

جغرافیا (نشریه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران)
دوره جدید، سال سوم، شماره ۶ و ۷ پاییز و زمستان ۱۳۸۴

ارزیابی و مقایسه روشهای تلفیق تصاویر ETM+ و پانکروماتیک اسپات

ابوالفضل اشتهااردی^۱، دکتر حمید عبادی^۲،
دکتر محمد جواد ولدان زوج^۳ و علی محمدزاده^۴

چکیده

امروزه با توجه به افزایش تعداد سنجنده ها و همچنین حجم بسیار بالای اطلاعات اخذ شده از آنها، نیاز جدی به تلفیق تصاویر سنجنده های مختلف احساس می شود. در این روشها با ترکیب تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و تصاویر چند طیفی، تصاویر جدیدی تولید می شوند که ضمن حفظ خصوصیات طیفی تا حد زیادی قدرت تفکیک مکانی آنها افزایش می یابد. ابتدا بعد از اعمال تصحیحات هندسی، موزائیک رقومی ماهواره لندست تولید شد. سپس با انتخاب باندهای مناسب و روشهای PCA، Brovey، IHS، و روش تبدیل موجک اقدام به تلفیق مشاهدات ماهواره های لندست و اسپات منطقه ورزنه اصفهان گردید. در نهایت با استخراج تقاطعها و عوارض و مقایسه آن با نقشه موجود، دقت تلفیق تصاویر و همچنین هیستوگرامهای مربوطه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند که روش موجک از نظر دقت طیفی و روش IHS از نظر دقت هندسی بهترین نتیجه را نسبت به بقیه روشها داشته اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

-
- ۱- کارشناس ارشد آموزشی نقشه برداری
 - ۲- استادیار فتوگرامتری
 - ۳- دانشیار فتوگرامتری و سنجش از دور
 - ۴- دانشجوی دکتری سنجش از دور

مقدمه

ماهواره های مشاهداتی زمین اطلاعات گوناگونی از پوششهای مختلف سطح زمین جمع آوری می کنند. این اطلاعات توسط سنجنده های مختلف با قدرت تفکیک مکانی طیفی وزمانی متفاوت تهیه می شوند که برای بهره برداری بهینه از داده های چند سنجنده ای روشهایی تحت عنوان تلفیق تحلیلی یا عددی داده های رقومی توسط محققین مطرح شده است و به کمک این روشها تصاویر تلفیق شده ای تولید می شوند که قدرت تفکیک پذیری بهتری دارند و نمایش بهتری از پدیده های زمینی را ممکن میسازند [۳] و [۴]. در حقیقت هدف از تلفیق تصاویر ترکیب داده های مختلف است جهت استخراج اطلاعات بیشتر از آنچه که می توان از هر کدام از داده های منفرد به تنهایی کسب کرد. یعنی استفاده از مزایای اضافی حاصل از ترکیب داده ها که این مزایا می تواند شامل عواملی چون قدرت تفکیک مکانی بالاتر، تعداد باندهای طیفی بیشتر، قابلیت تفسیر بهتر و کیفیت نمایش مطلوبتر تصاویر باشد [۱۸]. در روند تلفیق داده ها، ابتدا پس از اعمال تصحیحات رادیومتریکی، داده ها از نظر هندسی تصحیح می شوند (تصاویر ژئوکد شده). البته در برخی موارد می توان تصاویر را نسبت به هم تثبیت نمود که در این حالت ممکن است در اثر تثبیت غلط به نتایج مطلوب نرسیم. سپس می توان تصاویر را با استفاده از روش های مختلف تلفیق نمود که به طور کلی این روشها به دو گروه اصلی تقسیم می شوند: (۱) روشهای رنگی و (۲) روشهای آماری و عددی. گروه اول شامل تلفیق های رنگی از باندهای تصویر در فضای رنگ RGB یا دیگر تبدیلات رنگی پیچیده تر مانند IHS و HSV است. اما روش های آماری بر اساس آمار باندها از جمله میزان همبستگی می باشد. روشهایی مانند PCA و رگرسیون به این گروه تعلق دارند. روشهای عددی از عملگرهای ریاضی مانند اختلاف، نسبت به مجموع تصاویر بهره می گیرند. به عنوان مثالی از روشهای عددی پیچیده می توان از موجکها نام برد. در ادامه این روشها با جزییات بیشتری معرفی شده اند.

روشهای مختلف تلفیق تصاویر ماهواره ای

روش تبدیل مولفه های اصلی (PCA): تبدیل مولفه های اصلی که از آن با عناوین بردارهای ویژه، تبدیل هتلینگ [۶ و ۲] و یا کارهونن لوف گسسته (KL) نیز نام برده می شود، از دسته روشهای آماری تلفیق تصاویر است که بر اساس ویژگیهای آماری بیانگرهای برداری عمل می کند [۶] و اصولاً برای کاهش داده ها و یا ابعاد آنها به کار می رود [۳]. همچنین از آن به عنوان مرحله ای میانی در دیگر پردازش ها نظیر طبقه بندی تصویر، کشف تغییرات، بهبود و یکی کردن داده ها نیز استفاده می شود [۸ و ۷]. تبدیل PCA را می توان به دو روش استاندارد و انتخابی انجام داد. در روش استاندارد تمامی باندهای در دسترس، در تلفیق شرکت می کنند اما در PCA انتخابی گروهی از باندها با توجه به ماتریس همبستگی یا نوع کاربرد تلفیق می شوند [۱۰ و ۹ و ۷ و ۱].

روش تبدیل Brovey: تبدیل Brovey یکی از روشهای ریاضی تلفیق تصاویر است. این تبدیل توسط باب برووی ابداع شده است [۱۲ و ۱۴]. این تبدیل برای تلفیق دو سری داده با قدرت مکانی متفاوت ایجاد شده و گرچه از این نظر شبیه بسیاری از روش‌های دیگر مانند تبدیل IHS است، اما از روند کاملاً متفاوتی استفاده می‌کند. در این روش هر باند که برای نمایش رنگی به کار می‌رود (مانند سبز)، بر مجموع همه لایه‌های رنگ (R, G, B) تقسیم می‌گردد که این امر داده‌های باند را نرمال می‌کند. سپس برای واضح‌سازی تصویر آن را در تصویر با قدرت تفکیک بالاتر (PAN) ضرب می‌کنیم [۱۲]. Zhou و همکاران در سال ۱۹۹۸ روش تبدیل برووی را با سه روش دیگر مقایسه کرده است [۵]. آنها از باندهای TM 2,4,5 برای این تلفیق استفاده کردند و نتیجه‌گیری کردند که این روش بیشتر بر اطلاعات مکانی PAN تاکید دارد تا بر صحت طیفی TM.

روش تبدیل HIS: در این روش، اساس کار بر جابجایی یکی از لایه‌ها با تصویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتر است [۱۶]. تبدیل رنگی IHS به طور موثر اطلاعات مکانی (I) را از طیفی RGB (H,S) جدا می‌کند. این تبدیل هماهنگی زیادی با نحوه درک و تشخیص رنگ توسط انسان دارد. تلفیق تصاویر بر اساس IHS بر اساس یک اصل است: جابجایی یکی از سه مولفه I, H, S از یک مجموعه داده با یک تصویر بهتر از نظر مکانی که در بیشتر مواقع جایگزین مولفه I می‌شود. جابجایی شدت (مجموع باندها) با تصویری که قدرت تفکیک مکانی بالاتری دارد، باندهای تلفیقی بی‌ایجاد می‌کند که تلفیقات خطی باندهای چند طیفی اصلی (نمونه‌گیری مجدد شده) و باند تک رنگ با قدرت تفکیک بالاتر است. روشهای تلفیق IHS، مولفه‌های اشباع و فام را قبل از تلفیق معکوس به RGB گسترش می‌دهند که به آن گسترش کنتراست رنگی می‌گویند. تبدیل IHS را می‌توان در یک یا دو مرحله انجام داد. روش دو مرحله‌ای شامل گسترش کنتراست هر کدام از کانال‌های I, H, S است که در نتیجه تصاویر حاصل بهبود رنگ می‌یابند. سیستم HSV (فام، اشباع، مقدار) نیز تقریباً مشابه IHS (که گاهی اوقات IHS نیز گفته می‌شود) است که از آن نیز برای تلفیق داده‌ها می‌توان استفاده کرد. امروزه روش IHS، به روندی استاندارد در تحلیل تصاویر تبدیل شده است که برای بهبود رنگ داده‌های کاملاً همبسته، بهبود ویژگیها، افزایش قدرت تفکیک مکانی و تلفیق مجموعه داده‌های متفاوت به کار می‌رود [۱۳].

روش تبدیل موجک: این روش یک ابزار ریاضی است که در حوزه پردازش سیگنال گسترش یافته و می‌تواند برای تلفیق تصاویر با قدرت تفکیک مکانی مختلف به کار رود. دیگر کاربرد آن تثبیت هندسی خودکار تصاویر است که یکی از پیش‌شرطهای لازم برای تلفیق تصاویر در سطح پیکسل است [۱۶]. تبدیل موجک مجموعه‌ای از توابع مقدماتی با انرژی محدود دلخواه (موجکها) ایجاد می‌کند. وزنه‌های

نسبت داده شده به موجک ها، ضرایب موجک اند که نقش مهمی در تغییر ساختار ویژگیها در یک مقیاس و مکان ویژه دارند. تفسیر ساختار یا جزییات تصویر به مقیاس تصویر بستگی دارد که به طور سلسله مراتبی در یک فرآیند همرمی به دست می آید. از آنجا که ضرایب موجک برای دوتصویر با قدرت تفکیک های مکانی متفاوت تعیین شده؛ این تبدیل می توان ضرایب موجک از دست رفته در تصاویر با قدرت تفکیک پایین را به دست آورد. با استفاده از این ضرایب، می توان یک تصویر تلفیق شده از تصویر با قدرت تفکیک کمتر ایجاد کرد که قدرت تفکیک مکانی بیشتری داشته باشد. در این تصویر در حالی که اطلاعات طیفی حفظ شده، قدرت تفکیک مکانی نیز افزایش یافته است. به این روش ARSIS نیز گفته می شود [۵].

تلفیق تصاویر ماهواره ای لندست و اسپات

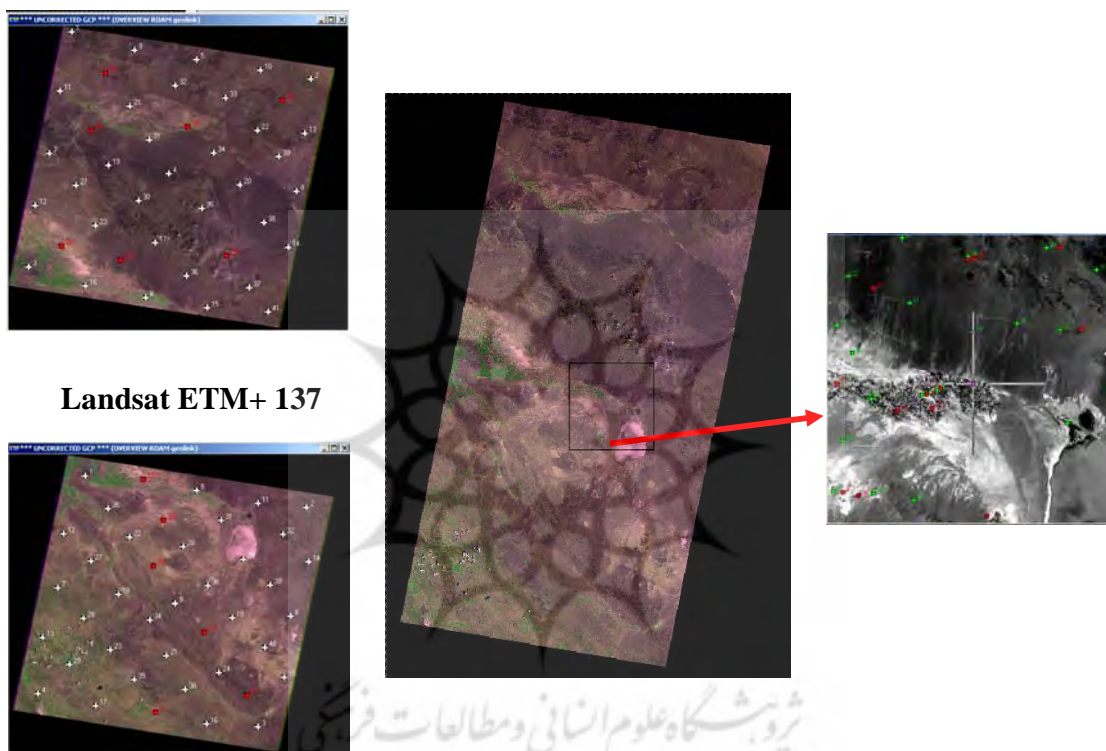
مشخصات منطقه مطالعاتی

منطقه مورد تحقیق ورزنه اصفهان (جنوب شرقی اصفهان) می باشد، که طول جغرافیائی منطقه در محدوده ۵۳/۰۶ درجه شرقی (برای شمال شرق منطقه) تا ۵۲/۱۲ شرقی (برای جنوب غربی منطقه) و عرض جغرافیائی منطقه در محدوده ۳۲/۳۷ درجه شمالی (برای شمال شرق منطقه) تا ۳۲/۰۶ درجه شمالی (برای جنوب غربی منطقه) قرار دارد. نوع تصاویر بکار رفته، تصاویر SPOT و Landsat ETM+ می باشند. تصاویر لندست ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی شامل دو تصویر در یک گذر با شماره های ۳۷ - ۱۶۳ و ۳۸ - ۱۶۳ و تصویر SPOT 2 با قدرت تفکیک ۱۰ متر مربوط به سال ۱۹۹۳ میلادی که منطقه ورزنه را شامل می شود. نقشه های ۱/۵۰۰۰۰ تولید شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، به عنوان اطلاعات جغرافیایی مرجع برای تصاویر Landsat ETM+ و نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ تولید شده توسط سازمان نقشه برداری کشور، به عنوان اطلاعات جغرافیایی مرجع برای تصاویر SPOT مورد استفاده قرار گرفته است.

پیش پردازشهای انجام شده و موزاییک تصاویر

با استفاده از نقاط پایش (نقاط کنترل زمینی) اقدام به تصحیح هندسی تصاویر و ژئوکدینگ آنها شد. سپس با استفاده از نقاط مشترک در منطقه همپوشانی دو تصویر لندست، اقدام به تولید موزاییک شد (شکل ۱). دقت موزاییک را می توان به دو روش رادیومتریکی و هندسی افزایش داد. یک روش معمول برای افزایش دقت رادیومتریکی، تطبیق هیستوگرام دو تصویر در منطقه مشترک است (Histogram Matching). این عمل معمولاً با استفاده از هیستوگرام های تجمعی دو تصویر و تعدیل آنها به نحوی که در نقاط انتخاب شده مشابه باشند، انجام می شود. برای این منظور، استفاده از جداول راهنما یا Look Up Table (LUT) و درون یابی بین نقاط ضروری است. روش دیگری که می تواند مورد استفاده قرار گیرد، منطبق سازی رادیومتریکی با استفاده از روش نمونه گیری است. قطعات تصویر (به

ابعاد 9×9 پیکسل) در امتداد خط الحاق دو تصویر در یک موزائیک مورد تحلیل قرار گرفته و مقدار روشنایی متوسط دو تصویر با هم مقایسه می‌شوند. نتایج این آنالیز به عنوان ورودی برای انطباق سطحی دو مجموعه از مقادیر رادیومتریکی با کمک روش خطی قطعه ای به کار می‌رود. مجموعه ای از نقاط گرهی در منطقه مشترک را می‌توان برای افزایش دقت هندسی محل الحاق دو تصویر به کار برد. در این روش مثلث بندی بر روی نقاط گرهی منطقه الحاقی نتیجه موزائیک را بهتر می‌کند.



Landsat ETM+ 137

Landsat ETM+ 138

The produced mosaic image

شکل ۱. اعمال تصحیحات هندسی و تولید موزائیک تصاویر از تصاویر لندست ETM+ و اسپات منطقه ورزنه اصفهان

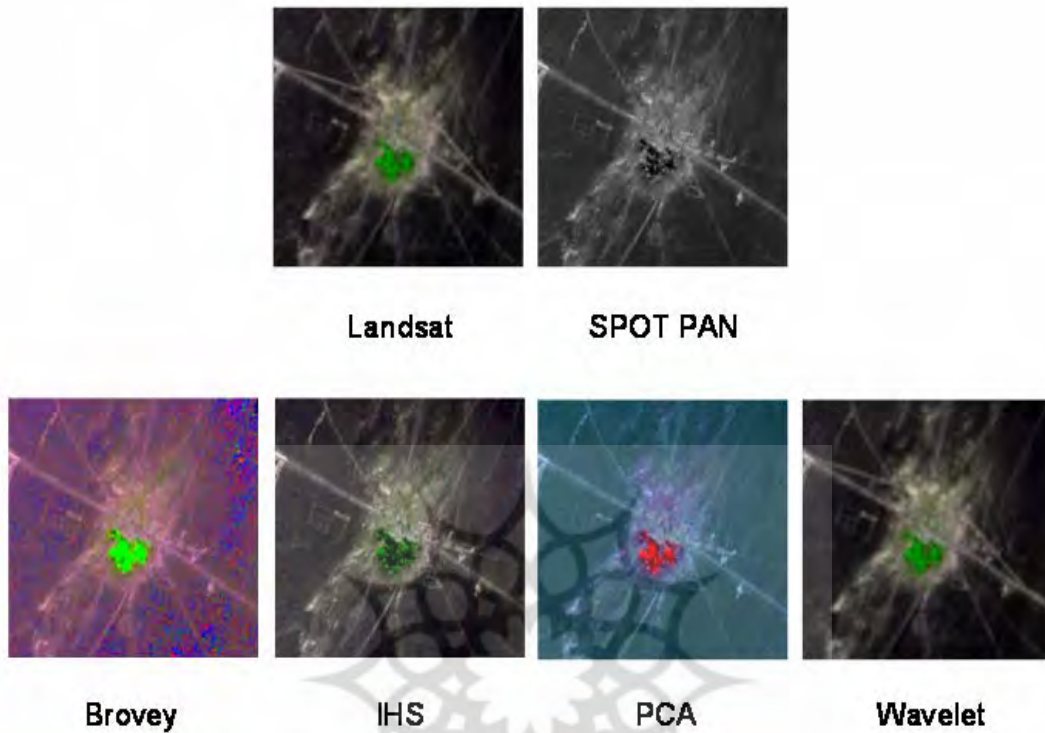
نتیجه اعمال تلفیق بر روی تصاویر و ارزیابی کیفیت تصاویر تلفیق شده در این تحقیق موزائیک تصاویر لندست با استفاده از نرم افزار PCI انجام پذیرفت. توضیح اینکه تصویر اسپات در منطقه همپوشانی دو تصویر لندست واقع شده است، در اینجا از تصویر اسپات

محدوده‌های با اندازه ۲۴۰۰ * ۱۹۰۰ استخراج شده است. محدوده مورد نظر در تصویر موزائیک شده لندست نیز استخراج شد. سپس با استفاده از درون یابی محدوده تهیه شده از موزائیک تصاویر لندست به پیکسل سایز ده متری تبدیل گردید. در مرحله بعد عمل تلفیق تصاویر روی زیرمجموعه تهیه شده از تصاویر لندست واسپات به چهار روش ذکر شده قبلی انجام پذیرفت که در شکل ۲ نتیجه اعمال روشهای مختلف تلفیق بر روی تصاویر Landsat TM و SPOT نمایش داده شده است. برای ارزیابی کیفیت هندسی تصاویر تلفیق شده نتایج حاصل از تلفیق تصاویر فوق با تصویر پانکروماتیک اسپات به عنوان مرجع ثبت تصویری (IMAGE REGISTRATION) انتخاب شد. در مرحله نهایی برای بررسی و مقایسه تصاویر تلفیقی حاصل از روشهای مختلف دو معیار کلی هندسی و طیفی مورد توجه قرار گرفت.

برای بررسی کیفیت هندسی تصاویر تلفیق شده، نقشه رقومی منطقه ورزنه و اطراف آن مبنا گرفته شد و هر یک از تصاویر حاصل از چهار روش تلفیق های انجام گرفته دیجیتایز شده و حاصل آن با نقشه رقومی ۱ / ۲۵۰۰۰ منطقه به عنوان نقشه مرجع مقایسه شد. نتایج حاصل از بررسی کیفیت هندسی تصاویر تلفیق شده در جدول ۱ آمده است. با مراجعه به جدول ۱ می توان گفت که تلفیق تصاویر به روش IHS از نظر کیفیت هندسی بهترین نتیجه را داشته است. در مرحله بعد کیفیت طیفی تصاویر تلفیق شده در مقایسه با تصویر لندست مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه نتایج طیفی تصاویر ترکیبی از پنج معیار کمی در کنار مقایسه بصری آنها استفاده شد و نتایج و هیستوگرام های مربوط به این نتایج در صفحات بعدی نمایش داده شده است.

جدول ۱. دقت هندسی حاصل از اعمال روشهای مختلف تلفیق تصاویر

روش تلفیق	IHS	BROVEY	PCA	WAVELET
خطای کمترین مربعات	۱۹ متر	۲۰ متر	۲۴ متر	۲۵ متر



شکل ۲. نتایج حاصل از تلفیق تصاویر ماهواره لندست ETM+ و اسپات منطقه ورزنه اصفهان با استفاده از روشهای مختلف

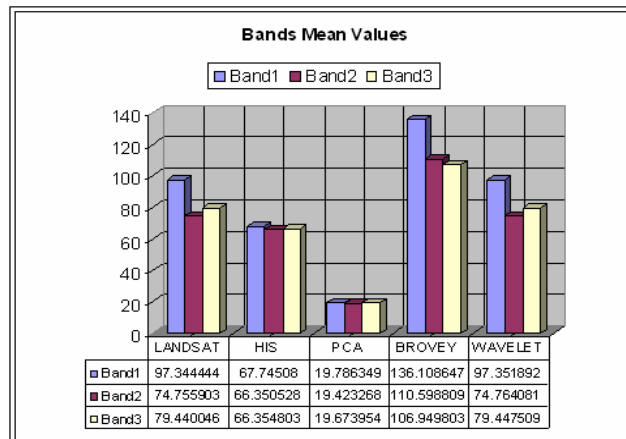
معیار اول:

تفاضل میانگین مقادیر پیکسلها برای تصاویر تلفیق شده و تصویر چند طیفی اصلی:

$$Difference\ of\ means_i = mean(ms_i) - mean(fused_i) \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

که در آن $fused_i$ همان باند i ام تصویر فیوز شده و ms_i باند i ام تصویر چند طیفی مبنا می باشد.

شکل ۳. مقادیر میانگین محاسبه شده در هر باند حاصل از اعمال روش های مختلف تلفیق تصاویر



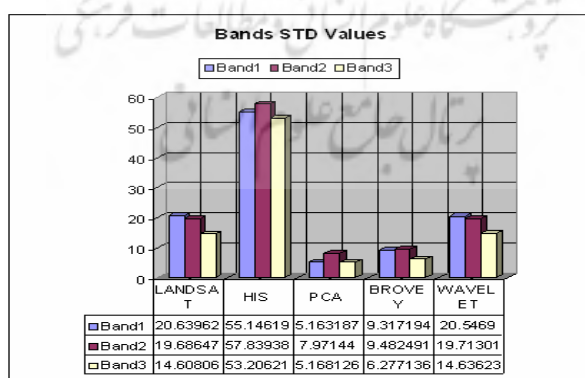
که در این تحقیق میانگین مقادیر پیکسل ها برای تصاویر تلفیق شده و تصویر لندست اولیه استفاده شده است که نتایج در نمودار زیر نمایش داده شده است. از نمودار شکل ۳ مشاهده میشود که تصویر تلفیق شده به روش موجک در هر یک از سه باندها با باندهای تصویر اصلی در LANDSAT ETM+ نسبت به سه روش دیگر کمترین اختلاف را دارد. پس میتوان با استفاده از معیار میانگین مقادیر پیکسل ها تلفیق تصویر به روش موجک را نسبت به سه روش تلفیق تصاویر دیگر ارجح دانست.

معیار دوم:

مقایسه انحراف معیار تصاویر تلفیق شده با تصویر چند طیفی :

$$\text{difference of } STDS_i = \text{STD}(MS_i) - \text{STD}(fused_i) \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

آماره میانگین و آماره انحراف معیار یک تصویر، دو آماره برای ارزیابی و مقایسه دو تصویر از یک Scene از لحاظ آماری می باشند. هر چقدر تفاضل میانگین ها و انحراف معیارهای دو تصویر کوچک باشند این دو تصویر از لحاظ آماری شبیه تر خواهند بود. در این تحقیق از مقایسه انحراف معیار تصاویر تلفیق شده به چهار روش انجام شده با تصویر چند طیفی اصلی LANDSAT ETM+ که در نمودار شکل ۴ نمایش داده شده است به این نتیجه می رسیم که تلفیق تصاویر به روش موجک بهترین نتیجه را نسبت به سه روش تلفیق تصاویر دیگر دارد. زیرا اختلاف انحراف معیار تصویر تلفیق شده به روش موجک با تصویر اصلی LANDSAT ETM+ کمترین مقدار را نسبت به سه روش تلفیق تصاویر دیگر دارد.



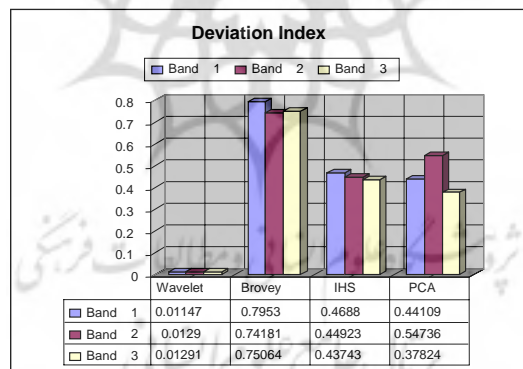
شکل ۴. انحراف معیار محاسبه شده در هر باند حاصل از اعمال روش های مختلف تلفیق تصاویر

معیار سوم:

در این معیار آماره قدر مطلق تفاضل نرمال شده و کلی تصویر تلفیق شده و تصویر چند طیفی مبنا مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

$$Deviaionindex = \frac{1}{lc} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^c \frac{|F_{i,j} - MS_{i,j}|}{MS_{i,j}} \quad (3)$$

که در آن $F_{i,j}$ مقدار پیکسل نظیر سطر i ام و ستون j ام در تصویر تلفیق شده و $MS_{i,j}$ مقدار پیکسل نظیر آن در تصویر چند طیفی می‌باشد. l, c به ترتیب برابر با تعداد سطرها و تعداد ستونها در تصاویر تلفیق شده و چند طیفی می‌باشند. روش بالا یکی از روش‌های ارزیابی کیفیت طیفی تصاویر تلفیق شده یعنی محاسبه‌ی اختلاف بین تصویر ترکیبی و تصویر اولیه به عنوان تصویر مرجع می‌باشد. در این تحقیق میزان تغییرات طیفی باندهای تلفیق شده نسبت به باندهای لندست اولیه که از نظر طیفی تصویر مرجع است سنجیده شده است. برای این کار ماتریس همبستگی بین باندهای لندست اولیه و باندهای تلفیق شده حاصل از روش‌های مورد استفاده، بدست آمده و برای مقایسه بکار رفته است. تصویر تلفیق شده زمانی از نظر طیفی به تصویر اصلی نزدیکتر است که اختلاف آن به صفر نزدیکتر باشد. این نشان‌دهنده شباهت محتوای طیفی تصویر تلفیق شده با تصویر چند طیفی اصلی است.



شکل ۵. مقایسه معیار سوم محاسبه شده در هر باند حاصل از اعمال روش‌های مختلف تلفیق تصاویر

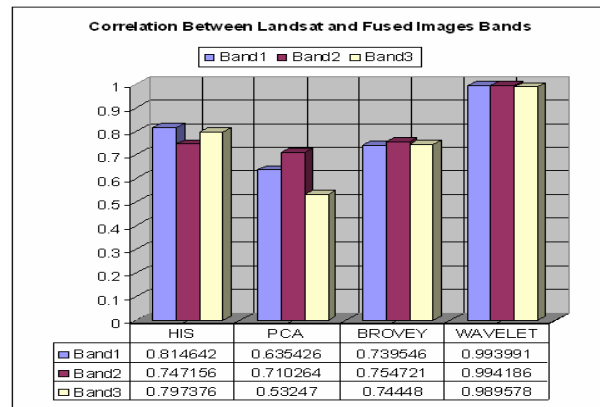
با مراجعه به شکل ۵ می‌توان گفت که تصویر تلفیق شده به روش موجک اختلاف نسبت به سه روش دیگر به صفر نزدیکتر است یا به تعبیری کمترین اختلاف را نسبت به تصویر چند طیفی اصلی دارد که نشان‌دهنده بیشتر بودن شباهت آن به تصویر چند طیفی اصلی یعنی تصویر ETM+ LANDSAT است.

معیار چهارم:

معیار چهارم محاسبه و مقایسه ضریب همبستگی بین باندهای تصویر چند طیفی و تصاویر تلفیق شده است. ضریب همبستگی بین دو تصویر یک شاخص از میزان اطلاعات تکرار شده در دو تصویر است. هر چقدر این ضریب نزدیک به ۱+ باشد نشاندهنده شباهت بیشتر محتوای طیفی تصویر تلفیق شده با تصویر چند طیفی اصلی است. با مقایسه ضریب همبستگی بین باندهای تصویر چند طیفی اصلی Landsat ETM+ و تصاویر تلفیق شده با هر یک از چهار روش انجام شده و از نمودار شکل ۶ مشاهده می شود که ضریب همبستگی تصویر تلفیق شده به روش موجک نسبت به سه روش دیگر به ۱+ نزدیکتر است. یعنی محتوای طیفی تصویر تلفیق شده به روش موجک با محتوای طیفی تصویر چند طیفی اصلی Landsat ETM+ بیشترین شباهت را دارد. پس نتیجه می گیریم که با استفاده از معیار چهارم یعنی محاسبه و مقایسه ضریب همبستگی بین باندهای تصویر چند طیفی اصلی Landsat ETM+ با باندهای تصاویر تلفیق شده به سه روش دیگر انجام شده، تلفیق تصاویر به روش موجک بهترین کیفیت طیفی را دارد.

معیار پنجم:

از مقایسه هیستوگرام تصاویر تلفیق شده با هیستوگرام تصویر چند طیفی در هر باند، کیفیت رادیو متریکی یک تصویر را می توان به دست آورد [۱۵]. از مقایسه هیستوگرام هر یک از تصاویر تلفیق شده با هر یک از چهار روش موجک، PCA, IHS, BROVEY با هیستوگرام تصویر اصلی Landsat ETM+ که در سه نمودار شکل ۷ نمایش داده شده است، مشاهده می کنیم که هیستوگرام تصویر تلفیق شده به روش موجک دقیقاً بر روی هیستوگرام تصویر اصلی Landsat ETM+ منطبق است. پس به این نتیجه می رسیم که بر اساس نتایج بدست آمده از معیار پنجم تلفیق تصاویر به روش موجک نسبت به بقیه روشها بهترین کیفیت طیفی را حفظ کرده است. در شکل ۸ هیستوگرامهای مربوط به هر یک از باندها در هر یک از روشهای تلفیق تصاویر و همچنین هر یک از باندهای تصویر اولیه اصلی Landsat ETM+ مقایسه شده است.



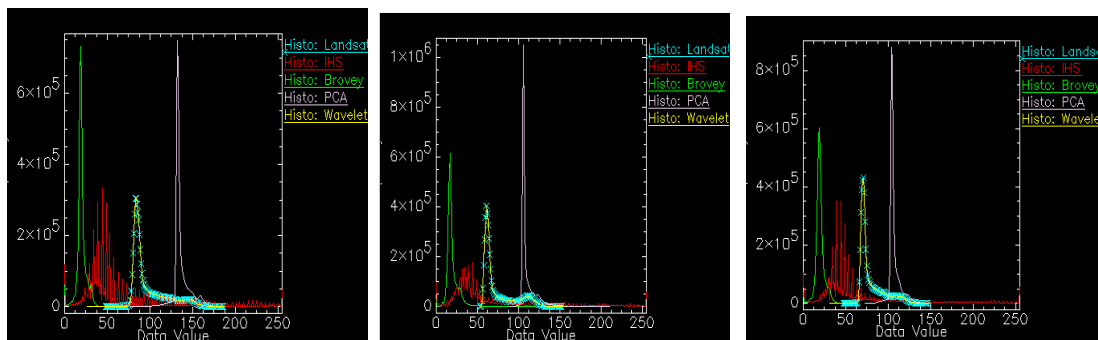
شکل ۶. مقایسه همبستگی بین تصاویر ماهواره لندست ETM+ و نتایج حاصل از اعمال با روش‌های مختلف تلفیق تصاویر



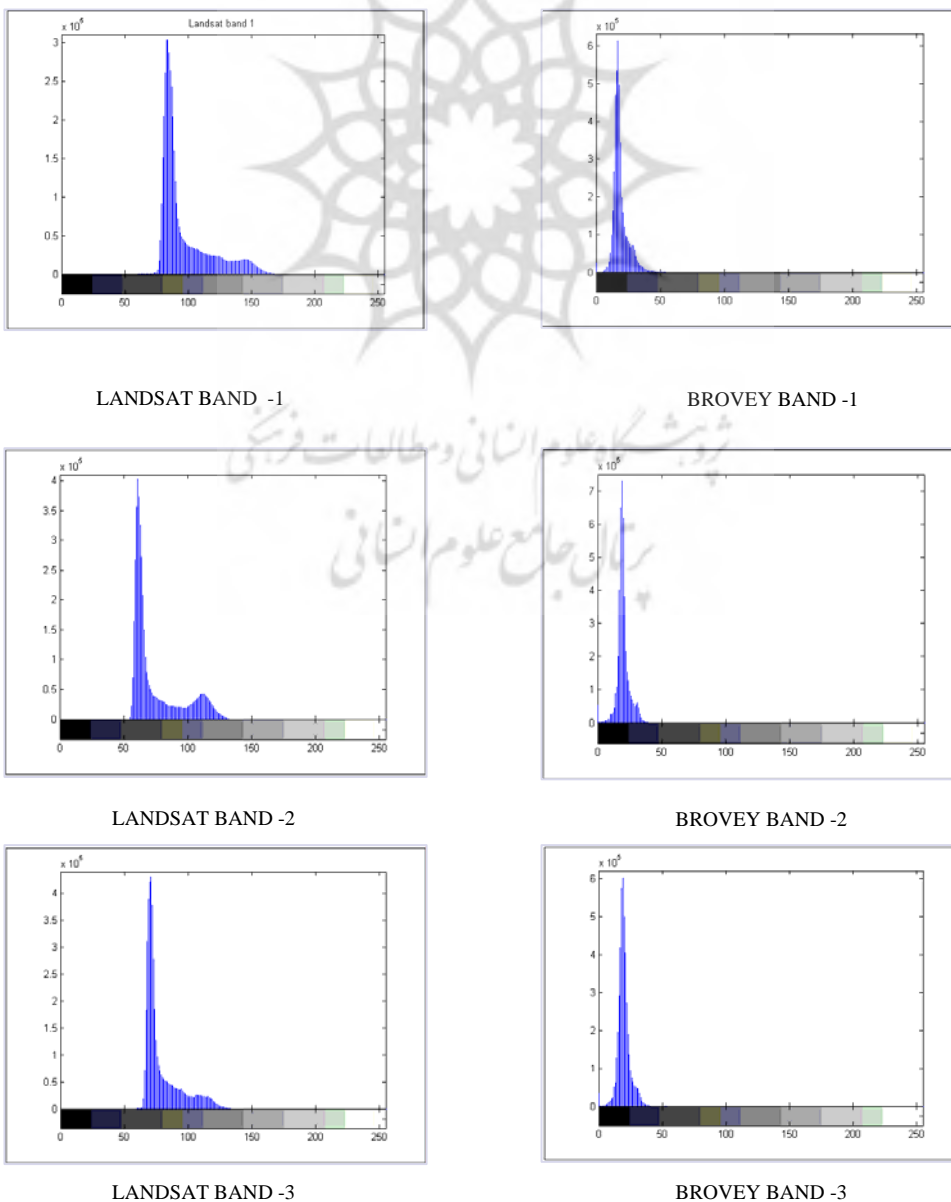
Band3

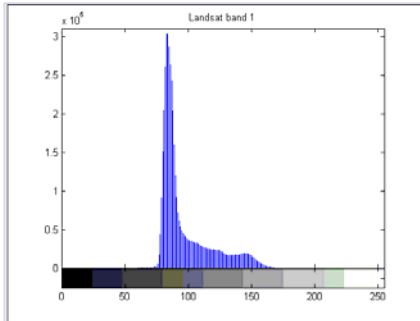
Band 1

Band 2

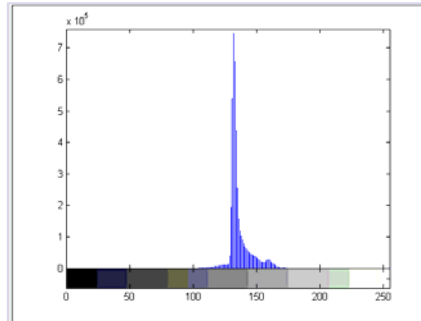


شکل ۷. هیستوگرام تصاویر ماهواره لندست +ETM و نتایج حاصل از تلفیق تصاویر با روش های مختلف در باند های مختلف

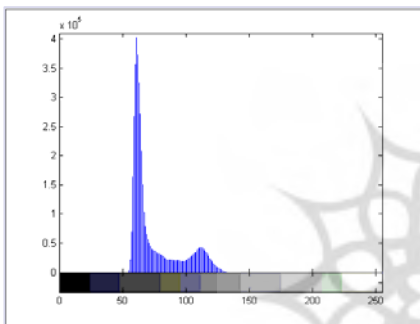




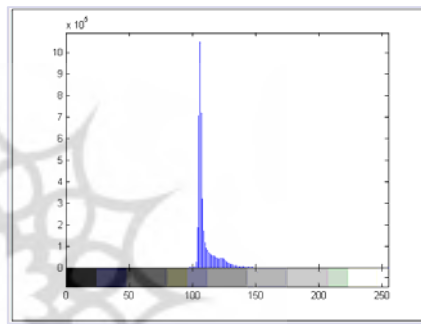
LANDSAT BAND -1



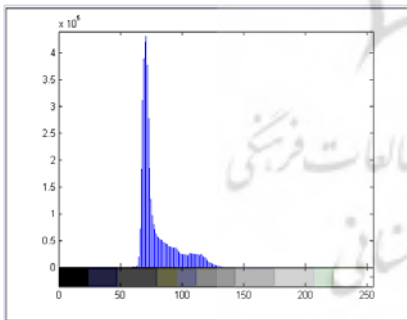
PCA BAND - 1



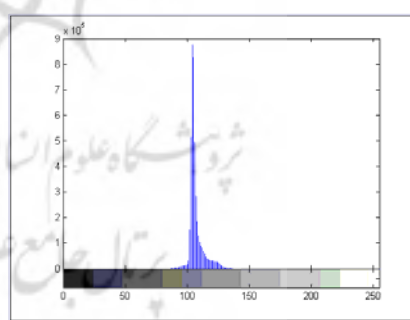
LANDSAT BAND - 2



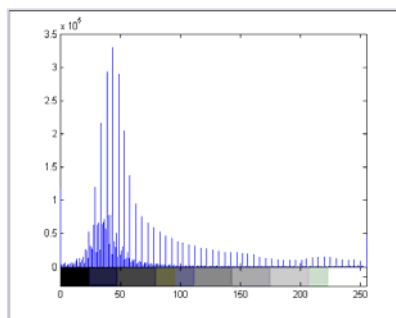
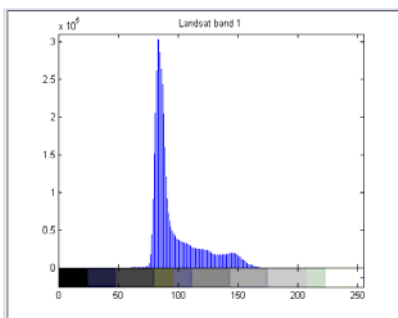
PCA BAND - 2



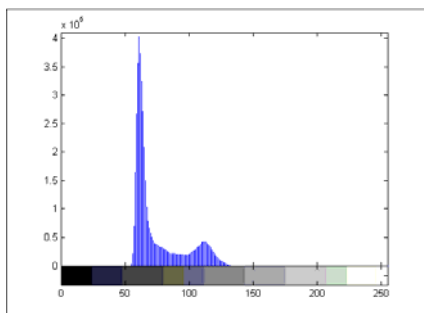
LANDSAT BAND -3



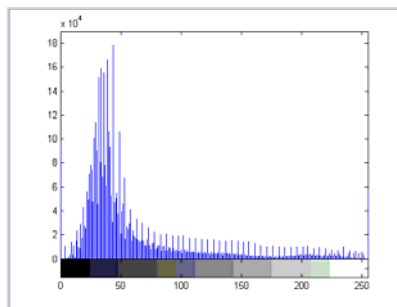
PCA BAND - 3



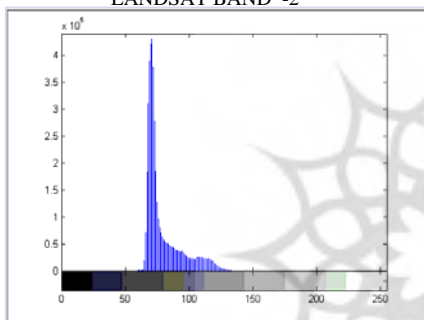
LANDSAT BAND - 1



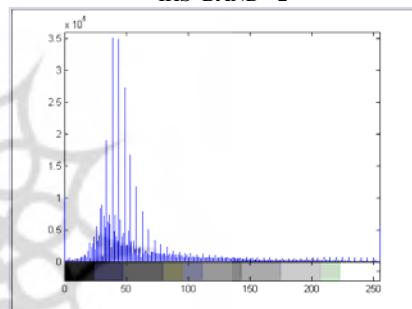
IHS BAND - 1



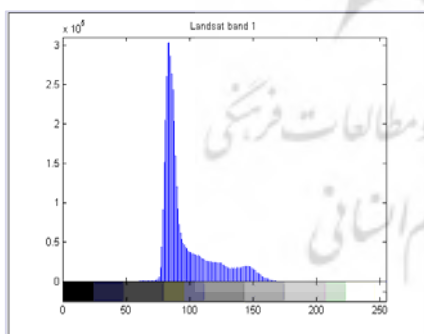
LANDSAT BAND - 2



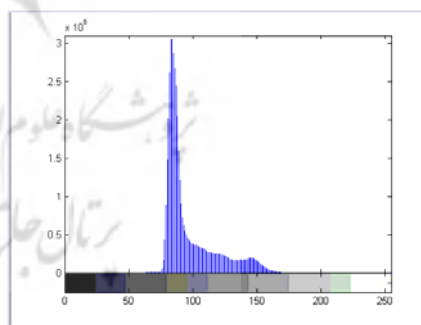
IHS BAND - 2



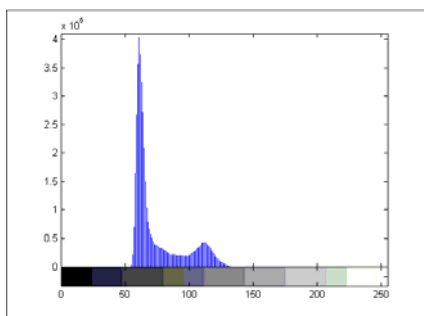
LANDSAT BAND - 3



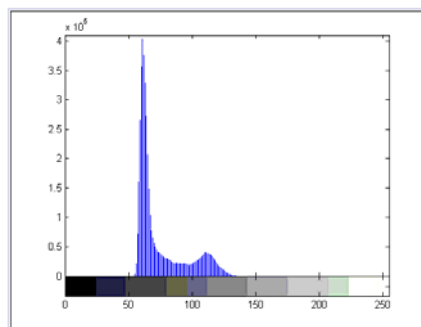
IHS BAND - 3

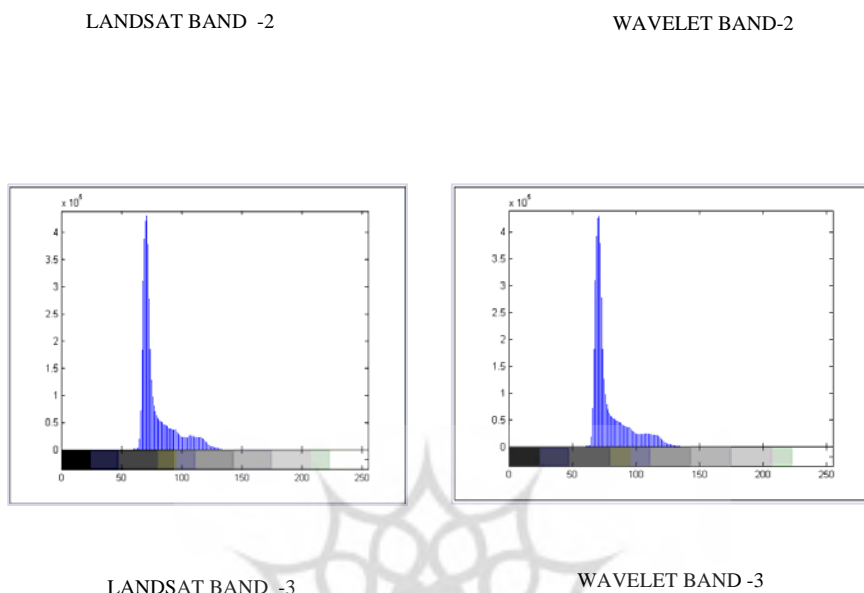


LANDSAT BAND - 1



WAVELET BAND - 1





شکل ۸. مقایسه هیستوگرام تصاویر ماهواره لندست ETM+ با نتایج حاصل از تلفیق تصاویر با روش های مختلف در باند های مختلف

نتیجه گیری و پیشنهادات

به دلیل وجود روش‌های مختلف تلفیق تصاویر و نیاز جدی از طرف کاربران به منظور تلفیق تصاویر مختلف جهت دستیابی به تصاویر چند طیفی که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا باشد، لذا مقایسه کمی و کیفی نتایج هر یک از روش‌های تلفیق تصاویر به عنوان یک نیاز کاربران احساس می‌شود. با توجه به بررسی کیفیت هندسی و طیفی تصاویر تلفیق شده و با بهره‌گیری از معیارهایی که مورد استفاده واقع شده است تصویر تلفیق شده به روش موجک بهترین نتیجه را از نظر کیفیت طیفی داشته است. از نظر کیفیت هندسی تصویر حاصل از تلفیق تصاویر به روش IHS بهترین دقت را نشان می‌دهد. موزائیک تصاویر ماهواره ای به همراه تلفیق تصاویر مختلف، ایجاد پوشش کافی برای بررسی و مطالعه مناطق وسیع را فراهم می‌آورد. از کاربرهای این تحقیق می‌توان به امکان تلفیق تصاویر موزائیک شده لندست ETM+ با تصویر اسپات در مناطق شهری اشاره کرد. چون در مناطق شهری دقت هندسی بیشتر مورد نظر است روش IHS پیشنهاد می‌شود. اگر هدف شناسایی عوارض گیاهی از نتیجه تلفیق دو تصویر ماهواره ای پانکروماتیک و چندطیفی باشد، در اینصورت روش موجک بدلیل داشتن دقت طیفی بیشتر

پیشنهاد می شود. دقت نهایی حاصل از تلفیق در هر یک از روشهای ذکر شده با رعایت نکات زیر قابل بهبود است: (۱) در مواقعی که استفاده از نقشه های تهیه شده از عکسهای هوایی مورد نظر است، دقت تولید نقشه بستگی به مهارت عامل رقومی کننده مدل مربوطه دارد که عوارض به دقت رقومی شده باشند. که بتوان در موقع استفاده از این نقشه به عنوان نقشه مرجع دقیقاً به آن استناد کرد، (۲) کم کردن تفاوت زمانی برداشت تصاویر، (۳) انتخاب نقاط کنترل و نقاط چک با دقت بالا و با پراکندگی مناسب به منظور افزایش دقت تصحیح هندسی، (۴) دقت در گرفتن نقطه در تقاطع عارضه ها برای افزایش دقت ارزیابی نهایی. برای کارهای آینده میتوان از داده های راداری و تصاویر سنجنده های دیگر ویا از روشهای دیگر تلفیق استفاده نمود. همچنین با استفاده از تصاویری که از نظر زمانی بیشتر به هم نزدیک هستند، میتوان تصاویر تلفیق شده با دقت بالاتری بدست آورد. استفاده از مدل ارتفاعی منطقه مخصوصاً در مناطقی که تغییرات ارتفاعی شدید وجود دارد برای تهیه موزائیک دقیق لازم است. از طرفی انتخاب باندهای مناسب مهم می باشد و بایستی باندهایی که بیشترین اطلاعات را دارا هستند، مد نظر قرار گیرند. استفاده از روشهای دیگر تبدیل موجک و تلفیق تصاویر در سطوح دیگر تلفیق نیز می تواند مورد بررسی و تحقیق قرار گیرند.

مآخذ

۱. عابدینی مهدی " تلفیق تصاویر ماهواره ای به روش BROVEY و مقایسه آن با ترکیب بانندی جهت افزایش پذیری اطلاعات " سمینار کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران - سنجش از دور ، شهریور ۷۹ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۲. آفری علیرضا " کاربرد تبدیل موجکها در بهبود کیفیت تلفیق تصاویر ماهواره ای " پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران - ژئودزی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۱.
۳. کریمی آشتیانی محسن " تلفیق تصاویر TM و SPOT با استفاده از تبدیل موجک (منطقه ی تهران) " پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده ی علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
۴. قاسمیان، محمدحسن، "نمونه برداری غیر یکنواخت و تجزیه - تحلیل چند مقیاسی تصاویر"، گزارش فرصت مطالعاتی، دانشکده ی فنی دانشگاه تربیت مدرس، شهریور ۱۳۷۷.
۵. همایونی، سعید، "ارزیابی روش‌های تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مختلف جهت بهبود دقت طبقه‌بندی مناطق شهری (شهر اصفهان)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، شهریور ۱۳۷۸.
۶. عزیز محمدی محمد " بررسی ارزیابی روشهای تلفیق تصاویر SPOT (PAN, XS) با نکیه بر روش ویولت "، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی عمران - فتوگرامتری ، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی آبان ماه ۱۳۸۰
۷. ابوالفضل اشتیاردی " بررسی هندسی و رادیومتریکی تلفیق داده های ماهواره ای لندست و اسپات " ، سمینار کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی عمران - سنجش از دور ، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
8. Pohl, C. and Van Genderen, J.L. (1998). "Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and application." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 5, PP. 823-854.
9. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. (1992). *Digital image processing*. 3rd Ed., Addison Wesley.
10. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1979). *Remote sensing and image interpretation*. 2nd Ed., John Wiley & Sons.
11. Richards, J.A. (1993). *Remote sensing digital image processing: An introduction*. 2nd Ed., Springer-Verlag.
12. Zhou, J., Civco, D.L. and Silander, J.A. (1998). "A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT Pan data." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 4, PP. 743-757.
13. Gonzalez, R.C. and Wintz, P. (1987). *Digital image processing*. 2nd Ed., Addison Wesley.
14. Ruiz-Armenta, J.R. and Prol-Ledesma, R.M. (1998). "Techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal alteration minerals in Thematic Mapper

- image of central Mexico." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 10, PP. 1981-2000.
15. Harrison, B.A. and Jupp, D.L.B. (1990). *Introduction to image processing MicroBRIAN Resource Manual Part*. CSRIO Publications.
 16. Chavez, P.S.Jr. Kwarteng, A.Y. (1989). "Extracting spectral contrast in Landsat Thematic Mapper image data using selective principal componenet analysis." *Photogrammetric Engineering & Remote. Sensing*, Vol. 55, No. 3, PP. 339-348.
 17. Chavez, P.S. (1986). "Digital merging of Landsat TM and digitized NHAP data for 1:24,000-Scale image mapping." *Photogrammetric Engineering & Remote. Sensing*, Vol. 52, No. 10, PP. 1637-1646.
 18. American Society of Photogrammetry (1983). *Manual of remote sensing*. 2nd Ed., Vol. 2, Scheridan Press.
 19. Earth Resource Mapping Pty Ltd (1990). *The Brovey transform explained*. EMU Forum. Vol. 2, No. 11, available in http://WWW.ErMapper.com/forum_new/emuf2-11.htm#aitle 5.
 20. Schetselaar, E.M. (1998). "Fusion by the IHS transform: Should we use cylindrical or spherical coordinates?" *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 4, PP. 759-765.

