

Integration of Multispectral Images Using Two-Dimensional Wavelet Transformation

Firas A. Al-Druzy

College of Computer Science and Mathematics
University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 16/12/2009

Accepted on: 16/05/2010

ABSTRACT

Image fusion is an effective tool to integrate multi-source image, where the purpose of the process access to information integration concept, and make the resulting image more suited to human vision, as well as digital processing. This integration leads to a technology that joins the resources in order to increase and clarify the information that serve the visual and automatic interpretation.

The current research aims to use wavelet transformation with two dimensions (2D-DWT) in the integration of multispectral images (images taken by visible band) and others taken by IR (Infrared band) to obtain a single and clear image, and shows in accurate details of the original images.

This algorithm programmed by MATLAB tools (MATLAB R2008a) is applied to the two images, the dimensions of each image 512×512 pixels. Where the fusion process depends on two types of mathematical models, the Maximum, and Average. High pass Combination and Low pass Combination filters were used. Using filters db4, coif4 and sym4 and then the Entropies of images were calculated to measure the amount of information in the resulting image.

This paper shows that the 2D-DWT is used to integrate images using the image fusion ,and it gives good results in increasing the amount of generated information, increase the efficiency of the image , increase reliability , and reduce the uncertainty-surrounding some of the features in the images which are not clear.

Keywords: multispectral image, wavelet transformation.

إدماج الصور المتعددة الأطياف باستخدام التحويل المويجي المقطع ذي البعدين

فiras احمد مجيد الدرزي

كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: 2010/05/16

تاريخ استلام البحث: 2009/12/16

المخلص

تُعد عملية إدماج الصور أداة فاعلة وضرورية، وخاصة في حالة وجود مصادر متعددة للصور. وللحصول على التكامل المعلوماتي، وجعل الصور الناتجة أكثر ملائمة لإغراض الرؤيا البشرية، والمعالجة الرقمية. وهذا يتطلب إيجاد تقنية تؤدي إلى إدماج المصادر للحصول على زيادة المعلومات وتوضيحها خدمة للتفسير المرئي والآلي معاً.

يهدف البحث الحالي إلى استخدام تقنية التحويل المويجي ذي البعدين (2D-DWT) في إدماج الصور المتعددة الأطياف باستخدام تقنية التحويل المويجي ذي البعدين (صور مأخوذة بالأشعة المرئية (visible band) وأخرى مأخوذة بالأشعة تحت الحمراء (Infrared band) أو صورة حرارية (Thermal) للحصول على صورة واحدة مركبة واضحة المعالم. وإظهار التفاصيل الدقيقة في الصور الأصلية.

تمت برمجة هذه الخوارزمية باستخدام لغة ماتلاب (MATLAB R2008a) وتطبيقها على صورتين غير واضحتي المعالم. حيث كانت عملية الإدماج تعتمد نوعين من النماذج الرياضية وهي نموذج الأكبر (Max)

ونموذج المعدل (Average) لمرشح التمرير العالي (High pass Combination) ومرشح التمرير الواطئ (Low pass Combination) وبالتعاقب. وباستخدام مرشحات db4 و coif4 و sym4 باعتبارهم أفضل المرشحات المستخدمة، ومن ثم حساب معامل العشوائية (Entropy) للصور لقياس كمية المعلومات الموجودة في الصورة الناتجة.

لقد تبين في هذا البحث أن طريقة إدماج الصور باستخدام التحويل المويجي المقطع ذي البعدين قد أعطت نتائج جيدة في زيادة كمية المعلومات الناتجة وبالتالي زيادة في كفاءة الصور وزيادة الاعتمادية عليها وتقليل الغموض المحيط في بعض معالم الصور غير الواضحة.

الكلمات المفتاحية: الصور متعددة الاطيف، التحويل المويجي.

المقدمة:

تعد طرق المعالجة الرقمية من الطرق المهمة في تحسين الصور وإظهار المعلومات بشكل أفضل، وذلك عن طريق تحسينها واستخلاص المعلومات منها، وتتنوع هذه الطرق حسب الغرض والهدف من تطبيقها، ولكن مهما تكن الأهداف فإنها في النهاية تستهدف تسهيل واستخلاص المعلومات من الصورة (Jensen, 2005).

أن عملية الإدماج أداة فاعلة لدمج الصور متعددة المصادر باستخدام خوارزميات خاصة، حيث أن الغرض من العملية هو الوصول إلى التكامل المعلوماتي، وجعل الصور الناتجة أكثر ملائمة لإغراض الرؤيا البشرية، فضلاً عن تسهيلها أغراض المعالجة الرقمية والحاسوبية حيث تؤدي عملية الإدماج إلى زيادة المعلومات وتوضيحها خدمة للتفسير المرئي والآلي معاً.

وكذلك فإن عملية إدماج المعلومات لها مدى واسع حيث يصعب الإلمام بها أو إعطاء تعريف دقيق لها، لأنها تعتمد على عدة وسائل رياضية مختلفة، فعلى الرغم من أن مفهوم الإدماج عبر عنه بمصطلحات وتسميات انكليزية من الدمج (Merging) والربط (Combination) والتكامل (Integration)، إذ جميعها تبدي نفس المفهوم في البداية، ولكنها في الحقيقة تختلف فيما بينها، وهذا الاختلاف يعود إلى الحقل الذي يستخدم فيه، إلا أنه في النهاية استقرت التسمية على المصطلح المعروف (Fusion) والذي يعني انصهار أو التداخل بوصفه أكثر ملائمة لعملية التركيب أو دمج البيانات (Wald, 2001).

لقد تعددت طرائق الإدماج واختلفت حسب الغاية والهدف منها وانتشرت عدة طرائق كل منها لها أسلوبها الخاص الذي تتعامل معه وتستخدمه (Yin, 2000). ويعد التحويل المويجي من التحويلات الحديثة التي استخدمها الباحثون بشكل كبير في معالجة بيانات الصور من خلال التفاصيل التي تتمثل بها الصور ولملائمته للتطبيق على الحاسوب الرقمي بشكل مباشر (Areepongsa, 2004).

في هذا البحث استخدم التحويل المويجي ذا البعدين باعتباره تعميم وتوسيع لتحويل المويجي ذي البعد الواحد (DWT)، ولأن هذا النوع هو المعتمد في هذا البحث، لذا تم توضيحه وشرحه بالتفصيل (Xiong, et. al., 1997).

1- التحويل المويجي المقطع (DWT) :

يُعرف هذا النوع من التحويل بتحويل المويجي شبه المقطع مع فرق بسيط، هو أن الإشارة المعالجة بهذا التحويل تكون مقطعة أيضاً ويجري هذا التحليل بواسطة المعادلتين الآتيتين:

$$c_{j,k} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(n)\Phi_{j,k}(n) \quad \dots(1)$$

$$d_{j,k} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(n)\Psi_{j,k}(n) \quad \dots(2)$$

حيث تعرف المعاملات $c_{j,k}$ بمعاملات التقريب (Approximation Coefficients)، وتعرف الدالة $\Phi(n)$ بدالة التعيير (Scaling Function)، والمعاملات $d_{j,k}$ بمعاملات التفاصيل (Detail Coefficients) والدالة $\Psi(n)$ هي دالة المويجي التي يتم الحصول عليها بالمعادلة الآتية :

$$\Psi_{j,k}(n) = \sqrt{2^j} \Psi(2^j n - k) \quad \dots(3)$$

وبالطريقة نفسها يتم الحصول على دالة التعيير $\Phi(n)$ (Rioul,1992)

$$\Phi_{j,k}(n) = \sqrt{2^j} \Phi(2^j n - k) \quad \dots(4)$$

من المعادلات أعلاه نلاحظ بان التحويل المويجي المقطع لا يحوي على عمليات تكامل أو مشتقة، وإنما يحوي على عمليات ضرب وجمع فقط مما يجعله مناسباً للاستخدام على الحاسبات الرقمية (Burrus, 1998).

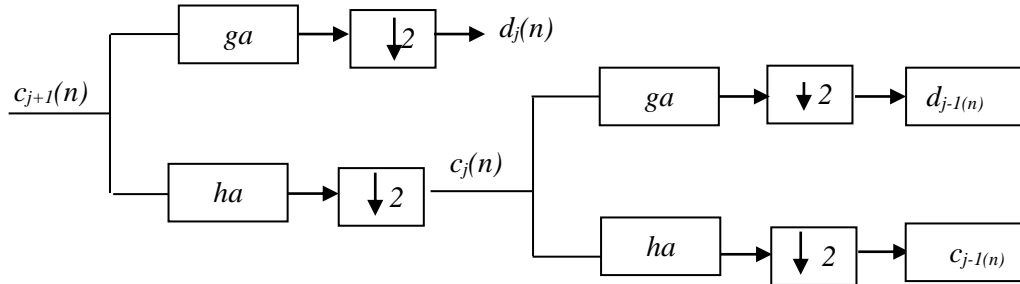
1-1 مرحلة التحليل (Analysis Stage):

إن المعادلتين التاليتين (5,6) توضحان أنه في حالة إدخال الإشارة $c_{j+1}(n)$ إلى مرشحي الإمرار الواطئ ha والعال ga ، وإجراء عملية اللافوف (Convolution)، ومن ثم إجراء عملية التنقيص الثنائي (Down Sampling) على المخرجات سيتم الحصول على معاملات التقريب $c_j(n)$ ومعاملات التفاصيل $d_j(n)$ وهذه العملية تمثل المرحلة الأولى في التحويل المويجي المقطع .

$$c_j(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} h_a(m-2n)c_{j+1}(m) \quad \dots(5)$$

$$d_j(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} g_a(m-2n)c_{j+1}(m) \quad \dots(6)$$

وللحصول على المرحلة الثانية من التحليل يتم إدخال معاملات التقريب $c_j(n)$ والى نفس المرشحين واخذ المعاملات ذوات التسلسل الزوجي الخارجة من المرشحين (عملية التنقيص الثنائي) للحصول على معاملات التفاصيل والتقريب للمرحلة الثانية من تحويل المويجي المقطع وكما موضح في الشكل (1)، (Mallat,1999).



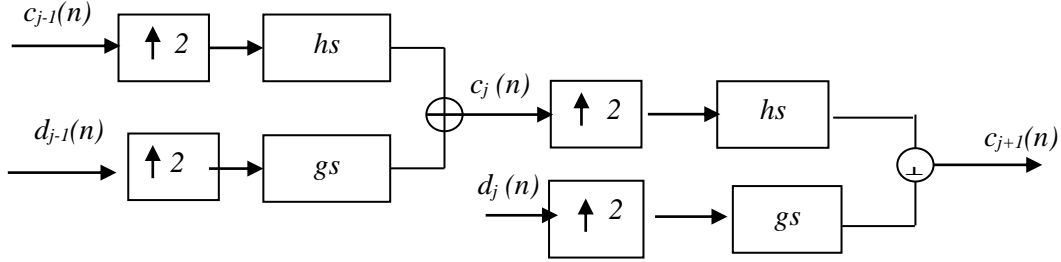
شكل (1) مرحلة التحليل في التحويل المويجي المقطع

1-2 مرحلة التركيب (Synthesis Stage):

تتمثل هذه المرحلة بالمعادلة الآتية (Burrus,1998):

$$c_{j+1}(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} [h_s(n-2m)c_j(m) + g_s(n-2m)d_j(m)] \quad \dots(7)$$

وهذه المعادلة تبين أنه بالإمكان استرجاع معاملات التقريب $c_{j+1}(n)$ بواسطة عملية الاستكمال (Interpolation) ، أي حشر أصفار بين كل عينتين من عينات التقريب $c_j(n)$ والتفاصيل $d_j(n)$ ، ومن ثم إدخالها إلى مرشحات الاسترجاع h_s و g_s على التوالي لإجراء عملية اللافوف للإشارة المدخلة وكما موضح في الشكل (2). (Misiti, 1997).



شكل (2) : مرحلة التركيب في التحويل المويجي المقطع

أهداف البحث:

الهدف من هذا البحث هو دمج صور متعددة الأطياف لمشهد واحد (كأن تكون احد الصور مأخوذة بالأشعة المرئية والأخرى مأخوذة بالأشعة تحت الحمراء) وباستخدام تقنية التحويل المويجي المقطع ذي البعدين، بغية الحصول على صورة أفضل وأكثر دقة ووضوحاً من الصورتين التي تم دمجهما والاستفادة من دقة التمييز وتعددية الأطياف في آن واحد.

هذا بالإضافة إلى تطبيق أنواع مختلفة من مرشحات التحويل المويجي وأنواع مختلفة من النماذج الرياضية وعلى أعداد مختلفة من مستويات التحليل عند إجراء عملية الإدماج.

متطلبات العمل:

عند إجراء أية دراسة من الضروري توفير المستلزمات الضرورية واللازمة للتطبيق العملي، في هذا البحث تم استخدام صور متعددة الأطياف وهي صور لها خصائص وميزات تستخدم في تطبيقات متعددة وحسب الغرض فقد تم استخدام صور مأخوذة بالأشعة المرئية (Visible band image) وتحت الحمراء (Infrared band image) لمشهد معين، لان الاختلاف في الحزم الطيفية يعطي نتائج أفضل وفرصة اكبر لمراقبة أكثر من مصدر في آن واحد (Yao and Zhang, 2008). حيث تم استخدام ثلاث مجاميع من الصور متعددة الأطياف، لإثبات كفاءة الطريقة. كل مجموعة مؤلفة من زوجين من الصور مأخوذة لنفس المشهد وبنفس الحجم ولكن بمجال طيفي مختلف. فالمجموعة الأولى صورة (a1(430×297 pixels) مأخوذة بالأشعة المرئية، أما الصورة الثانية من نفس المجموعة (b1(430×297 pixels) مأخوذة بالأشعة تحت الحمراء. المجموعة الثانية صورة (a2(676×280 pixels) مأخوذة بالأشعة المرئية أما صورة الثانية من نفس المجموعة (b2(676×280 pixels) فهي صورة حرارية لنفس المشهد. أما المجموعة الثالثة تضمنت صورتين، الأولى (a3(360×270 pixels) مأخوذة بالأشعة المرئية أما الصورة الثانية من نفس المجموعة (b3(430×297 pixels) فهي أيضا صورة حرارية وبالتعاقب. وكما موضح في الشكل (3).

تم برمجة وتنفيذ خوارزمية العمل المقترحة باستخدام لغة الماتلاب (MATLAB R2008a) باعتبارها واحدة من أفضل اللغات البرمجية لمعالجة الصور الرقمية لما يمتلكه هذا البرنامج من إمكانيات قوية لتكوين برامج ذات ميزة GUI (Graphical User Interface) إضافة إلى الدوال الكثيرة التي يتضمنها وخاصة في مجال التصحيح الهندسي (Geometrical correction) وتطبيقات تحويل المويجي (wavelet transform).



a1(430×297) pixels



b1(430×297) pixels



a2(676×280) pixels



b2(676×280) pixels



a3(360×270) pixels

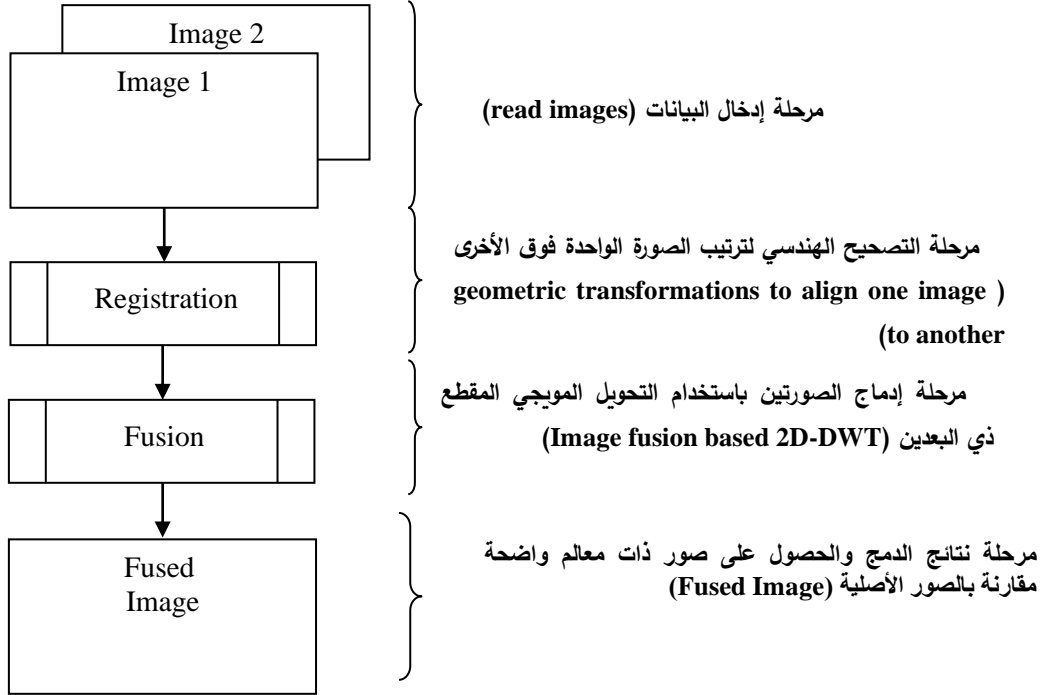


b3(360×270) pixels

شكل (3): صور متعددة الأطياف قبل الإدماج

مراحل التطبيق العملي للدراسة:

تم في هذا البحث اعتماد مراحل متسلسلة لبيان التطبيق لدراسة البحث، وكما موضح في الشكل رقم (4).



شكل (4) : مراحل التطبيق العملي للبحث

فيما يلي توضيح لكل مرحلة من مراحل التطبيق العملي:

1- المرحلة الأولى: (قراءة الصورتين Image Read)

تمت في هذه المرحلة قراءة الصورتين، المأخوذتين بمجال طيفي مختلفين ولنفس المشهد، وبنفس الحجم وكما موضح في الشكل (3) ويخزن كل منهما في مصفوفة ثنائية قبل تطبيق خوارزمية التحويل الموجي المقطع ذي البعدين.

2- المرحلة الثانية: (تصحيح الصورة Registration Image)

هذه المرحلة ضرورية جدا قبل اجراء اي عملية ادماج، وذلك لترتيب الصورة الواحدة فوق الاخرى للحصول على التطابق بين الصورتين، ويتم عن طريق اختيار نقاط السيطرة في الصور. وغالبا ما تكون هذه النقاط عبارة عن نقطة تقاطع كالطريق او ميزة طبيعة بحيث لا يمكن الخطأ في اختيارها. والشكل (5) يوضح مرحلة تصحيح الصورتين باستخدام برنامج الماتلاب.



شكل (5): مرحلة تصحيح الصورتين

والشكل أعلاه يوضح بان الصورة الموجودة إلى اليسار هي الصورة التي تحتاج إلى مطابقتها وتصحيحها اعتماداً على الصورة الأصلية الموجودة إلى اليمين. الشكل (6) ناتج تصحيح الصورة (Infrared band image).

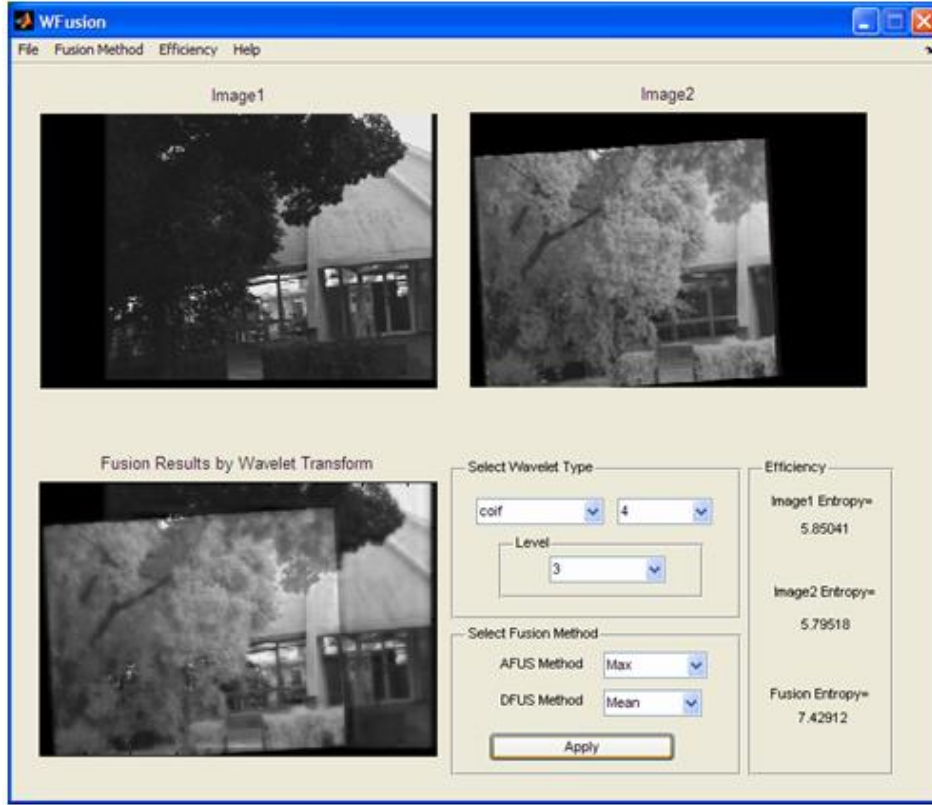


شكل (6): الصورة (Infrared band) بعد التصحيح

3- المرحلة الثالثة: (التحويل المويجي Wavelet Transform)

بعد التأكد من أن الصورتين المراد إدماجهما قد تم مطابقتها، عندها يتم إدماج الصورتين. وفي هذا البحث تم تطبيق تقنية التحويل المويجي المقطع ذي البعدين (2D-Discrete Wavelet Transform) باستخدام مرشح (db4) و باستخدام مرشح (coif4) ومرشح (sym4)، إذ أن هذين المرشحين يساعدان على زيادة تناظر معاملات الصورة مع بعضها وبطريقة بسيطة جداً وحسب الترتيب (N) الممثل هنا بالمرشح الرابع. وتم تحليل البيانات الداخلة إلى المستوى الثالث من التحليل، ويعتمد اختيار المستوى على دقة البيانات المطلوب

استخلاصها من الصورة. حيث انه كلما زاد مستوى التحليل زادت دقة التمييز (Khaleel, 2007)، وذلك بسبب توزيع المعاملات في الحزم ويتم من خلال ذلك تحديد المعاملات المهمة في حزم الترددات العالية وتمركز الطاقة في حيز (الفضاء-التردد) (Space-Frequency) (Al-Ani, 2005). والشكل (7) يوضح نتائج الإدماج موضحة عن طريق شاشة البرنامج المستخدم لغرض الإدماج.



شكل (7): نتائج إدماج الصورتين المتعدد الأطياف باستخدام التحويل المويجي المقطع ذي البعدين

حساب كفاءة الصور الناتجة Performance of the Resultant Image

إن مقياس الكفاءة أو الأداء لمنهج البحث هو معيار لنسبة التحسين في دقة التمييز (التفاصيل) للصورة الناتجة، وعلى الرغم من أن كفاءة الصور الناتجة من عملية الإدماج يمكن تقديرها بشكل مرئي (visually) إلا أنه تبقى هناك حاجة إلى مقاييس رقمية. وهناك عدة مقاييس لحساب الكفاءة منها معامل العشوائية (Entropy Factor).

تم حساب الفرق بين معامل العشوائية للصورتين، الصورة الناتجة من الإدماج التي يفترض أن تكون دقة تمييزها عالية، والصورة الأصلية ذات دقة التمييز الواطئ حيث إن الفرق في العشوائية يشير إلى درجة التحسين الحاصل في دقة التمييز، فالقيم العالية للفرق في العشوائية تدل على أن نسبة التحسين في دقة الصور عالية. إن معامل العشوائية يعتبر معيار لقياس كمية المعلومات الموجودة في الصورة الناتجة، حيث أنه يشير إلى كثافة توزيع وتمركز المعلومات ضمن مجال الصورة. ويعد هذا المعيار من الطرائق البسيطة في قياس كفاءة الصور. ولحساب معامل العشوائية يمكن تطبيق المعادلة الآتية:

$$Entropy(H) = - \sum_{i=0}^{n-1} P_i \log_2(P_i) \quad \dots(8)$$

حيث أن i تمثل المستوى الرمادي و n تمثل عدد المستويات الرمادية و P تمثل التكرار المعدل (Normalized Histogram) والذي يساوي عدد الوحدات الصورية عند كل مستوى من المستويات الرمادية المتوفرة في الصورة مقسوما على حجم الصورة، فكلما كانت قيمة العشوائية كبيرة كانت كمية المعلومات الموجودة في الصورة كبيرة ويعتبر هذا المعيار من الطرائق الكفوءة والبسيطة في قياس كفاءة الصور. فقد تم قياس قيمة العشوائية للصور قبل الإدماج وبعد كما موضح في الجدول (1)، حيث نلاحظ أن قيمة العشوائية ارتفعت بعد دمج الصورتين وهذا يعني زيادة دقة الصورة الناتجة من الإدماج الشكل (8). وأفضل المرشحات المستخدمة هي db4 و coif4 و sym4.

جدول (1): قيمة العشوائية قبل وبعد إدماج الصور

المجموعة الثالثة a3 & b3	المجموعة الثانية a2 & b2	المجموعة الأولى a1 & b1	صور متعددة الأطياف
6.087	6.819	5.850	معامل العشوائية
6.038	4.809	5.795	قبل الإدماج
6.255	6.973	7.417	الصور بعد الإدماج عند المستوي 3 والمرشح (db4)
6.385	6.987	7.429	الصور بعد الإدماج عند المستوي 3 والمرشح (coif4)
6.496	7.086	7.389	الصور بعد الإدماج عند المستوي 3 والمرشح (sym4)



a1 & b1 fusion(430x297) pixels



a2 & b2 fusion(676×280) pixels



a3 & b3 fusion(360×270) pixels

شكل (8) نتائج إدماج الصور متعددة الأطياف

الاستنتاجات:

تبين من الدراسة الحالية للبحث أن تقنية التحويل المويجي أداة فعالة وكفوءة في مجالات معالجة الصور الرقمية المختلفة. إذ أن ميزة التحليل المتعدد التفاصيل لهذه التقنية زاد من كفاءة أدائها في هذا البحث، وذلك من خلال تحليل الصور المستخدمة إلى المستوى الثالث، فكلما زاد مستوى التحليل للصورة زادت وضوحية المعالم الأساسية للصور الداخلة إلى عملية التحليل.

المصادر

- [1] AL-Ani, F. A. R., 2005. **Image process by using EZW method**, Unpublished M.Sc. Thesis, college of sciences, university of Mosul, pp. 9-15.
- [2] **Areepongsa, S., Kaewkamnerd , N., Syed, F. Y . and Rao, K. R., 2004.** Wavelet Based Compression for Image Retrieval System, **University of Texas At Arlington, Box 19016, TX, USA. Available at: URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/419251.html>.**
- [3] **Burrus , S. R., Gopinath, A. and Guo, H., 1998:** Introduction to wavelet and wavelet transform, **Prentic Hall, 265 P.**
- [4] Jensen, J. R., 2005. **Introductory Digital Image Processing**, Parson Education, Inc. 526 P.
- [5] Khaleel, T. A., 2007. **Land Use Classification Utilizing Thermal Band-Based on Wavelet Transform, research**, Iraqi Journal of Earth Sciences, Vol. 7, No. 2, pp. 97-108.
- [6] **Mallat, S. G., 1999.** A wavelet toured of signal processing. **Copyright by Academic press, 637P.**
- [7] **Wald, L., 2001.** Conceptual Approach to the Fusion of Earth Observation Data , **Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, Surveys in Geophysics 21, pp. 177-186.**
- [8] Xiong, Z., Ramchandran , K ., and Michael, T., 1997. **Space frequency quantization for wavelet image coding**, IEEE ,Trans, Image Processing, Vol.6, No.5,pp. 677-693 .
- [9] Yao. W., and Zhang, Ch., 2008. **Multi-Spectral Image Fusion Method Based On Wavelet Transformation**, The International Archives of the Photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. pp. 1261-1266.
- [10] Yin, Z., 2000. **Thermal and Visual Image Processing and Fusion**, AT/00/016/MVS, Machine Vision & Sensors Group, Automation Technology Division, pp. 1-6.