

## الدمج الطيفي بالطريقة المثلى لمشهدي (Panchromatic and Multispectral) للتابع الصناعي الروسي Canopus KVI

د. م. أيمن عبد الرحمن اليوسف<sup>(1)</sup>

د. م. حبيب عزيز سليم<sup>(2)</sup>

### المخلص

مع أن الغالبية العظمى التي طورها الاتحاد السوفييتي من التتابع الصناعية تصنف بأنها مرتبطة بالأنظمة الدفاعية، ولكن العديد منها كانت تأخذ طريقها ببطء إلى القطاعات المدنية، ومؤخراً وفي المرحلة التي تلت مرحلة الاتحاد السوفييتي (مرحلة الاتحاد الروسي)، طوّرت توابع صناعية جديدة عدّة لكلتا التطبيقات المدنية والعسكرية، ومن جهة أخرى طوّرت توابع صناعية للأغراض المدنية بشكل محدد. في المدة بين 2008 وحتى 2015 صادق البرنامج الفضائي الروسي الفيديرالي على إطلاق ثلاثة توابع صناعية للأرصاد الجوية (Elektro) وتابعين صناعيين (Arkon-2) للمسح الراداري لسطح الأرض، كما أطلقت في العام 2012 التتابع الصناعية ( Canopus KVI, Zond-PP, BKA, ) (MIR), KVI Yubilebiny-2 التي لها استخداماتها في التطبيقات المدنية. تستقبل مشاهد من بعض هذه التتابع من قبل محطة الاستقبال الفضائية في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، بحيث تأتي المشاهد رمادية (Panchromatic) بقدرة تمييز مكانية (2.1) متراً، وكذلك متعددة الأطياف (Multispectral) بقدرة تمييز مكانية 10.5 متراً. هدف هذا البحث إلى التصحيح الهندسي لهذه المشاهد ومن ثم إيجاد التقنية المثلى لتكامل المشهد الرمادي مع المشهد متعدد الأطياف بغية الحصول على أفضل النتائج مكانياً وطيفياً.

استخدم مشهد يغطي أجزاء من ريف دمشق، واستخدمت صورة مصححة من التابع الصناعي الهندي كارتوسات ذات قدرة التمييز الكمانية (2.5) م كمرجعية مكانية، إذ رصد عدد من نقاط التحكم الارضية وتم الحصول على دقة مكانية 3 م بالنسبة إلى المشاهد الرمادية، و5 م بالنسبة إلى المشاهد متعددة الأطياف. وبعد ذلك اختيرت طرائق عدّة لتنفيذ عملية الدمج بين المشهد الرمادي والمشاهد الملون، وهذه الطرائق Principle Components, Multiplicative, Brovey Transform, High Pass Filter HPF, Wavelet وتبين بأن طريقة HPF تعطي أفضل النتائج من خلال مقارنة هذه المنتجات بصرياً فيما بينها، وكذلك باستخدام مؤشرات إحصائية لفروقات القيم الطيفية بين المشاهد المدمجة والمشهد الأصلي المتعدد الأطياف.

<sup>(1)</sup> قسم استقبال المعطيات الفضائية - الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

<sup>(2)</sup> مركز تقانات الفضاء - الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

## The Best Spectral Merge Method for Panchromatic and Multi-Spectral Russian Canopus Satellite Images

Dr. Eng. Ayman Abdulrahman AlYousef <sup>(1)</sup>  
Dr. Eng. Habib Aziz Salim <sup>(2)</sup>

### Abstract

Although nearly the whole Soviet Union satellite systems were developed for defense systems, many of them were developed slowly for civil applications. Later and during the Russian Union stage, many satellite systems were developed for both military and civil application. On the other hand, some of these satellites were developed for civil application specifically. During the stage between 2008 until 2015, the Russian Space Federal Program Accepted launching three climate satellites (Elektro) and other two satellites (Arkon-2) for Radar earth surface scanning. During 2012 the satellites (Canopus, Zond-PP, BKA, Yubileyny-2 (MIR), KVI) of civil applications were launched. In General Organization of remote sensing in Syria, the Satellite Data Receiving Station receives satellite data from Canopus (KVI) Satellite, 2.1 spatial resolution Panchromatic (PAN) images and 10.5m spatial resolution four bands Multispectral (MS) images. In this paper, a 2.14m Pan and 10.50 m MS KVI satellite images that covered parts of Damascus country were used. After geometric correction of these satellite data using rectified Cartosat satellite image, five algorithms were evaluated for merging Pan and MS KVI satellite images. These algorithms were Principle Components, Multiplicative, Brovey Transform, High Pass Filter HPF, Wavelet. Using visual and statistical evaluation of the results of these five algorithms, results of HPF algorithm were the best.

**Key words:** Canopus, Panchromatic, Multispectral, Resolution merge, High Pass Filter, Principle Component Analysis, Wavelet, Brovey, Multiplicative.

---

<sup>(1)</sup> Receiving Satellite Data Department – G.O.R.S- Damascus

<sup>(2)</sup> Space Technologies Center – G.O.R.S -Damascus

## المقدمة:

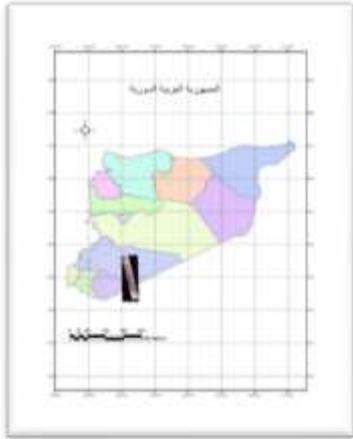
النتائج. كما استخدمت تقنية (Wavelet) في دمج المشاهد الفضائية في الدراسة المقدمة من قبل (Shu-long, 2002) التي تهدف إلى تحسين قدرة التمييز المكانية للمشاهد المتعددة الأطياف. وفي الدراسة المقدمة من (SAAVEDR, et al., 2005) قدمت منهجية جديدة لدمج مشاهد التتابع الصناعية تستند إلى فلتر مخصص ضمن فضاء Fourier إذ صمّم الفلتر (Finite-duration Impulse Response FIR) المحدد المدة للاستجابة النبضية الذي يعتمد فقط على خصائص المشهد المصدر. يسمح الفلتر المصمم من الدمج الموزون للمعلومات المحتواة في المشهد ذي قدرة التمييز العالية، وكذلك المحتواة في المشهد المتعدد الأطياف على التوالي، مؤسسة لتوازن فيما بين النوعية المكانية والطيفية في الصورة المدمجة الناتجة. طبقت هذه التقنية على مشاهد (Landsat ETM+)، ولدى تقييم المشهد المدمج الناتج تبين أنه يحمل مواصفات مكانية قريبة من المشهد ذي قدرة التمييز العالية ومواصفات طيفية مماثلة للمشهد المتعدد الأطياف. كما في الدراسة المقدمة من (Khan and Chanussot, 2007) استخدام تقنية (Induction scaling) استخدم في الجزء الأول من البحث، وفي الجزء الثاني استخدمت تقنية تسمى "Indusion" إذ يستخرج بموجب هذه الطريقة المحتوى العالي التردد من المشهد ذي قدرة التمييز العالية باستخدام فلتر خاصة، ومن ثم تضاف هذه القيم إلى المشهد الملون بعد تحويل قدرة تمييزه المكانية لتمثيل قيمتها في المشهد الرمادي. استخدمت مشاهد QuickBird وتبين أنّ التقنية الثانية أعطت نتائج أفضل. كما درس البحث المقدم من (Han, et al., 2008) باختبار أربع خوارزميات دمج بسيطة لدمج مشاهد التابع الصناعي (QuickBird) وهي (Multiplication (MLT), Modified Brovey )

تستقبل نماذج مشاهد التتابع الصناعية الروسية (BKA, KVI, KANOPUS) على شكل مشاهد رمادية (Panchromatic) بقدرة تمييز مكانية عالية (2.14) متراً وأربعة مشاهد متوسطة قدرة التمييز المكانية (10.5) تعبر عن المجالات الطيفية الأحمر والأخضر والأزرق والأشعة تحت الحمراء. وللإفادة المثلى من ميزتي قدرة التمييز المكانية العالية والأطياف المتعددة لآبد من إيجاد آلية معينة لدمج هذه المشاهد ليتم الحصول في النهاية على مشهد ذي قدرة تمييز مكانية عالية ومتعدد الأطياف. تضمنت العديد من الدراسات السابقة تجارب على خوارزميات دمج للمشاهد الفضائية عدّة للحصول على مشاهد عالية الدقة المكانية ومتعددة الاطياف، إذ درس هذا الموضوع في البحث المقدم من (PRICE, 1987) والذي تضمن تطوير إجرائية لدمج المشاهد الرمادية ذات قدرة التمييز المكانية العالية مع المشاهد الملونة ذات قدرة التمييز المتوسطة للتابع الصناعي (Spot) لتحاكي الصور الجوية. كما تضمن البحث المقدم من (Bethune, et.al 1998) تطبيق تقنية جديدة للدمج تضمن حفظ المعلومات الطيفية للمشاهد، وذلك من خلال بناء أفنية طيفية جديدة مرتبطة بشدة بالأفنية الأصلية، كما تحلل هذه التقنية المواصفات الإحصائية للمشاهد، ومن ثم يتم مطابقة الرسم البياني (histogram) للمشاهد التي ستدمج باستخدام خوارزميات عدّة، وهي: ( High Pass Filter HPF, Local Mean Matching LMM, Local Mean and Variance Matching LMVM)، حيث تم العمل على مجموعتين من البيانات: (IRS, IC PAN 5m, LISS3 MS 25m) و (KOSMOS KVR1000 PAN 2m, SPOT XS5) و (20m) وبيّنت النتائج أنّ تقنية LMVM أعطت أفضل

الناحية الطيفية، فضلاً عن وجود نقص عملية رصد نقاط التحكم الأرضية اللازمة لتقييم جودة قدرة التمييز المكانية للمشاهد المدمج. إذ طوّرت تقنية لتقييم جودة قدرة التمييز المكانية للمشاهد المدمجة تستند إلى مقاييس إحصائية عدّة، كما قورنت تقنيات عدّة لدمج المشاهد (الدمج على مستوى الخلية والتفصيل). وفي البحث المقدم من قبل (Shahdoosti, 2015) عرضت تقنية دمج جديدة تجمع بين ميزات تقنية (Brovey)، وتقنية (Wavelet)، وذلك لتخفيف التشوه اللوني في المشهد المدمج. تبين من النتائج أنّ هذه التقنية تحسن جودة المشهد المدمج.

### 1. منطقة العمل والبيانات المستخدمة:

استخدم جزء من مسار (Canopus KVI-26603) المأخوذ بتاريخ 2017/5/8 يتألف من مسار (Panchromatic) ذي قدرة تمييز مكانية عالية (2.14 م) ومسار متعدد الأطياف وبقدرة تمييز مكانية (10.51 م)، تغطي هذه المشاهد أجزاء من ريف دمشق كما هو موضح في الشكل (1).



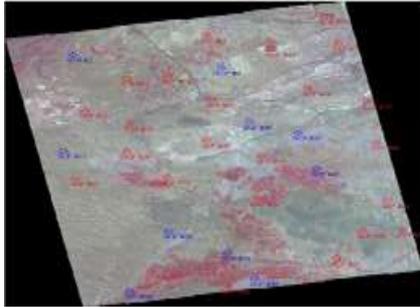
الشكل (1): منطقة الدراسة: تغطية المسار المستخدم

تم الحصول على المسار من محطة الاستقبال الفضائية في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - مركز تقانات الفضاء. كما استخدم مشهد مصحح للتابع الصناعي

(MB), High-Pass Filter (HPF), Smoothing Filter-based Intensity Modulation (SFIM) وبعد ذلك طبقت طرائق إحصائية عددية، مثل: (Bias of Mean, Correlation Coefficient, Entropy, Standard Deviation and Average Grads) وذلك للتقييم الكمي للمشاهد المدمجة النهائية. بيّنت النتائج أنّ طريقة Smoothing Filter-based Intensity Modulation (SFIM) أعطت أفضل النتائج خاصةً من حيث الحفاظ على القيم الطيفية. أمّا في البحث المقدم من (Cakir and Khorram, 2008) فقد درست عملية دمج المشاهد الفضائية على مستوى الخلية بناءً على عملية تحليل التوافق (Correspondence Analysis CA)، التي استخدمت لدمج مشاهد رمادية بقدرة تمييز عالية مع مشاهد ملونة بقدرة تمييز متوسطة (Landsat ETM, QuickBird, and two Ikonos) ومن ثم قورنت نتائج هذه العملية بنتائج العمل بتقنية تحليل المكونات الأساسية (Principle Component Analysis PCA). بيّنت النتائج أنّ التقنية الجديدة قدمت دقة طيفية رائعة فضلاً عن قدرة تمييز مكانية عالية. وفي البحث المقدم من قبل (Gangkofner. et al., 2008) فقد تم العمل على تهذيب طريقة الدمج وتحسينها باستخدام تقنية (High Pass Filter Additive HPFA)، وهي طريقة لدمج المشاهد الفضائية في المجال المكاني إذ تضاف بهذه الطريقة التفاصيل الهيكلية والنسيجية من المشهد الأدق مكانياً إلى الأقل دقة مكانية ومتعدد الأطياف. ولدى استخدام عدة أزواج من المشاهد التي استخرجت معاملات (HPFA) منها، تم الحصول على تحسن ملحوظ في النتائج بالمقارنة عددياً أو بشكل مرئي بتقنيات أخرى. كما جرى التحدث عن المحدودية في استخدام المشاهد المدمجة مقارنة بالأصلية في البحث المقدم من قبل (Al-Wassai, et al., 2011)، وذلك من

المشاهد بخطأ مكاني يعادل حجم الخلية (pixel) لكلا المشهدين.

يوضح الشكل (2) مشهد KVI مع نقاط التحكم الأرضية.



الشكل (2): مشهد KVI مع نقاط التحكم الأرضية باللون الأحمر، ونقاط التحقق باللون الأزرق

2-2- اختبار طرائق عدّة من أجل عملية دمج (HR)

(PAN and MR MS) واختيار الطريقة المثلى:

اختبرت طرائق عدّة لعملية الدمج، وهذه الطرائق، هي: Principle Components, Multiplicative, Brovey Transform, HPF, Wavelet، على الطريقة المثلى التي ستحدّد من خلال دقة الوضوح البصرية للمشاهد النهائي المدمج وخلوه من التشويش، فضلاً عن حساب مؤشر الانحراف عن الوسيط الذي يعبر عن الفرق بين وسطي القيم الطيفية لكل طيف من كلا المشهدين الأصلي والمدمج، إذ تعطى القيم الناتجة منسوبة إلى القيمة الوسطية لكل طيف للمشاهد الأصلي، وتعبّر القيمة صفر عن الحالة المثالية، يعطى الانحراف عن الوسيط بالمعادلة (1):

$$BM = \frac{MS_{mean} - F_{mean}}{MS_{mean}} = 1 - \frac{F_{mean}}{MS_{mean}} \quad (1)$$

(Han, et al., 2008)

الهندي كارتوسات ذو قدرة التمييز المكانية (2.5 م) كمصدر لنقاط التحكم الأرضية.

أما بالنسبة إلى محطة الاستقبال الفضائية في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، فقد بنيت ضمن حرم الهيئة العامة للاستشعار خلال المرحلة الأولى من برنامج الفضاء السوري ودشنت واستثمرت بدءاً من تشرين الثاني عام 2013، حيث تقوم باستقبال الإشارات المرسلّة من التتابع الصناعية العاملة ضمن الحزمة X-BAND بتردد (8-12) جيغا هرتز التي تدور على ارتفاع أعلى من 350 كم، (مركز تقانات الفضاء في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد).

## 2. منهجية العمل:

تتألف منهجية العمل من الخطوات الآتية:

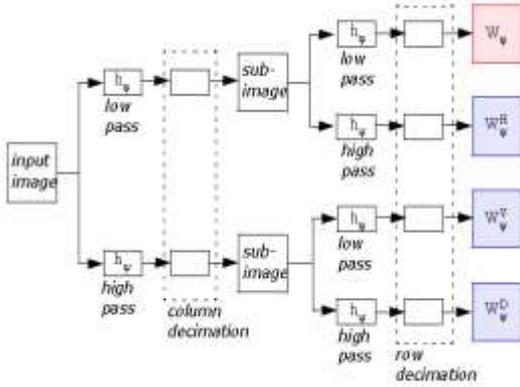
- التصحيح الهندسي المكاني ل ( Panchromatic PAN and Multispectral MS image) وفق مرجعية مكانية معتمدة.
- اختبار طرائق عدّة من أجل عملية دمج (High resolution HR PAN and Medium resolution MR MS)، واختيار الطريقة المثلى لتعتمد من أجل مشاهد KVI. إذ اختيرت طرائق عدّة للدمج، وهي: Principle Components analysis PCA, Multiplicative, Brovey Transform, High Pass Filter HPF, Wavelet.

## 2-1 التصحيح الهندسي المكاني:

المرجعية المكانية التي استخدمت هي مشهد كارتوسات مصحح عمودياً بقدرة تمييز مكانية (2.5م) لمنطقة الدراسة، إذ رصدت (30) نقطة تحكم و(10) نقاط تحقق في كلا المشهدين (Pan and MS KVI)، وضبطت

## 4.2.2 دمج البيانات باستخدام تقنية Wavelet:

يوضح الشكل (3) آلية العمل بطريقة Wavelet لدمج المشاهد الفضائية



الشكل (3): آلية العمل بطريقة Wavelet

لدمج المشاهد الفضائية

يطبق هذا التحويل على كلا المشهدين ( HR PAN & MR MS ) بعد توحيد قدرة التمييز المكانية لهما لتصبح مماثلة لقدرة التمييز المكانية الأعلى، ومن ثم دمج المشاهد وذلك باختيار القيم الترددية العليا والدمج على أساسها للمشهد ذي قدرة التمييز المكانية العالية مع كل طيف من أطيف المشهد المتعدد الأطياف، ومن ثم يجري التحويل العكسي للعودة إلى فضاء المشهد ( scene domain ). (Shu-long, 2002).

## 5.2.2 دمج البيانات باستخدام طريقة High Pass

:Filter HPF

يتألف العمل بهذه الطريقة من الخطوات الآتية:

- قراءة قيمة حجم الخلايا في كل من PAN KVI و MS KVI، ومن ثم حساب النسبة بين حجم خلية MS KVI وحجم خلية PAN KVI.
- تطبيق HPF على PAN KVI HR. ينتج لدينا High Pass Image.
- تطبيق تقنية: MS Up-Sample Interpolation KVI

## 1-2-2 دمج البيانات باستخدام طريقة PCA:

تدمج المشاهد بطريقة تحليل المكونات الأساسية (PCA) من خلال حساب المكونات الأساسية للمشهد المتعدد الأطياف في البداية، وبعد ذلك يبدل المكون الأساسي الأول للمشهد المتعدد الأطياف بالمشهد ذي قدرة التمييز المكانية العالية، وفي النهاية يجري الانتقال عكسياً إلى فضاء المشهد، (Halil et.al. 2008).

## 2.2.2 دمج البيانات بطريقة Multiplicative:

تدمج من خلال هذه الطريقة البيانات من خلال جداء القيمة الطيفية بكل خلية في المشهد (Panchromatic) مع القيمة المطابقة في المشهد (Multispectral)، ومن ثم يؤخذ الجذر التربيعي للنتائج، ويعدّ هو القيمة الطيفية لهذه الخلية في المشهد المدمج، كما هو موضّح في المعادلة (2).

$$MLT_{i,j,k} = \sqrt{DN_{high\ res\ image} \times DN_{Bk}}$$

(Han, et.al, 2008)

المعادلة (2)

## 3.2.2 دمج البيانات باستخدام طريقة Brovey

:Transform

باستخدام هذه الطريقة يجري التعامل مع ثلاثة أطيف فقط من MS KVI ليجري تكاملها مع PAN VVI، كما هو موضّح في المعادلة (3).

$$\left[ \frac{DN_{B1}}{DN_{Bk}} + DN_{B2} + DN_{B3} \right] \times [DN_{high\ res\ image}] = [DN_{Bk\ fused\ image}]$$

المعادلة (3)

( $k=1,2,3$ ) تمثل القيمة الطيفية للطيف (Shahdoosti, 2015).

## 1. النتائج:

يبين الجدول (1) قيم الانحراف عن الوسيط للقيم الطيفية بين المشهد المدمج والمشهد الأصلي المتعدد الأطياف التي حسبت بموجب المعادلة (1).

• إضافة القيم في high pass image إلى القيم المماثلة لكل طيف من أطياف المشهد المتعدد الأطياف. (Gangkofner, et al., 2008)

الجدول (1): قيم الانحراف عن الوسيط للقيم الطيفية بين المشهد المدمج والمشهد الأصلي المتعدد الاطياف.

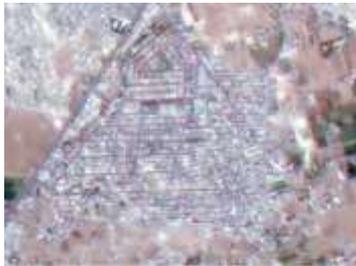
BM	Fused Image (PCA)	Fused Image (MUL)	Fused Image (Brovey)	Fused Image (Wavelet)	Fused Image (HPF)
Band1	0.089634	0.068144	0.524075	0.009683	<u>0.002591</u>
Band2	0.087257	0.155657	0.658011	0.008475	<u>0.004756</u>
Band3	0.087492	0.149728	0.656687	0.008476	<u>0.00408</u>
Band4	0.084853	0.142762	Just 3 bands	0.008252	<u>0.001957</u>
Mean	0.087309	0.129073	0.612924	0.008721	<u>0.003346</u>



الشكل (5): المشهد المدمج بتقنية (Multiplicative)

أما نتائج طريقة Principle Component Analysis فتأتي في المرتبة الثالثة من حيث قيمة الانحراف عن الوسيط، ومماثلة تقريباً للطريقتين السابقتين لدى مقارنة نسبة التشويش

كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6): المشهد المدمج بتقنية (PCA)

من خلال قيم الانحراف عن الوسيط لكل طيف من أطياف المنتج النهائي الموضحة في الجدول رقم (1) الناتجة عن استخدام الطرائق الخمس في عملية دمج المشاهد الملونة والمشهد الرمادي، أعطت تقنية Brovey أسوأ قيم للانحراف عن الوسيط ولدى ملاحظة للشكل (4) الخاص بهذه الطريقة نلاحظ وجود بعض التشويش في المنتج النهائي.



الشكل (4): المشهد المدمج بتقنية (Brovey)

وتأتي طريقة Multiplicative في المرتبة ما قبل الاخيرة من حيث قيمة الانحراف عن الوسيط، وفي مشابهة لمنتج طريقة Brovey من حيث درجة التشويش، كما هو موضح في الشكل (5).

- يجب عدم الاكتفاء بالقيمة الإحصائية من أجل تقييم عملية الدمج الطيفي، بل لا بدّ من التقييم البصري لجودة المنتج، كما هو الحال بطريقة Wavelet.
- أعطت طريقة HPF أفضل النتائج من حيث القيم الإحصائية الناتجة، وكذلك التقييم البصري، لذلك يوصى باستخدامها في هذه النوع من البيانات الفضائية.
- استخدام مشاهد التابع الصناعي الروسي KVI في التطبيقات كلّها العمرانية والزراعية والمدنية والبيئية والعسكرية ... التي تحتاج إلى خرائط بمقياس 25000/1.
- الإفادة من ميزة التاريخ الحديث لبيانات التابع الصناعي الروسي KVI التي تصوّر الواقع بأحدث حالاته ومن ثمّ تسهم إسهاماً فعّالاً في دعم صناعة القرار وفق أحدث المعطيات.

وبالرغم من القيمة الصغيرة نسبياً للانحراف عن الوسيط في تقنية (Wavelet)، لكنها أعطت أسوأ نوعية للمنتج النهائي بسبب احتوائها على نسبة كبيرة من التشويش كما هو موضّح في الشكل (7).



الشكل (7): المشهد المدمج بتقنية (Wavelet)

أمّا بالنسبة إلى تقنية HPF، ولدى الرجوع إلى الجدول (1) فنلاحظ بأنها أعطت أفضل قيمة للانحراف عن الوسيط في الأطياف كلّها كما أعطت منتجاً بأقل نسبة تشويش، كما هو موضّح في الشكل (8).



الشكل (8): المشهد المدمج بتقنية (HPF)

## 2. التوصيات:

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام الطرائق الخمس المشار إليها في الفقرة السابقة لدمج مشهدي التابع الصناعي الروسي KVI الملون والرمادي، وذلك للإفادة من ميزة قدرة التمييز المكانية العالية في المشهد الرمادي، وفي الوقت نفسه للإفادة من ميزة تعدّد الأطياف في المشهد الملون، فيوصى بمايلي:

## References

- Firouz Abdullah Al-Wassai N.V. Kalyankar and Ali A. Al-Zaky, 2011, Studying Satellite Image Quality Based on the Fusion Techniques, Computer Science Dept. (SRTMU), Nanded, India
- Hamid Reza Shahdoosti, 2015, MS and PAN image fusion by combining Brovey and wavelet methods, International Conference on Information Technologym Computer & Communication.
- JOHN C. PRICE, 1987, Combining Panchromatic and Multispectral Imagery From Dual Resolution Satellite Instruments, REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT 21:119-128 (1987).
- Stanilas de Bethune, Fabrice Muller and Jean-paule Donnay, 1998, fusion Of Multispectral and Panchromatic Images By Local Mean and Variance Matching Filtering Techniques, Fusion of Earth Data, Sophia Antepoils, France, 28-30-January, 1998.
- Zhu Shu-long, 2002, IMAGE FUSION USING WAVELET TRANSFORM, International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Ottawa.
- M. LILLO-SAAVEDR, C. GONZALO, A. ARQUERO and E. MARTINEZ, 2005, Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain, International Journal of Remote Sensing Vol. 000, No. 000, Month 2005, 1-6.
- Muhammad Murtaza Khan and Jocelyn Chanussot, IEEE, Laurent Condat, and Annick Montanvert, 2007, Indusion: Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using the Induction Scaling Technique, IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL. 5, NO. 1, JANUARY 2008.
- S.S.Han, H.T.Li And H.Y. Gu, 2008, THE STUDY ON IMAGE FUSION FOR HIGH SPATIAL RESOLUTION REMOTE SENSING IMAGES, The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing,2008.
- Halil I. Cakir and Siamak Khorram, 2008, Pixel Level Fusion of Panchromatic and Multispectral Images Based on Correspondence Analysis, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, February 2008.
- Ute G. Gangkofner, Pushkar S. Pradhan, and Derrold W. Holcomb, 2008, Optimizing the High-Pass Filter Addition Technique for Image Fusion, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing September 2008