیک سنجنده OrbView۳

۲-۱-۱- پیش پردازش داده ها

نصف شده و در مقابل رزولوشن فرکانسی دو برابر می‌شود. این روند را می‌توان مجدداً بر روی نسخه پایین گذر شده اعمال نمود و در هر مرحله، با کاهش رزولوشن زمانی به میزان نصف مرحله قبل، رزولوشن فرکانسی را دو برابر نمود (صیادی، ۱۳۸۷). شکل (۲-۴) زیر نمایی از تبدیل موجک گسسته را نشان می‌دهد:



شکل ۴. نمایی از تبدیل موجک گسسته همراه با هر یک از زیر باندها

فیلترگذاری بر روی تصویر به این صورت است:  
 LL: اعمال فیلتر پایین گذر بر روی سطر و ستون‌ها.  
 LH: اعمال فیلتر پایین گذر بر روی سطرها و فیلتر بالاگذر بر روی ستون‌ها.  
 HL: اعمال فیلتر بالاگذر بر روی سطرها و پایین گذر بر روی ستون‌ها.  
 HH: اعمال فیلتر بالاگذر بر روی سطر و ستون‌ها.

### ۲-۲-۱- موجک هار

نخستین تبدیل گسسته‌ی موجک توسط آلفرد هار، ریاضی‌دان هلندی، ارائه‌شده است و معمول‌ترین مجموعه موجود برای تبدیل گسسته‌ی موجک توسط ریاضی‌دان بلژیکی، اینگرید در سال ۱۹۸۸ فرمول‌بندی گردیده است. تبدیل گسسته‌ی موجک سیگنال  $X$  با عبور دادن آن از مجموعه‌ای از فیلترها، حاصل می‌شود. در تجزیه‌ی سطح اول، سیگنال به‌طور هم‌زمان از یک

وجود دارد. به‌طور کلی، تبدیل موجک گسسته در مجموعه موجک‌ها، بدون داشتن محدودیت برای تجزیه سیگنال‌های ناپیستا، اجازه تجزیه و تحلیل زیر باندها را فراهم می‌آورد. یک تبدیل گسسته موجک این اجازه را می‌دهد که یک تقسیم سازگار با محور فرکانس داشته باشیم (Kour, ۲۰۱۵). معادله تبدیل موجک گسسته به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\Psi_x^{\psi_{j,k}} = \int x(t) \psi_{j,k}^*(t) dt \quad (۱)$$

روند پردازش با تبدیل موجک گسسته چنین آغاز می‌شود؛ در ابتدا سیگنال از یک فیلتر دیجیتال پایین گذر نیم باند عبور می‌کند، در نتیجه این عمل فیلترینگ، تمام مؤلفه‌های فرکانسی که بیشتر از نصف بزرگ‌ترین فرکانس موجود در سیگنال باشند حذف می‌شوند (Harooni and Karimi, ۲۰۱۴). از آنجاکه بیشترین فرکانس موجود در سیگنال خروجی فیلتر برابر است با  $\pi/۲$  رادیان، نیمی از نمونه‌ها قابل حذف‌اند. لذا با حذف یکی در میان نمونه‌ها، طول سیگنال نصف خواهد شد بدون اینکه اطلاعاتی را از دست داده باشیم. روند مشابهی نیز با استفاده از یک فیلتر بالاگذر نیم باند انجام می‌پذیرد. در نتیجه در خروجی اولین مرحله از اعمال تبدیل موجک، دو نسخه، یکی بالاگذر و دیگری پایین گذر، با طول نصف شده از سیگنال اولیه به فرم

زیر به دست

$$y_{high}[k] = \sum_n x[n].g[2k-n]$$

$$y_{low}[k] = \sum_n x[n].h[2k-n]$$

معادله (۲)

در این رابطه  $g$  و  $h$  فیلترهای اعمالی به تصویرند و  $k$  تصویر ورودی می‌باشد. با این عمل، رزولوشن زمانی

$$\Psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2, \\ -1 \rightarrow 1/2 \leq t < 1, \\ 0 & otherwise. \end{cases} \quad \text{معادله (۳)}$$

و تابع مقیاس کننده نیز برابر است با:

$$\Phi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1, \\ 0 & otherwise. \end{cases} \quad \text{معادله (۴)}$$

### ۲-۳- ادغام داده‌ها

داده هایپریون بازنمونه برداری شده به ۱۰ متر، و باند پانکروماتیک ALI، با استفاده از الگوریتم Gram-Schmit ادغام گردید. تصویر ادغام شده در این مرحله دوباره با استفاده از تصویر پانکروماتیک OrbView<sup>۳</sup>، و با خطای ۰.۸۳ زمین مرجع شده و به ۴ متر بازنمونه برداری گردید. تصویر OrbView<sup>۳</sup>، با استفاده از موجک گسسته هار در چهار سطح تجزیه گردید. در ادامه تصویر تجزیه شده در این مرحله با استفاده از الگوریتم Gram-Schmit، با داده هایپریون ۱۰ متر، ادغام گردید تا تصویر فراطیفی با قدرت تفکیک ۴ متر به دست آید.

### ۲-۳-۱- معیارهای ارزیابی تصاویر ادغام شده

به منظور ارزیابی کیفیت تصاویر ادغام شده از روش‌های، RMSE، Q، Correlation Coefficient و DIV، استفاده گردید. در روش RMSE:

$$\sqrt{\frac{1}{l * m * n} (\sum \sum \sum (F(i, j) - M(i, j))^2)} \quad \text{معادله (۵)}$$

l, m, n اندازه تصویر ادغام شده را نشان می‌دهند.  $M(i, j)$  اندازه پیکسل تصویر چند طیفی و

فیلتر بالاگذر و یک فیلتر پایین گذر عبور داده می‌شود. معادله (۳) فیلتر باهم رابطه دارند و فیلتر آینه‌ای یکدیگر خوانده می‌شوند که با توجه به موجک پایه‌ی مادر به دست آمده‌اند.

سیگنال عبور کرده از فیلتر بالاگذر در اصطلاح، معادله (۴)، و سیگنال عبور کرده از فیلتر پایین گذر تقریب خوانده می‌شود. از آنجایی که هر یک از این دو خروجی، نیمی از محتوای فرکانسی سیگنال ورودی را دارند، فرکانس به نصف کاهش داده می‌شود. این تجزیه، به طور متناوب برای افزایش دقت فرکانسی انجام می‌شود، بطوریکه سیگنال تقریب در هر مرحله، از زوج فیلترهای بالا و پایین گذر عبور داده می‌شود و به دو سیگنال جزئیات و تقریب جدید تجزیه می‌گردد. این عمل یک درخت دودویی تشکیل می‌دهد که هر کدام از گره‌های آن، یک زیرفضا با خاصیت زمان-فرکانس محلی متفاوت را نمایندگی می‌کند. این درخت، بانک فیلتر خوانده می‌شود. برای اینکه یک سیگنال در تراز  $n$  با قابلیت تجزیه داشته باشد، باید سیگنال اصلی حداقل طولی برابر  $2^n$  داشته باشد. مزیت استفاده از این روش در تجزیه سیگنال این است که تبدیل هم‌زمان فرکانس-زمان انجام می‌شود و محدودیت‌های موجود در تبدیل فرکانسی فوریه وجود نخواهد داشت.

مشکل عمده موجک هار، این است که پیوسته نیست در نتیجه مشتق پذیر نیز نیست. پایه موجک هار در حوزه زمان دارای ناپیوستگی است بنابراین موجک هار در حوزه زمان وضوح زمانی خوبی دارد اما در حوزه فرکانس چنین نیست (یونسیان و ولیخانی، ۱۳۹۴). موجک مادر هار به صورت زیر تعریف می‌شود:



شکل ۵- نتایج حاصل از ادغام تصویر هایپریون با باند پانکروماتیک ALI

جدول (۱)، نتایج حاصل از ارزیابی صحت و دقت ادغام تصویر هایپریون با باند پانکروماتیک ALI، را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج حاصل از ارزیابی صحت و دقت ادغام تصویر هایپریون با باند پانکروماتیک ALI

روش	نتیجه
DIV	۰.۰۳۰۸
CC	۰.۹۵۳
Q	۰.۹۶۰
RMSE	۱.۴۶۵

۳-۲- نتایج حاصل از ادغام تصویر ادغام‌شده

هایپریون و ALI، با تصویر OrbView۳

تصویر ادغام‌شده در مرحله (۳-۱)، به‌منظور ادغام با تصویر OrbView۳، مورد استفاده قرار گرفت. این تصویر ابتدا با استفاده از تصویر OrbView۳، و با برداشت ۳۰ نقطه با خطای ۰.۸۳ زمین مرجع گردید. هر دو تصویر در یک سیستم مختصات ثبت شده و در ادامه به‌منظور یکسان‌سازی اندازه پیکسل هر دو تصویر، عملیات بازنمونه برداری بر روی تصاویر اعمال گردید. هر دو تصویر با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه،

اندازه پیکسل تصویر ادغام‌شده در محل  $F(i, j)$  است.

روش Q به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q = \frac{4\sigma_{fm} \overline{FM}}{\sigma_f^2 \sigma_m^2 (\overline{F^2} + \overline{M^2})} \quad \text{معادله (۶)}$$

به طوری که  $\sigma_{fm}$  کوواریانس میزان تصویر ادغام‌شده و تصویر چند طیفی است.  $\sigma_f^2 \sigma_m^2$  به ترتیب واریانس تصویر چند طیفی و تصویر ادغام‌شده است.  $\overline{F}$  و  $\overline{M}$  نیز به ترتیب میانگین تصویر چند طیفی و تصویر ادغام‌شده است.

روش Correlation Coefficient، به صورت +۱ و -۱ است که +۱ بیانگر شباهت بالا و -۱ بیانگر عدم شباهت است.

روش DIV از تقسیم واریانس تصویر ادغام‌شده بر واریانس تصویر اصلی منهای یک به دست می‌آید.

### ۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج حاصل از ادغام داده هایپریون و

ALI

بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم بر روی داده هایپریون، عملیات بازنمونه برداری با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و با اندازه پیکسل ۱۰ متر اعمال گردید. روش نزدیک‌ترین همسایه، از مقادیر رقومی نزدیک‌ترین پیکسل در تصویر اصلی به محل پیکسل جدید در تصویر تصحیح‌شده استفاده می‌کند. شکل (۵)، نتایج حاصل از ادغام تصویر هایپریون با تصویر پانکروماتیک ALI، با استفاده از الگوریتم Gram-Schmit را نشان می‌دهد.

از ادغام در هر سطح موجک گسسته هار به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت تا سطح بهینه جهت تجزیه تصویر مشخص گردد. شکل (۶-۹)، نتایج حاصل از ادغام تصویر تجزیه شده OrbView<sup>۳</sup>، با تصویر حاصل از مرحله (۱-۳)، را در چهار سطح نشان می‌دهد.

با اندازه پیکسل ۴ متر تبدیل گردیدند. تصویر با نمونه برداری شده OrbView<sup>۳</sup>، با استفاده از موجک گسسته هار تجزیه گردید. برای این منظور، ۴ سطح تجزیه موجک هار مورد استفاده قرار گرفته و در هر بار به عنوان ورودی به ادغام کننده معرفی گردید تا با تصویر حاصل از مرحله (۱-۳)، ادغام گردد. نتایج حاصل



شکل ۷- نتایج حاصل از ادغام تصویر در سطح دوم موجک هار



شکل ۶- نتایج حاصل از ادغام تصویر در سطح اول موجک هار



شکل ۹- نتایج حاصل از ادغام تصویر در سطح چهارم موجک هار



شکل ۸- نتایج حاصل از ادغام تصویر در سطح سوم موجک هار



با قدرت تفکیک رادیومتریکی ۸ بیت تبدیل گردیدند. تصویر OrbView<sup>۳</sup>، با استفاده از موجک گسسته هار، در چهار سطح تجزیه گردید تا میزان اطلاعات مکانی تصویر افزایش پیدا کند. در حقیقت با افزایش سطوح تجزیه موجک هار، اطلاعات مکانی تصویر به خوبی حفظ شده و در انجام عملیات ادغام موجب برجسته تر شدن و افزایش تباین عناصر مکانی تصویر می گردد. در هر بار ادغام تصاویر، تصویر تجزیه شده پانکروماتیک در سطوح مختلف هار، به عنوان ورودی به جهت ادغام با تصویر فراطیفی انتخاب می گردد. نتایج نشان می دهد که با هر بار افزایش سطح تجزیه تصویر پانکروماتیک، میزان صحت و دقت ادغام، افزایش پیدا می کند. به گونه ای که در سطح چهارم تجزیه موجک هار، تصویر خروجی به میزان ۰.۹۲ با تصاویر ورودی همبستگی دارد. همچنین میزان خطای RMSE، در این سطح تجزیه نیز کمتر از سطوح دیگر است. این امر به دلیل حفظ بیشتر اطلاعات مکانی تصویر پانکروماتیک در هر بار افزایش سطح تجزیه تصویر است.

#### ۵- مراجع

یونسین. داوود، و ولیخانی. محمد. (۱۳۹۴). تبدیل موجک و کاربرد آن در مهندسی راه آهن. تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

صیادی. امید. (۱۳۸۷). جزوه آشنایی مقدماتی با تبدیل موجک. دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی برق.

Mamatha, G., Lakshmaiah, M.V., and Sumalatha, V. (۲۰۱۵). "Evaluating of DWT based image fusion with three different resampling methods". International advanced research journal in science, engineering and technology, ۲(۲), ۱۰-۱۴.

Pohl, C., and Van Genderen, J. (۲۰۱۶). Remote sensing image fusion: A practical guide. Crc Press.

جدول (۲)، نتایج حاصل از ارزیابی تصاویر ادغام شده در سطوح مختلف تجزیه تصویر را نشان می دهد.

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی صحت و دقت ادغام تصویر

در سطوح مختلف تجزیه تصویر			
ادغام در سطح چهارم هار	ادغام در سطح سوم هار	ادغام در سطح دوم هار	ادغام در سطح اول هار
DIV	۰.۰۴۳۶	۰.۰۴۵۱	۰.۰۴۹۸
CC	۰.۹۲۰	۰.۸۹۲	۰.۸۴۲
Q	۰.۸۵۴	۰.۸۴۷	۰.۸۲۶
RMSE	۲.۴۳۸	۳.۱۲۶	۴.۱۰۰

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از ادغام دو مجموعه داده های پیریون و ALI، نشان می دهد که خروجی ادغام، همبستگی بالایی با تصویر چند طیفی ورودی داشته و همچنین از ورودی های ادغام نیز کمترین میزان خطا و اعوجاج را دارد. به همین دلیل می توان گفت خروجی حاصل از ادغام تصاویر های پیریون و ALI، به خوبی ویژگی های هر دو داده ورودی را حفظ کرده و این ویژگی ها را در یک تصویر با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و قدرت تفکیک طیفی برابر با داده فراطیفی به نمایش گذاشته است. به منظور ادغام داده های پیریون و OrbView<sup>۳</sup>، عملیات ثبت تصویر ادغام شده از های پیریون و ALI، دوباره با استفاده از تصویر OrbView<sup>۳</sup>، انجام گرفت. این عمل سبب می شود که در هر مرحله از ادغام، تصویر چند طیفی با تصویر پانکروماتیک، هم مختصات شود. انجام عملیات ثبت تصویر چند مرحله ای، موجب افزایش صحت ادغام شده و میزان جابجایی عوارض را به حداقل می رساند. به منظور به حداقل رساندن اعوجاجات رنگی، دو تصویر می بایست از لحاظ رادیومتریکی یکسان باشند. به همین دلیل هر دو مجموعه داده، به داده هایی

- Abdikan, S., & Sanli, F. B. (۲۰۱۲). "Comparison of different fusion algorithms in urban and agricultural areas using sar (palsar and radarsat) and optical (spot) images". *Boletim de Ciências Geodésicas*, ۱۸(۴), ۵۰۹-۵۳۱.
- Kour, P. (۲۰۱۵). Image processing using discrete wavelet transform. *International journal of electronics & communication (IJEC)*, ۳(۱), ۵۳-۵۹
- Deng, C., Li, H. N., & Han, J. (۲۰۱۱). "Comparison and Analysis of the Fusion Algorithms of Multi-spectral and Panchromatic Remote Sensing Image". *Advances in Computer Science, Intelligent System and Environment*, ۱۶۹-۱۷۳.
- Karathanassi, V., Kolokousis, P., and Ioannidou, S. (۲۰۰۷). "A comparison study on fusion methods using evaluation indicators". *International Journal of Remote Sensing*, ۲۸(۱۰), ۲۳۰۹-۲۳۴۱.
- Grochala, A., & Kedzierski, M. (۲۰۱۷). "A method of panchromatic image modification for satellite imagery data fusion". *Remote sensing*, ۹(۶), ۱-۲۱.
- Gambhir, D., & Manchanda, M. (۲۰۱۶). "A novel fusion rule for medical image fusion in complex wavelet transform domain". *International journal of image and graphics*, ۱۶(۰۴), ۱۶۵۰۰۲۲.
- Mishra, H. O. S., & Bhatnagar, S. (۲۰۱۴). "MRI and CT image fusion based on wavelet transform". *International Journal of Information and Computation Technology*. ISSN, ۰۹۷۴-۲۲۳۹.
- Ben-Shoshan, Y., & Yitzhaky, Y. (۲۰۱۴). "Improvements of image fusion methods". *Journal of Electronic Imaging*, ۲۳(۲), ۰۲۳۰۲۱-۰۲۳۰۲۱.۱-۱۱.
- Harooni, M., and karimi, M., (۲۰۱۴). "Optimal level of discrete wavelet transform fusion at pixel level in satellite imagery". ۳<sup>rd</sup> confrence of new ideas in electrical engineering (۲۰۱۴), Azad university, Esfahan, Iran.
- Sahu, V. and Sahu, D. (۲۰۱۴). "Image fusion using wavelet transform: A review". *Global Journal of Computer Science and Technology: Graphics & Vision*, ۱۴(۵), ۲۰-۲۸.
- Naveen, S., Mani. V.R.S., and Arivazhagan. S. (۲۰۱۶). "Block based algorithm for the fusion of multisensor images". *Middle East journal of scientific research*, ۲۴, ۱۳-۲۰.
- Anshakov, G., Rashchupkin, A. V., and Zhuravel, Y. N. (۲۰۱۵). "Hyperspectral and multispectral Resurs-P data fusion for increase of their informational content". *Computer Optics*, ۳۹(۱), ۷۷-۸۲.
- Vivekan. A.J., Thirumurugan. P., and Dhanarega. A. J. (۲۰۱۴). "Image fusion and improving classification accuracy: A survey". *International journal of engineering sciences and research technology*, ۳(۱۱), ۴۹۶-۵۰۰.
- Vignesh, T., Thyagarajan, K. K., Murugan, D., Sakthivel, M., and Pushparaj, S. (۲۰۱۶). "Analysis of thresholding versus image fusion techniques to change detection using remote sensing images". *International Journal*, ۴(۸).
- Li, S., Kang, X., Fang, L., Hu, J., and Yin, H. (۲۰۱۷). "Pixel-level image fusion: A survey of the state of the art". *information Fusion*, ۳۳, ۱۰۰-۱۱۲.
- Anita, S. J. N., & Moses, C. J. (۲۰۱۳, March). "Survey on pixel level image fusion techniques". In *Emerging Trends in Computing, Communication and Nanotechnology*. *International Conference on (pp. ۱۴۱-۱۴۵)*. IEEE.
- Nirmala, D. E., & Vaidehi, V. (۲۰۱۵, March). "Comparison of Pixel-level and feature level image fusion methods". In *Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, ۲۰۱۵ ۲nd International Conference on (pp. ۷۴۳-۷۴۸). IEEE.
- Nalini .M., Kolekar. B., & Shelkikar. R.P. (۲۰۱۶). "A review on wavelet transform based image fusion and classification". *International journal of application of innovation in engineering and management*, ۵(۳), ۱۱۱-۱۱۵.

## Fusion of Hyperspectral and High resolution imagery based on different level of HAAR DWT.

### Abstract

Image fusion is the process of integrating the information from a set of images in an image, as the fused image contains more useful information than any input data. The aim of remotely sensed image fusion is integration of information that obtained from sensors with different spatial, spectral and temporal resolution in order to get an image with more detail than any individual data. In the fusion process, output image is a combination of important features of two or more input data. The aim of this study was to evaluate the performance of discrete wavelet transform in fusion of hyperspectral and high resolution images. For this purpose, a window of images of Hyperion, ALI and OrbView<sup>3</sup> sensors was selected. First, the Hyperion image was corrected for unusable bands and strip noise. Panchromatic band of ALI sensor was used for geometric correction and registration of hyperion image. The hyperion image transformed into a 10 m pixel image using the sampling operation and fused with the ALI image using the Gram-Schmitt algorithm. Using the OrbView<sup>3</sup> image, the results was captured on the fused image, then both images were converted to 4-pixel pixel size using the resampling operation. The OrbView<sup>3</sup> image was decomposed into four levels using a HAAR wavelet and used for fusion procedure. The results showed that with increased level of image decomposition, the accuracy and precision of the integration increases.

**Key words:** Hyperspectral images, ALI, DWT, Resampling, Gram-Schmitt