----- المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد ١٣، العدد ٢، ص ١ - ١٠، ٢٠١٣----

اقتراح طريقة جديدة لاختيار خلطة من الحزم الطيفية التي تمتلك أعلى قدر من التباين للمرئية المتعددة الأطياف لأجل عرضها كمرئية ملونة

ضياء حازم برهاوي
مركز التحسس النائي
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠١٢/٦/٢٠ ، تاريخ القبول ٢٠١٢/١٢/١٢)

الملخص

يقترح هذا البحث طريقة جديدة لاختيار خلطة من الحزم الطيفية التي تمتلك أعلى قدر من التباين لتكوين المرئية المتعددة الأطياف. الطريقة المقترحة تستخدم تحويل المركبات الأساسية لترتيب خلطات الحزم الطيفية حسب قيمة التباين. المرئية الملونة تتكون من خلط أو دمج المعلومات الموجودة في ثلاث حزم طيفية. الطريقة المقترحة لها أهمية كبيرة في عرض مرئيات ملونة تحوي تباين واضح في الألوان وبالتالي تحوي اكبر قدر ممكن من المعلومات.

الكلمات الدالة: مرئيات متعددة الأطياف، مركبات طيفية، تحليل مركبات أساسية، حزم طيفية.

Propose New Method to Select Band Combination of Multi - Spectral Image that have Highest Variance for Color Composite Image Display

Deya H. Barhawe
Remote Sensing Center
University of Mosul

ABSTRACT

This paper propose new method for band combination selection that have highest variance from multi-spectral image bands to create color composite image. The proposed method benefit from principal components transform to select band combination. Color composite image can be created from information blending of three spectral bands. The proposed method has great importance in displaying high contrasted color images.

Keywords: Multispetral Images, Spetral Bands, Combination, principal compoment analysis.

المقدمة

يوجد للمرئيات الملونة أهمية كبيرة في تطبيقات التحسس النائي. يتم تكوين المرئيات الملونة من دمج الحزم الطيفية (Spectral bands) للمتحسسات متعددة الأطياف (Multispectral sensors) المحمولة على متن الأقمار الصناعية. يتم تكوين المرئية الملونة على شاشة الكومبيوتر بوضع واحدة من الحزم الطيفية في إحدى مركبات اللون الثلاثة الأساسية (مركبة اللون الأحمر، مركبة اللون الأخضر ومركبة اللون الأزرق). إن اختيار خلطات الحزم الطيفية (Band combinations) التي تكون المرئية الملونة بالاعتماد على الخصائص الطيفية للموارد الأرضية المراد دراستها مثل الصخور والمعادن والنباتات والتربة، وعلى نوع التطبيق المستهدف. كما يوجد طرق إحصائية تساعد في اختيار خلطات الحزم الطيفية، الطريقة المقترحة في هذا البحث تصنف ضمن الطرق المساعدة.

يوجد خلطة ناتجة من وضع الحزمة الطيفية للون الأحمر المرئي (Red band) في مركبة اللون الأحمر ووضع الحزمة الطيفية للون الأخضر المرئي (Green band) في مركبة اللون الأخضر ووضع الحزمة الطيفية للون الأزرق المرئي (Blue band) في مركبة اللون الأزرق. المرئية المتكونة من هذه الخلطة تسمى المرئية الملونة الحقيقية (True color composite). من الاختيارات المشهورة التي تربط بين الحزم الطيفية ومركبات اللون الثلاثة الأساسية هي وضع الحزمة الطيفية تحت الحمراء القريبة (Near Infrared) في مركبة اللون الأحمر ووضع الحزمة الطيفية للون الأحمر المرئي في مركبة اللون الأخضر ووضع الحزمة الطيفية للون الأخضر المرئي في مركبة اللون الأزرق. المرئية المتكونة من هذه الخلطة تسمى المرئية الملونة الكاذبة (False color composite). هذه الخلطة لها أهمية كبيرة في دراسة ومراقبة النباتات. تعكس النباتات في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي (Visible electromagnetic spectrum) كمية كبيرة من اللون الأخضر ولهذا تكتسب النباتات اللون الأخضر في المرئية الملونة الحقيقية. إن النباتات تعكس كمية اكبر من الأشعة في منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي لذلك تظهر النباتات في المرئية الملونة الكاذبة بلون ازرق محمر أو ارجواني. يمكن استخدام المرئيات الملونة لتمييز أنواع استخدامات الأراضي (Land use) عن طريق وضع إحدى خلطتي الحزم الطيفية ٣-٤-٥ أو ٣-٥-٤ في مركبات اللون الأساسية (RGB).

يوجد تطبيقات أخرى للمرئيات الملونة في دراسات التحسس النائي مثل دراسة التربة، دراسة بيئة الكرة الأرضية، دراسة البحار والمحيطات، إنشاء شبكات طرق النقل، التخطيط العمراني للمدن ودراسة الظواهر الجيولوجية (Jensen, 2005, Shalaby 2010).

كيفية اختيار أحسن خلطة

يوجد صعوبة في اختيار أفضل خلطة من الحزم الطيفية لتكوين المرئية الملونة التي تظهر أعلى تباين في الألوان وبالتالي تمييز المعلومات الموجودة في المرئية بسهولة. تم اقتراح طريقة إحصائية (statistical approach) أطلق عليها (Optimum Index Factor OIF) (Kujjo, 2010). حسب هذه الطريقة يتم ترتيب الخلطات المكونة من ٣ حزم طيفية على أساس قيمة التباين الكلي (total variance) وقيمة معاملات الترابط (correlation coefficients) الموجود بين الحزم الطيفية. يتم ترتيب قيم (OIF) تنازليا من الأكبر إلى الأصغر، حيث القيم الأكبر تعطى للخلطات التي تعطي اكبر انحراف معياري (standard deviation) واقل تكرار (redundancy) في المعلومات. يتم حساب قيمة (OIF) وفق المعادلة الرياضية التالية :

$$\text{OIF} = \frac{\Sigma\, s_i}{\Sigma\, I_{r_j} I} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

حيث sj تمثل قيمة الانحراف المعياري لكل حزمة طيفية.

rj تمثل قيمة الترابط بين كل حزمتين من الحزم الطيفية الثلاثة.

كما ورد سابقا كلما كانت قيمة (OIF) اكبر كلما كانت خلطة الحزم الطيفية المستخدمة لتكوين المرئية الملونة تحوي معلومات أكثر.

تحويل المركبات الأساسية)

يستخدم تحويل المركبات الأساسية (principal components transform) لتحسين عرض مرئيات التحسس النائي متعددة الأطياف. الحزم الطيفية للمرئيات المتعددة الأطياف تمتلك قيم ترابط عالية فيما بينها (high correlated) وبالتالي يؤدي إلى وجود تكرار كبير للمعلومات فيها. يمثل تحويل المركبات الأساسية تقنية إحصائية لمعالجة المتغيرات المتعددة (multivariate statistical technique) ويستخدم لتقليل تكرار المعلومات عن طريق تحويل المتغيرات المتعددة (مرئيات الحزم الطيفية) المترابطة إلى مركبات أساسية متعامدة (orthogonal principal components). وبالتالي المتغيرات أو المرئيات الناتجة من عملية التحويل تكون غير مترابطة (uncorrelated) والتي تمتلك تباين أعلى (higher variation) مما يعني سهولة اكبر في استخراج المعلومات منها (Jensen, 2005).

عدد المركبات الأساسية (pc) التي تمثل متغيرات الإخراج لتحويل المركبات الأساسية يساوي عدد الحزم الطيفية في المرئية المتعددة الأطياف التي تمثل متغيرات الإدخال. المركبة الأولى (pc1) تمتلك أعلى تباين والمركبة الثانية (pc2) تمتلك ثاني أعلى تباين وهكذا نزولا إلى آخر مركبة.

يتم حساب تحويل المركبات الأساسية وفق الخطوات التالية:

١- يتم حساب مصفوفة التباين المشترك (covariance matrix) كما يلي:

$$COV_{i,j} = 1/N \ \Sigma_{I,j = 1,2, \dots N} \ (x_I - \mu_i)(x_j - \mu_j) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 2$$

حيث x تمثل قيمة النقطة المضيئة و μ يمثل معدل قيم النقاط المضيئة في مرئية الحزمة الطيفية.

٢- يتم حساب eigenvectors و eigenvalues λ من مصفوفة التباين المشترك باستخدام طرق التحليل العددي

٣- يتم تطبيق المعادلة التالية لتحويل المرئية الأصلية إلى المركبات الأساسية :

$$pc_{i,j,p} = \Sigma_{k = 1 \to n} \ a_{k,p} \ bv_{i,j,k} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 3$$

حيث pc تمثل المركبات الأساسية، bv تمثل متغيرات الإدخال (الحزم الطيفية في المرئية المتعددة الأطياف)، a تمثل قيم eigenvectors و n عدد متغيرات الإدخال (Jensen, 2005).

الطريقة المقترحة

يقترح هذا البحث طريقة جديدة لاختيار أفضل خلطة من الحزم الطيفية للمرئية المتعددة الأطياف لتكوين مرئية ملونة. الطريقة المقترحة تستخدم تحويل المركبات الأساسية (principal components transform) لاختيار أفضل خلطة من الحزم الطيفية ، استنادا إلى الفكرة التي تقول إن تحويل المركبات الأساسية يحول المتغيرات (الحزم الطيفية) المترابطة إلى متغيرات غير مترابطة تمتلك تباين أعلى مما يعني سهولة اكبر في استخراج المعلومات منها. وبالتالي الطريقة المقترحة التي تعمل مع متغيرات غير مترابطة، أكفأ من طريقة (OIF) التي تعمل مع متغيرات مترابطة. وعليه الطريقة المقترحة تنتج مرئيات ذات تباين لوني اكبر مما يوفر سهولة اكبر في فصل الأغطية الأرضية.

الطريقة المقترحة لاختيار أفضل خلطة من الحزم الطيفية التي تمتلك أعلى تباين لتكوين مرئية ملونة تعمل وفق الخطوات التالية :

١- حساب عدد الخلطات التي يمكن تكوينها من n من الحزم الطيفية وفق المعادلة التالية :

$$C = n! / ((n-k)! * k!) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 4$$

إذا كان لدينا n من المتغيرات سيتم اخذ (k من n) من المتغيرات في وقت واحد سينتج لدينا عدد من لخلطات يساوي C. العلامة * تشير إلى عملية الضرب والعلامة ! تعني عملية (factorial):

n factorial = $n * n-1 * n-2 * \ldots * 1$..... 5

٢- حساب قيم المتجه (eigenvalues vector) من خلال حساب تحويل المركبات الأساسية لكل ٣ حزم طيفية التي تكون كل خلطة حسب المعادلة (3).

٣- إيجاد حاصل ضرب القيم الثلاثة الموجودة في λ (eigenvalues vector) في بعضها. حيث كل قيمة في eigenvalues تمثل قيمة التباين (variance) في المركبة الأساسية المقابلة لها وكما يلي :

grade = $\lambda 1 * \lambda 2 * \lambda 3$.....6

حيث سيتكون لدينا جدول يحتوي عدد من القيم grade بعدد الخلطات التي تساوي قيمة C حسب المعادلة (٤).

٤- يتم ترتيب قيم الجدول المكون في الخطوة السابقة تنازليا. وبالتالي تصبح أول قيمة في الجدول والتي تحمل أعلى grade تمثل أعلى رتبة (rank) وهذا يعني أن الخلطة المقابلة لها تمثل الخلطة من الحزم الطيفية التي تمتلك أعلى تباين واقل ترابط والتي يمكن أن تكون المرئية الملونة. وثاني قيمة في الجدول تمثل الخلطة التي تمتلك ثاني أعلى تباين وهكذا إلى نهاية الجدول.

بكلام آخر حسب هذه الطريقة خلطة الحزم الطيفية التي تعطي أعلى تباين هي التي تكون المرئية الملونة التي تحوي اكبر قدر من المعلومات.

النتائج

تم استخدام مشهد فضائي ظهر فيه جزء من محافظة نينوى لاختبار الطريقة المقترحة في هذا البحث. وقد تم الاعتماد على الحزم الطيفية (١,٢,٣,٤,٥,٧) في اختبار طريقة الاختيار بواسطة المركبات الأساسية. بما انه لدينا ستة حزم طيفية اذاً سيتكون لدينا جدول مكون من عشرين عنصر يمثل عدد الخلطات التي يمكن تكوينها مرتبة ترتيبا تنازليا. حيث أول عنصر في الجدول (رتبة ٢٠) يمثل الخلطة التي تمتلك أعلى تباين لتكوين المرئية الملونة وفق الطريقة المقترحة. وآخر عنصر في الجدول (رتبة ١) يمثل الخلطة التي تحوي اقل قدر من التباين عند تكوين المرئية الملونة وفق الطريقة المقترحة وكما يلي:

الجدول ١: الخلطات المكونة مرتبة تنازليا حسب الرتبة.

Band	Band	Band	Rank
1	4	5	20
3	4	5	19
4	5	7	18
1	4	7	17
2	4	5	17
3	4	7	15
1	5	7	14
3	5	7	13
2	4	7	12
1	3	5	11
1	3	4	10
2	5	7	9
1	3	7	8
2	3	5	7
2	3	4	7
1	2	5	5
1	2	4	4
1	2	7	3
2	3	7	2
1	2	3	1

حسب الجدول السابق الخلطة التي تحوي اكبر قدر من التباين لتكوين المرئية الملونة هي الخلطة الأولى والمكونة من الحزم الطيفية (١,٤,٥). وفق مفاهيم الطيف الكهرومغناطيسي الخلطة التي تكون مرئية ملونة والتي تحوي اكبر قدر من المعلومات يجب أن تتكون من ٣ حزم طيفية. والحزم الثلاثة يجب أن تكون غير مترابطة أو تحوي اقل قدر من الترابط مثلا، تمثل الحزمة الأولى إحدى الحزم ضمن نطاق الطيف المرئي للمتحسس TM والحزمة الثانية تمثل الحزمة الطيفية رقم ٤ تحت الحمراء القريبة للمتحسس TM والثالثة تمثل إحدى الحزمتين الطيفيتين أما رقم ٥ أو رقم ٧ (تحت الحمراء المتوسطة middle infrared) للمتحسس TM ، والجدول المكون في أعلاه يحقق هذا المفهوم (Beauchemin *et. al.,* 2001). الجدول السابق يبرز كفاءة الطريقة المقترحة في هذا البحث لاختيار الخلطات من الحزم الطيفية التي تحوي اقل قدر من الترابط وبالتالي تحوي اكبر قدر من المعلومات لعرض المرئيات الملونة (لاحظ الخلطات في الجدول من مرتبة رقم ٢٠ إلى مرتبة رقم ١٢). وتبرز كفاءة الطريقة بصورة اكبر عند التعامل مع مرئيات تحوي عدد اكبر من المتغيرات مثل المرئيات الفائقة الطيفية (hyperspectral images)، أو عند معالجة المرئيات

المتعددة الأطياف الملتقطة في أكثر من فترة زمنية (multi-temporal images) أو الملتقطة بواسطة أكثر من متحسس (multi-sensor images)، في جميع الأمثلة السابقة يتم تكوين مجاميع من البيانات (datasets) من مرئيات تحوي عدد كبير من المتغيرات (بضع عشرات أو بضع مئات).

تم تكوين أربع مرئيات ملونة كاذبة من الخلطات الأربعة الأولى في الجدول. وهذه المرئيات الأربعة تمثل المرئيات التي تحوي اكبر قدر من التباين حسب الترتيب بصورة تنازلية من الأعلى إلى الأسفل (حسب الرتبة ٢٠ ، ١٩ ، ١٨ ، ١٧). انظر(الشكل ١).

تم تكوين أربع مرئيات ملونة كاذبة من الخلطات الأربعة الأخيرة في الجدول. وهذه المرئيات الأربعة تمثل المرئيات التي تحوي اقل قدر من التباين حسب الترتيب بصورة تنازلية من الأعلى إلى الأسفل (حسب الرتبة ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١). انظر (الشكل ٢).

الاستنتاجات

توصل هذا البحث إلى الاستنتاجات التالية :

١- أبدت الطريقة المقترحة كفاءة عالية في اختيار خلطة من الحزم الطيفية التي تحوي أعلى قدر من التباين لتكوين مرئية ملونة لان آلية الطريقة تعتمد على معالجة المتغيرات المتعددة في فضاء تحويل المركبات الأساسية، حيث المتغيرات غير مترابطة.

٢- أهمية الطريقة المقترحة الكبيرة في عرض مرئيات ملونة تحوي تباين واضح في الألوان وبالتالي تحوي اكبر قدر ممكن من المعلومات خصوصا إذا كان لدينا عدد كبير من المتغيرات للمشهد الفضائي الواحد.

٣- إعطاء وزن أو رتبة لكل خلطة من خلطات الحزم الطيفية حسب ما تحويه كل خلطة من تغاير في المعلومات.

المصادر الأجنبية

Beauchemin, M. and K. B. Fung, 2001. On Statistical Band Selection for Image Visualization, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 67, No. 5, pp. 571 - 574.

Jenson, J. R., 2005. "Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective", Prentice - Hall.

Pitia, k. c. 2010. Application of Remote Sensing for Gold Exploration in the Nuba Mountains, Sudan, Master thesis, College of Bowling Green, State University.

Li-Chang Han, 1997. Research on the Standardization of Extracting Thematic Information from TM Images by Using an Optical Composition Method, International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 10, pp. 2225 - 2239.

Lillesand T. M. Kiefer R. W., 1987 : Remote sensing and Image Interpretation 2nd edition, John Wily and Sons.

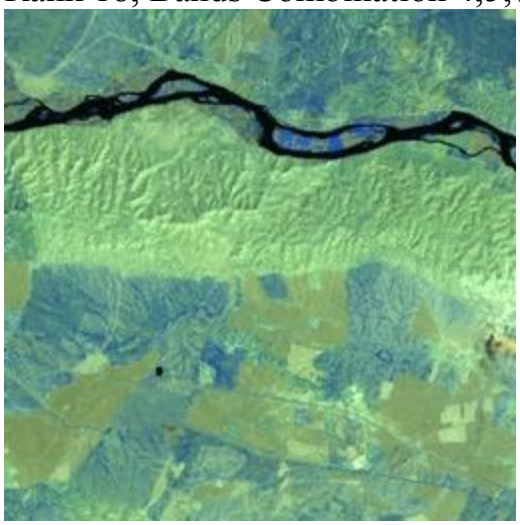
Shalaby, M. H., Bishta A. Z., Roz, M. E. and El zalaky M. A., 2010. Integration of Geologic and Remote Sensing Studies for the Discovery of Uranium Mineralization in Some Granite Plutons, Eastern Desert, Egypt, JAKU Earth Science, Vol. 21, No. 1, pp. 1 - 25.

الشكل ١: الخلطات الأربع الأكثر تباين حسب الجدول.

Rank 20, Bands Combination 1,4,5

Rank 19, Bands Combination 3,4,5

Rank 18, Bands Combination 4,5,7



Rank 17, Bands Combination 1,4,7

الشكل ٢: الخلطات الأربع الأقل تباين حسب الجدول.

Rank 3, Bands Combination 1,2,7

Rank 4, Bands Combination 1,2,4

Rank 1, Bands Combination 1,2,3

Rank 2, Bands Combination 2,3,7