



تلفیق تصاویر چند طیفی Sentinel-2 و پانکروماتیک IRS-P5 و ارزیابی آن

الهه خصالی^{۱*}، مهدی مدبری^۲، حمید عنایتی^۳، حکمت الله محمد خانلو^۴

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۲- دانشیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
- ۳- کارشناس ارشد، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۴- کارشناس ارشد، گروه زئودزی، دانشگاه واحد علوم و تحقیقات شاهroud

چکیده :

امروزه برای کاربردهای سنجش از دور به سنجنده هایی با حد تفکیک مکانی و طیفی بالا نیاز می باشد، اما این امر اغلب به دلایل اقتصادی و ساختاری امکان پذیر نیست. تلفیق تصاویر با حد تفکیک های مختلف طیفی و مکانی به طور گستره برای حل این مسئله بکار می رود. در این مقاله باندهای تصاویر چند طیفی سنجنده-2 Sentinel با حد تفکیک مکانی ۱۰ متر با تصاویر پانکروماتیک IRS-P5 با حد تفکیک مکانی ۲.۵ متر به روش های مختلف تلفیق شده اند. روش های مورد استفاده شامل JHS، Gram-Schmidt PC و Brovey و HIS ها هستند. روش resampling می باشد. معیارهای شیفت میانگین و انحراف معیار برای ارزیابی کیفی روش های مختلف تلفیق مورد استفاده قرار گرفته اند. در نهایت با توجه به مقادیر معیارهای ارزیابی مورد استفاده روش Brovey و HIS به عنوان بهترین روش ها معرفی شدند. معیارهای ارزیابی به کار گرفته شده نسبی بوده و با توجه به این که هر روش تلفیق در حفظ ویژگی های طیفی و مکانی توانایی متفاوتی دارد، با به کارگیری معیارهای ارزیابی دیگر ممکن نتایج تا حدودی متفاوت شوند

واژه های کلیدی : تلفیق، Sentinel-2، IRS-P5T

۱- مقدمه

ویژگی اصلی تصاویر پنکروماتیک پوشش دامنه وسیعی از طیف طول موج می باشد، در حالی که تصاویر چند طیفی و فراطیفی تنها دامنه باریکی از طیف را پوشش می دهند. با توجه به رابطه ۱ ارتباط معکوسی بین طول موج و مقدار انرژی امواج الکترو مغناطیس وجود دارد. از این رو، در سنجنده های چند طیفی به واسطه باریک بودن عرض طیفی در هر باند تصویر برداری، برای حفظ نسبت سیگنال به نویز تولید کنندگان سنجنده مجبور به افزایش سطح دریافت انرژی در فضای تصویر می شوند. از طرفی دیگر تصاویر پنکروماتیک به واسطه‌ی باند طیفی عریض خود نیاز به سطح کوچکتری در فضای تصویر خواهد داشت [۱] و به دلیل انرژی بیشتری که این سنجنده ها می رسد، زمان اخذ می تواند کاهش پیدا کند و در مقایسه با تصاویر چند طیفی تعداد تصاویر بیشتری می تواند اخذ گردد. بنابراین تصاویر پنکروماتیک حد تفکیک طیفی پایین و حد تفکیک مکانی بالای دارند و در مقابل تصاویر چند طیفی، حد تفکیک مکانی پایین تر و حد تفکیک طیفی بهتری دارند. به دلیل قیودی که در اخذ هر کدام از این تصاویر وجود دارد، سنجنده های فضا برد معمولاً هر دو نوع تصویر را به طور جداگانه تهیه می کنند.

$$Q = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

کابردهای روز افزون سنجش از دور از جمله شناسایی و طبقه بندی پوشش سطح زمین جهت افزایش دقت، قابلیت اطمینان نتایج و کیفیت بصری بهتر نیازمند حد تفکیک طیفی و مکانی بالا به طور همزمان می باشد. بنابراین روش هایی جهت تلفیق حد تفکیک طیفی تصاویر طیفی با حد تفکیک مکانی بالای تصاویر پنکروماتیک توسعه یافته اند. به کمک این روش ها می توان تصاویری که از سنجنده های مختلف اخذ شده اند را با هم تلفیق نمود و کیفیت و دقت بهتری را حاصل نمود [۲]. یکی از کابردهای تلفیق تصاویر Pan-sharpening می باشد. در این روش از دو قابلیت اطلاعات طیفی و مکانی تصاویر چند طیفی و پنکروماتیک به طور همزمان استفاده می شود. هدف از این کار افزایش قدرت تفکیک مکانی نتایج طبقه بندی شده و از سوی دیگر میتواند در تهیه شاخص های متعددی که منجر به استخراج معنایی با قدرت تفکیک مکانی بالا می شوند، مورد استفاده قرار گیرد. نکته حائز اهمیت، ارزیابی دقت این فرآیند می بوده و روش های متنوعی در این حوزه توسعه یافته اند که هر یک مزايا و معایب خاص خود را داراست [۳].

تکنیک های متنوعی در حوزه ای تلفیق تصاویر توسعه یافته اند که میتوان به تکنیک های HSV، Brovey، PC & NC، Gram-sechmidt، Spectral sharpening و ... اشاره نمود [۴، ۵، ۶، ۷ و ۸]

تصاویر سنجنده P-5 با قدرت تفکیک مکانی ۲.۵ متر جهت تهیه نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ مورد استفاده قرار می گیرد. به منظور افزایش کیفیت بصری، این تصاویر با تصاویر چند طیفی LISS3 با قدرت تفکیک طیفی ۲۲.۵ متر تلفیق میگردند و به صورت ترکیب رنگی کاذب حاصل از باندهای مادون قرمز، قرمز و سبز نمایش داده می شوند. با توجه به اختلاف بالایی که میان حد تفکیک مکانی این دو تصویر وجود دارد تصویر تلفیقی اغلب از کیفیت کافی برخوردار نمی باشد. از طرفی تصاویر چند طیفی Sentinel-2 به صورت رایگان توسط آژانس فضایی اروپا در دسترس قرار گرفته اند. بنابراین میتوان با روش های مختلفی باندهای ۱۰ متری این تصاویر را با تصویر پنکروماتیک سنجنده P-5 تلفیق نموده و به عنوان جایگزین تصاویر قبل در تهیه نقشه و سایر کاربردها به استفاده نمود.

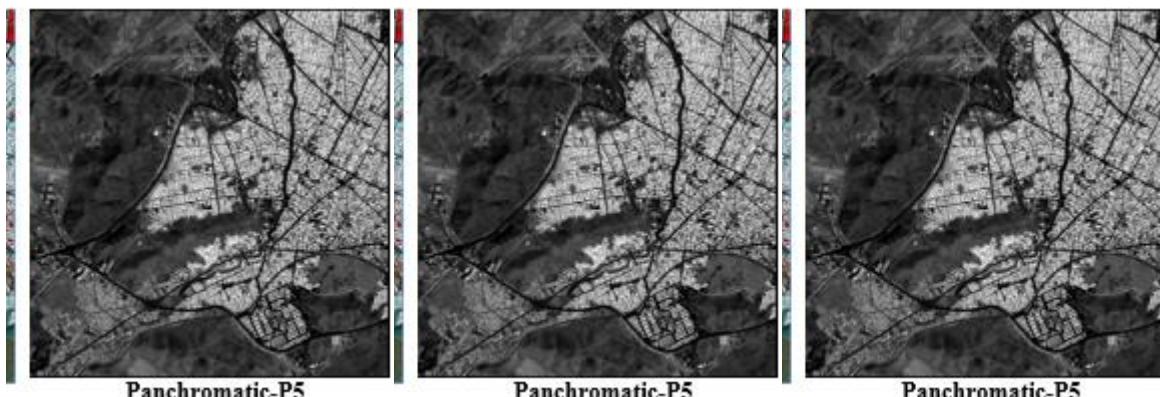
۲- داده های مورد استفاده

در این مقاله از تصاویر Sentinel-2 و IRS-P5 LISS3 استفاده شده است. منطقه مطالعاتی شهر اراک در کشور ایران می باشد که شامل بافت شهری و نیمه شهری می باشد. آژانس فضایی اروپا ماهواره ۲-Sentinel در ۲۰ ژوئن ۲۰۱۵ پرتاب نمود. تصاویر این سنجنده به دلیل حد تفکیک زمانی مناسبی که دارند در تهیه نقشه های پوششی، شناسایی تغییرات و متغیرهای زئوفیزیکی کاربرد دارند. تصاویر این سنجنده دارای ۱۳ باند طیفی می باشند که ۴ باند آن

در محدوده طیفی مرئی و مادون قرمز و دارای حد تفکیک مکانی ۱۰ متر می باشد. ۶ باند از این تصاویر در محدوده SWIR می باشد که دارای حد تفکیک مکانی ۲۰ متر می باشند. اطلاعات مربوط به سایر باندهای این سنجنده در جدول (۱) ارائه شده است. تصاویر پنکروماتیک P5 دارای حد تفکیک مکانی ۲.۵ متر می باشد. سنجنده LISS3 دارای ۴ باند طیفی در محدوده مرئی و مادون قرمز با حد تفکیک مکانی ۲۲.۵ متر می باشد. ویژگی های سنجنده در جدول (۱) ارائه شده است. نمایی از تصاویر مورد استفاده نیز در شکل (۱) نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات باندهای سنجنده-2 Semitnel-2

شماره باند	حد تفکیک مکانی (m)	طول موج مرکز باند (nm)	عرض باندی (nm)
B1	60	443	20
B2	10	490	65
B3	10	560	35
B4	10	665	30
B5	20	705	15
B6	20	740	15
B7	20	783	20
B8	10	842	115
B8A	20	865	20
B9	60	945	20
B10	60	1375	30
B11	20	1610	90
B12	20	2190	180


شکل ۱: تصاویر مورد استفاده

۳- مواد و روش ها

در این بخش روش های مختلفی که برای تلفیق تصاویر و ارزیابی کیفیت آن به کار رفته اند، شرح داده می شود.

۱-۱- روش های تلفیق

روش های تلفیق پیاده سازی شده در این مقاله شامل موارد زیر می باشد:

- PC •
- GRAM-Schmidt spectral sharpening •
- IHS •
- Brovey •

این الگوریتم‌ها جز پرکاربردترین الگوریتم‌های مورد استفاده در اکثر مقالات می‌باشند. برخی از روش‌های تلفیق اطلاعات مکانی و برخی دیگر اطلاعات طیفی را بهتر حفظ می‌کنند. روش‌هایی که در بالا اشاره شد توسط نرم‌افزار ERDAS یا ENVI پیاده‌سازی شده‌اند. همه روش‌های استفاده شده دارای پارامترهایی هستند که توسط کاربر قابل تنظیم می‌باشد. به همین دلیل بیشتر تست‌ها در این روش‌ها با تغییر این پارامترها انجام گرفت. به‌طور خاص بیشترین توجه به روش‌های مختلف resampling معطوف شده است.

۲-۳- معیارهای کیفی

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های تلفیق، از معیارهای آماری ارزیابی کیفیت استفاده شده است. معیارهای کیفی مورد استفاده شامل موارد زیر می‌باشد:

- شیفت نسبی در میانگین
- شیفت نسبی در انحراف معیار

این شاخص‌ها نمی‌توانند معیار کلی نتیجه گیری در مورد صحت و کارایی و مقایسه الگوریتم‌های مختلف باشند. همانطور که در نتایج هم مشاهده می‌شود هر معیار اطلاعات متفاوتی از بهترین روش تلفیق رائیه می‌دهد. به عبارت دیگر، معیارهای دیگر ارزیابی ممکن است نتیجه گیری‌های متفاوتی داشته باشند و این به معنای نسبی بودن نتایج ارزیابی می‌باشد.

۴- نتایج

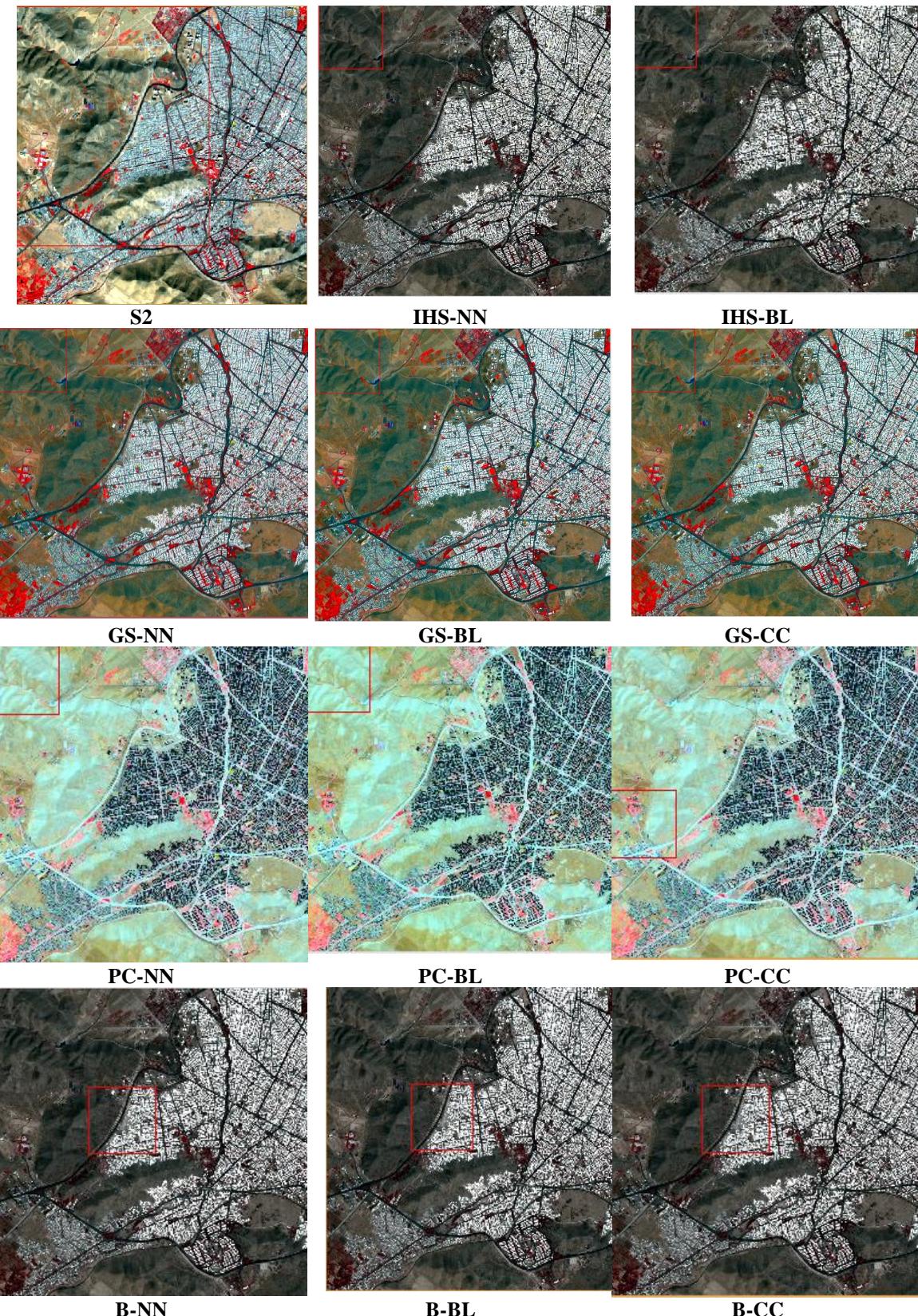
۴-۱- تلفیق تصویر Sentinel-2 و Irs-p5

تصویر IRS-P5 با حد تفکیک مکانی ۰.۵ متر با باندهای تصویر چند طیفی Sentinel-2 با حد تفکیک ۱۰ متر تلفیق شدند. الگوریتم‌های مورد استفاده در بخش ۱-۳ معرفی شدند. برای هر الگوریتم با تنظیم مقادیر مختلف برای پارامترهای قابل تغییر تلفیق صورت گرفت. جدول ۲ روش‌های مورد استفاده را با شرح پارامترهای مورد استفاده ارائه می‌دهد.

جدول ۲ روش‌های تلفیق مورد استفاده

	الگوریتم تلفیق	الگوریتم تلفیق
PC	PC-NN	به روش نزدیکترین همسایه و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
	PC-BL	به روش Bilinear و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
	PC-CC	به روش Cubic Convolution و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
Gram-Schmidt	GS-NN	به روش نزدیکترین همسایه و توسط نرم افزار ENVI انجام شده است.
	GS-BL	به روش Bilinear و توسط نرم افزار ENVI انجام شده است.
	GS-CC	به روش Cubic Convolution و توسط نرم افزار ENVI انجام شده است.
IHS	IHS-NN	به روش نزدیکترین همسایه و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
	IHS-BL	به روش Bilinear و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
Brovey	B-NN	به روش نزدیکترین همسایه و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
	B-BL	به روش Bilinear و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.
	B-CC	به روش Cubic Convolution و توسط نرم افزار ERDAS انجام شده است.

شکل (۲) تصاویر تلفیق شده با روش های مختلف را نشان می دهد. پارامترهای ارزیابی هر روش نیز در جدول (۳) ارائه شده اند.



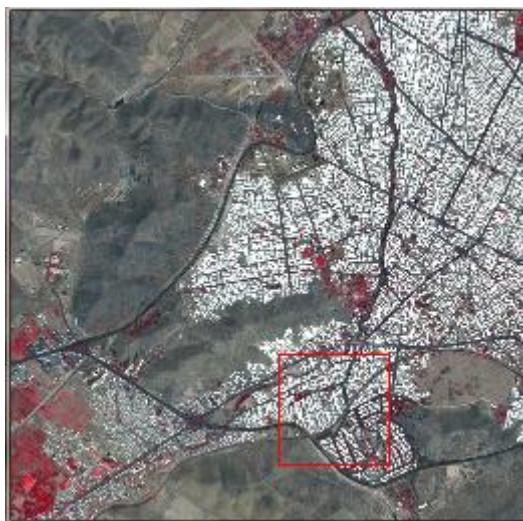
شکل ۲: نتایج پیاده سازی روش های مختلف تلفیق

جدول (۳): نتایج ارزیابی روش‌های مختلف تلفیق

تصویر	شیفت میانگین			شیفت انحراف معیار		
	G باند	R باند	NIR باند	G باند	R باند	NIR باند
PC_NN	1.25	-0.41	-1.31	-0.10	-0.01	0.02
PC-BL	0.12	-1.20	-1.95	-0.10	-0.01	0.02
PC-CC	1.01	-0.32	-1.32	-0.10	-0.01	0.02
GS_NN	-1.49	0.31	1.07	-0.07	0.02	0.04
GS-BL	-1.39	0.08	0.84	-0.03	0.12	-0.09
GS-CC	-1.28	0.15	0.99	-0.04	0.12	-0.10
IHS_NN	29.64	33.68	26.76	56.82	59.88	45.77
IHS-BL	29.64	33.68	26.76	56.82	59.88	45.77
B-NN	8.06	9.88	7.84	-11.77	-6.24	-8.22
B-BL	8.06	9.88	7.84	-11.77	-6.24	-8.22
B-CC	8.06	9.88	7.84	-11.77	-6.24	-8.22

هر چه شیفت انحراف معیار و میانگین بیشتر باشد به معنای کنتراست بیشتر تصویر حاصل از تلفیق بوده و نتایج حاصل بهتر است. بنابراین با توجه به نتایج حاصل در جدول (۳) روش BROVEY و IHS به ترتیب دارای بیشترین کنتراست می باشند.

در شکل (۳) نتایج تلفیق تصویر پنکروماتیک IRS-P5 با تصاویر LISS3 نشان داده شده است.



شکل ۳: تلفیق تصاویر P5 و LISS3 به روش Brovey

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روش های مختلف تلفیق با در نظر گرفتن روش resampling جهت تلفیق تصاویر چند طیفی Sentinel-2 و تصاویر پنکروماتیک IRS-P5 به کار رفته است و نتایج حاصل با معیارهای شیفت میانگین و شیفت انحراف معیار مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از ارزیابی نسبی می باشد و ممکن است استفاده از سایر معیارهای ارزیابی تاحدوی نتایج متفاوتی ارائه دهد. همچنین با توجه به این که هر یک از روش های تلفیق ممکن است ویژگی های طیفی یا مکانی را بهتر حفظ کنند، بنابراین نظر کارشناسانی که از تصاویر استفاده میکنند با توجه به نوع کاربرد خاص می توانند در ارزیابی روش های مختلف به کار گرفته شود. به عنوان مثال از تلفیق تصاویر LISS3 و تصاویر IRS-P5 به منظور تهیه نقشه استفاده می شود، با توجه به این که در این فرآیند کیفیت بصری تصاویر و قابل تشخیص بودن جزئیات حائز اهمیت است، کیفیت مکانی تصاویر بیشتر مورد توجه قرار می گیرد، بنابراین استفاده

از تصاویر ۲ Sentinel به جای تصاویر چند طیفی LISS3 به دلیل حد تفکیک مکانی بهتر این تصاویر می‌تواند ایده مناسبی بوده و کیفیت نقشه‌های تهیه شده را بهبود دهد. در کارهای آتی پیشنهاد می‌گردد سایر روش‌های تلفیق و دیگر معیارهای ارزیابی نیز در نظر گرفته شده و نتایج به صورت امتیاز دهی از تلفیق نظر کارشناسان و معیارهای آماری مختلف ارائه گردد.

مراجع

- [۱] ع. ر. صدری نژاد، م. جنتی، م. ج. ولدان زوج، م. مختارزاده، "تلغیق تصاویر چند طیفی و پانکروماتیک سنجنده IKonos به کمک تبدیل فوریه و ارائه ی روشهای جهت یافتن فرکانس‌های بهینه‌ی تلفیق"، همایش ملی ژئوماتیک ۹۰
- [2] F.Despini, , S. Teggi, and A. Baraldi. "Methods and metrics for the assessment of Pan-sharpening algorithms." SPIE Remote Sensing. International Society for Optics and Photonics, 2014.
- [3] P.Jagalingam, and A.V. Hegde. "A review of quality metrics for fused image." Aquatic Procedia 4: 133-142, 2015.
- [4] Tu, T. M., Su, S. C., Shyu, H. C., Huang, P. S., "A New Look at IHS-like Image Fusion Methods", Information Fusion, 2 (3), pp: 177–186, 2001.
- [5] F. Nencini., A. Garzelli., S. Baronti., L. Alparone ., "Remote Sensing Image Fusion Using the Curvelet Transform", Information Fusion, 8, pp: 143–156, 2006.
- [6] Z. Wang., D. Ziou., C. Armenakis., D. Li., Q. Li., "A comparative analysis of image fusion methods" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 43(6), 1391-1402, 2005.
- [7] P.A. Brivio., G. Lechi., E.Zilioli., "Principi e metodi di Telerilevamento" Cittàstudi Edizioni, 2006.
- [8] Laben, "Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pan-sharpening", United States Patent, 2000.