------ المجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد 6، العدد 1، ص 33-45، 2006 ------

تحسين المظاهر الارضية باستخدام تقنيات الدمج الملون الكاذب لمرئيات ملتقطة بمتحسسات مختلفة

عبير عادل محمد العلاف ريان غازي ذنون البناء

مركز التحسس النائي

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2005/9/12 ، تاريخ القبول 2005/10/27)

الملخص

تتم عملية الدمج الملون في الحالة الاعتيادية من خلال ادماج ثلاث مرئيات لكل منها مدى موجي معين ملتقطة بمتحسس واحد. تعرض الدراسة الحالية امكانية تعويض النقص الحاصل في الحزم الطيفية لمتحسس ما عن طريق الاستعانة بحزم طيفية مماثلة لمتحسس اخر. وبما ان الخصائص الهندسية للمرئيات الفضائية تختلف باختلاف المتحسسات، فقد تم استخدام طريقة التصحيح الهندسي(مرئية-مرئية) لغرض توحيد التشوهات الهندسية ما بين المرئيات المستخدمة في الدراسة الحالية. استخدمت كذلك طريقة البسط المتساوي للمدرج التكراري في تحسين الانعكاسية الخاصة بالوحدات الصورية لهذه المرئيات. اعطت المرئية الملونة الناتجة عن عمليات المعالجة السابقة كفاءة عالية من خلال زيادة تحسين وضوح المظاهر الارضية وهذا ما توضح من خلال مقارنتها مع نفس المرئيات والتي لم تطبق عليها عمليات المعالجة ذاتها.

Enhancing Landform Phenomena by Using False Color Composite Techniques to Images Taken From Different Sensors

Abeer A. M. Al-Allaf Rayan Gh. T. Al-Banaa

Remote Sensing Centre

Mosul University

ABSTRACT

False color composite images created in normal method by merging three images, each one of them has a wavelength range portrayed from one sensor. The aim of the present study is to complete the missing band by depending on the same bands in other sensor. Geometrical properties of a satellite images are varied between each type of sensors, therefore the geometrical corrections methods were used to unify the geometrical distortion between the images that use in present study. Histogram Equalisation methods

were used to enhance pixel reflectance of the images. The produced image from previous processing was given a high accuracy through increase the enhancement of land feature phenomena and this was noted when it is compared with the same images without processing.

المقدمة

تعد تقنيات المعالجة الرقمية من الاساليب المهمة التي ساهمت في العقود الاخيرة بالعديد من الدراسات من خلال تطبيقاتها المتعددة الجوانب والمختلفة الغايات والمتمثلة في عمليات استخلاص المعلومات الطيفية والمكانية من معطيات التحسس النائي باستخدام برامجيات مختلفة(Mather, 1987). تشكل مرئيات الاقمار الاصطناعية العنصر الاساس في عمليات المعالجة الرقمية، اذ تعد هذه المرئيات احدى معطيات التحسس النائي المهمة وهي نتاجات رقمية لتسجيل الاشعة المنعكسة والمنبعثة من سطح الارض لحزمة طيفية واحدة او لعدد من الحزم الطيفية حسب نظام الماسح المستخدم. وتعتمد هذه المرئيات على التمثيل الصوري الرقمي لشدة الاشعاع الكهرومغناطيسي الذي يتم التقاطه من خلال منظومة المتحسسات (Sensors) المحمولة على متن هذه الاقمار.

تعتبر منظومة راسم الخرائط الغرضي (Thematic Mapper-TM) المحمولة على متن القمر الاصطناعي الامريكي لاندسات-5 (Landsat-5) الجيل الثاني، احدى أهم المتحسسات متعددة الاطياف والمعتمدة في الكثير من الدراسات الجيولوجية وذلك لاحتوائها على سبعة قنوات طيفية بمديات مختلفة من الاطوال الموجية وبقدرة تمييز قدرها (30) مترا (باستثناء القناة السادسة الحرارية). في حين صممت منظومة المتحسس (High Resolution Visible- HRV) المحمولة على متن القمر الاصطناعي الفرنسي (Spot) لالتقاط المرئيات اولا بالصيغة البانكروماتية (الاسود والابيض) وبقدرة تمييز قدرها (10) مترا وبمدى طيفي(0.73-0.51µm)، وثانيا الصيغة متعددة الاطياف (الاشعة تحت الحمراء الملونة) بقدرة تمييز قدرها (20) مترا وبمديات مختلفة من الاطوال الموجية (Lillesand and Kiefer, 1994).

ان افتقار مركز التحسس النائي في جامعة الموصل الى مرئيات بحزم طيفية ذات مديات متنوعة من الاطوال الموجية (خصوصا للقمر لاندسات والقمر سبوت) جعل من عملية الحصول على مرئيات فضائية ملونة امرا غير ممكن. اذ يتطلب الحصول على مثل هكذا مرئيات الى توفرعلى الاقل ثلاث حزم طيفية تدمج لكي ينتج عنها مرئية ملونة (طبيعية او كاذبة). من هنا جاء الهدف من الدراسة الحالية المتمثل في امكانية تعويض النقص الحاصل في الحزم الطيفية لمتحسس ما من خلال الاستعانة بحزم طيفية مماثلة لمتحسس اخر شرط ان تكون ملتقطة بنفس الفترة الزمنية لكي لايعطي الاختلاف في البصمة الطيفية لبعض مظاهر اشكال سطح الارض مع التغيرات الزمانية والمكانية، وبالتالي فان هذه العملية يمكن أن ينتج عنها مرئيات فضائية ملونة، فضلا عن ان عملية الدمج لمرئيات ملتقطة بمتحسسات مختلفة تعد وسيلة اساسية في تحسين معالم سطح الارض ومنها المظاهر الأرضية.

المرئيات المستخدمة

اعتمدت الدراسة الحالية على مرئيتين الاولى ملتقطة بوساطة راسم الخرائط الغرضي للقمر لاندسات-5 بقدرة تمييز (30) مترا، بتاريخ (1988)، متوفرة بحزمتين طيفيتين وهما:

1- الحزمة الطيفية (5) بطول موجي (1.75-1.55µm).

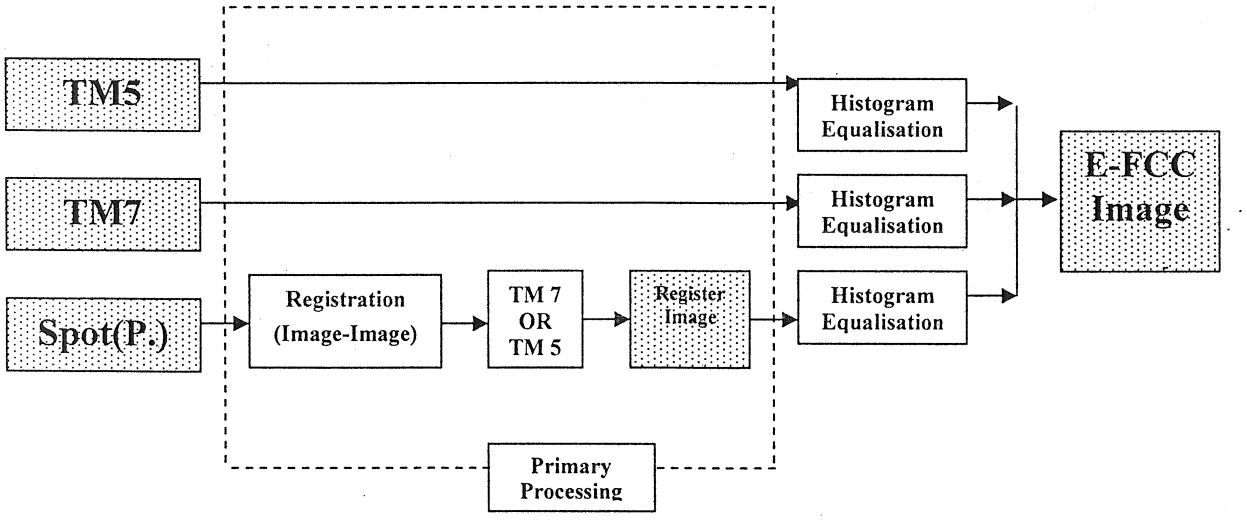
2- الحزمة الطيفية (7) بطول موجي (2.35-2.08µm).

اما المرئية الثانية ملتقطة بوساطة المتحسس (HRV) للقمر الصناعي الفرنسي سبوت للحزمة الطيفية بطول موجي (0.73-0.51µm) بتاريخ (1999).

ان اختيار الحزم الطيفية لتشكيل المرئيات الفضائية الملونة يعتمد على صفات وخصائص القنوات الطيفية فضلا عن الغاية التي يتم من اجلها تشكيل المرئية الفضائية بالتركيبات اللونية المختارة. تعد الحزم الطيفية (7) و (5) للقمر لاندسات-5 احدى اهم الحزم المستخدمة في التطبيقات الجيولوجية خصوصا في تحديد الوحدات الصخارية لان الصخور تبدي انعكاسية طيفية عالية في هذه الحزم (Lillesand and Kiefer, 1994)، كما ان المرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة الحالية والخاص بالمتحسس (TM) لاتتوفر فيها الا هاتين الحزمتين الطيفيتين اما باقي الحزم (1,2,3,4,6) الخاصة بهذه المرئية فهي غير متوفرة حاليا في مركز التحسس النائي بجامعة الموصل لاسباب مادية.

طريقة البحث

في الدراسة الحالية، تم اتباع المخطط التالي لغرض تكوين مرئية ملونة كاذبة محسنة لمرئيات فضائية ملتقطة بمتحسسات مختلفة شكل(1):



شكل 1: مخطط يوضح طريقة البحث

لغرض ابراز معالم المظاهر الارضية باستخدام المرئيات الفضائية، يتم اللجوء الى انتاج هذه المرئيات بتركيبات ملونة مختلفة عن طريق ادماج حزمها الطيفية. ان عملية الدمج الملون هذه تهدف الى جمع المعطيات (التي لكل منها مدى طيفي معين) في مرئية واحدة (تحتوي على مدى متنوع من الاطوال الموجية)وعرضها بالالوان وبالتالي تمييز اكبر كمية من المعلومات لان حساسية العين البشرية للمستويات الرمادية تكون محدودة قياسا الى حساسيتها للتدريجات اللونية كما ان المرئيات الملونة يمكن اعتبارها كطريقة بدائية في التصنيف الرقمي لذا فهي تسهل على المفسر التعرف على الكثير من المظاهر(البناء والعلاف, 2005).

لإتمام عملية الدمج الطيفي يتم في الحالة الاعتيادية الاستعانة بثلاث قنوات طيفية لمتحسس واحد ومن ثم تطبيق عملية الدمج الطيفي مباشرة بدون أي تصحيحات مسبقة لان القنوات الطيفية تكون موحدة من ناحية الخصائص الهندسية. اما في الفكرة التالية والمعتمدة في الدراسة الحالية فان عملية الدمج تتم لقنوات طيفية لاكثر من متحسس، لذا فهي تتطلب استخدام بعض وسائل التصحيح الهندسي (Geometric Correction) لغرض توحيد التشوهات الهندسية مابين مرئيات هذه المتحسسات، اذ ان الخصائص الهندسية للمرئيات الفضائية تختلف باختلاف المتحسسات المحمولة على متن الاقمار الاصطناعية (Sabin, 1987).

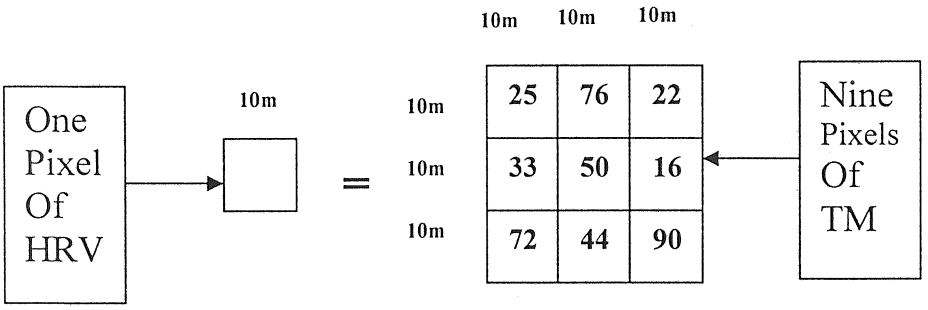
اعتمادا على ماسبق وللحصول على عملية ادماج طيفي للمرئيات الفضائية الملتقطة بمتحسسات مختلفة باسلوب ناجح وفعال، لابد من تطبيق طرق معالجة رقمية اولية توحد الخصائص الهندسية ما بين هذه المرئيات، فضلا عن استخدام طرق معالجة اخرى تعمل على تحسين الخصائص الانعكاسية للوحدات الصورية للمرئيات المستخدمة في عملية الدمج. وفيما يلي شرحا لطرق المعالجة المطبقة على المرئيات الفضائية والتي يوضحها شكل (1). علما ان جميع المعالجات المطبقة في الدراسة الحالية تم اجراءها من خلال حزمة العمادي البرمجية عن (Al-Emadi et al., 2004).

اولا: طريقة التطابق الهندسي

استخدمت طريقة التطابق الهندسي في عملية توحيد الخصائص الهندسية للمرئيات الفضائية الملتقطة بواسطة المتحسس (TM) للقمر لاندسات-5 والمرئية الفضائية الملتقطة بواسطة المتحسس (HRV) للقمر سبوت. اذ تم اعتبار مرئية (HRV) مرئية الاختبار أي تلك المرئية التي يراد تحويل خصائصها الهندسية الى خصائص هندسية تشابه مرئية المرجع والتي هي مرئية (TM). وهنا لابد من الاشارة الى سبب هـذا الاختيار.

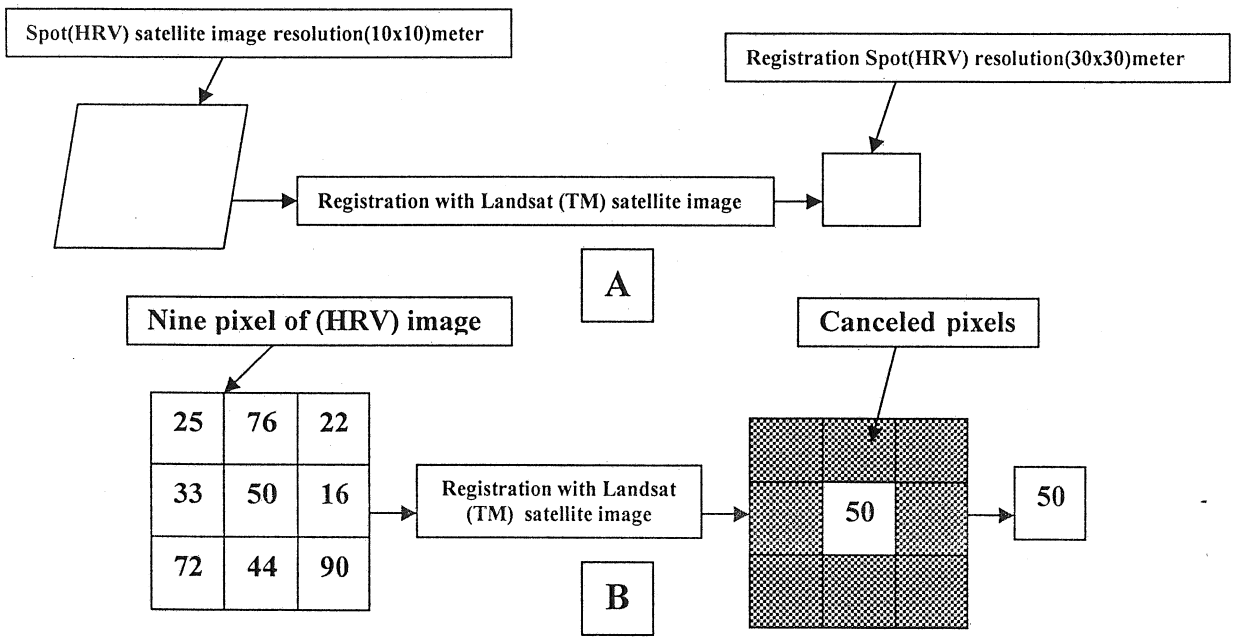
ان ما ينتج عن طريقة التطابق الهندسي هو توحيد للتشوهات الهندسية للمرئيـة ذات دقـة التميـز العالية تبعا للمرئية ذات دقة التمييز الواطئة، وبما ان دقة التميز المكانية لمرئية (HRV) هي (10) مترا،

ولمرئية (TM) هي (30) مترا، فان كل وحدة صورية في مرئية (HRV) يقابلها (9) وحدات من مرئية (TM) وكما مبين في شكل (2).



شكل 2: مخطط يوضح علاقة الوحدة الصورية الواحدة في مرئية (HRV) مع مثيلاتها في مرئية (TM)

فعند اجراء عملية التطابق بين هاتين المرئيتين سوف يؤدي الى انتاج مرئية (HRV) جديدة بقدرة تمييز (30) (أي مرئية اقل حجما) شكل (A-3) وذلك لازالة (8) وحدات صورية مجاورة للوحدة الصورية المراد اجراء عملية التطابق الهندسي لها في مرئية (HRV) شكل (B-3)، ولذلك ينتج عن هذه العملية مرئية جديدة مكافئة في الاحداثيات والتشوهات الهندسية تبعا لمرئية (TM).

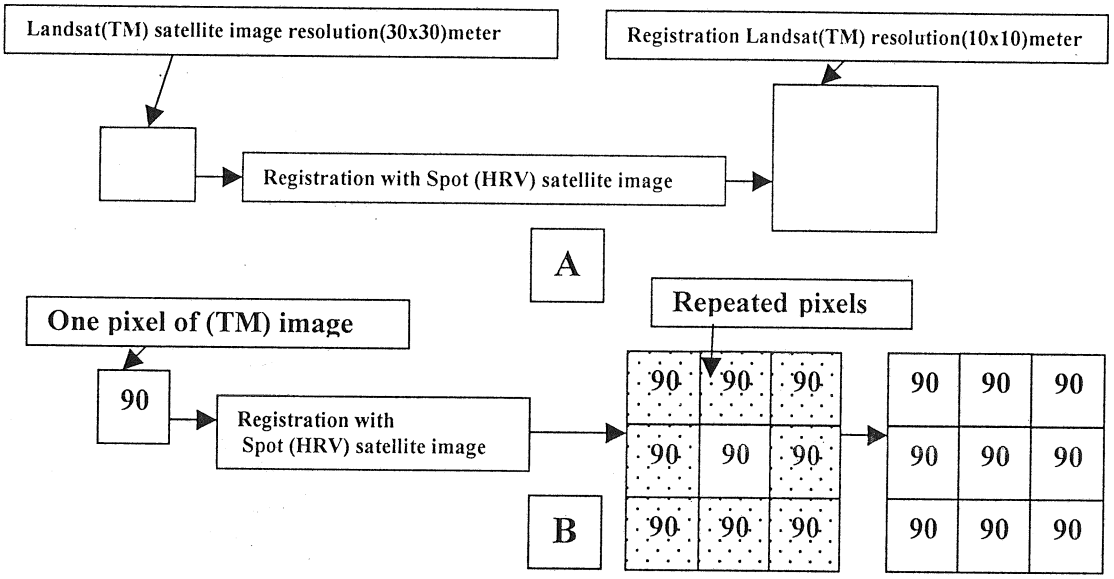


شكل 3: مخطط يوضح طريق التطابق الهندسي لمرئية (HRV) مع مرئية (TM).

A : تغير حجم المرئية بعد عملية التطابق.

B: ازالة 8 وحدات صورية بعد عملية التطابق.

اما في حالة توحيد التشوهات الهندسية من خلال مطابقة مرئية ذات الدقة الواطئة تبعا لمرئية ذات دقة عالية، فان هذه المطابقة ستقود الى انتاج مرئية (TM) جديدة بقدرة تمييز (10) متـــرا (أي تكـــوين مرئية اكبر حجما) (شكل4-A) ويعود هذا الى تكرار (8) وحدات صورية مجاورة لكل وحدة صورية من وحدات مرئية(TM) ولهذا فان المرئية الناتجة يظهر فيها حالة المربعـــات (Blocked Image) (وهـــي الحالة التي تظهر عند التكبير المفرط او الزائد عن حده الطبيعي للمرئيات وهذا ما يؤدي الى اظهار حدود الوحدات الصورية التي تتالف منها المرئية) وبالتالي يصبح هنالك تشويه اكثر من التحسين الذي يطـــرا عليها ولهذا لا ينصح بهذه الطريقة في عملية التطابق الهندسي وتوحيد تشويهات المرئيات (شكل 4-B).



شكل 4: مخطط يوضح طريقة التطابق الهندسي لمرئية (TM) مع مرئية (HRV).

A: تغير حجم المرئية بعد عملية التطابق.

B: تكرار 8 وحدات صورية بعد عملية التطابق.

لغرض اجراء عملية التطابق تم اتبـــاع طريقـــة التطـــابق الهندســـي اليدويـــة (مرئيـــة-مرئيـــة) (Registration Image-Image) وهي عملية المطابقة الهندسية لمرئيتين او اكثر وذلك لتوحيد التشوهات الهندسية الموجودة في واحدة من هذه المرئيـــات علـــى فـــرض ان احـــدى المرئيـــات تعـــد المرجـــع (Jazching, 1989). تعتمد المطابقة الهندسية اليدوية على اختيار نقاط سيطرة(Control Point) متناظرة في المرئيتين (الملتقطتين بواسطة متحسسات مختلفة) من قبل المستخدم (المفسر) وبهـــذا تختلـــف هـــذه الطريقة عن طريقة المطابقة الالية التي يتم فيها اختيار نقاط سيطرة ومطابقتها دون تدخل المفسر. ان من

مزايا المطابقة الهندسية اليدوية انها تحقق دقة عالية بشكل عام عندما تحوي المرئية معالم بارزة خصوصا اذا كان المفسر ذو خبرة في التعامل مع معطيات التحسس النائي(العلاف، 2002). تم تحيد نقاط السيطرة المتناظرة في مرئية(HRV) ومرئية (TM)، اذ تم اختيار نقاط سيطرة تمثل الخصائص الدائمية أي الخصائص التي لاتتغير بتغير الوقت وبتغير الحزمة الطيفية التي التقطت بها المرئية على سبيل المثال (التقاء الاودية، تقاطعات الطرق). وتوضح اللوحة(1) و (2) مرئيات الاختبار والمرجع وكما يلي:

اللوحة (1A) مرئية الاختبار الملتقطة بوساطة المتحسس (HRV)، في حين تمثل اللوحة (1B) مرئية المرجع الملتقطة بوساطة المتحسس (TM)المتمثلة بالحزمة الطيفية (5)، واللوحة (1C) تمثل مرئية المرجع الملتقطة بوساطة المتحسس (TM)المتمثلة بالحزمة الطيفية (7)، علما هذه المرئيات تعد من المرئيات الخام (غير معالجة رقميا).

اللوحة (2) تبين مرئيات مقتطعة مختارة من المرئيات الخام السابقة، وقد تم اختيار هذه المنطقة المشتركة لتباين المظاهر الارضية فيها على سبيل المثال التراكيب الجيولوجية (الطيات) وشبكة الوديان السطحية والتعرية التفاضلية للتكاوين الجيولوجية المتكشفة.

اللوحة (2A) المنطقة المقتطعة من مرئية الاختبار.

اللوحة (2B) المنطقة المقتطعة من مرئية المرجع (الحزمة 5).

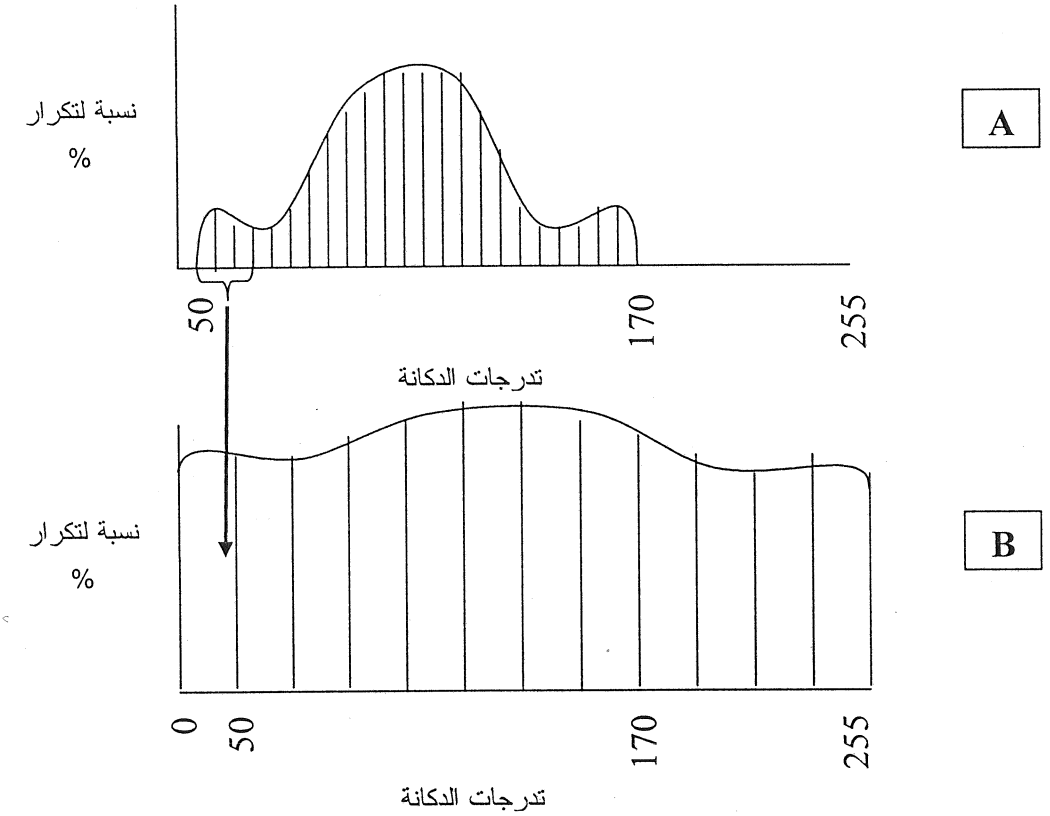
اللوحة(2C) المنطقة المقتطعة من مرئية المرجع (الحزمة 7).

ثانيا: طرائق التحسين

بعد توحيد التشوهات الهندسية بين المرئيات يفضل استخدام بعض طرائق المعالجة الاولية الخاصة بتحسين شدة الانعكاسية للوحدات الصورية التي تشتمل عليها المرئية الفضائية من خلال اعادة توزيع الانعكاسات الطيفية للوحدات الصورية الخاصة بالمرئيات وبالتالي زيادة التمييز بين المعالم الارضية للمرئية ذاتها. ان العين البشرية بصورة عامة عاجزة عن تمييز تباينات الانعكاسات الطيفية الضئيلة (Tahir, 1991).

هنالك العديد من طرائق التحسين الرقمي ولكن عملية اختيار طريقة مناسبة يتوقف على نوع الدراسة المنجزة من قبل المستخدم. ولان الغرض من الدراسة هو تحسين المظاهر الارضية عن طريق الدمج الملون للمرئيات، فقد تم استخدام طريقة البسط المتساوي للمدرج التكراري (Histogram Equalisation). ان هذه الطريقة تتميز في كونها تعمل على زيادة شدة التباين (Contrast Intensity) نتيجة بسط تدرجات الدكانة (Grey Level) الخاصة بالوحدات الصورية للمرئية مع بعضها البعض عن طريق الجمع التراكمي ونتيجتا لهذا يصبح هنالك زيادة في الفرق بين التدرجات الرمادية الجديدة (Mather, 1987)، اذ يتم جمع التدرجات الرمادية قليلة التكرار مع بعضها البعض مما يؤدي الى انتاج فرق بين التدرجات الرمادية الناتجة عن عملية التحسين هذه (شكل 5) لذلك تعمل هذه

الطريقة على زيادة شدة التباين وزيادة توضيح النسيج للمعالم الارضية المدروسة فضلا عن ازالة الضلال المتواجدة حول الوديان والجروف. توضح اللوحة (3) المرئيات الموحدة في الخصائص الهندسية والمحسنة طيفيا بعملية البسط المتساوي الهستوغرامي.



شكل 5: A: المدرج التكراري للمرئية قبل عملية البسط المتساوي للمدرج التكراري.
B: المدرج التكراري للمرئية يعد عملية البسط المتساوي للمدرج التكراري.

تكوين المرئية الملونة

بعد اجراء عملية التصحيح الهندسي على مرئيتي (TM) و (HRV) وكذلك تطبيق عملية البسط المتساوي للمدرج التكراري على جميع المرئيات المستخدمة في الدراسة، تم تشكيل المرئية الفضائية الملونة من خلال دمج المرئيات الثلاثة (ذات الحزم الطيفية المختلفة) بالالوان الاضافية الاساسية: الاحمر والاخضر والازرق.

ان عملية الدمج تعني اساسا مطابقة قيم الانعكاسات الطيفية لكل وحدة من الوحدات الصورية لمرئية (HRV) باللون الاحمر مع قيم الانعكاسية الطيفية لمثيلاتها (نفس موقع الوحدات الصورية) في مرئية (TM5) باللون الاخضر ومرئية (TM7) باللون الازرق اللوحة(4-A). لقد تم اختيار هذا التوزيع في الالوان لاعطائه افضل النتائج البصرية في تمييز المظاهر الارضية من خلال امكانية تحديدها وتحسين وضوح شكلها العام.

المناقشة والاستنتاج

لغرض اختبار كفاءة تحسين معالم المظاهر الارضية بوساطة اسلوب الادماج مابين المرئيات الفضائية الملتقطة بمتحسسات مختلفة، تم اختيار بعض الاجزاء من نطاق الطيات العالية في شمال العراق الواقعة الى الشمال من مدينة الموصل. اذ تتميز هذه المنطقة من الناحية التركيبية باحتوائها على التراكيب الارضية كالطيات (طية دهقان) فضلا عن الصدوع الى جانب تباين كبير من الناحية الصخارية (Geosurv, 1995).

تم تكوين مرئية ملونة كاذبة محسنة لوحة(A-4)، يتوضح من خلالها ان هنالك زيادة في تحسين معالم المظاهر الارضية خصوصا اذا ما تم مقارنتها بالمرئيات الخام الاصلية لوحة(2)، ومقارنتها كذلك مع مرئية ملونة ناتجة عن دمج المرئيات التالية (HRV Red, TM5 Green, TM7 Blue) اللوحة(B-4). ان هذا التحسين يمكن توضيحه بالنقاط التالية:

1-يلاحظ في المرئية الملونة اللوحة (A-4) زيادة تحسين النسيج (Texture) الذي هو عبارة عن درجة خشونة او نعومة المظهر الارضي وهذا ما تم ملاحظته من خلال زيادة توضيح نسجة نمط التصريف السطحية المصاحبة لانواع مختلفة من المظاهر الارضية.

2-من خلال مقارنة اللوحة (B-4) و (A-4)،، يلاحظ ان الاولى اظهرت تدرجات لونية متقاربة مما يقود الى اضفاء نوع من الصعوبة في تحديد المظاهر الارضية. على العكس من هذا فان اللوحة(A-4) تبدي تباعدا في التدرجات اللونية لان عملية البسط المتساوي للمدرج التكراري تعمل على تباعد التدرجات اللونية وبالتالي يصبح من السهولة التعرف على المظاهر الارضية.

3-ان معالم المظاهر الارضية تبدو بشكل واضح في اللوحة (A-4)، وذلك بسبب الدمج الناتج عن المرئية المصححة طيفيا بطريقة البسط المتساوي للمدرج التكراري التي تعمل على زيادة شدة التباين وبالتالي زيادة شدة الالوان الاساسية في المرئية الملونة وهذا يقود الى زيادة وضوح المرئية.

4-يلاحظ تحسين في حافات (Edges) الاشكال ارضية وفي حافات الاودية ذات التصريف الشعاعي والشجري والمتوازي، في حين تظهر الحافات في المرئيات الخام والمرئية الملونة الاعتيادية بشكل خافت غير واضح.

5-يمكن من خلال المرئية الملونة تحديد حدود الالوان التي تعكس كلا منها مظهر ارضيا وهذا يمكن المفسر من التعرف على حدود هذه المظاهر بصورة ادق من اللوحات الاخرى المبينة في الدراسة الحالية.

6-المرئية الملونة تبدي ارتياحا للعين البشرية في تمييز المظاهر الارضية لان حساسية العين البشرية للمستويات الرمادية تكون محدودة قياسا الى حساسيتها بالنسبة للتدريجات اللونية، وعليه فان استخدام المرئيات الملونة (الاعتيادية والكاذبة) يؤدي الى تحقيق افضل النتائج في تفسير المظاهر الارضية.

اعتمادا على ما سبق يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية:

1. ان انتاج المرئيات الملونة بنفس الطريقة المتبعة في الدراسة الحالية سوف يؤدي الى زيادة وضوح معالم المظاهر الارضية وبالتالي سهولة كشفها وتحديد امتداداتها خصوصا اذا ماتم اختيار مناطق اكبر مساحتا.
2. يمكن انتاج مرئية ملونة كاذبة لمرئيات ملتقطة بمتحسسات مختلفة مع مراعاة اختيار المرئيات التي تمثل الاساس والمرجع وحسب دقة التمييز لهذه المرئيات.
3. ان دمج المرئيات ذات دقة التمييز العالية مع المرئيات ذات دقة التمييز القليلة بالطريقة المتبعة في الدراسة الحالية لا يعمل على زيادة أي تشوهات اضافية موجودة في المرئية.
4. ان استخدام طريقة البسط المتساوي للمدرج التكراري يبدو اكثر فاعلية من خلال زيادة التدرجات اللونية للمرئيات الملونة الكاذبة.

المصادر العربية

البناء، ريان غازي ذنون، العلاف، عبير عادل محمد 2005. التحري عن مكاشف الصخور الجبسية في طية شيخ إبراهيم المحدبة باستخدام المرئيات التناسبية. مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 1، ص 75-88.

العلاف، عبير عادل محمد، 2002. تصميم نظام برمجي تفاعلي لمطابقة الصور باستخدام خوارزميات جديدة . اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق، 103 صفحة.

المصادر الاجنبية

Al-Emadi, A.T., Al-Allaf, A.M. and Al-Shumam, .A., 2004. Software for image processing in remote sensing. Remote Sensing Centre, Mosul University.

Geosurv, 1995. Geological map of al Mosul quad (1/250.000). State Establishment of Survey and Mining, Baghdad, Iraq.

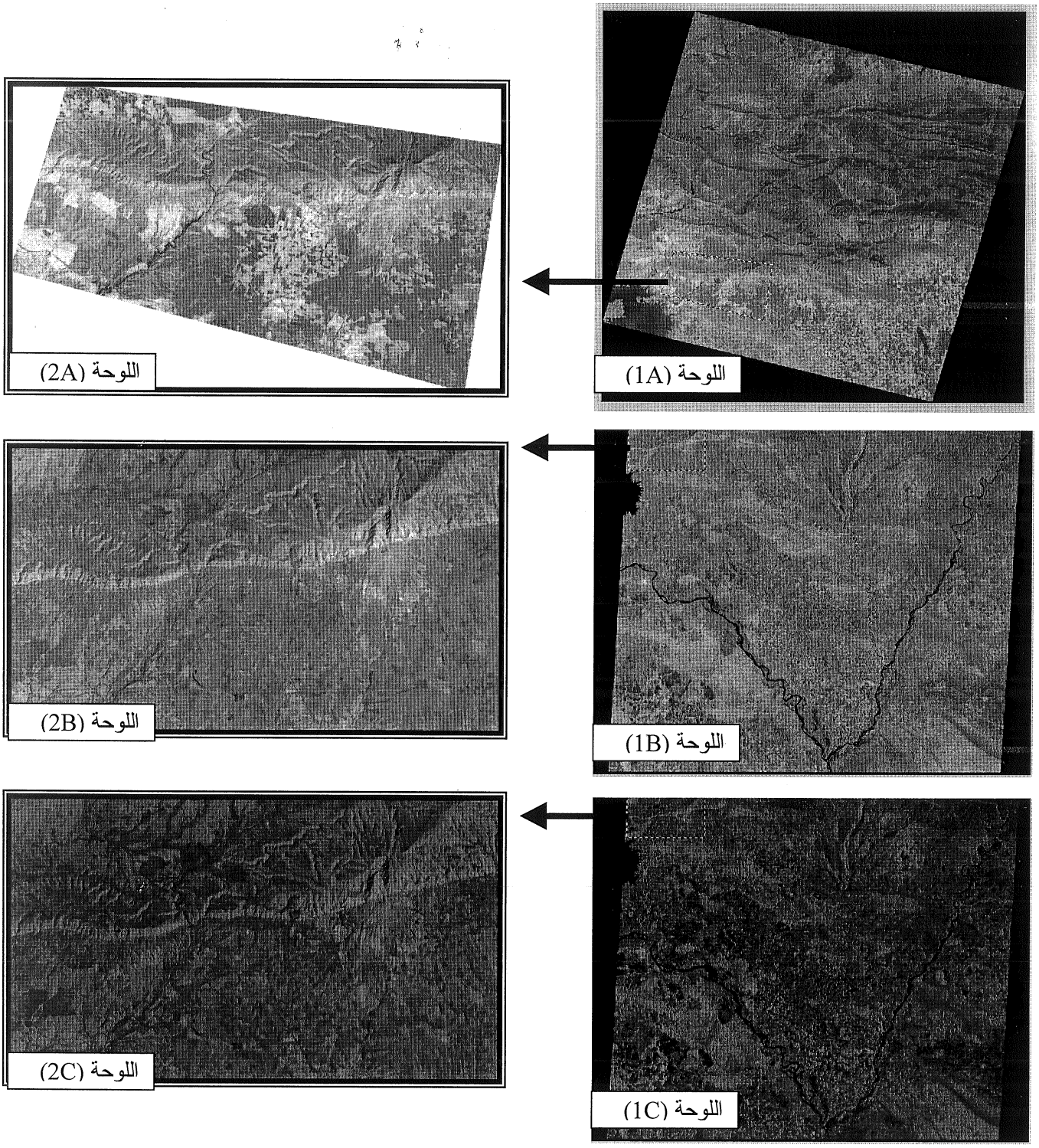
Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1994. Remote sensing and image interpretation, 2 nd Ed., John Willey and Sons Inc., New York, 721p.

Mather, P.M., 1987. Computer processing of remotely sensed images, an international. John Wiley and Sons, 212p.

Sabins, JR.F., 1987. Remote sensing: Principles and Interpretation. Freeman and Sons Co., San Frarancisco, U.S.A., 426p.

Tahir, A.A., 1991. Improving visual interpretation of multispectral data sets through interactive manipulation of feature space. Ph.D. Thesis, London Univ., England, 323p., Unpublished.

Jezching, T., 1989. Registering landsat image by point matching, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol.27, No. 5, pp.642-651.



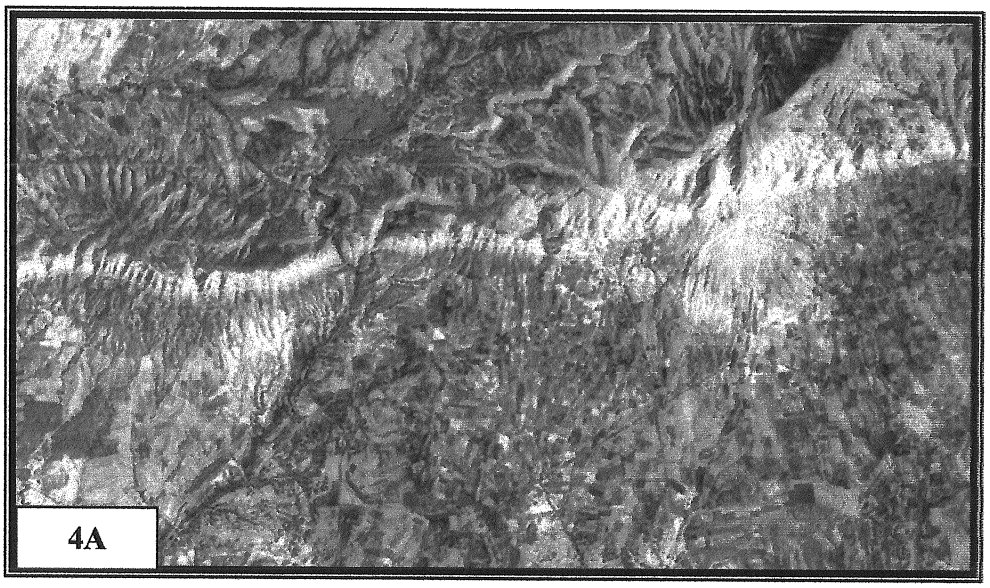
اللوحة (1)
A مرئية (Spot-HRV)
B مرئية (Landsat-5 –TM5)
C مرئية (Landsat-5 –TM7)

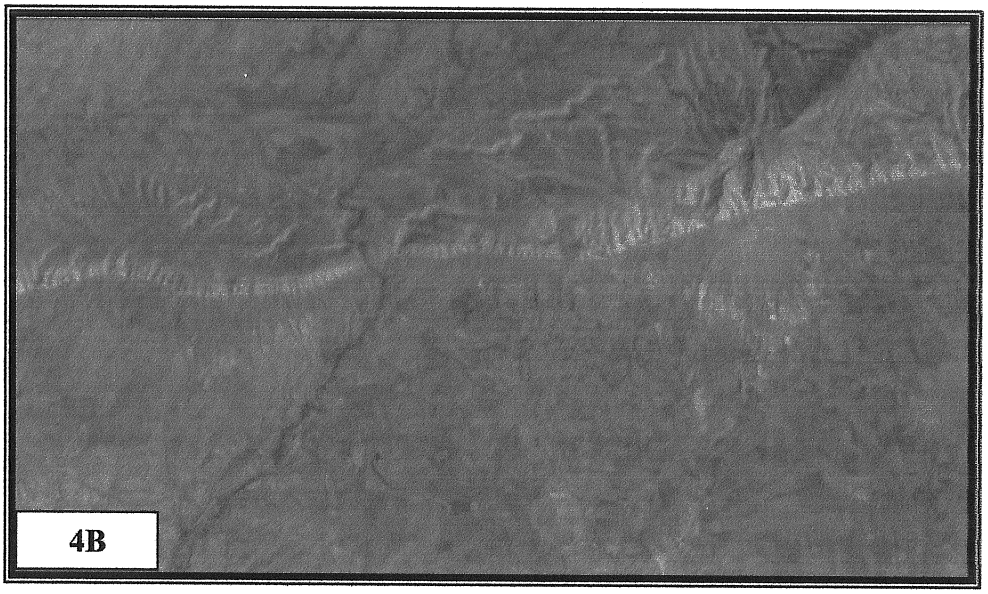
اللوحة (2)
A منطقة مقتطعة من مرئية (Spot-HRV)
B منطقة مقتطعة من مرئية (Landsat-5 –TM5)
C منطقة مقتطعة من مرئية (Landsat-5 –TM7)

اللوحة (3): 3A مرئية HRV الموحدة هندسيا والمحسنة طيفيا.

3B مرئية الحزمة الطيفية (5) TM المحسنة طيفيا.

3C مرئية الحزمة الطيفية (7) TM المحسنة طيفيا





اللوحة (4) A: المرئية الفضائية الملونة والمحسنة طيفيا بعملية البسط المتساوي للمدرج التكراري والناتجة من دمج القنوات (HRV Red, TM5 Green, TM7 Blue)
B: المرئية الفضائية الملونة الناتجة من دمج القنوات (HRV Red, TM5 Green, TM7 Blue)