المحاضرة الثالثة
تفسير و تحليل المرئيات الفضائية
Interprétation et analyse des images satellitaires
Image interpretation and analysis

هذه المحاضرة مقتبسة بتصرف عن كتاب: **أسس و تطبيقات الاستشعار عن بعد**، د. داوود جمعة محمد، النسخة الأولى 2015 ، القاهرة، مصر العربية.
وكتاب : **مقدمة في الصور الجوية و المرئيات الفضائية** . د. داوود جمعة محمد، النسخة الأولى 2013 ، مكة، المملكة العربية السعودية.

عناصر المحاضرة

- مقدمة
- عناصر التفسير البصري éléments de l'interprétation visuelle (Elements of visual interpretation)
- المعالجة الرقمية للمرئيات interprétation numérique de l'image (Digital image interpretation)
  - المعالجة الأولية prétraitement (pre-processing)
  - تحسين المرئية amélioration de l'image (image enhancement)
  - تحويل المرئية transformation de l'image (image transformation)
  - تصنيف و تحليل المرئية classification et analyse de l'image (image classification and analysis)
  - المراجع bibliographie (bibliogrphy)

الهدف من المحاضرة

تهدف هذه المحاضرة الى استكمال الجانب النظري للاستشعار عن بعد لدى الطالب، حيث تنتقل به الى مرحلة جد هامة في عملية الاستشعار، و التي هي مرحلة استغلال المرئيات الفضائية، حيث سيتعرف الطالب من خلال هذه المحاضرة على حيثيات هذا الاستغلال و طرقه العلمية .

المعارف المكتسبة من المحاضرة

يكتسب الطالب من خلال هذه المحاضرة الكثير من المعرف فيما يخص عملية استغلال المرئيات الفضائية و ذلك بمعرفة:

- كيفية الفحص البصري للمرئيات الفضائية و الصور الجوية.
- كيفية تحسين و تصحيح المرئيات.
- كيفية دمج و قص المرئيات.
- كيفية تصنيف المرئية و هي العملية الأهم في الاستشعار عن بعد و خاصة في مجال تخصص تسيير التقنيات الحضرية.

مقدمة :

كي يمكننا الاستفادة من ميزات الاستشعار عن بعد و من البيانات المستشعرة يجب ان نكون قادرين على استخراج المعلومات المفيدة من المرئيات و هو ما يعرف بـ : تفسير و تحليل المرئيات، و هي خطوة هامة جدا في عملية الاستشعار، التي تبدأ بتحديد الأهداف المراد دراستها ثم تحليلها و استنباط المعلومات المراد الحصول عليها حولها، حيث قد تتميز هذه الأهداف بالتالي:

- اهداف قد تكون على شكل نقطة مثل شجرة او خط مثل طرق المواصلات المختلف، او مساحة مثل المسطحات المائية.
- كما يجب ان تكون هذه الأهداف قابلة للتمييز distinguable (distinguishable) أي انها مختلفة عن الأهداف المحيطة بها على نفس المرئية.

يتم معظم تفسير و تحليل المرئيات بصورة بصرية interprétation visuelle (visual interprétation) سواء ا بعد طباعة المرئيات او في صورتها الرقمية عبر أجهزة الحاسوب، الا ان هناك طريقة ثانية لتفسير و تحليل المرئيات و التي بدأت تصبح الأكثر شيوعا مؤخرا و هي التفسير و التحليل الرقمي interprétation et analyse numérique (digital processing and analysis) و ذلك باستخدام جهاز الحاسوب و برامج حاسوبية خاصة.

عناصر التفسير البصري éléments de l’interprétation visuelle (Elements of visual interpretation)

ان تحديد الأهداف هو مفتاح عملية التفسير البصري واستخراج المعلومات. وتشمل هذه العملية محاولة رصد الاختلافات بين الأهداف ومحيطها، والمقارنة بين الأهداف المختلفة من خلال رصد بعض العناصر المرئية ومنها:

- درجة اللون contraste (tone) : درجة اللون هي اللمعان النسبي (للمرئيات ذات التدرج الرمادي) او اللون (للمرئيات الملونة) لهدف معين على المرئية. بصفة عامة فان درجة اللون هو العامل الرئيسي بين عدة أهداف او عدة معالم.

الشكل رقم: 1 درجة اللون

- الشكل forme (shape) : و هو الشكل الهندسي العام للهدف المعني.

الشكل رقم: 2 الشكل

- الحجم volume (size) : يعتمد حجم الهدف على مقياس المرئية، لكن مقارنة حجوم عدة أهداف بعضها بالبعض يمكن ان يؤدي الى نتائج جد مرضية.

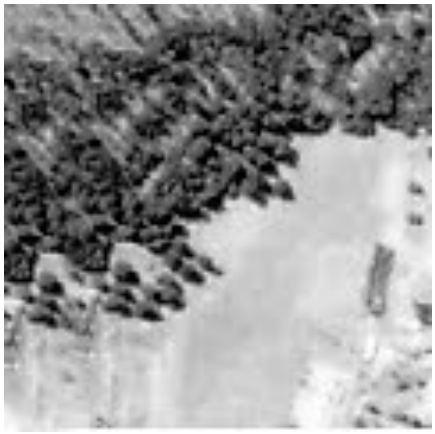
الشكل رقم: 3 الحجم

- النمط disposition (pattern) : يقصد بالنمط الترتيب المكاني للأهداف القابلة للتمييز، عادة فان التكرار المتماثل لنفس درجة اللون و النسيج ينتج عنه أنماط يمكن تمييزها.

الشكل رقم: 4 النمط

- المظهر texture (texture) : و هو المظهر الخارجي الذي يظهر الهدف و يميزه عن غيره من الأهداف، حيث يشمل اللون و طبيعة السطح.

الشكل رقم: 5 المظهر



- الظل l'ombre (shadow) : يعتبر الظل عامل مهم جدا في التفسير البصري حيث يعطينا فكرة حول الارتفاعات النسبية للأهداف على المرئية، و من ثم يسهل تمييزها. لكن الظل قد يكون عائقا أيضا اذ انه بإمكانه إخفاء تفاصيل قد تكون مهمة، أيضا فان الظلال مفيدة جدا في تفسير التضاريس خاصة في مرئيات الرادار.

الشكل رقم: 6 الظل

- الترابط association (association) : يؤخذ عامل الترابط في عملية التفسير البصري حيث يدل على العلاقة بين الأهداف المحيطة بالهدف المراد تمييزه، على سبيل المثال فان المنشآت الصناعية عادة ما تتواجد بالقرب من خطوط المواصلات، بينما المناطق السكنية تتواجد او تترابط مع التجهيزات العمومية. ففي الصورة التالية يمكن تمييز وجود بحيرة مترابطة مع القوارب والمنطقة الترفيهية المجاورة.

الشكل رقم: 7 الترابط

المعالجة الرقمية للمرئيات interprétation numérique de l'image (Digital image interpretation)

للاستفادة من التقنيات المتوفرة في عصرنا الحالي فان معظم بيانات الاستشعار عن بعد يتم تخزينها في صورة رقمية، ومن ثم فان عملية معالجة المرئيات صارت تتم بطريقة رقمية اضا باستخدام أجهزة الحاسوب وبرامجها المتخصصة. وعادة ما تشمل هذه العملية عدة وظائف او مراحل يمكن تقسيمها الى أربع مجموعات:

- المعالجة الأولية prétraitement (pre-processing):

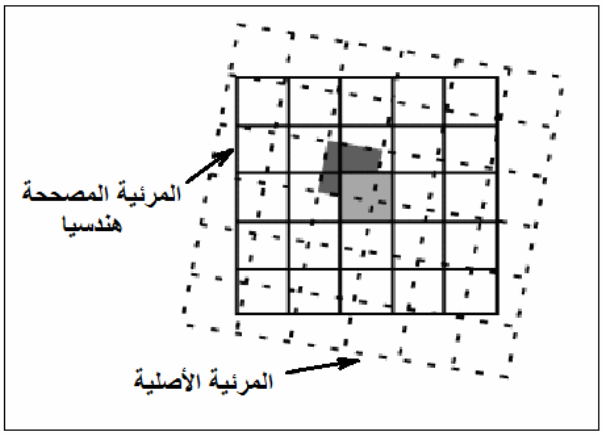
تهدف عمليات المعالجة الأولية (وتعرف أيضا بعمليات استعادة وتقويم المرئية restauration et rectification de l'image (image restoration and rectification)) لتصحيح الأخطاء و التشوهات الراديومترية و الهندسية للمستشعر و الغلاف الجوي المثرة على البيانات. تكون التصحيحات الراديومترية ضرورية بسبب التغير في اضاءة المشهد وهندسة الرؤية وظروف الطقس وأخطاء المستشعر ذاته. وتختلف هذه الأخطاء بناءا على المستشعر والمنصة المستخدمين في استشعار البيانات بالإضافة للظروف اثناء عملية الاستشعار. أيضا يكون من المرغوب فيه ان يتم تحويل ومعايرة البيانات مقارنة بوحدات مطلقة للإشعاع والانعكاس وذلك بهدف تسهيل عملية المقارنة بين البيانات.

يمكن تصحيح تغيرات الإضاءة وهندسة الرؤية بعمل نمذجة للعلاقات الهندسية والمسافة بين كلا من المنطقة الرضية المصورة والشمس والمستشعر. وهذا غالبا ما يكون مطلوبا ليمكننا مقارنة مرئيات عدة مستشعرات لعدة فترات زمنية أو يمكننا عمل تجميع مرئيات متعددة لنفس المستشعر مع الاحتفاظ بظروف اضاءة منتظمة من مشهد لآخر.

- التصحيح الهندسي correction photogrammétrique (geometric correction)

تؤثر سرعة القمر الصناعي وانكسار الأشعة في طبقات الغلاف الجوي والازاحة الناتجة عن التضاريس وعوامل أخرى على المرئية الخام بحث يكون فيها بعض التشوهات الهندسية تمنع من استخدامها مباشرة في انتاج الخرائط والقياسات الدقيقة. وفي أولى خطوات المعالجة الأولية يتم التصحيح الهندسي للتغلب على تشوهات المرئية، الذي يتكون من خطوتين: تصحيح التشوهات المنتظمة من خلال تطبيق معادلات رياضية تعتمد على بيانات وخصائص القمر الصناعي ذاته، وتصحيح التشوهات غير المنتظمة عن طريق ربط المرئية بنقاط تحكم أرضية معلومة الاحداثيات (مثلا برصدها بتقنية الجي بي اس) وموزعة توزيعا منتظما على اركان المرئية الجديدة بمرئية او خريطة سابقة مصححة هندسيا.

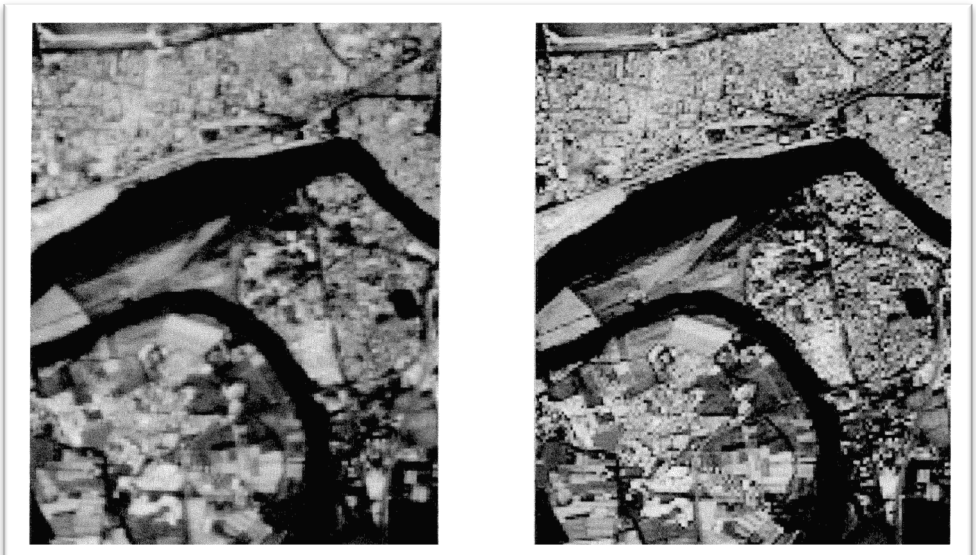
الشكل رقم: 8 التصحيح الهندسي للمرئيات



- التصحيح الراديومتري (correction radiométrique (radiometric correction :

تتأثر المرئيات الفضائية ببعض المصادر التي تسبب وجود تشوهات اشعاعية بها مثل أخطاء بأحد المستشعرات او تأثير الغلاف الجوي، ويتعامل التصحيح الراديومتري مع مصادر هذه الأخطاء للتغلب على اية تشوهات اشعاعية قد تكون في المرئيات.

الشكل رقم: 9 التصحيح الراديومتري

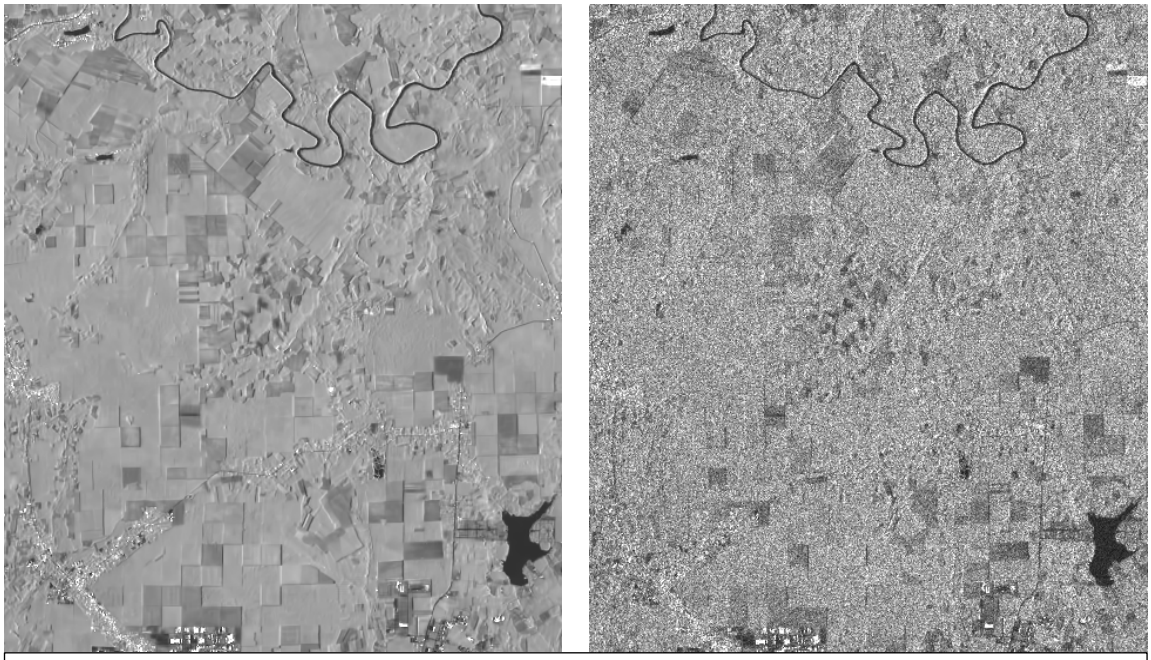


الصورة بعد التصحيح	الصورة قبل التصحيح

- إزالة الضجيج débruitage de l’image (image denoising) :

يؤدي الضجيج في الصورة الى عدم وضوحها وتشوش الرؤية فيها، حيث في هذه الخطوة يقوم برنامج الحاسوب بتطبيق معادلات رياضية لإزالة أي ضجيج قد حدث اثناء عملية الاستشعار ذاته.

الشكل رقم: 10 ازالة الضجيج



صورة قبل إزالة الضجيج صورة بعد ازالة الضجيج

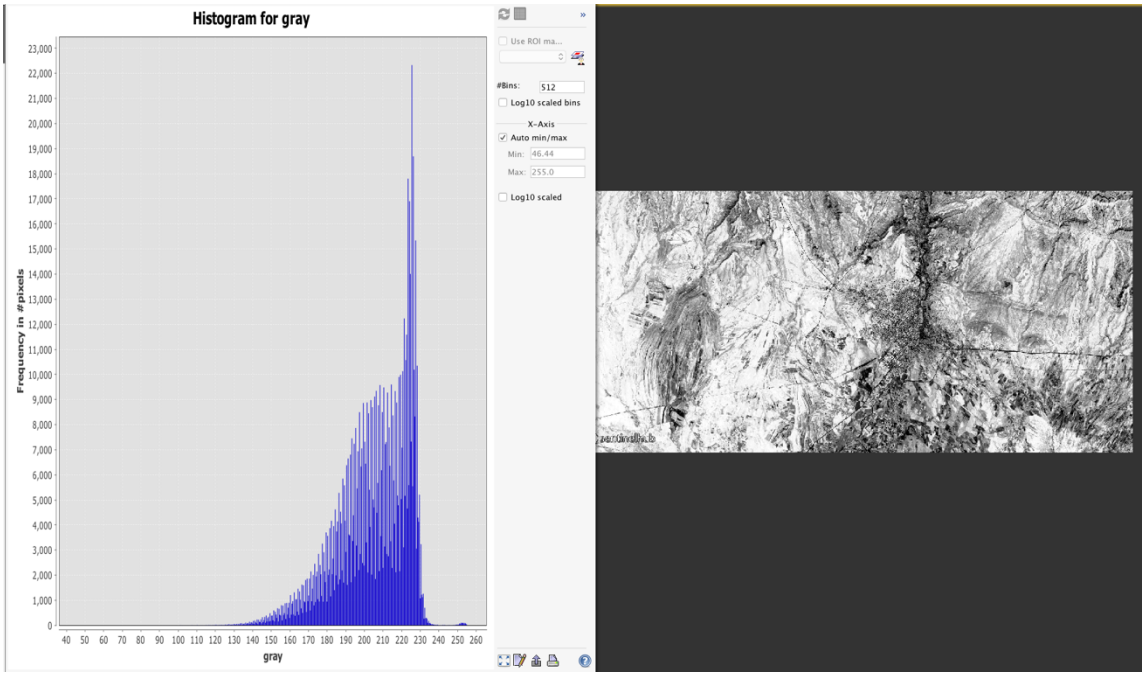
- تحسين المرئية amélioration de l’image (image enhancement)

يستخدم تحسين المرئية لجعل التفسير البصري أسهل، ومع ان عمليات التصحيحات الراديومترية والهندسية قد تكون تمت قبل ان يتم توفير المرئيات للمستخدم الا ان المرئية قد تكون مازالت غير ملائكة تماما للتفسير البصري، ان أجهزة الاستشعار عن بعد (خاصة الأقمار الصناعية) تكون مصممة للتعامل مع مستويات عدة من طاقة الأهداف والتي غالبا تناسب جميع الظروف التي يمكن مواجهتها. ومع التغيرات الكبيرة في الاستجابة الطيفية لمجال واسع من الأهداف (غابات، صحراء، ثلوج...) فانه لا يوجد تصحيح راديومتري يستطيع ان يتعامل مع كل هذه الأنواع ليوفر لنا مجال اضاءة وتباين مناسب لجميع هذه الأهداف. ومن ثم فان لكل تطبيق ولكل مرئية تصحيح مخصص لجعل قيم الإضاءة أفضل ما يكون.

تعتبر البيانات في المرئية الخام مفيدة لأنها تغطي جزء ولو صغير من مجال القيم الرقمية (غالبا 8 بايت أي 256 تدرج لوني). يشمل تحسين التباين amélioration de contraste (contrast enhancement) تغيير القيم الأصلية ليمكن التعامل مع مجال اكبر و من ثمة زيادة التباين بين الأهداف و خلفياتها. ولكي نفهم تحسين التباين بمفهوم الرسم البياني للمرئية (الهيستوغرام) histogramme de l’image (image histogram) . فالرسم البياني ما هو الا تمثيل تصويري (او بياني) لقيم الإضاءة التي تتكون منها المرئية، حيث تكون قيم الإضاءة (من الصفر الى 255) ممثلة على المحور السيني ويكون عدد مرات تكرار كل قيمة من هذه القيم ممثلا على محور الصاد للرسم البياني.

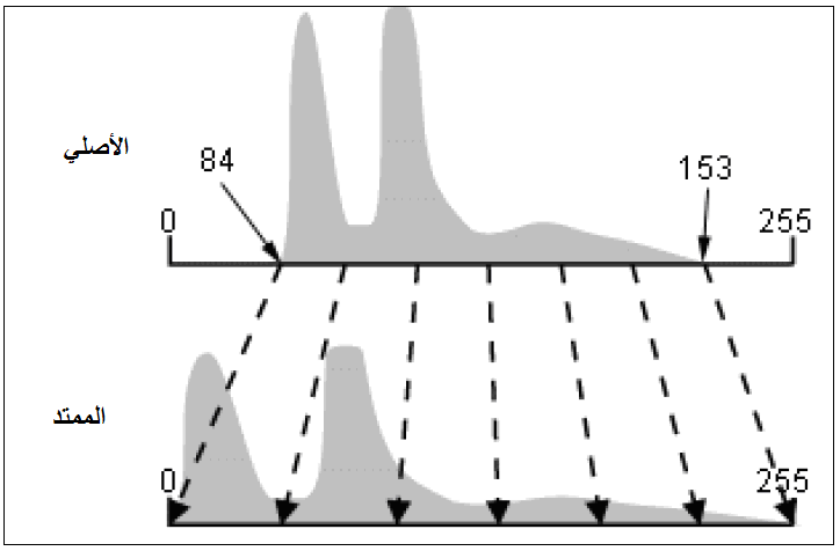
الشكل رقم: 11 الرسم البياني لمرئية فضائية سونتينال لمدينة المسيلة

من انجاز أستاذ المادة

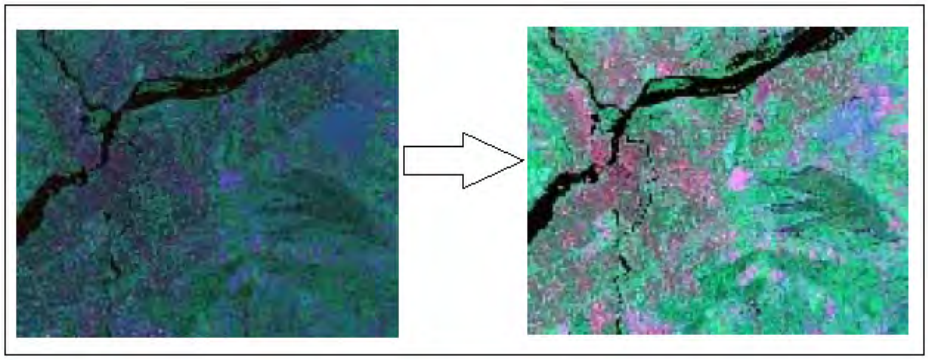


توجد عدة طرق لتحسين تباين المرئية. وسنتعرض هنا لبعضها. ابسط طرق التحسين هي طريقة الامتداد الخطي للتباين étirement linéaire de contraste (linear contrast stretch) ، و تشمل هذه الطريقة تحديد اصغر و اكبر قيمة للرسم البياني للمرئية ثم تطبيق تحويل معين لتمديد هذا المجال لكي يقع داخل المجال الكلي. ففي الشكل التالي يتراوح المجال الأصلي بين 84 و 153 (أي 70 مستوى) بينما سنحوله لكي يغطي المجال الكلي ما بين الصفر و 255 . و كنتيجة لتطبيق هذا الأسلوب فان المناطق الفاتحة في المرئية ستبدو افتح و المناطق الداكنة ستبدو ادكن، مما يجعل التفسير البصري للمرئية اسهل.

الشكل رقم: 12 طريقة الامتداد الخطي للتباين

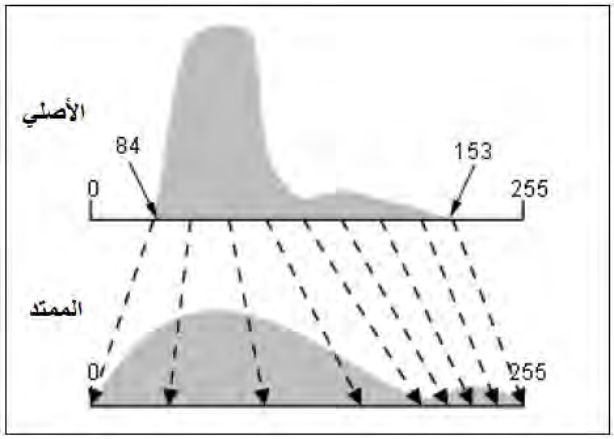


الشكل رقم: 13 نتيجة تطبيق الامتداد الخطي للتباين



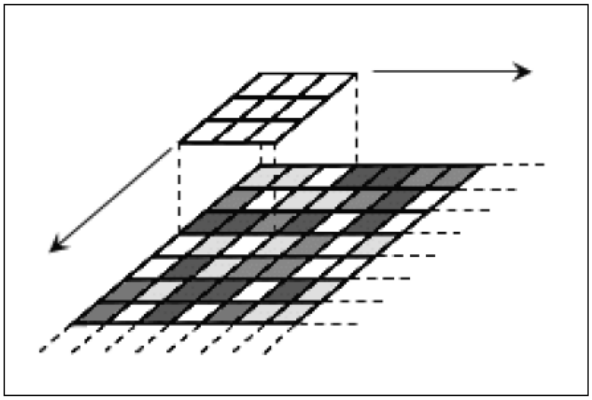
ان التوزيع المنتظم للمجال في المرئية الناتجة قد لا يكون هو أفضل تحسن لها خاصة إذا كانت المرئية الأصلية غير منتظمة التوزيع، هنا نستخدم طريقة أخرى تسمى الامتداد المتساوي البياني étirement pondéré de l'histogramme (histogram-equalized stretch) . ففي هذه الطريقة يعطي الامتداد قيم أكثر (أي مجال اكبر) للجزء المتكرر من الرسم البياني، و بهذا الأسلوب فان تفاصيل هذا الجزء ستكون اكثر تباينا من جزء الرسم البياني الأقل تكرارا أو حدوثا. فعلى سبيل المثال إذا كان لدينا مرئية يظهر بها جزء من نهر و المناطق المحيطة به و كانت المياه تغطي المجال الرقمي من 40 الى 76 ، فيمكننا عمل امتداد لهذا الجزء فقط لكي يغطي المجال الكلي (من صفر الى 255) لكي يمكننا زيادة تباين المنطقة المائية فقط و تفسير ما بها من تفاصيل مثل التغير في الترسيب في قاع النهر، لكن في هذا المثال فان جميع الخلايا لها قيم رقمية اقل من 40 أو أكبر من 76 سيتم تحديد قيم اما صفر أو 255 على الترتيب لها، أي أنها تفاصيل هذه المناطق ستختفي من المرئية الجديدة.

الشكل رقم: 14 طريقة الامتداد المتساوي البياني



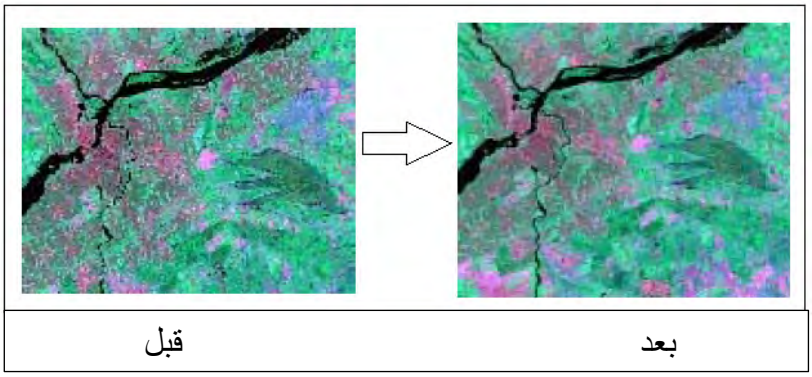
وهناك طريقة أخرى لتحسين المرئية تسمى طريقة التصفية المكانية filtrage spatial (spatial filtering) تشمل وظائف أخرى للمعالجة بهدف تحسين مظهر المرئية، و تعتمد هذه الطريقة على تعظيم اظهار اهداف محددة بناءا على ترددها المكاني fréquence spatiale(spatial frequency) و هي طريقة متعلقة بمفهوم المظهر texture (texture) الذي سبق التعرض له، فمناطق المظهر الخشن على المرئية (حيث يكون التغير في درجة اللون كبيرا و بصورة مفاجئة) يكون لها تردد مكاني عالي بينما مناطق المظهر الناعم يكون لها تردد مكاني منخفض. و من الطرق الشائعة للتصفية المكانية تمرير نافذة تتكون من عدد قليل من الصفوف و الأعمدة (مثلا 3X3 او 5X5) على كل خلية او بكسل في المرئية مع تطبيق نموذج رياضي يعتمد على قيم الخلايا اسفل هذه النافذة، و تتحرك النافذة على كل صف و كل عمود بحيث يطبق النموذج الرياضي مرة واحدة كل مرور، و تتكرر هذه الحسابات خلية بخلية على كل انحاء المرئية . ونتيجة تغير الحسابات وتغير وزن كل خلية في النافذة فان طريقة التصفية المكانية يمكنها تحسين عدة أنواع من الأهداف على المرئية.

الشكل رقم: 15 طريقة التصفية المكانية

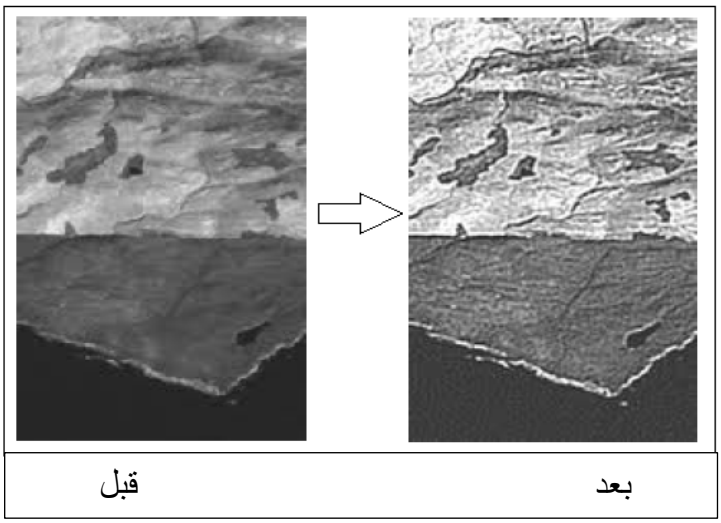


و من طرق التصفية المكانية أيضا التصفية منخفضة المسار filtre passe-bas (low-pass filter) و الذي يستخدم لتعظيم و تحسين المناطق الكبيرة المتجانسة في درجة اللون و تقليل كم التفاصيل على المرئية. ان ان هذه التصفية غالبا ما تقوم بتنعيم مظهر المرئية، ومن امثلة النماذج الرياضية لهذه التصفية نماذج المتوسط والوسيط (عادة ما تستخدم في مرئيات الرادار) و على الجانب الآخر فان التصفية عالية المسار filtre passe-haut (high-pass filter) تهدف الى تعظيم تفاصيل المرئية، مثل تعظيم اظهار طرق المواصلات و التراكيب الجيولوجية خطية الشكل.

الشكل رقم: 16 التصفية منخفضة المسار



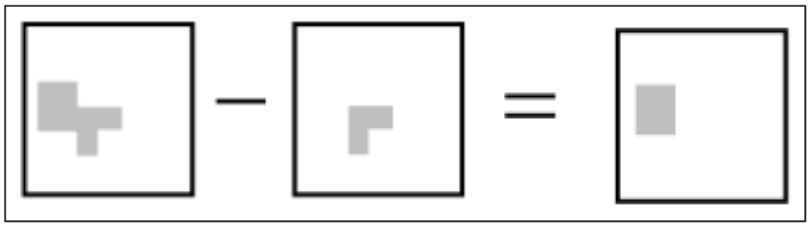
الشكل رقم: 17 التصفية عالية المسار



○ تحويل المرئية transformation de l’image (image transformation)

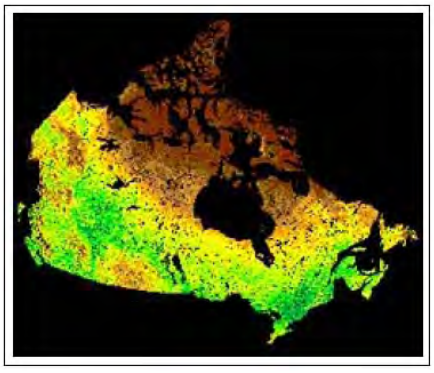
عادة ما تشتمل عمليات تحويل المرئية على وظائف إدارة النطاقات المتعددة للبيانات سواء كانت من مرئية واحدة متعددة النطاقات أو من عدة مرئيات لنفس المنطقة تم استشعارها في ازمنة مختلفة، وفي كلتا الحالتين فان تحويل المرئية ينتج عنه مرئية جديدة تهدف للتركيز على أهداف معينة او خصائص محددة واظهارها بشكل أفضل من المرئية الأصلية.
تقوم الوظائف الأساسية لتحويل المرئية بتطبيق عمليات حسابية بسيطة على بيانات المرئية. فعلى سبيل المثال فان طرح المرئيات soustraction de l’image (image substraction) عادة ما يستخدم لبيان التغيرات التي حدثت لمرئيات متعددة التاريخ، ففي الشكل التالي يتم طرح قيمة اضاءة الخلية او البكسل في المرئية الأولى من قيمة اضاءة الخلية للمرئية الثانية. وبإعادة المقياس l’échelle (scaling) للمرئية الناتجة من عملية الطرح، فإننا نحصل على مرئية جديدة مختلفة، هي عبارة عن ناتج طرح الخلايا من المرئية الثانية من نظيراتها التي تتجانس او تتشابه معها في الدرجة اللونية من المرئية الأولى، حيث تتخذ خلايا هذا الناتج قيم لونية تدور حول 127 بينما تتخذ الخلايا الأخرى قيم اعلى او اقل من هذا الرقم. وتستخدم هذه التقنية في معرفة مدى التطور المجالي لظاهرة جغرافية معينة مثل توسع المدن او انحسار الشواطئ او تقدم التصحر او انكماش المساحات الخضراء ...

الشكل رقم: 18 مثال عن طرح مرئيتين



أيضا تعد قسمة المرئيات division de l’image (image division) (و تعرف أيضا باسم التنسيب الطيفي (من النسبة) rationnement spectral (spectral rationing) من الطرق الشائعة في تحويل المرئيات، و هو يهدف الى القاء الضوء على التغيرات الدقيقة في الاستجابة الطيفية لغطاءات السطح المختلفة. بقسمة بيانات نطاقين طيفيين مختلفين نتحصل على مرئية تحسن التغيرات في ميول منحنيات الانعكاس الطيفي بين النطاقين المختلفين والتي قد تكون في الأساس غير ظاهرة نتيجة تغير الاضاءة او اللمعان في كل نطاق منهما. المثال التالي يوضح هذا المفهوم: النباتات السليمة تعكس الطاقة بقوة في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة وتمتص بقوة الاشعة الحمراء المرئية، بينما الأسطح الأخرى مثل الرطوبة والمياه تظهر انعكاسات متساوية تقريبا في كلا هاذين النطاقين. أي ان قسمة النطاق 7 من مرئية اللاندسات MSS (نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة من 0. 7 الى 1.1 ملم) على النطاق 5 (نطاق اللون الأحمر من الضوء المرئي من 0.6الى 0.7 ملم) سينتج لنا الأقسام الأكبر من 1 للنباتات و الأقسام القريبة من 1 للتربة و المياه، و من ثم فان التمييز بين النباتات و الأسطح الأخرى سيتحسن بصورة ملموسة. أيضا ربما يكون ممكنا ان نميز مناطق النباتات المريضة والتي سيكون قسمها اقل من ذلك لنباتات السليمة.

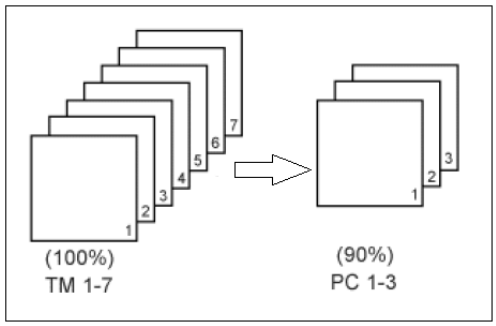
الشكل رقم: 19 مثال لقسمة نطاقين



ومن المميزات الأخرى للتنسيب الطيفي هي الإنقاص في تأثير التغيرات الطوبوغرافية على اضاءة المشهد لأننا ننظر للقيم النسبية بدلا من القيم المطلقة. ومن ثم فانه وبالرغم من ان الانعكاس المطلق لغطاء الغابات في منطقة متغيرة الميول سيعتمد على الاتجاه لمصدر الإضاءة وهو الشمس. الا ان نسبة الانعكاسات بين نطاقين ستكون متقاربة جدا. اما التنسيب باستخدام مجموع او الفرق بين نطاقين من عدة مستشعرات فقد تم تطويره لمراقبة ظروف وحالة النباتات. و من اشهر طرق تحويل المرئيات ما يعرف باسم المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات indice normalisé de déférence de végétation (Normalized Difference Vegetation Index **NDVI**) و الذي يتم استخدامه لمراقبة الغطاء النباتي على مستوى إقليمي و مستوى عالمي باستخدام مستشعر الراديومتر المتقدم جد عالي الوضوح radiomètre développé à très haute résolution (advanced very high resolution radiometer **AVHRR**) الموجود في سلسلة أقمار NOAA.

عندما تكون بيانات النطاقات المختلفة مرتبطة (أي بينها ارتباط احصائي) ومن ثم فهي تحتوي على بيانات متشابهة، فعلى سبيل المثال فان بيانات النطاقين 4 و 5 لمستشعر MSS في مرئيات القمر لاندسات (أي النطاقين الأخضر و الأحمر على الترتيب) عادة ما تحتوي مظاهر بصرية متشابهة حيث ان انعكاسات نفس الأهداف عادة ما تكون متساوية. و من هنا فان طرق تحويل المرئيات يمكن استخدامها لمعالجة الخصائص الإحصائية للبيانات متعددة النطاقات بهدف تقليل التكرار و الارتباط بين النطاقات. و من هذه الطرق : طريقة تحليل المركبات الرئيسية analyse des composantes principales (principal components analysis) و التي تهدف أساسا الى تقليل عدد نطاقات هذه البيانات و ضم اكبر كم ممكن من البيانات في عدد صغير من النطاقات. فالشكل التالي يبين إمكانية تحويل بيانات النطاقات السبعة لمستشعر TM بحيث ان المكونات الرئيسية الثلاثة الأولى تحتوي تقريبا على 90٪ من البيانات الأصلية. وبالطبع فان تفسير بيانات هذه النطاقات الثلاثة (سواء بصريا او رقميا) سيكون ابسط وأكثر كفاءة من تفسير النطاقات الأصلية السبعة.

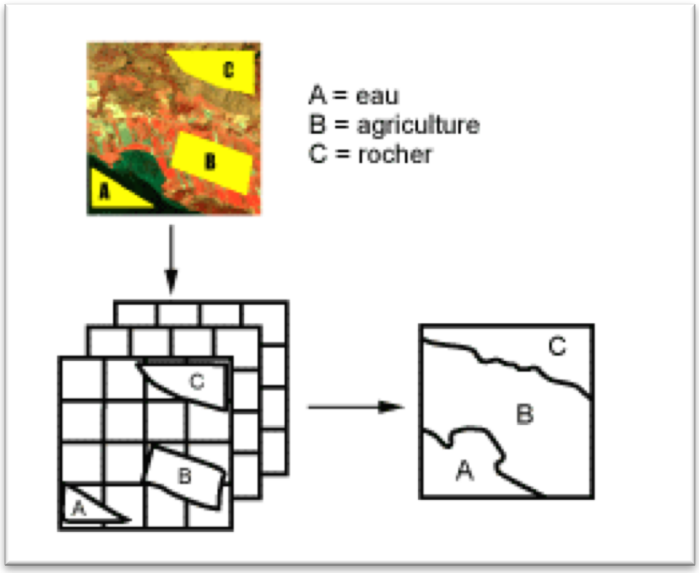
الشكل رقم: 20 تحليل المركبات الرئيسية



- تصنيف و تحليل المرئية classification et analyse de l’image (image classification and analysis)

يهدف المحلل البشري الى تقسيم الأهداف على المرئية باستخدام عوامل التفسير البصري لكي يقوم بتحديد مجموعات متجانسة من الخلايا (بيكسل) تمثل الأهداف المختلفة او غطاءات الأرض. ويستخدم التصنيف الرقمي للمرئيات classification numérique de l’image (digital image classification) معلومات طيفية تمثل القيم الرقمية لنطاق او أكثر ومن ثم يحاول تقسيم كل خلية او بيكسل طبقا لهذه المعلومات الطيفية. ويسمى هذا النوع من التصنيف الرقمي باسم إدراك الأنماط الطيفية modèle de reconnaissance spectrale (spectral pattern recognition)، أي انه يهدف الى إعطاء مجموعة محددة لجميع الخلايا التي تنتمي لنمط طيفي معين على المرئية(مياه، غابات، حقول ...). و من هنا فان المرئية المصنفة تتكون من تجميع من الخلايا كلا منها تمثل موضوع معين و لذلك فهي تمثل خريطة موضوعية carte thématique (thematic map) من المرئية الأصلية.

الشكل رقم: 21 تصنيف المرئية

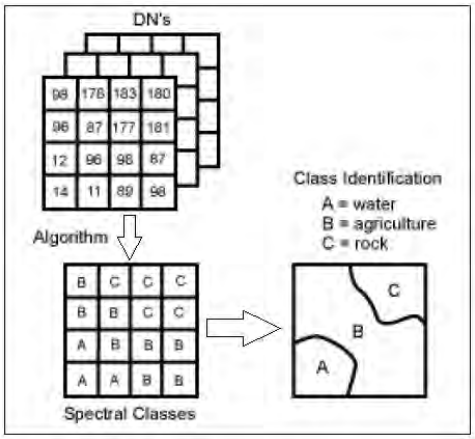


عندما نتحدث عن الفئات او المجموعات فيجب ان نفرق بين أصناف او طبقات المعلومات classes d'information (information classes) و الأصناف او الطبقات الطيفية classes spectrales (spectral classes) . فطبقات المعلومات هي الفئات التي يهدف التحليل الى تحديدها على المرئية مثل أنواع المحاصيل المختلفة وأنواع الأشجار ... اما الطبقات الطيفية فهي مجموعات من الخلايا المتجانسة (او القريبة) بالنسبة لدرجات الإضاءة في القنوات الطيفية المختلفة للبيانات. والهدف هنا هو المزاوجة او الملاءمة بين الطبقات الطيفية لبيانات المرئية وطبقات المعلومات المطلوبة. ومن الصعب إيجاد ملاءمة دقيقة وكاملة بين طبقتين محددتين. فقد توجد طبقات معلومات واسعة (مثل الغابات) تتكون من عدة طبقات طيفية فرعية sous-classes spectrales(spectral sub-classes) ففي مثالنا هذا تعود الطبقات الطيفية الفرعية الى التغير في العمر و الكثافة و النوع و الشكل. ومن هنا يكون على المحلل ان يقرر كيف يزاوج بين الطبقات او الفئات الطيفية والمعلوماتية.

يمكن تقسيم أنواع التصنيف الى مجموعتين رئيسيتين و هما التصنيف المراقب classification supervisée (supervised classification) و التصنيف غير المراقب classification non supervisée (unsupervised classification) . ففي التصنيف المراقب يقوم المفسر بتحديد عينات متجانسة (على المرئية) لأنواع الغطاءات او طبقات المعلومات المنشودة. و يطلق على هذه العينات اسم منطقة التدريب Données-test (training areas) . ويكون اختيار قائما على معرفة المفسر بالمنطقة الجغرافية لهذه المرئية ومعلوماته عن الغطاءات الأرضية الظاهرة على المرئية. ومن هنا فانه يقوم بمراقبة عملية التصنيف. ثم استخدام المعلومات لكافة النطاقات في المنطقة لتدريب الحاسوب على كيفية تمييز المناطق المتشابهة لكل مجموعة او فئة. ثم يقوم الحاسوب بواسطة برامج متخصصة بتحديد البصمة الرقمية لكل منطقة تدريب، ثم يقوم بتحديد أي فئة أقرب لكل خلية على المرئية. أي اننا في التصنيف المراقب نقوم أولا بتحديد طبقات المعلومات التي يتم استخدامها لاحقا لتحديد الطبقات الطيفية التي تمثلها. و الشكل السابق رقم 21 يبين هذه العملية.

اما التصنيف غير المراقب فهو عكس المراقب من حيث ان الطبقات الطيفية يتم تجميعها أولا طبقا لمعلومات المرئيات فقط ثم لاحقا تتم ملاءمتها او مزاوجتها لطبقات المعلومات. وتستخدم برامج حاسوبية تسمى برامج او طرق التجميع algorithmes d'assemblage (clustering algorithms) لتحديد المجموعات الرقمية (او الإحصائية) في البيانات. وعادة ما يحدد المفسر عدد المجموعات التي سيتم البحث عنها وتصنيفها. وقد يحدد أيضا الحدود الفاصلة بين هذه المجموعات والتغير داخل كل مجموعة. و يكون الناتج النهائي لهذه العملية التكرارية هو مجموعة من المجموعات او الطبقات التي قد يرغب المفسر في دمجها معا او مجموعة من الطبقات التي يرغب في تقسيمها الى طبقات فرعية لاحقا (من خلال تطبيق برامج التجميع مرة أخرى). و من ثم فان التصنيف غير المراقب لا ينتهي بدون تدخل بشري، لكنه في نفس الوقت لا يبدأ بمعرفة تقسيم مبدئي للبيانات كما في حالة التصنيف المراقب.

الشكل رقم: 22 التصنيف غير المراقب



المراجع

[1] 2015 .د. ج. م. داوود, *اسس و تطبيقات الاستشعار عن بعد*, الاولى.

[2] G. M. Dawod, “An Introduction to Aerial Photographs and Satellite Images,” 2013, [Online]. Available: http://nwrc-egypt.academia.edu/ GomaaDawod.