مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یکم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۲
Vol.1, No.2, Autumn 2013

# بهبود روش آماری تلفیق تصاویر گانگور، با استفاده از فیلتر بالاگذر

علیرضا آفری*[۱]، مسعود ورشوساز[۲]

۱- مربی دانشگاه صنعتی بابل
۲- استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۸/۳

## چکیده

از جمله روش‌های تلفیق تصاویر، استفاده از روش‌های آماری است که براساس پارامترهای آماری کلی و یا محلی تصاویر مورد استفاده در فرایند تلفیق، روند تصمیم‌گیری و فرمولاسیون لازم برای تلفیق تصاویر فراهم می‌گردد. از جمله روش‌های آماری ارائه شده برای تلفیق تصاویر، روشی است که گانگور و همکاران براساس پارامترهای آماری محلی ارائه کردند. تصاویر حاصل از این روش تلفیق، کیفیت طیفی خوبی دارند. در این مقاله سعی بر آن بوده است که با استفاده از فیلتر بالاگذر، کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده با این روش آماری، هر چه بیشتر بهبود یابد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این روش ترکیبی باعث بهبود بیشتر در کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده می‌گردد و افزون بر آن می‌توان از پنجره‌هایی با ابعاد کوچک‌تر نیز برای تلفیق استفاده کرد. به‌کارگیری این روش ترکیبی باعث سهیم‌تر شدن اطلاعات مکانی موجود در تصویر پانکروماتیک، بدون کاهش کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده می‌گردد. مقایسه نتایج به‌دست آمده از این روش نشان‌دهنده برتری مسلم آن در قیاس با دیگر روش‌های مرسوم تلفیق مانند IHS، Brovey، PCA است و نتایج آن در حد نتایج حاصل از تلفیق با روش تبدیل موجک است.

**کلیدواژه‌ها**: تلفیق تصاویر، روش آماری، فیلتر بالاگذر.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: بابل، خ. شریعتی، دانشگاه صنعتی بابل، دانشکده عمران، گروه نقشه‌برداری تلفن: ۰۹۱۲۲۸۹۴۱۸۹

Email: afary@nit.ac.ir

[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

## ۱- مقدمه

با پیشرفت سنجنده‌های موسوم به سنجش از دور، امکانِ گرفتن تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بالا، در حد متر و کمتر از متر، فراهم شده است. با این حال هنوز هم به علت محدودیت در امکان ذخیره و ارسال داده‌ها، تصاویر سنجش از دور به صورت چندطیفی (تصویر XS) و پانکروماتیک (تصویر PAN) و با قدرت تفکیک‌های مکانی متفاوت گرفته می‌شوند. می‌توان این محدودیت را با استفاده از روش‌های مختلف تلفیقِ تصاویر XS و PAN (از یک یا چند سنجندهٔ مختلف)، رفع کرد و تصاویری چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی در حد تصاویر PAN به‌دست آورد. هدف از تلفیق تصاویر ماهواره‌ای، یکپارچه‌کردن اطلاعات مکانی و طیفی موجود در تصاویر چندطیفی و تصویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا و نیز افزایش قابلیت اعتماد تصاویر برای تفسیر اطلاعات موجود در آنهاست و محصول نهایی باید همانند تصویری باشد که در صورت امکان با سنجنده‌ای با همان قدرت تفکیک طیفی و مکانی توأم تصاویر XS و PAN گرفته شده است [۱ و ۲]. در تلفیق، از تصاویری که زمین‌مرجع[1] شده‌اند و یا دست‌کم با یکدیگر هم‌نگاشت[2] اند استفاده می‌شود و در ابتدا ابعاد پیکسلی تصویر با قدرت تفکیک پایین (تصویر XS) به ابعاد تصویر با قدرت تفکیک بالا (تصویر PAN) نمونه‌برداری مجدد[3] می‌شود و پس از آن عملیات تلفیق بر روی این تصاویر اجراشدنی خواهد بود.

تلفیق تصاویر در سه سطح پیکسل، شیء، و تصمیم‌سازی[4] انجام‌شدنی است [۳]. تحقیق ارائه شده در این مقاله در سطح پیکسل انجام گرفته است. روش‌های مبتنی بر پیکسل را نیز می‌توان به روش‌های مبتنی بر جایگزینی طیفی (مانند: روش IHS[5])، روش‌های آماری (مانند: روش PCA[6])، روش‌های عددی (مانند: روش Brovey و Multiplicative)، و روش‌های مکانی (مانند: روش تبدیل موجک[7] و روش HPFA[8]) تقسیم کرد [۳].

روش گانگور و همکاران [۴] جزو روش‌های آماری است که براساس تفسیرهای طیفی و مکانی از پارامترهای آماری مقادیر پیکسل‌های تصاویر PAN و XS معیارهایی را برای تلفیق ارائه می‌کند. در تلفیق به روش گانگور و همکاران، کل اطلاعات طیفی و مکانی موجود در تصویر PAN برای تلفیق به کار می‌رود و این امر موجب افت کیفیت طیفی تصویر تلفیق‌شده می‌گردد. البته با توجه به نحوه استفاده از تصویر PAN در فرایند تلفیق به روش گانگور و همکاران، این افت کیفیت طیفی در حد روش‌های مرسوم تلفیق IHS، Brovey و PCA نیست [۴]. در این مقاله سعی شده است تا برای بهبود کیفیت طیفی تصویر به روش گانگور و همکاران، از شیوه‌ای که در روش‌های تلفیق HPFA و روش تبدیل موجک در نحوه استفاده از تصویر PAN برای بهبود در کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده وجود دارد، به‌منظور تلفیق استفاده گردد. بنابراین به جای استفاده از کل اطلاعات طیفی و مکانی موجود در تصویر PAN، تنها از اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN که با به‌کارگیری فیلتری بالاگذر مانند فیلتر لاپلاس می‌توان استخراج کرد، در فرایند تلفیق استفاده شده است.

### ۱-۱- داده‌های مورد استفاده و منطقهٔ مورد مطالعه

در این مقاله از تصاویر XS و PAN سنجندهٔ QuickBird با کیفیت استاندارد، که تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر آنها اعمال شده است، استفاده گردید (شکل ۱ و ۲). هر دو تصویر زمین‌مرجع شده‌اند و سیستم مختصات Z39N UTM با دیتوم WGS84 دارند. قدرت تفکیک تصویر PAN در حدود ۰/۶m است

1. Geo-reference
2. Co-Register
3. Resample
4. Decision Making
5. Intensity-Hue-Saturation
6. Principle Component Analysis
7. Wavelet Transform
8. High-Pass Filter Additive



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

که در محدودهٔ طیفی نور مرئی و مادون قرمز نزدیک (Pan=۵۰۰-۹۰۰nm) گرفته شده است. تصویر XS نیز دارای قدرت تفکیک مکانی ۲/۴m است که در چهار باند طیفی آبی (Blue=۴۵۰-۵۲۰nm)، سبز (Green=۵۲۰-۶۰۰nm)، قرمز (Red=۶۳۰-۶۹۰nm)، و مادون قرمز نزدیک (NIR=۷۶۰-۹۰۰nm) گرفته شده‌اند. منطقه مورد مطالعه در مرودشت و در نزدیکی شهر شیراز در ایران قرار دارد. این تصاویر در تاریخ ۰۵-۲۲-۲۰۰۹ گرفته شده‌اند. ابعاد تصاویر مورد استفاده ۱۰۲۴×۱۰۲۴ پیکسل است. در این تحقیق برای ایجاد یکنواختی در نتایج روش‌های مختلف تلفیق تنها از سه باند تصویر XS برای استفاده در فرایند تلفیق استفاده شد؛ یعنی باندهای NIR، Green، و Blue که این انتخاب به علت محدودیت روش IHS (استفاده از تنها سه باند) برای تلفیق انجام شده است.

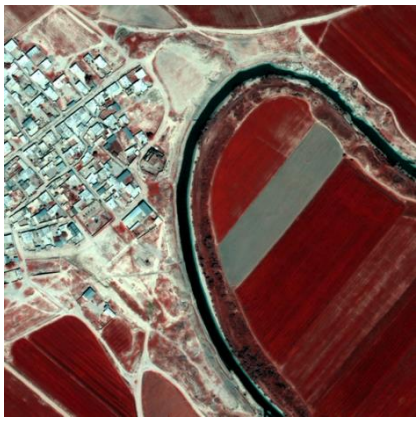
**شکل ۱. تصویر پانکروماتیک سنجندهٔ Quickbird**

**شکل ۲. ترکیب رنگی مجازی از سه باند تصویر چندطیفی QuickBird**

## ۲- روش‌های متداول در تلفیق تصاویر

### ۲-۱- روش IHS

روش IHS درواقع روش جایگزینی طیفی محسوب می‌شود که با استفاده از تبدیل فضای رنگی تصویر XS از فضای RGB به فضای IHS و جایگزینی مؤلفهٔ مکانی آن یعنی Intensity، با تصویر PAN و اجرای تبدیل معکوس و بازگشت مجدد به فضای رنگی RGB انجام می‌شود [۳ و ۵]. اصول ریاضی این روش براساس معادلات (۱) بیان می‌شود که در آن I بیانگر شدت، H بیانگر رنگ و S بیانگر اشباع است و v1 و v2 نیز متغیرهای واسطه مورد نیاز برای تبدیل‌اند [۳]. تصویر تلفیق شده با روش HIS، در شکل ۳ دیده می‌شود.



**شکل ۳. تصویر تلفیق‌شده با روش IHS**

### ۲-۲- روش BROVEY

روش Brovey درواقع روشی عددی است که در آن تلفیق تصاویر با استفاده از بهنجارسازی[1] مقادیر پیکسل‌ها در باندهای تصویر XS و سپس ضرب آنها در مقدار پیکسل‌های متناظر در تصویر PAN انجام می‌شود. در روش‌های عددی از جمع و ضرب و نسبت بین باندهای مختلف تصویر XS و تصویر PAN استفاده می‌شود. الگوریتم روش Brovey برای تلفیق تصویری

1. Normalizing



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

XS با n باند و تصویر PAN براساس رابطه (۳) است که در آن $DN_{xsi}$، مقدار پیکسل[1] در باند iام از تصویر XS، $DN_{PAN}$ مقدار پیکسل در تصویر PAN، و $DN_i^{Fused}$ مقدار پیکسل در تصویر تلفیق‌شده در باند متناظر با iام از تصویر XS است [۳ و ۶]. تصویر تلفیق شده با روش Brovey در شکل ۴ دیده می‌شود.

**شکل ۴. تصویر تلفیق شده با روش Brovey**

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

رابطه (۱)

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right); \quad S = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

رابطه (۲)

رابطه (۳)

$$DN_i^{Fused} = \frac{DN_{XSi}}{DN_{XS1} + DN_{XS2} + \ldots + DN_{XSn}} DN_{PAN}$$

### ۲-۳- روش PCA

روش PCA جزو روش‌های آماری است و در آن از تبدیل خطی برای انتقال و دوران باندهای تصویر XS به سیستم مختصات تازه با بیشترین واریانس ممکن استفاده می‌شود. تبدیل PCA برای استخراج متغیرهای مستقل از یکدیگر، باندهای مستقل از متغیرهای وابسته یا همان باندهای تصویر XS و جایگزینی اولین باند تبدیل PCA با تصویر PAN و اجرای تبدیل معکوس برای تلفیق استفاده می‌شود [۳ و ۶]. در شکل ۵، تصویر تلفیق شده با روش PCA نشان داده شده است.

**شکل ۵. تصویر تلفیق شده با روش PCA**

### ۲-۴- روش HPFA

روش HPFA را نخستین بار در سال ۱۹۸۰، شوونگرد[2] برای تلفیق تصاویر معرفی شد. در این روش که جزو روش‌های مکانی است، با استفاده از یک فیلتر بالاگذر در فضای مکانی، اطلاعات با فرکانس بالا، از تصویر PAN استخراج می‌شود و به باندهای تصویر XS افزوده می‌گردد [۷].

1. Digital Number
2. Schowengerd



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

### ۲-۵- روش تبدیل موجک

در روش تبدیل موجک نیز از همان شیوه روش HPFA استفاده می‌شود، که البته از لحاظ محاسباتی بسیار پیچیده‌تر از آن است. در این روش نیز اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN و XS با استفاده از تبدیل مستقیم موجک استخراج می‌گردد و اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN، یا جایگزین اطلاعات مکانی موجود در تصویر XS، و یا با آن جمع می‌شود. سپس با انجام تبدیل معکوس موجک بر روی ضرایب تبدیل موجک تغییریافتهٔ تصویر XS، تصویر تلفیق شده به‌دست می‌آید [۸]. در این مقاله از موجک Haar با سه سطح تبدیل موجک برای تلفیق تصاویر استفاده شده است، که تصویر تلفیق شده با روش Brovey در شکل ۶ دیده می‌شود.

**شکل ۶. تصویر تلفیق شده با روش Wavelet**

### ۲-۶- مزایا و کاستی‌های روش‌های مرسوم

هر کدام از روش‌های پیش‌گفته دربردارنده مزایا و کاستی‌هایی نیز هستند. این روش‌ها عمدتاً باعث به هم خوردن کیفیت محتوای طیفی تصویر تلفیق شده در مقایسه با تصویر XS می‌گردند. به‌علاوه، این روش‌ها بر روی تصاویر با قدرت تفکیک‌های مختلف، به نتایجی با کیفیت‌های گوناگون، منجر می‌شوند و از طرف دیگر به فرد پردازش‌کننده نیز بستگی می‌یابند [۹ و ۱۰].

استفاده از روش IHS، Brovey و PCA باعث به هم خوردن محتوای طیفی تصویر حاصل از تلفیق به خصوص در باند قرمز، R، در مقایسه با تصویر چندطیفی اصلی می‌گردند [۱۱]. یکی از علت‌های اصلی در این آشفتگی طیفی، استفاده از کل اطلاعات موجود در تصویر PAN است. به‌منظور کاستن از میزان این به هم ریختگی، طیفی از روش‌هایی مانند سازگار کردن[1] هیستوگرام تصویر PAN با مؤلفهٔ Intensity در روش IHS و یا با مؤلفهٔ اول تبدیل PCA پیش از جاگذاری آنها در تبدیل معکوس، و یا با باندهای تصویر XS پیش از ضرب آن در مقادیر بهنجارشدهٔ تصویر XS در مقادیر تصویر PAN، استفاده می‌شود. انبساط[2] مؤلفه‌های Hue و Saturation پیش از تبدیل معکوس نیز پیشنهاد شده است [۱۲]. از میان سه روش مختلف محاسبهٔ Intensity در تبدیل IHS، محاسبهٔ آن براساس $I=(R+G+B)/3$ به نتایج بهتری منجر می‌گردد [۱۳]. همچنین در روش IHS تنها از سه باند تصویر XS می‌توان برای تلفیق استفاده کرد و بنابراین بایستی بین باندهای مختلف تصویر XS باندهای مناسب را برگزید [۱۴].

در روش PCA کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده چندان مطلوب نیست، که علت آن هم جاگذاری مؤلفهٔ اول تبدیل PCA با تصویر PAN است که بیشترین واریانس را دارد. این جایگزینی باعث افزایش تأثیر تصویر PAN بر روی تصویر تلفیق شده می‌گردد.

اعمال روش HPFA ساده است و در مقایسه با روش IHS، Brovey و PCA، به علت استفاده از تنها اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN، محتوای طیفی را کمتر دچار آشفتگی می‌کند. البته در استفاده از این روش بایستی از هستهٔ[3] مناسبی به عنوان فیلتر بالاگذر برای استخراج اطلاعات مکانی با فرکانس بالا (لبه‌ها) از روی تصویر PAN استفاده شود، چون در غیر این

1. Histogram Matching
2. Stretch
3. Kernel



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

صورت کیفیت محتوای طیفی تصویر تلفیق شده در این روش به شدت پایین خواهد آمد [۱۵].

روش تبدیل موجک نیز از اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN برای تلفیق استفاده می‌شود و تصاویر تلفیق شده با این روش دارای کیفیت طیفی و هندسی بسیار خوبی هستند ولی به لحاظ محاسباتی سنگین‌اند.

## ۳- روش آماری تلفیق تصاویر

روش استفاده شده در این تحقیق برای تلفیق تصاویر، مبتنی بر روشی آماری است که گانگور و همکاران [۴] ارائه کرده‌اند. حسن این روش تلفیق در آن است که اطلاعات آماری موجود در هر دو تصویر XS و PAN برای ایجاد تصویر تلفیق شده به کار می‌رود. همچنین تلفیق در آن براساس معیارهایی آماری که دربردارندهٔ تفسیرهای مکانی و طیفی‌اند، انجام می‌گیرد. علاوه بر این، بدین ترتیب سطحی از امکان در تصمیم‌گیری را برای کاربر در محاسبه پارامترهای آماری فراهم می‌کند. این کار براساس امکان انتخاب ابعاد پنجره در اطراف هر پیکسل است که از مقادیر پیکسل‌های موجود در آن پنجره برای محاسبه پارامترهای آماری لازم برای تلفیق استفاده می‌شود [۴]. در این مقاله سعی شده است تا با اعمال تغییراتی در این روش آماری و استفاده از فیلتر بالاگذر لاپلاس، کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده بهبود یابد و سرعت محاسبات و همچنین برخی از ایرادهای آن رفع گردد.

### ۳-۱- مواد و روش‌ها

برای تلفیق تصاویر PAN و XS می‌توان از ایجاد یک مدل ترکیب خطی بین آنها براساس رابطه (۴) استفاده کرد که در آن j و i شماره سطر و ستون هر پیکسل، k شمارهٔ باند در تصویر XS و تصویر تلفیق شدهٔ F و N تعداد باندهای تصویر XS هستند. هر پیکسل در باند kام از تصویر تلفیق شده، $F_{i,j}^{k}$، با ضریب پیکسل‌های متناظر در تصویر PAN و $XS_{i,j}^{k}$ در ضرایب $a_{i,j}^{k}$ و $b_{i,j}^{k}$ محاسبه خواهد شد.

$$F_{i,j}^{k} = a_{i,j}^{k} \times P_{i,j} + b_{i,j}^{k} \times XS_{i,j}^{k} \qquad k = 1,2,...,N$$

رابطه (۴)

در رابطهٔ مذکور ضرایب $a_{i,j}^{k}$ و $b_{i,j}^{k}$ برمبنای مقادیر DN موجود در یک پنجره با ابعاد محدود در اطراف هر پیکسل j و i در تصویر PAN و باند kام تصویر XS تعریف می‌گردند و براساس روابط آماری محاسبه می‌شوند. میانگین $\mu_{F_{i,j}^{k}}$ و واریانس $\sigma^2_{F_{i,j}^{k}}$، برای هر پیکسل در تصویر تلفیق شده به ترتیب با استفاده از اعمال عملگر امید ریاضی E(X) و قانون انتشار میانگین و واریانس بر روی رابطه (۴) بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$E\left(F_{i,j}^{k}\right) = E\left(a_{i,j}^{k} \times P_{i,j} + b_{i,j}^{k} \times XS_{i,j}^{k}\right)$$
$$\mu_{F_{i,j}^{k}} = a_{i,j}^{k} \times \mu_{P_{i,j}} + b_{i,j}^{k} \times \mu_{XS_{i,j}^{k}}$$

رابطه (۵)

رابطه (۶)

$$\operatorname{cov}\left(P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}\right) = \begin{bmatrix} \sigma^2_{P_{i,j}^{k}} & \sigma_{P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}} \\ \sigma_{P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}} & \sigma^2_{XS_{i,j}^{k}} \end{bmatrix}$$

رابطه (۷)

$$\sigma^2_{F_{i,j}^{k}} = \begin{bmatrix} a_{i,j}^{k} & b_{i,j}^{k} \end{bmatrix} \times \operatorname{cov}\left(P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}\right) \times \begin{bmatrix} a_{i,j}^{k} \\ b_{i,j}^{k} \end{bmatrix}$$
$$= \left(a_{i,j}^{k}\right)^2 \times \sigma^2_{P_{i,j}^{k}} +$$
$$2 \times a_{i,j}^{k} \times b_{i,j}^{k} \times \sigma_{P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}} + \left(b_{i,j}^{k}\right)^2 \times \sigma^2_{XS_{i,j}^{k}}$$

که در آنها:

$\mu_{XS_{i,j}^{k}}$ مقدار میانگین در باند $k$ ام تصویر $XS$، $\mu_{P_{i,j}}$، میانگین در تصویر $PAN$ و $\operatorname{cov}\left(P_{i,j}^{k}, XS_{i,j}^{k}\right)$، ماتریس واریانس کوواریانس بین باند k ام تصویر XS و تصویر PAN هستند.

تصویر به‌دست آمده از تلفیق تصاویر XS و PAN، زمانی بهترین کیفیت را خواهد داشت که واریانس در هر باند تصویر تلفیق شده برابر با واریانس در تصویر PAN و میانگین در هر باند تصویر تلفیق شده برابر با



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

میانگین باند متناظر آن در تصویر XS باشد. بنابراین می‌توان از این دو معیار برای تعیین ضرایب $a_{i,j}^k$ و $b_{i,j}^k$ استفاده کرد. بیان ریاضی این معیارها بدین صورت است:

**معیار اول:** میانگین هر باند در تصویر تلفیق شده می‌بایست برابر با میانگین باند متناظر آن در تصویر XS باشد.

رابطه (۸) $$\mu_{F_{i,j}^k} = a_{i,j}^k \times \mu_{P_{i,j}} + b_{i,j}^k \times \mu_{XS_{i,j}^k} = \mu_{XS_{i,j}^k}$$

**معیار دوم:** واریانس هر باند در تصویر تلفیق شده برابر با واریانس تصویر PAN باشد.

رابطه (۹) $$\sigma^2_{F_{i,j}^k} = \left(a_{i,j}^k\right)^2 \sigma^2_{P_{i,j}^k} + 2\times a_{i,j}^k \times b_{i,j}^k + \left(b_{i,j}^k\right)^2 \sigma^2_{XS_{i,j}^k} = \sigma^2_{P_{i,j}^k}$$

تصویر تلفیق شده با روش آماری گانگور و همکاران در شکل ۷ دیده می‌شود.

## ۳-۲- استفاده از فیلتر بالاگذر لاپلاس برای بهبود در روش آماری گانگور و همکاران

به‌طور کلی استفاده از تمامی اطلاعات طیفی و مکانی موجود در تصویر PAN برای افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر XS طی فرایند تلفیق تا حد زیادی باعث افت کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده در مقایسه با تصویر XS اولیه می‌گردد. این ایراد در روش‌هایی چون روش HIS، Brovey و PCA کاملاً واضح است. بنابراین در برخی از روش‌ها مانند روش HPFA و روش تبدیل موجک تنها از اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN که به صورت لبه‌ها استخراج می‌گردند، در فرایند تلفیق استفاده می‌شود که این کار خود موجب بهبود در کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده می‌گردد. در این تحقیق نیز از همین شیوه برای بهبود کیفیت طیفی در تصویر تلفیق شده به روش گانگور و همکاران، استفاده شده است.

بدین ترتیب برای ایجاد بهبود در کیفیت نتایج محاسبات، ضرایب $a_{i,j}^k$ و $b_{i,j}^k$ در معیار دوم روش گانگور و همکاران، به جای آنکه بین مقادیر DN در تصاویر PAN و XS برقرار شود، بر روی مقادیر خروجی حاصل از اعمال یک فیلتر بالاگذر بر روی تصاویر PAN و XS، یعنی به ترتیب بر روی $HP_{(P_{i,j})}$ و $HP_{(XS_{i,j}^k)}$ اعمال شد. با این حساب معیار دوم بدین شکل اصلاح گردید:

**معیار دوم اصلاح‌شده:** واریانس خروجی حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر بر روی هر باند در تصویر تلفیق شده بایستی برابر با واریانس خروجی حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر بر روی تصویر PAN باشد.

رابطه (۱۰) $$\sigma^2_{HP_{(F_{i,j}^k)}} = \left(a_{i,j}^k\right)^2 \times \sigma^2_{HP_{(P_{i,j})}} + 2\times a_{i,j}^k \times b_{i,j}^k \times \sigma_{HP_{(P_{i,j})} HP_{(F_{i,j}^k)}} + \left(b_{i,j}^k\right)^2 \times \sigma^2_{HP_{(XS_{i,j}^k)}} = \sigma^2_{HP_{(P_{i,j})}}$$

انجام این تغییر در معیار دوم، با توجه به اینکه اطلاعات مکانی در خروجی فیلتر بالاگذر نمایان می‌گردند، موجب اطمینان و اعتماد بیشتر به نتایج می‌گردد که علت آن نیز حذف تِرِند موجود (تقریباً همان میانگین) از کلیه مقادیر DN در تصاویر XS و PAN است.

برای محاسبهٔ ضرایب $a_{i,j}^k$ و $b_{i,j}^k$ پس از اعمال این تغییر در معیار دوم با تلفیق روابط (۸) و (۱۰) یک معادلهٔ درجه برحسب ضریب $b_{i,j}^k$ به‌دست خواهد آمد (رابطهٔ ۱۲). از رابطه (۸) می‌توان نوشت:

رابطه (۱۱)

$$a_{i,j}^k = \frac{\mu_{XS_{i,j}^k}}{\mu_{P_{i,j}}} \times \left(1 - b_{i,j}^k\right) = M \times \left(1 - b_{i,j}^k\right)$$

$$M = \frac{\mu_{XS_{i,j}^k}}{\mu_{P_{i,j}}}$$

با جاگذاری ضریب $a_{i,j}^k$ از رابطه (۸) در رابطه (۷)، رابطه‌ای درجهٔ ۲ برحسب ضریب $b_{i,j}^k$ به‌دست می‌آید.



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

رابطه (۱۲)

$$\left(M^2\sigma^2_{HP_{(P_{i,j})}}+\sigma^2_{HP_{(xs^k_{i,j})}}-2M\sigma_{HP_{(P_{i,j})}HP_{(xs^k_{i,j})}}\right)\times \left(b^k_{i,j}\right)^2+\left(2M\sigma_{HP_{(P_{i,j})}HP_{(xs^k_{i,j})}}-2M^2\sigma^2_{HP_{(P_{i,j})}}\right)b^k_{i,j}+\left(M^2-1\right)\sigma^2_{HP_{(P_{i,j})}}=0$$

از حل این معادلهٔ درجه ۲، دو جواب برای ضریب $b^k_{i,j}$ به‌دست می‌آید که در نتیجه با جاگذاری آنها در رابطه (۱۱) برای ضریب $a^k_{i,j}$ نیز دو جواب محاسبه خواهد شد. با توجه به اینکه هدف از تلفیق تصاویر PAN و XS انتقال اطلاعات مکانی موجود در تصویر PAN به تصویر XS است، بنابراین از دو جواب به‌دست آمده برای ضریب $b^k_{i,j}$، یعنی جوابی که باعث بیشینه شدن مقدار ضریب $a^k_{i,j}$ و در نتیجه افزایش تأثیر تصویر PAN می‌گردد، برای استفاده در تلفیق انتخاب می‌شود. تصویر تلفیق‌شده با روش اصلاح شده گانگور با به‌کارگیری فیلتر بالاگذر در شکل ۸ دیده می‌شود.

**شکل ۸. تصویر تلفیق شده با روش اصلاح شده گانگور**

### ۳-۳- نکاتی دربارهٔ اعمال فیلتر بالاگذر

اطلاعات مکانی با فرکانس بالا (لبه‌ها) را می‌توان با اعمال فیلتر بالاگذر بر روی تصاویر استخراج کرد. فیلتری که بدین منظور به‌کار می‌رود، می‌تواند فیلتر لاپلاس در ابعاد مختلف باشد. به عنوان مثال، در تحقیق ارائه شده به‌وسیله Zhou از فیلتری با ابعاد ۳×۳ برای این کار استفاده شده است [۱۶]. در ساده‌ترین شکل، فیلتر بالاگذر عبارت است از ماتریسی با ابعاد n×n؛ و n عددی فرد است که همهٔ مؤلفه‌های آن، جز مؤلفهٔ میانی یا مؤلفهٔ $(n/2+1)$، برابر با ۱- هستند و مقدار مؤلفهٔ میانی آن از روی فرمول $c=n\times n-1$ محاسبه می‌شود [۱۵]. در تعیین مقدار n برای فیلتر بالاگذر از نسبت بین قدرت تفکیک مکانی تصویر XS و PAN استفاده می‌شود. بنا به توصیهٔ Chavez و همکاران استفاده از فرمول $n=2\times R+1$ که در آن R نسبت قدرت تفکیک تصویر PAN به XS است، برای ابعاد فیلتر لاپلاس مناسب خواهد بود [۸]. با توجه به اینکه این نسبت در تصاویر استفاده شده برای این تحقیق برابر $R=4$ است، ابعاد فیلتر مورد استفاده 9×9 انتخاب شد. افزون بر آن، به‌منظور بهبود کیفیت طیفی تصویر حاصل از تلفیق مقدار میانی در فیلتر بالاگذر به مقدار ۲۰ درصد کاهش داده شد [۱۵]. افزایش این مقدار به مفهوم افزایش تأثیر تصویر PAN در تصویر تلفیق شده است.

## ۴- بررسی کیفیت تصاویر تلفیق‌شده

با توجه به اینکه هدف از تلفیق تصویر پانکروماتیک (PAN) با قدرت تفکیک مکانی بالا و تصویر چندطیفی (XS) با قدرت تفکیک مکانی پایین، رسیدن به تصویری چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی بالاست. به‌طور معمول در بررسی کیفیت طیفی تصاویر تلفیق شده، کیفیت تصویر XS مبنا قرار داده می‌شود و در بررسی کیفیت هندسی تصویر تلفیق شده نیز کیفیت تصویر PAN مبنای قضاوت خواهد بود. در این مقاله تنها کیفیت طیفی تصاویر تلفیق شده مورد بررسی قرار گرفت و برای بررسی از شاخص‌هایی آماری که در مقالات ارائه شدهٔ برخی از پژوهشگران به آنها اشاره شده است، استفاده گردید [۲ و ۱۷]. در جداول ۱ تا ۶، ستون Statistical مربوط به روش آماری ارائه شده به‌وسیله گانگور و همکاران است. مقادیر ستون Statistical_HP به روشی مربوط می‌شود که در این



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

مقاله با اعمال تغییر در معیار دوم روش گانگور ارائه گردیده است. ستون WT نیز مرتبط با نتایج حاصل از تلفیق با استفاده از تبدیل موجک است که می‌توان از نتایج آن به عنوان شاخص و معیار ارزیابی سایر روش‌ها استفاده کرد. با توجه به اینکه نتایج حاصل از روش تلفیق با استفاده از تبدیل موجک دارای کیفیت بالایی است، در این مقاله از نتایج این روش به عنوان مرجع یا رفرنس در بررسی کیفیت طیفی تصاویر تلفیق‌شده استفاده گردید. هدف از مقایسه نتایج روش ارائه شده در این تحقیق با روش تبدیل موجک، نشان دادن کیفیت مطلوب روش پیشنهادیِ تحقیق حاضر است.

### ۴- ۱- بررسی کیفیت طیفی

هدف از بررسی کیفیت طیفی، اندازه‌گیری میزان شباهت کیفی تصویر تلفیق شده با تصویر XS اصلی و تعیین مقدار تغییرات و آشفتگی‌های ایجاد شده در کیفیت تصویر XS بر اثر محاسبات و فرایند تلفیق است. در بررسی کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده، علاوه بر بررسی بصری که جزو مراحل ضروری است [۱]، از شاخص‌های عددیِ آماری استفاده شده است.

#### ۴-۱-۱- تفاوت در مقدار میانگین و انحراف معیار

تفاوت در مقدار میانگین و انحراف معیار (به ترتیب رابطه‌های ۱۳ و ۱۴) باندهای تصویر تلفیق شده با مقدار میانگین و انحراف معیار برای باندهای متناظر در تصویر XS، از جمله شاخص‌های آماری عددی کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده‌اند.

$$\Delta\mu_{Bi} = \mu(MS_{Bi}) - \mu(F_{Bi}) \qquad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$\Delta\sigma_{Bi} = \sigma(MS_{Bi}) - \sigma(F_{Bi}) \qquad \text{رابطه (۱۴)}$$

هر قدر این تفاوت‌ها کمتر و به مقدار صفر نزدیک‌تر باشند، بیانگر ایجاد آشفتگی کمتر در مشخصات طیفی تصویر تلفیق شده در مقایسه با تصویر XS خواهد بود. در جداول ۱ و ۲ مقادیر این اختلاف‌ها برای روش‌های مختلف نشان داده شده است. همان‌گونه که مقادیر جدول ۱ نشان می‌دهند، تغییرات مقادیر میانگین باندها برای ستون Statistical_HP در تمام باندها و به‌ویژه در باند IR کمتر از مقادیر ستون Statistical هستند و به مقادیر ستون WT نیز بسیار نزدیک‌اند و البته نتایج هر سهٔ این روش‌ها در مقایسه با روش‌های مرسوم تلفیق یعنی ستون‌های Brovey، IHS و PCA (جز در باند IR در روش PCA) به مراتب بهتر هستند. در جدول ۲ نیز ملاحظه می‌شود که میزان تفاوت ایجاد شده در مقادیر انحراف معیار باندها برای ستون Statistical-HP به‌جز در باند IR کمتر از ستون Statistical است، و مقادیر ستون Statistical_HP با مقادیر ستون WT همخوانی بسیاری دارند. در بین روش‌های مرسوم، تنها روش PCA است که مقادیر آن به لحاظ قدرمطلق کمتر از ستون Statistical_HP است؛ ولی با توجه به علامت مقادیر آنها و در نظر گرفتن مقادیر ستون WT به عنوان معیار، ملاحظه می‌شود که مقادیر ستون PCA نشان از آشفتگی زیادی دارند.

#### ۴-۱-۲- همبستگی بین باندهای تصویر

ضریب همبستگی پیرسون میزان رابطهٔ خطی بین دو متغیر (در این حالت دو باند تصویری) را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار این شاخص بین ۱- و ۱+ نوسان دارد و مقادیر انتهایی این بازه به ترتیب بیانگر عدم تجانس کامل و نیز شباهت کامل بین دو تصویرند. فرمول محاسبهٔ این شاخص برای دو تصویر A و B به ابعاد N×N به صورتی که در پی می‌آید خواهد بود (رابطه ۱۵) [۱۸]. این پارامتر بین باندهای مختلف یک تصویر محاسبه می‌شود و حالت ایده‌آل، زمانی است که تغییرات آن در تصویر XS و تصویر تلفیق‌شده صفر باشد. با توجه به اینکه تصویر XS استفاده شده دارای ۳ باند است، برای هر تصویر ۳ مقدار همبستگی بین باندهای B1 و B2، بین باندهای B1 و B3 و بین باندهای B2 و B3 محاسبه گردید.



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

رابطه (۱۵)

$$\mathrm{Corr}(A,B)=\frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left(A_{i,j}-\bar{A}\right)\left(B_{i,j}-\bar{B}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left(A_{i,j}-\bar{A}\right)^2\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left(B_{i,j}-\bar{B}\right)^2}}$$

جدول ۳ میزان تغییرات مقادیر همبستگی بین باندهای تصاویر تلفیق شده را در مقایسه با مقادیر همبستگی بین باندهای تصویر XS اصلی نشان می‌دهد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، روش‌های مرسوم تنها در مقدار همبستگی باند سبز با باند آبی تغییرات اندکی دارند ولی در مقادیر همبستگی بین باندهای آبی و سبز با باند IR تفاوت بسیار زیاد است. مقادیر ستون Statistical_HP کمتر از ستون Statistical هستند، یعنی مقادیر همبستگی تغییر کمتری یافته‌اند و مقادیر ستون Statistical_HP نیز به مقادیر ستون WT نزدیک‌ترند.

**جدول ۱. مقادیر اختلاف بین میانگین باندهای تصویر تلفیق شده با تصویر XS**

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR | -107.876 | -41.6744 | 0.0233 | 0.0704 | 0.4929 | 0.0719 |
| GREEN | -74.3103 | -16.0323 | 1.1504 | -0.0943 | 0.155 | 0.0887 |
| Blue | -68.2708 | -15.1259 | 0.9212 | -0.0522 | 0.1542 | 0.1075 |

**جدول ۲. مقادیر اختلاف بین انحراف معیار باندهای تصویر تلفیق شده با تصویر XS**

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR | -22.321 | 11.9124 | -3.7041 | 4.2767 | 3.737 | 4.5312 |
| GREEN | -40.0505 | 12.3335 | -1.1203 | 2.6916 | 2.8423 | 2.5698 |
| Blue | -36.2978 | 11.5825 | -1.1519 | 3.1704 | 3.4321 | 3.0425 |

**جدول ۳. مقادیر تفاوت بین ضرایب همبستگی بین باندهای تصاویر تلفیق شده با ضرایب همبستگی بین باندهای تصویر XS**

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR_GREEN | 0.36379 | 0.98300 | 0.53903 | 0.17076 | 0.18124 | 0.17869 |
| IR_BLUE | 0.37163 | 0.98166 | 0.54678 | 0.18863 | 0.20099 | 0.19564 |
| GREEN_BLUE | 0.00070 | 0.00214 | -0.00003 | 0.00095 | 0.00013 | 0.00034 |

**جدول ۴. مقادیر ضرایب همبستگی بین باندهای متناظر در تصاویر تلفیق شده و باندهای تصویر XS**

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR | 0.895708 | 0.533006 | 0.99714 | 0.909777 | 0.893864 | 0.902895 |
| GREEN | 0.896704 | 0.915506 | 0.75254 | 0.949357 | 0.940747 | 0.943981 |
| BLUE | 0.902926 | 0.918177 | 0.758266 | 0.958738 | 0.953415 | 0.954488 |

**جدول ۵. شاخص خطای RMSE بین باندهای تصاویر تلفیق شده و باندهای متناظر تصویر XS**

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR | 107.8757 | 50.11388 | 3.423842 | 11.91314 | 12.15739 | 12.34084 |
| GREEN | 74.31034 | 24.75255 | 34.16043 | 11.86135 | 12.97824 | 12.61299 |
| BLUE | 68.27078 | 23.06722 | 31.10705 | 12.0134 | 13.43459 | 12.81104 |



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

جدول ۶. شاخص Deviation Index بین باندهای تصاویر تلفیق شده و باندهای متناظر تصویر XS

| | Brovey | IHS | PCA | WT | Statistical | Statistical_HP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IR | 0.66404 | 0.31715 | 0.41073 | 0.16656 | 0.30210 | 0.20876 |
| GREEN | 0.66308 | 0.31550 | 0.66088 | 0.13709 | 0.15790 | 0.15164 |
| BLUE | 0.66310 | 0.31540 | 0.57285 | 0.13945 | 0.16181 | 0.15449 |

### ۴-۱-۳- همبستگی بین باندهای متناظر تصویر XS و تصویر تلفیق‌شده

شاخص دیگر برای اندازه‌گیری کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده، محاسبهٔ میزان همبستگی بین باندهای تصویر تلفیق شده با تصویر XS است. این مقدار در صورتی که به مقدار ۱ نزدیک باشد، بیانگر شباهت قوی بین باندهای تصویر تلفیق شده با تصویر XS خواهد بود. برای محاسبهٔ این شاخص نیز رابطه (۱۵) به کار می‌رود. با مراجعه به جدول ۴ ملاحظه می‌شود که بیشترین مقدار همبستگی مربوط به روش‌های ستون‌های WT، Statistical، و Statistical_HP است و مقادیر ستون Statistical_HP به مقادیر ستون WT نزدیک‌ترند.

### ۴-۱-۴- شاخص خطای RMSE

شاخص RMSE بین باندهای تصویر XS و تصویر تلفیق شده به مثابهٔ شاخصی از کیفیت طیفی محاسبه می‌شود. این شاخص مقدار متوسط تغییرات ناشی از پردازش انجام شده در هر پیکسل را اندازه‌گیری می‌کند (رابطه ۱۶).

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\sqrt{\left(XS_{i,j} - F_{i,j}\right)^2}}{N \times N} \qquad \text{رابطه (۱۶)}$$

این شاخص ممیز بهتری از ضریب همبستگی پیرسون است و حساسیت بیشتری نیز در قیاس با شاخص ضریب همبستگی دارد [۱۷]. بنابراین در صورتی که عملکرد دو روش مختلف تلفیق در مقایسه با ضریب همبستگی پیرسون یکسان باشند، می‌توان از شاخص RMSE برای تمییز روش بهتر استفاده جست.

در جدول ۵ ملاحظه می‌شود که مقادیر خطای RMSE برای ستون Statistical_HP، Statistical و WT بسیار کمتر از روش‌های مرسوم‌اند (جز در باند IR در روش PCA). علاوه بر این، مقادیر ستون Statistical_HP از مقادیر ستون Statistical، جز در ستون IR کمترند.

### ۴-۱-۵- شاخص DEVIATION INDEX

این شاخص (رابطه ۱۷) متوسط قدر مطلق تغییرات بهنجار شدهٔ هر پیکسل در تصویر تلفیق شده را در مقایسه با تصویر XS اندازه‌گیری می‌کند [۷]. مقدار این شاخص هرچه کمتر باشد، نشان از کیفیت خوب طیفی تصویر تلفیق شده دارد. این شاخص بهتر از شاخص‌های دیگر کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود، مقادیر Deviation Index برای ستون‌های Statistical_HP، Statistical و WT بسیار کمتر از روش‌های مرسوم‌اند و مقادیر ستون Statistical_HP نیز کمتر از مقادیر ستون Statistical هستند.

$$DI = \frac{1}{l \times c}\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{c}\frac{\left|F_{i,j} - MS_{i,j}\right|}{MS_{i,j}} \qquad \text{رابطه (۱۷)}$$

## ۵- بررسی اندازهٔ پنجرهٔ مورد استفاده در روش گانگور و همکاران

در این روش آماری اندازهٔ پنجره‌ای که برای تعیین ضرایب $a_{i,j}^{k}$ و $b_{i,j}^{k}$ به مرکز هر پیکسل مورد استفاده قرار می‌گیرد در کیفیت نهایی تصویر تلفیق شده تأثیر خواهد داشت. افزایش ابعاد این پنجره باعث افزایش سهم تصویر PAN در تصویر تلفیق شده خواهد گردید



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

و تصویری بارزتر تولید خواهد شد ولی این افزایش در نهایت کیفیت تصویر تلفیق شده را بسیار پایین خواهد آورد. بنابراین بایستی ابعاد این پنجره به تناسب انتخاب گردد تا بین کیفیت طیفی و مکانی در تصویر تلفیق شده تعادل برقرار گردد. در تحقیقی که گانگور و همکاران دربارهٔ اندازهٔ پنجره انجام دادند، برای تلفیق تصاویر PAN و XSاز سنجندهٔ QuickBird با پنجره‌ای به ابعاد ۲۷×۲۷ پیکسل، تعادل لازم در کیفیت هندسی و طیفی تصویر تلفیق شده برقرار گردید (شکل ۹) [۴]. این در حالی است که با استفاده از معیار دوم ارائه شده در این تحقیق، با استفاده از پنجره‌ای به ابعاد ۷×۷ پیکسل، این تعادل بین کیفیت هندسی و طیفی برقرار می‌گردد (شکل ۱۰) و کیفیت طیفی تصویر به لحاظ افزایش تأثیر بیشتر تصویر PAN دچار آشفتگی نمی‌شود، که این را می‌توان در جداول ۱ تا ۶ مشاهده کرد. به‌علاوه، به لحاظ محاسباتی نیز سرعت بیشتر خواهد شد. افزون بر این، با معیار دوّمی که گانگور و همکاران ارائه کردند، در صورتی که ابعاد پنجرهٔ انتخاب شده در اطراف هر پیکسل کمتر از ۱۳×۱۳ باشد در بخش‌هایی از تصویر که بازتابش شدیدی دارند، مقادیر ضرایب $a^k_{i,j}$ و $b^k_{i,j}$ به درستی تعیین نمی‌شود و تخریب کامل پیکسل‌ها در آن بخش از تصویر صورت می‌گیرد (شکل ۱۱)؛ در حالی که با تغییر ارائه شده در معیار دوم می‌توان پنجره‌ای با ابعاد ۳×۳ ـ یا بزرگ‌تر را برای تلفیق استفاده کرد، بدون آنکه مشکلی در تصویر تلفیق شده ایجاد گردد (شکل ۱۲).

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

استفاده از روش آماری گانگور و همکاران در تلفیق و تغییر اعمال شده در معیار دوم، و به‌کارگیری از فیلتر بالاگذر موجب بهبود کیفیت طیفی فرایند تلفیق تصاویر می‌گردد و مزایای خاص خود را در قیاس با روش‌های مرسوم تلفیق تصاویر، دارد. می‌توان این بهبود و مزایا را مواردی از این دست دانست:

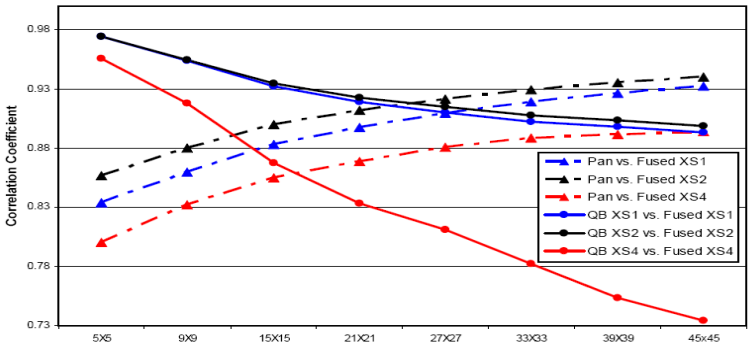
- استفاده از روش آماری براساس معیارهای آماری دو تصویر XS و PAN که دارای تفسیر طیفی و مکانی‌اند، درک مستقیمی را از معیارهای تلفیق برای کاربر فراهم می‌کند.
- سطحی از امکان در تصمیم‌گیری برای کاربر در محاسبه پارامترهای آماری فراهم می‌آید. این کار براساس امکان انتخاب ابعاد پنجره در اطراف هر پیکسل است که پارامترهای آماری لازم برای تلفیق از مقادیر پیکسل‌های موجود در آن پنجره محاسبه می‌شوند.
- اعمال فیلتر بالاگذر از تأثیر منفی استفاده از کل اطلاعات طیفی و مکانی موجود در تصویر PAN بر روی کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده تا حد زیادی جلوگیری می‌کند.
- امکان انتخاب و تصمیم‌گیری در میزان تأثیر اطلاعات موجود در تصویر PAN بر تصویر تلفیق شده، هم با تغییر ابعاد پنجره اطراف هر پیکسل و هم با تغییر مقدار مرکزی در فیلتر بالاگذر لاپلاس اعمال‌شدنی است.
- با تغییر انجام شده در معیار دوم این روش آماری که در این مقاله ارائه شد، می‌توان از پنجره‌هایی با ابعاد کوچک‌تر در حد ۳×۳ نیز برای تعیین ضرایب $a^k_{i,j}$ و $b^k_{i,j}$ در رابطه (۴) استفاده کرد و در استفاده از پنجره‌ای با ابعاد کوچک‌تر کیفیت طیفی در تصویر تلفیق شده بهتر حفظ می‌شود.
- با اعمال تغییر در معیار دوم و استفاده از فیلتر بالاگذر در هنگام استفاده از پنجره‌های دارای ابعاد کوچک‌تر، تخریب فرایند تلفیق در تعیین مقادیر پیکسل در تصویر تلفیق شده رخ نخواهد داد (شکل ۱۲).
- سرعت پردازش و محاسبات، به علت کوچک شدن ابعاد پنجره مورد استفاده افزایش می‌یابد.
- نتایج ارائه شده در جداول ۱ تا ۶ در خصوص کیفیت طیفی تصویر تلفیق شده با روش آماری ارائه شده در این مقاله، نشان می‌دهد که این روش به لحاظ طیفی دارای کیفیت مطلوبی است و



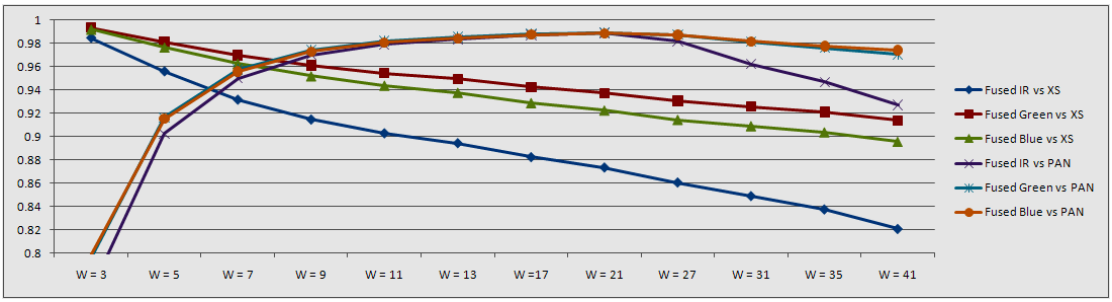
[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

می‌تواند به عنوان جایگزینی معادل برای روش تلفیق با تبدیل موجک نیز مورد استفاده قرار گیرد. کیفیت طیفی روش آماری و روش تبدیل موجک بسیار بهتر از روش‌های مرسوم تلفیق است.

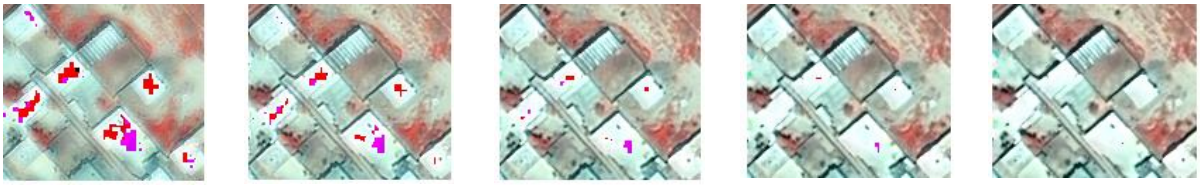
پیشنهاد می‌گردد که از این روش برای تلفیق تصاویر با نسبت‌های متفاوت بین قدرت تفکیک تصویر XS و PAN و نیز بین تصاویر سنجنده‌های مختلف استفاده شود و نتایج آنها با نتایج ارائه شده در این تحقیق مقایسه گردد. به‌علاوه، پیشنهاد می‌شود که از ترکیب این روش آماری با روش‌های مرسوم تلفیق برای بهبود کیفیت روش‌های متداول استفاده گردد.




**شکل ۹. ضریب همبستگی به صورت تابعی از ابعاد پنجره (برگرفته از [۴])**
**برقراری تعادل بین کیفیت طیفی و هندسی تصویر در پنجره‌ای به ابعاد ۲۷×۲۷ پیکسل**




**شکل ۱۰. ضریب همبستگی به صورت تابعی از ابعاد پنجره**
**برقراری تعادل بین کیفیت طیفی و هندسی تصویر در پنجره‌ای به ابعاد ۷×۷ پیکسل**

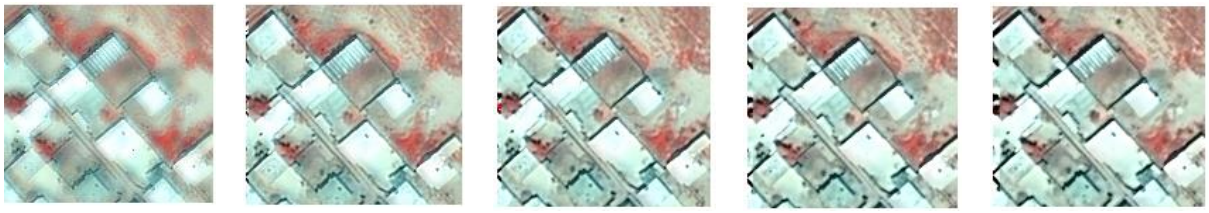


Win size = 3×3 | Win size = 5×5 | Win size = 7×7 | Win size = 9×9 | Win size = 11×11

**شکل ۱۱. تأثیر ابعاد پنجره در کیفیت تصویر تلفیق شده با روش گانگور و همکاران**
**با کاهش ابعاد پنجره، تخریب مقادیر پیکسل در تصویر تلفیق شده ایجاد می‌گردد.**



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]




**شکل ۱۲. تأثیر ابعاد پنجره در کیفیت تصویر تلفیق شده با روش ارائه شده در این مقاله**
**با کاهش ابعاد پنجره تخریب مقادیر پیکسل درتصویر تلفیق شده ایجاد نمی‌گردد.**

## ۸- منابع

[1] Wald, L., Ranchin T. and Mangolini M., 1997. *Fusion of Satellite Images of Different Spatial Resolutions: Assessing the Quality of Resulting images*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 63(6), 691–699.

[2] Ranchin, T., Aiazzi, B., Alparone, L., Baronti, S. and Wald, L., 2003. *Image Fusion – ARSIS Concept and Some Successful Implementation Schemes*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58, 4–18.

[3] Pohl, C. and Van Genderen, J.L., 1998. *Multisensor Image Fusion in Remote Sensing: Concepts, Methods and Applications*. International Journal of Remote Sensing, 19 (5), 823–854.

[4] Gungor, O. and Shan, J., 2005. *A Statistical Approach To Multiresolution Image Fusion*. ASPRS Pecora 16 Global Priorities in Land Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota.

[5] Park, J.H. and Kang, M.G., 2004. *Spatially Adaptive Multi-resolution Multispectral Image Fusion*. International Journal of Remote Sensing, 25(23), 5491–5508.

[6] Shamshad, A., Wan Hussin, W.M.A. and Mohd Sanusi, S.A., 2004. *Comparison of Different Data Fusion Approaches for Surface Features Extraction Using Quickbird Images*. Proceedings GISIDEAS 2004, Hanoi, Vietnam.

[7] Schowengerdt, R.A., 1980. *Reconstruction of Multispatial, Multispectral Image Data Using Spatial Frequency Content*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 46(10), 1325–1334.

[8] Gungor, O. and Shan, J., 2004. *Evaluation of Satellite Image Fusion Using Wavelet Transform*. XX th ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.

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

[10] Van Der Meer, F., 1997. *What does Multisensor Image Fusion Add in Terms of Information Content for Visual Interpretation*? International Journal of Remote Sensing, 18(2), 445-452.

[11] Yocky, D.A., 1995. *Image Merging and Data Fusion by Means of the Two-dimensional Wavelet Transform*. Journal of the Optical Society of America, 12(9), 1834–1845.

[12] Zhang, Y., 2002. *Problems in the Fusion of Commercial Highresolution Satellite Images as well as Landsat 7 Images and Initial Solutions*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 34(4), SDH Joint International Symposium on GeoSpatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, July 8-12.



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

[13] Nunez, J., Otazu, X., Fors, O., Prades A., Pala, V. and Arbiol, R., 1999. *Multiresolution-based Image Fusion with Additive Wavelet Decomposition*. IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37(3), 1204-1211.

[14] Lemeshewsky, G.P., 2002. *Multispectral Image Sharpening Using a Shift-invariant Wavelet Transform and Adaptive Processing of Multiresolution Edges*. Visual Information Processing XI (Z. Rahman and R.A. Schowengerdt, editors). Proceedings of SPIE, 4736.

[15] Ute G.G., Pushkar S.P. and Derrold W.H., 2008. *Optimizing the High-Pass Filter Addition Technique for Image Fusion*. Photogrammetric engineering & Remote Sensing, 74(1), 1107-1118.

[16] Zhou J., Civco D.L. and Silander J.,A., 1998. *A Wavelet Transform Method to Merge Landsat TM and SPOT Panchromatic Data*. International Journal of Remote Sensing, 19(4), 743-757.

[17] Pradhan, P., R. King, N.H.Y. and Holcomb, D.W., 2006. *The Effect of Decomposition Levels in Wavelet-based Fusion for Multiresolution and Multi-sensor Images*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1.44(12), No. 12, 3674–3686.

[18] Shi W., Zhu C., Tian, Y. and Nichol J., 2005. *Fusing IKONOS Images based on Four-band Wavelet Transformation Method*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 6(3-4), 241-251.

[19] Costantini M., Farina A. and Zirilli F., 1997. *The Fusion of Different Resolution SAR Images*. Proceedings of the IEEE, 85(1), 139-146.

[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]

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

*Journal of Geospatial Information Technology*
**Vol.1, No.1, Autumn 2013**
**31-46**

# Improvement of Gungor Image Fusion Technique Using a High Pass Filter

Afari A.*[1], Varshosaz M.[2]

1- Senior Lecturer, Babol University of Technology

2- Assistant Prof., K.N. Toosi University of Tehcnology

**Abstract**

Statistical methods are among image fusion techniques which use statistical measures, global or local, in order to decide how and where the fusion is performed. One of the most recent techniques of such giving good radiometric results is that developed by Gungor et al. which is based on the use of local parameters. Aiming to improve their results, this adds a high pass filter to their process. Tests carried out showed that the use of such a hybrid technique, in addition to improve the radiometric quality of the fused image, requires smaller processing windows. Also, it incorporates more of the spatial information from the panchromatic image without any loss in the radiometric quality of the fused image. Moreover, other experiments indicated that this approach shows great improvements compared to those obtained by HIS, Brovey and PCA while having equivalent results as those obtained by a Wavelet Transform.

**Keywords:** Image fusion, Statistical techniques, High pass filter.

Correspondence Address: Mazandaran Province, Babol, Babol Noshirvani University of Technology. Tell: 09122894189
Email: afary@nit.ac.ir

[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.1.1.31 ]