المحتويات

- المعالجة الأولية
- تحسين الصورة
- تصنيف الصورة
- كشف التغير

معالجة صور الاستشعار عن بعد الرقمية

معظم بيانات الاستشعار عن بعد يتم تخزينها في صورة رقمية ومن ثم فان عملية معالجة المرئيات صارت تتم بطريقة رقمية باستخدام أجهزة الكمبيوتر و برامجها المتخصصة.
يمكن تقسيم عمليات معالجة صور الاستشعار عن بعد الرقمية إلى عدة أنواع حسب الغرض منها، وتتضمن كل عملية مجموعة من الطرق التي يمكن تطبيقها على كامل الصورة أو على جزء منها ومن أهم عمليات المعالجة :

- المعالجة الأولية
- تحسين الصورة
- تصنيف الصورة
- معالجة الصور متعددة التواريخ لكشف التغير في المناطق الجغرافية

المعالجة الأولية

البيانات الأولية (الخام) لصور الاستشعار عن بعد لا تمثل بشكل جيد المكان الذي تم تصويره؛ وذلك لأنها تتعرض لبعض التشوهات الراديومترية والهندسية أثناء عمليات التصوير.

ويوجد نوعين من التصحيح للصور الرقمية هما : التصحيح الراديومتري والتصحيح الهندسي.

التصحيح الراديومتري

التشوه والأخطاء المرتبطة بالقيم الرقمية لعناصر الصورة تسمى بالتشوه الراديومتري ويحدث بسبب عدد من العوامل منها تأثير مواد الغلاف الجوي و تغير الإضاءة بسبب موقع الشمس بالنسبة للأرض مما يؤثر في قيم الأشعة التي يسجلها جهاز الاستشعار عن بعد ويجعلها لا تمثل تماما كمية الأشعة القادمة إليها من المنطقة الجغرافية التي تمثلها.

مثال تصحيح تأثير الغلاف الجوي

يتسبب الغلاف الجوي في تقليل الطاقة الشمسية التي ترد إلى الهدف الأرضي كما أنه يقوم بدور عاكس للطاقة فيتسبب في إضافة أشعة مبعثرة إلى الطاقة التي تصل جهاز الاستشعار أثناء المسح و يطلق عليه إشعاعية المسار(شكل 20).

و يمكن التعبير عن الإشارة المركبة التي تلاحظ في موقع وحدة الصورة بالمعادلة التالية:

$$R_T = (\rho * I * T) / \pi + R_P$$

R_T كمية الأشعة الكلية التي تصل جهاز الاستشعار

ρ معامل انعكاسية الهدف

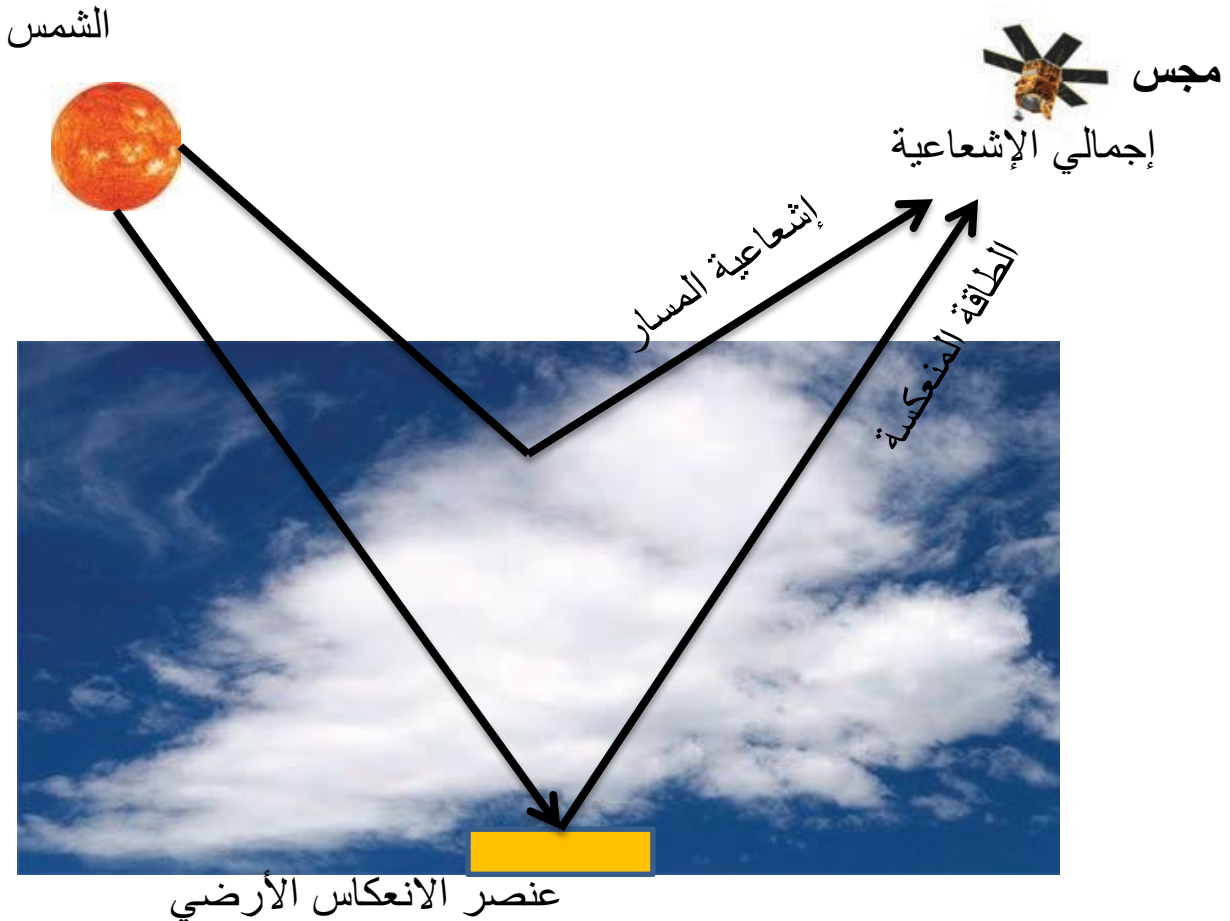
I كمية الأشعة الواردة من الهدف الأرضي

T نفاذية الغلاف الجوي

R_P إشعاعية المسار

يلاحظ أن الحد الأول من المعادلة و الذي يمثل انعكاسية الأشعة من الهدف الأرضي هو المعلوم أما الحد الثاني و الذي يمثل إشعاعية المسار فهو الحد المجهول . و يتسبب الأخير في ضبابية في الصورة تضعف بنيتها و يؤدي إلى تباين ضوئي منخفض ، و يعتمد هذا التبعثر على طول الموجة ، فكلما قصر طول الموجة ازداد التبعثر و بالتالي ازدادت ضبابية الصور .
لتصحيح هذا التأثير ، نعتمدعلى وجود جسم مائي أو ظل في المنطقة المصورة ، و ذلك لأن الجسم المائي أو الظل يمثل بالعدد الرقمي 0 أو 1 في وحدة الصورة التي تمثله فإذا كان العدد الرقمي لوحدة الصورة التي تمثل الجسم المائي اكبر من ذلك (مثلا 24) فذلك يدل على وجود تأثير للأشعة المبعثرة الدخيلة و لتصحيح ذالك نقوم بطرح هذا العدد من كل قيم خلايا الصورة.

شكل 20: تأثير الغلاف الجوي على أنماط الاستجابة الطيفية



التصحيح الهندسي

تحتوي بيانات الصورة الرقمية الخام عادة على تشوهات هندسية كبيرة بحيث لا يمكن عمل قياسات مساحية دقيقة عليها و الغاية من عملية التصحيح الهندسي هي تصحيح موقع وحدة الصورة و بالتالي وضع الهدف الأرضي في موقعه الهندسي الصحيح في الصورة .

مصادر هذه التشوهات الهندسية متعددة نذكر منها :

- تغير ارتفاع منصة حامل جهاز الاستشعار و تغير توجيهها و سرعتها.
- انحناء أو كروية سطح الأرض.
- انكسار الأشعة خلال مرورها من طبقات الغلاف الجوي.
- دوران الأرض أثناء عملية المسح.
- تغير التضاريس.
- تشوهات ناتجة من جهاز الاستشعار.

يتم التصحيح الهندسي للصور الرقمية بواسطة تحديد الإحداثيات لبعض النقاط الواضحة علي المرئية والتي تسمى نقاط الضبط الأرضية ومطابقة احداثياتهم في نظام احداثيات أرضية معروفة (مثلا خط الطول و دائرة العرض).

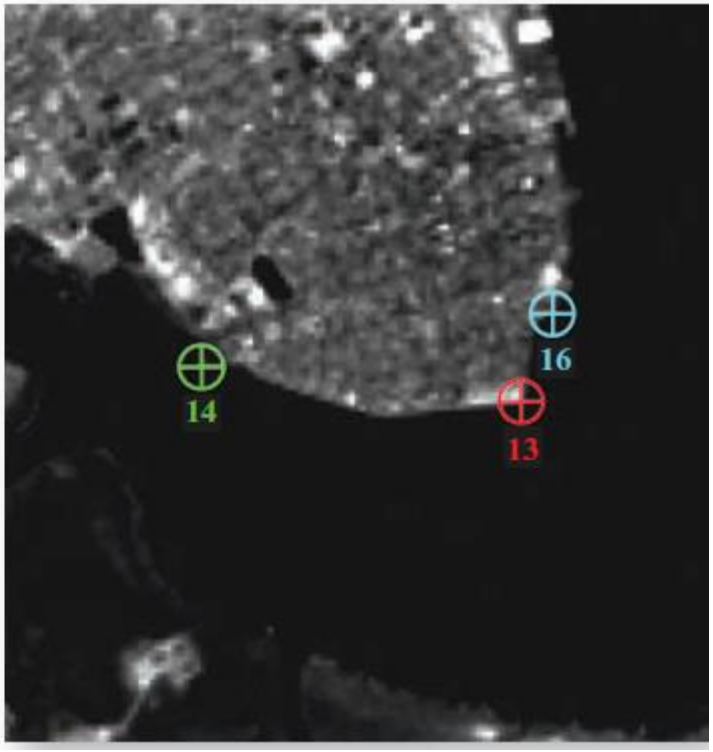
في حالة عدم توفر نقاط ضبط أرضية يمكن استخدام بعض الظواهر الجغرافية الصغيرة كنقاط مرجعية.

يتم الحصول على إحداثيات النقاط المرجعية إما من الصور المصححة المتوفرة أو من الخرائط المتوفرة (الورقية أو الرقمية) (شكل 21) أو ميدانيا باستخدام نظام تحديد المواقع.

ويجب أن تكون الظواهر الجغرافية الثابتة التي يمكن اختيارها كنقاط ضبط أرضية صغيرة وواضحة مثل تقاطع طريقين أو التقاء واديين أو تل (جبل) منفرد أو جسر على طريق أو أي معلم جغرافي صغير وواضح.

ويجب أن تكون موزعة بشكل جيد على المنطقة التي تغطيها الصورة المراد تصحيحها خاصة في مناطق أطراف الصورة، وأن تشكل الثلاث الأولى منها مثلث كبير.

شكل 21 :اختيار نقاط التحكم الارضية لتصحيح مرئية بخريطة معلومة الاحداثيات



بعد عملية تحويل إحداثيات وحدات الصورة من الوضع الخام المشوه هندسيا إلى الإحداثيات الجديدة المصححة يتطلب الأمر إعادة الأعداد الرقمية إلى وحدة الصورة التي كانت عليها قبل التصحيح . و هنالك طرق مختلفة لإعادة الأعداد الرقمية إلى وحدات الصورة بعد التصحيح الهندسي (شكل 22) نذكر منها:

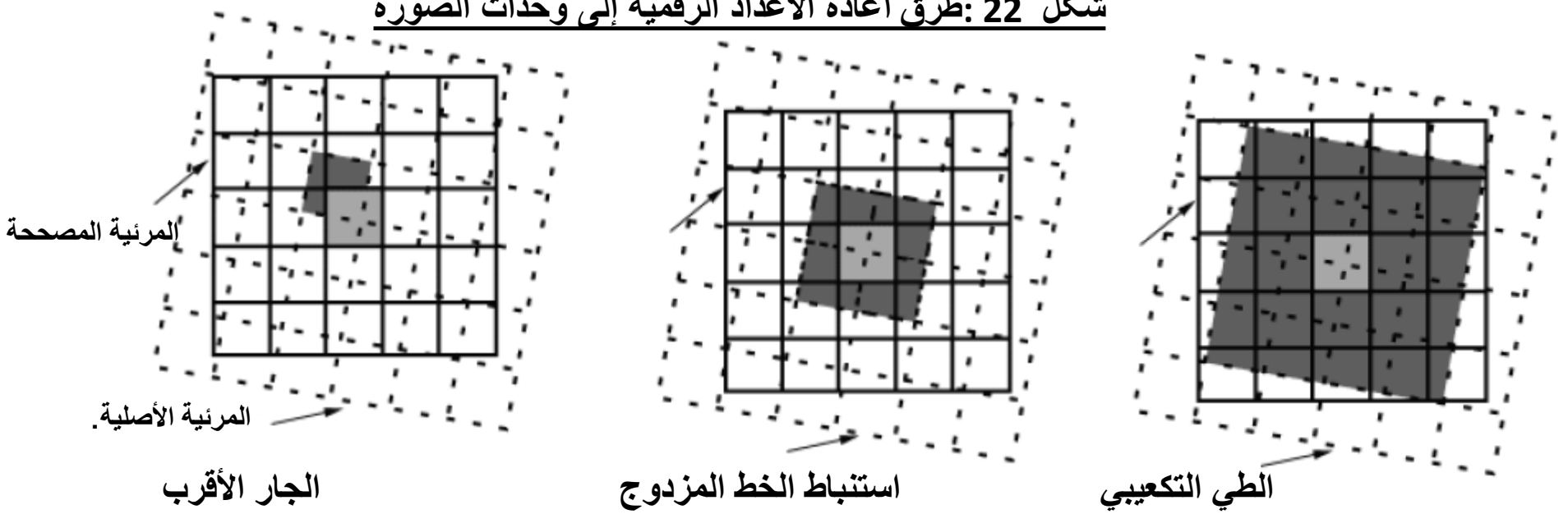
طريقة الجار الأقرب : في هذه الطريقة يتم اختيار العدد الرقمي لأقرب وحدة صورة و يسجل لوحدة الصورة المطلوب إعادة عددها الرقمي وهذه الطريقة هي الأبسط، وهي لا تقوم بتغيير القيم الأصلية إلا أن بعض قيم الخلايا قد تتكرر بينما البعض الأخر قد يفقد.

طريقة استنباط الخط المزدوج : في هذه الطريقة نحسب المتوسط الموزون للاعداد الرقمية لوحدات الصورة الأربع المجاورة لوحدة الصورة التي نحن بصدد إعادة عددها الرقمي. وبسبب عملية المتوسط فان المرئية الجديدة ستكون ذات قيم جديدة (مختلفة) تماما. وهذا التأثير قد يكون غير مرغوبا به في حالة إتمام التصنيف و التحليل المعتمد علي الاستجابة الطيفية.

طريقة الطي التكعيبي : في هذه الطريقة يتم استخدام ستة عشر وحدة صورة محيطة بوحدة الصورة التي يراد إعادة تسجيلها ومثل الطريقة السابقة فان المرئية الناتجة ستكون جديدة تماما وذات قيم خلية مختلفة تماما عن المرئية الأصلية.

كلتا الطريقتين استنباط الخط المزدوج و الطي التكعيبي تتميزان بإنتاج مرئيات أكثر وضوحا من المرئيات الذي قد ينتج عن تطبيق طريقة الجار الأقرب.

شكل 22 :طرق اعادة الأعداد الرقمية إلى وحدات الصورة



تحسين الصورة

يصعب على عين الإنسان أن تميز على الصورة الأصلية (الأولية) الظواهر الجغرافية الصغيرة والظواهر التي تكون الفروق الطيفية أو الراديومترية فيها بسيطة ويمكن الحاسب الآلي من التغلب على هذه المشكلة بتطبيق طرق تحسين تعمل على تكبير وتضخيم الفروق الراديومترية البسيطة للظواهر لترى بسهولة على الصورة.

وعليه فالهدف من تحسين الصورة الرقمية هو إعداد صورة جديدة من الصورة الأصلية تظهر قدرا أكبر من تفاصيل الظواهر الجغرافية ليسهل تمييزها والتعرف عليها بصريا.

ويوجد العديد من طرق التحسين التي يمكن تطبيقها على كامل الصورة أو على جزء منها وفي ما يلي بعض طرق تحسين الصور الرقمية :

1) زيادة التباين في الصورة
2) إنتاج الصور الملونة
3) الترشيح المكاني
4) نسب النطاقات
5) تحليل المركبات الأساسية

.

زيادة التباين في الصورة

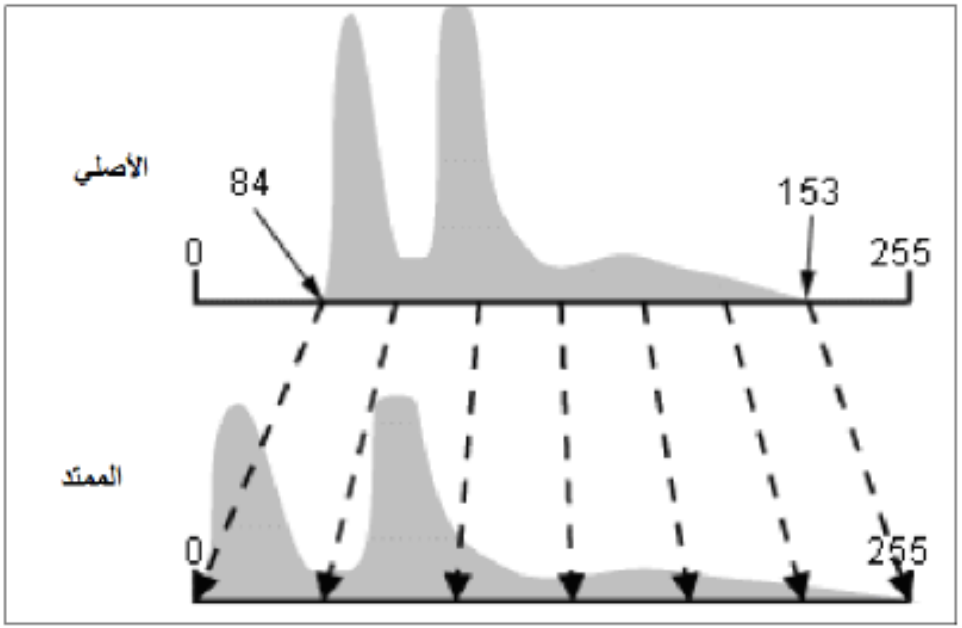
- صممت أغلب أجهزة الاستشعار عن بعد لتسجيل الطاقة حسب كثافتها (القيم الرقمية) في كامل المقياس الرمادي المكون من 256 درجة (من صفر إلى 255).
- يتكون المقياس الرمادي من عدة درجات رقمية تتدرج صعودا من درجة اللون الأسود التي تكون قيمتها دائما صفر إلى درجة اللون الأبيض التي تكون قيمتها واحد إذا كان المقياس الرمادي مكونا من درجتين، أما إذا كان المقياس الرمادي مكونا من 256 درجة فإن قيمة درجة اللون الأبيض تكون 255.
- لكن القيم الرقمية في الصورة الأصلية تتركز في جزء ضيق من المقياس لأن مواد سطح الأرض التي تكون كثافة طاقتها في طرفي المقياس الرمادي قليلة جدا إذا وجدت.
- تركز القيم الرقمية في جزء ضيق من المقياس يؤدي إلى صعوبة التمييز بين الظواهر بصريا وللتغلب على هذه المشكلة تنشر القيم الرقمية على كامل المقياس.

طرق زيادة التباين

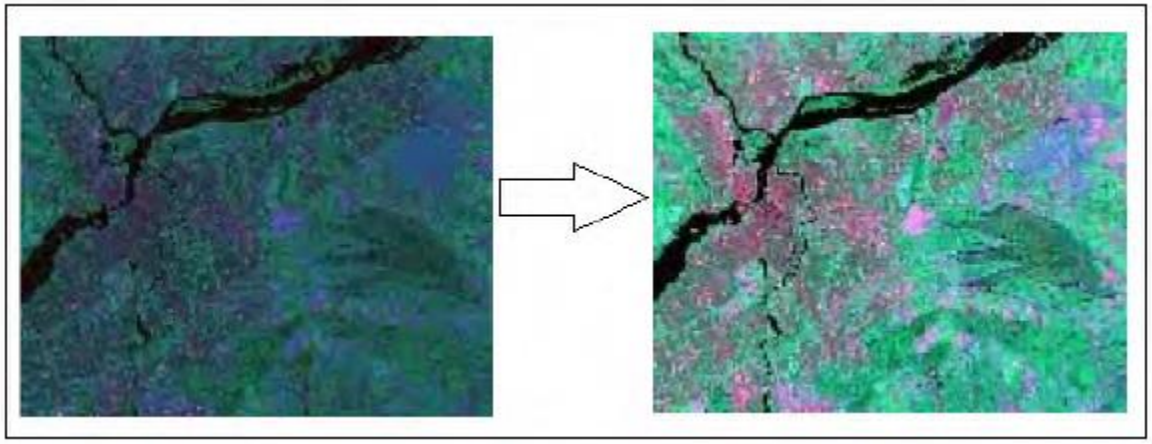
توجد العديد من الطرق لنشر القيم الرقمية على كامل المقياس الرمادي منها:

- طريقة زيادة التباين الخطي وتشمل هذه الطريقة تحديد أقل و أعلى قيمة للرسم البياني للمرئية ثم تطبيق تحويل معين لتمديد هذا المجال لكي يقع داخل المجال الكلي. ففي الشكل 23 التالي فان المجال الأصلي يتراوح بين 84 و 123 (أي 70 مستوى) بينما سنحوله لكي يغطي المجال الكلي ما بين الصفر و 255 . وكنتيجة لتطبيق هذا الأسلوب فان المناطق الفاتحة على المرئية ستبدو أكثر بياضا و المناطق الداكنة ستبدو أكثر سوادا، مما يجعل التفسير البصري للمرئية أسهل (الشكل 24).
- طريقة زيادة التباين بالانحراف المعياري وبتطبيق هذه الطريقة ينشر الحاسب الآلي تلقائيا غالبية القيم الرقمية بالتساوي على كامل المقياس مستخدما الانحراف المعياري لتحديد القيم الدنيا التي توضع عند الصفر والقيم العليا التي توضع عند 255.
- طريقة زيادة التباين وفقا للمدرج التكراري في هذه الطريقة ينشر الحاسب الآلي تلقائيا القيم الرقمية على كامل المقياس وذلك بوضع أدنى قيمة في المدرج التكراري للصورة الأصلية عند الصفر وأعلى قيمة فيه عند 255، ولكن حيز المقياس الذي يعطي لكل فئة يعتمد على التكرار فيها حيث يعطى حيزا أكبر من المقياس للفئات التي يكون التكرار فيها عالي والعكس صحيح.

شكل 23 :طريقة زيادة التباين الخطي

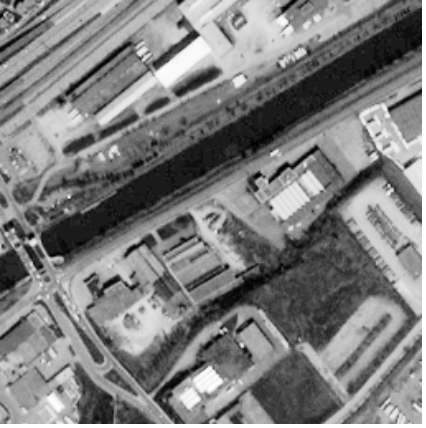


شكل 24 نتيجة تطبيق طريقة زيادة التباين الخطي



إنتاج الصور الملونة

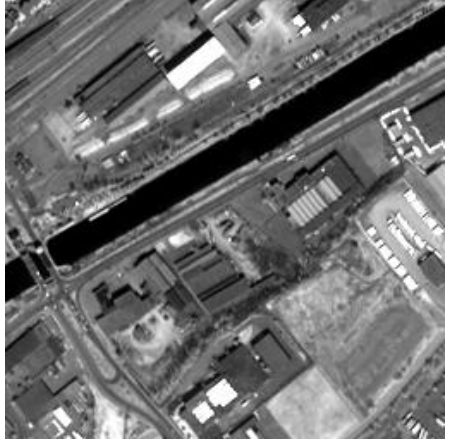
- عين الإنسان قادرة على تمييز 20000 لون وتمييز فقط 200 من درجات اللون الرمادي.
- إنتاج صورة ملونة من مركب الألوان لثلاثة نطاقات تعد من الطرق السريعة لتسهيل عملية التمييز بين الظواهر.
- في الحاسب الآلي توجد ثلاث قنوات للألوان الرئيسية هي الأزرق والأخضر والأحمر وبوضع ثلاثة نطاقات من الصور متعددة النطاقات في القنوات الثلاث يتم إنتاج صورة مركب الألوان للنطاقات المستخدمة .
- تكون الصورة ملونة بألوان حقيقة (الشكل 25) عندما يوضع نطاق الأشعة الزرقاء في قناة اللون الأزرق ويوضع نطاق الأشعة الخضراء في قناة اللون الأخضر ويوضع نطاق الأشعة الحمراء في قناة اللون الأحمر، وما عدا ذلك تكون الألوان زائفة (خاطئة) (الشكل 26) .



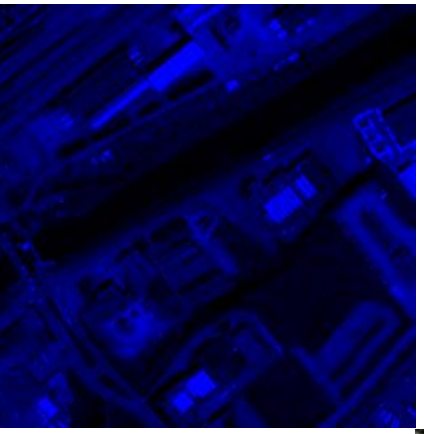
النطاق الازرق

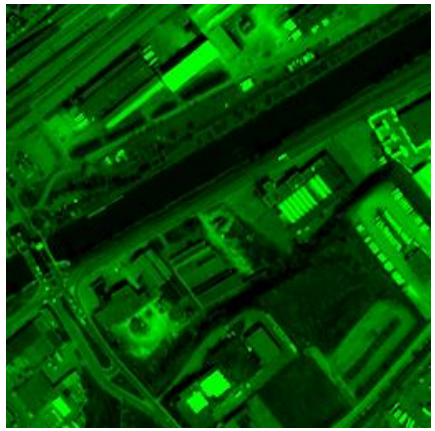
النطاق الاخضر

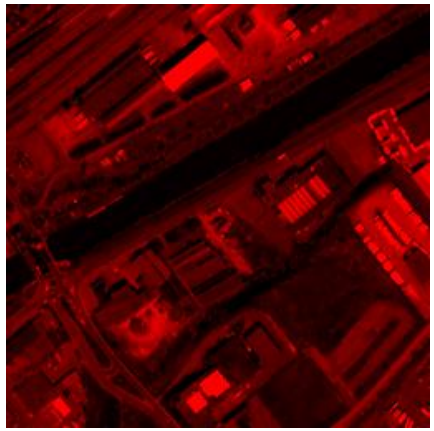
النطاق الاحمر



نطاق تحت الحمراء

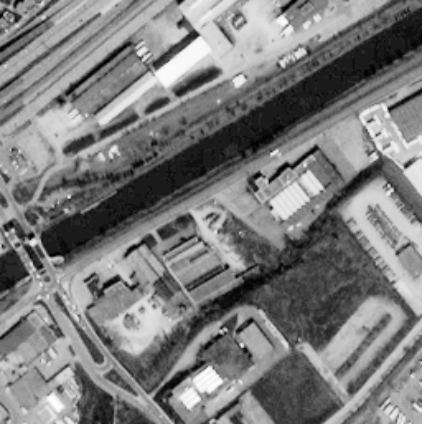






إضافة ألوان الحاسب الآلي

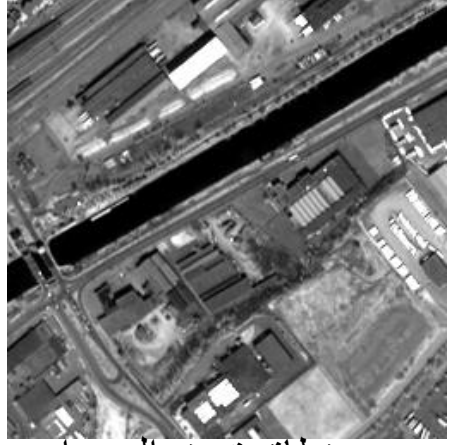
شكل 25 :الصورة ملونة بألوان حقيقة



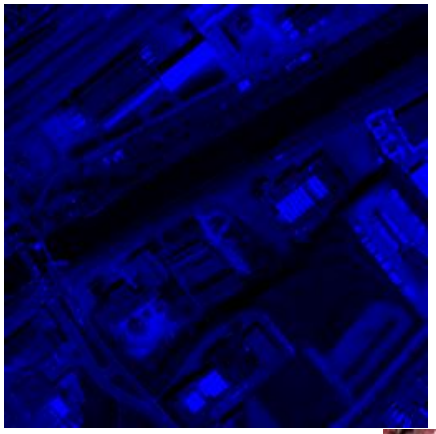
النطاق الازرق

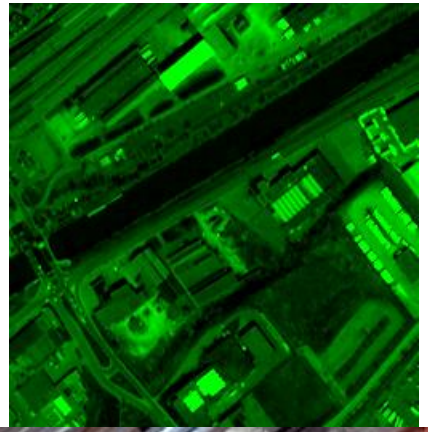
النطاق الاخضر

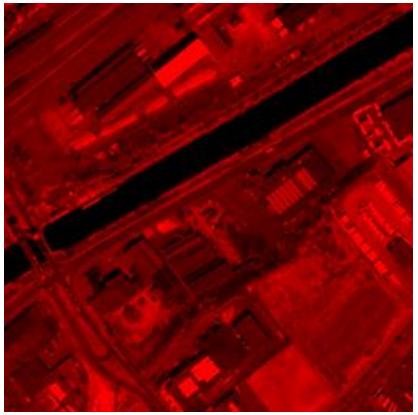
النطاق الاحمر



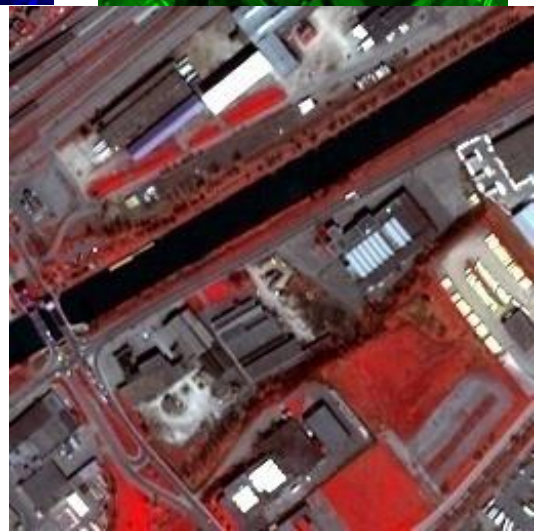
نطاق تحت الحمراء







إضافة ألوان الحاسب الآلي



شكل 26 : الصورة ملونة بألوان مزيفة

الترشيح المكاني للصور

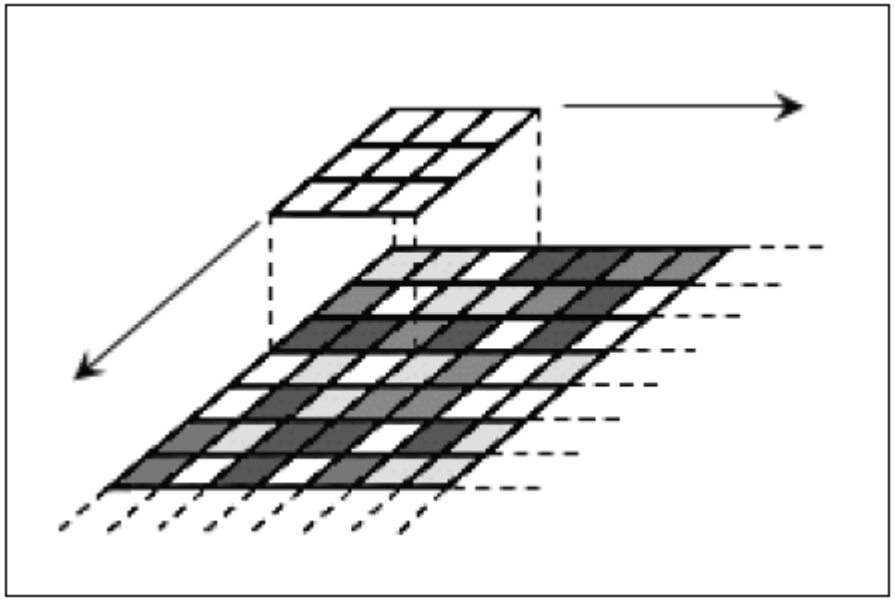
- في حين أن التحسين الإشعاعي للصورة الرقمية يتم لكل وحدة من وحدات الصورة منفردة فإن عمليات الترشيح أو التصفية تطبق على الرقم العددي لوحدة الصورة بناءا على الأعداد الرقمية لوحدات الصورة المجاورة.
- إن التحسين المكاني يتعامل لحد كبير مع التردد المكاني و الذي يمثل الفرق بين القيم القصوى و الدنيا لمجموعة وحدات الصورة المجاورة لوحدة الصورة تحت المعالجة ، وقد اعتمد جنسن التعريف التالي للتردد المكاني " هو عدد التغيرات في الأعداد الرقمية (شدة الإضاءة) في وحدة مسافة لكل جزء معين من الصورة ".
- إن بيانات الصورة الرقمية قد تحتوي على بيانات عالية التردد المكاني في جزء منها و على بيانات منخفضة التردد المكاني في جزء آخر.
- إن البيانات منخفضة التردد المكاني تمثل تغيرا تدريجيا في الأعداد الرقمية على مساحة واسعة من الصورة أو على عدد كبير من وحدات الصورة ، و ذلك يعني تغيرا تدريجيا في شدة الإضاءة و يحدث ذلك في مناطق مثل الكتل المائية و الحقول الزراعية الواسعة. و يطلق عليها المناطق الناعمة .
- و بالمقابل فإن البيانات عالية التردد المكاني تمثل تغيرا سريعا في الأعداد الرقمية في مساحة صغيرة من الصورة، بمعنى أنها تمثل تحولا كبيرا في التدرج الرمادي للصورة كما في حالات الطرق و شبكات الصرف و الأنهار و حدود الحقول الزراعية ، و يطلق عليها المناطق الخشنة.

يمكن توضيح اختلافات التردد المكاني على النحو التالي :

- تردد مكاني منعدم يعني صورة تتسم بكون كل وحدات الصورة فيها تحمل نفس العدد الرقمي .
- تردد مكاني منخفض يعطي صورة تتسم يتغير تدريجي ناعم في المستوى الرمادي الوحدات الصورة .
- تردد مكاني عالي يعني صورة رقمية تحتوي على وحدات صورة بيضاء وسوداء.

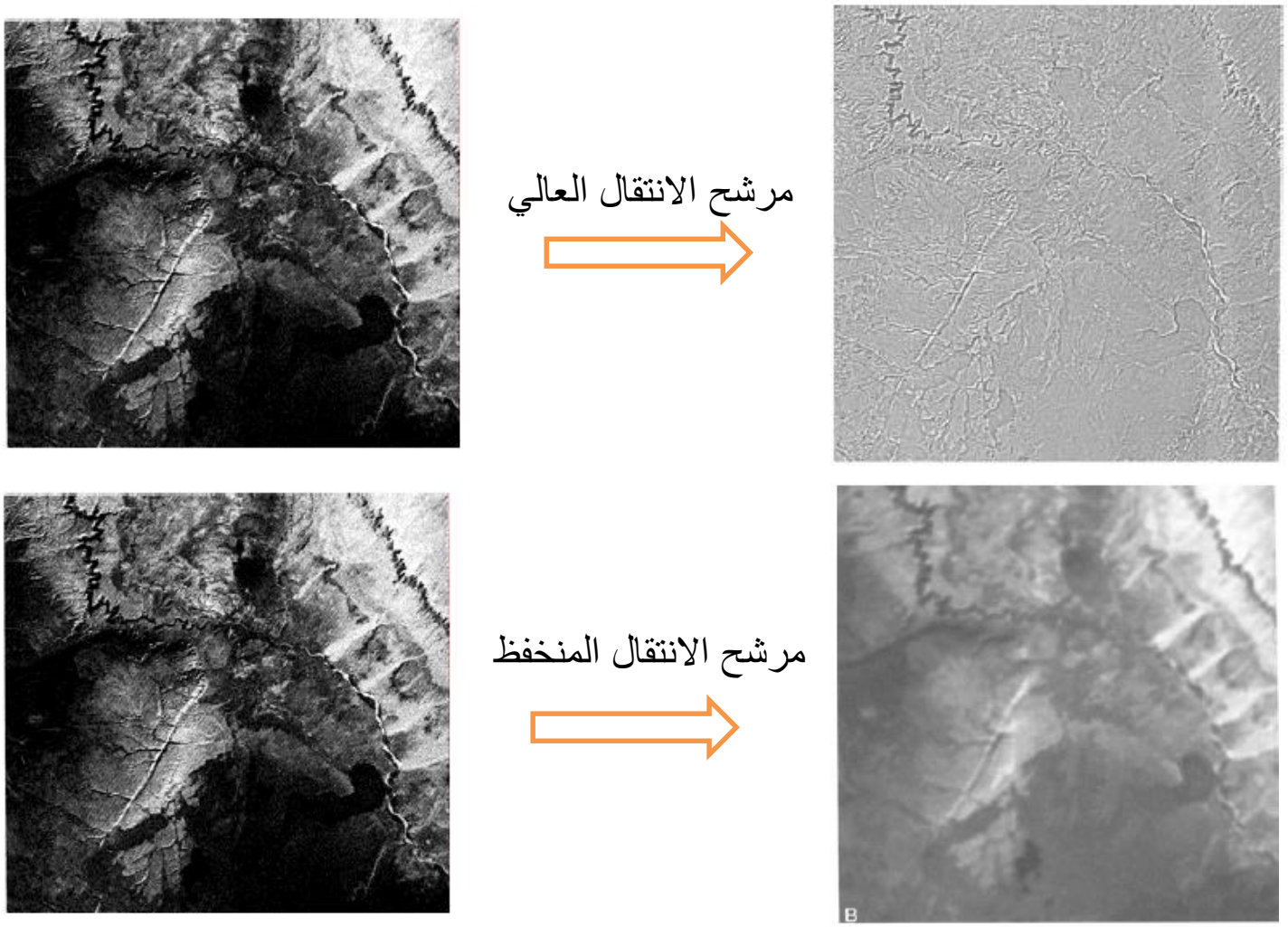
ومن الطرق الشائعة للتصفية المكانية (شكل 27) تمرير "نافذة" تتكون من عدد قليل من الصفوف والأعمدة (مثلا 3*3أو5*5) علي كل خلية في المرئية مع تطبيق نموذج رياضي يعتمد علي قيم الخلايا أسفل هذه النافذة. وتتحرك النافذة على كل صف وعلى كل عمود بحيث تطبق النموذج الرياضي مرة واحدة كل مرة، وتتكرر هذه الحسابات خلية بخلية على كل أنحاء المرئية. ونتيجة تغير الحسابات وتغير وزن كل خلية في النافذة فان طريقة التصفية المكانية يمكنها تحسين عدة أنواع من الأهداف على المرئية.

شكل27 : طريقة التصفية المكانية



من طرق التصفية المكانية طريقة مرشح الانتقال المنخفض والذي يستخدم لتعظيم و تحسين المناطق الكبيرة المتجانسة في درجة اللون وتقليل كم التفاصيل علي المرئية. أي أن هذا المرشح غالبا ما يقوم بتنعيم مظهر المرئية (شكل 28).
ومن جهة أخرى فأن مرشح الانتقال العالي يهدف إلى تعظيم مظهر تفاصيل المرئية، مثل تعظيم اظهار الطرق والتراكيب الجيولوجية خطية الشكل (شكل 28).

شكل 28: نتيجة تطبيق طرق التصفية المكانية



نسب النطاقات

نسب النطاقات هي قسمة نطاقات الصورة وتستخدم لتطبيق هذه الطريقة عملية حسابية مباشرة لبيانات نطاقين من نطاقات الصور متعددة الأطياف، حيث ينسب نطاق إلى آخر وذلك بقسمة قيم خلايا أحد النطاقات على نظيراتها (ما يقابلها) في النطاق الآخر، وبهذا يتم الحصول على بيانات صورة "جديدة".

تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداما لتحسين صور الاستشعار عن بُعد، وذلك يعود إلى سببين رئيسيين :

- الأول هو أن صور نسب النطاقات تساعد على التمييز بين الأجسام والمعالم والمناطق المتشابهة أطيافها، فتطبيق طريقة نسب النطاقات تظهر الاختلافات في انحدارات منحنيات أطياف المواد بين النطاقين المستخدمين.
- والسبب الثاني هو أن تطبيق هذه الطريقة يساعد في التغلب على مشكلة اختلاف كمية الأشعة المنعكسة من الأجسام والمعالم والمناطق التي تتكون من المادة نفسها، الناتج عن تأثير التضاريس أو تأثير الظل (جدول 1).

جدول 1 :إزالة الاختلاف في كمية الطاقة المنعكسة بسبب الظل.

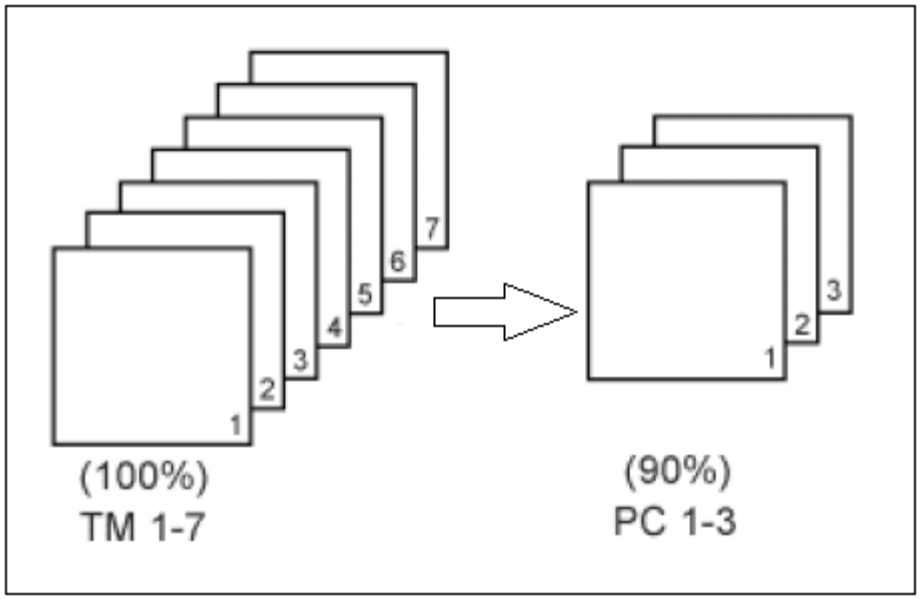
		القيم الرقمية لخلايا الصور		
		نطاق A	نطاق B	نطاق A /نطاق B
أشجار دائمة الخضرة	معرضة لضوء الشمس	31	45	0,69
	واقعة في الظل	11	16	0,69

- على الرغم من أن تطبيق طريقة نسب النطاقات يساعد على التمييز بين الظواهر المتشابهة أطيافها ويساعد على إزالة الاختلاف في كمية الأشعة المنعكسة للظاهرة بسبب الظل، إلا أنه يجب الانتباه والحذر إلى أن لها عيب رئيسي يتمثل في إخفاء أو طمس الفروق في معامل الانعكاس لبعض الظواهر.
- فالأجسام والمعالم والمناطق التي تختلف كمية الأشعة المنعكسة منها ولكن انحدارات منحنيات أطيافها متشابهة ستكون قيم نسبها متقاربة الأمر الذي يجعل التمييز بينها صعبا جدا على صورة النسبة بين النطاقين لأنها ستظهر في الصورة بألوان متشابهة.

تحليل المركبات الرئيسية

- عادة ما تكون بيانات النطاقات المختلفة مرتبطة إحصائيا ومن ثم فهي تحتوي على معلومات متشابهة.
- على سبيل المثال فان بيانات النطاقين 4 و 5 لمستشعر MSS في مرئيات القمر لاندسات (أي النطاقين الأخضر و الأحمر بالترتيب) عادة ما تحتوي على مظاهر بصرية متشابهة حيث أن انعكاسات نفس الأهداف عادة ما ستكون متساوية. ومن هنا فان طرق تحويل المرئيات من الممكن استخدامها لمعالجة الخصائص الإحصائية للبيانات متعددة النطاقات بهدف تقليل التكرار و الارتباط بين النطاقات.
- ومن هذه الطرق تحليل المركبات الرئيسية والذي يهدف أساسا الى تقليل عدد نطاقات هذه البيانات و ضم أكبر كم ممكن من البيانات في عدد صغير من النطاقات.
- ففي الشكل 29 يمكن تحويل بيانات النطاقات السبعة لمستشعر TM بحيث أن المكونات الرئيسية الثلاثة الاولى تحتوي تقريبا على 90% من البيانات الأصلية.
- وبالطبع فان تفسير و تحليل بيانات هذه النطاقات الثلاثة (سواء بصريا أو رقميا) سيكون أبسط و أكثر كفاءة من تحليل النطاقات الأصلية السبعة.

الشكل 29 :تحليل المركبات الرئيسية

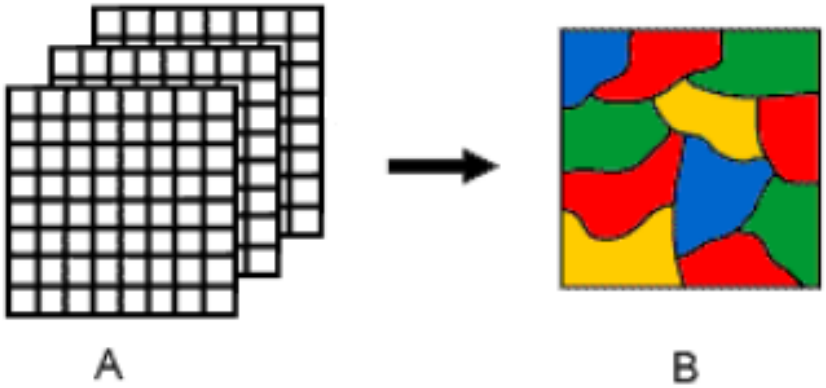


تصنيف الصورة

يعرف تصنيف الصورة بأنه عملية تقسيم الصورة الرقمية إلى عدد من الأقاليم الجغرافية وفقا لتجانس أطياف الظواهر الجغرافية (استخدامات وغطاءات الأرض فيها).

وعليه فالتصنيف هو عبارة عن عملية آلية لتحويل الصورة الرقمية إلى خريطة موضوعية لاستخدامات وغطاءات الأرض. (شكل 30).

شكل 30: تصنيف المرئيات



ويوجد طريقتين لتصنيف الصور الرقمية (شكل 31) متعددة الأطياف التي تتكون من نطاقين أو أكثر هما :

- التصنيف المراقب (الموجه).
- التصنيف غير المراقب (غير الموجه).

وتزداد دقة التصنيف بشكل عام بزيادة النطاقات المستخدمة فيه، مع ملاحظة أن زيادة النطاقات المستخدمة في التصنيف تؤدي أيضا إلى زيادة الوقت المطلوب لإكمال العمليات الرياضية.

التصنيف المراقب

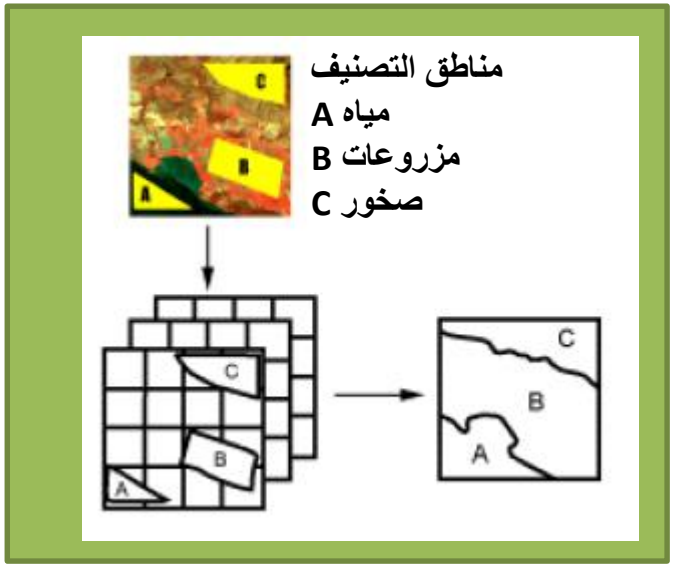
- يتطلب التصنيف المراقب معرفة مسبقة بالظواهر الجغرافية في المنطقة المراد تصنيفها وذلك لتحديد فئات التصنيف التي تسمى مناطق التدريب والتي تستخدم لاستخراج البصمات الطيفية لفئات غطاء الأرضي. و يشترط أن تكون ممثلة لفئة غطاء الأرض موضوع الدراسة , متجانسة , مساحتها مناسبة و موزعة في منطقة الدراسة.
- يقوم الحاسب الآلي باستخراج مجموعة من المؤشرات الإحصائية لكل بصمة طيفية ليتم الاعتماد عليها في عملية التصنيف.
- يقوم الحاسب الآلي بفحص القيم الرقمية لكل عنصر صورة في النطاقات المستخدمة ثم يقوم بتحديد أي فئة (من فئات هذه البصمة) ينتمي لها هذا العنصر.

التصنيف غير المراقب

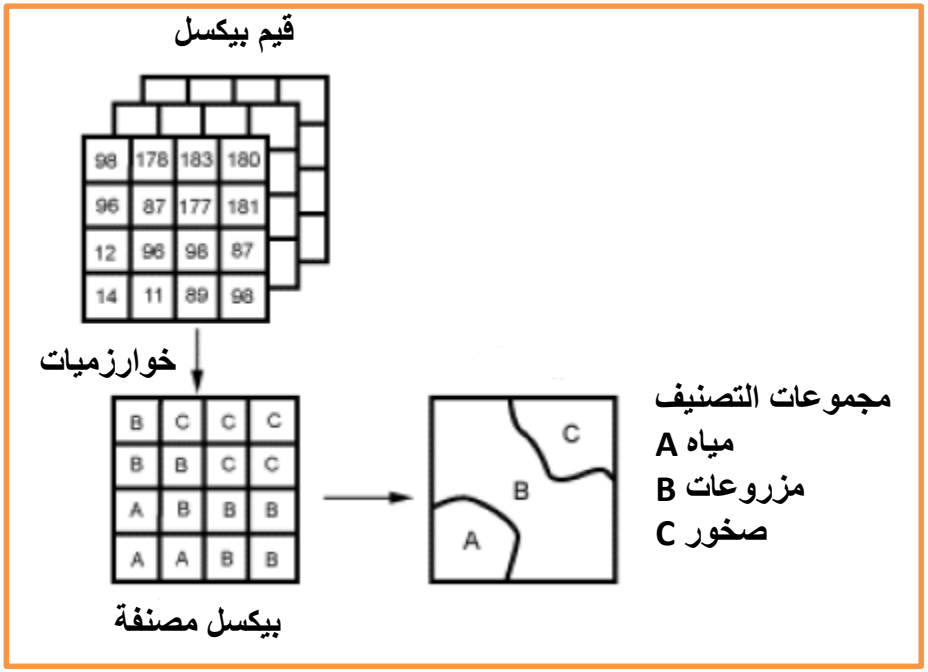
- قد لا تتوفر لدى معظم الباحثين معرفة تفصيلية لمنطقة الدراسة تساعد على اختيار مناطق التدريب المناسبة، ولذا فانه غالبا ما يستخدم التصنيف غير المراقب حيث يقوم الحاسب الآلي بتحديد الفئات.
- بناء على العلاقة بين القيم الرقمية في النطاقات المستخدمة يقوم الحاسب الآلي بتقسيم المعلومات إلى عدة فئات من خلال خوارزميات التجميع ثم لاحقا يتم ملائمتها أو مزاوجتها لفئات غطاء الأرضي .
- عادة ما يحدد المفسر عدد المجموعات التي سيتم تصنيفها، وقد يحدد أيضا الحدود الفاصلة بين هذه المجموعات والتغير داخل كل مجموعة.
- يستخدم التصنيف غير المراقب غالبا قبل التصنيف المراقب؛ وذلك لأن هذه الطريقة سريعة وتسهل عملية اختيار مناطق التدريب المطلوبة في تطبيق التصنيف المراقب.

الفرق الرئيسي بين الطريقتين هو أن التصنيف المراقب يبنى على معلومات حقيقية عن الظواهر الجغرافية تعطى للحاسب الحالي، في حين أن التصنيف غير المراقب يتم وفقا لمعادلات رياضية تحدد التجمعات وبالتالي فئات التصنيف وذلك وفقا للعلاقة بين القيم الرقمية النطاقات الصورة.

شكل 31 : طرق تصنيف المرئيات



التصنيف المراقب



التصنيف غير المراقب

كشف التغير

- لقد أصبح تحليل صور الاستشعار عن بعد الفضائية متعددة التواريخ أفضل مصدر للمعلومات وأنسب وسيلة لكشف وتتبع تغيرات الخصائص المكانية للظواهر الجغرافية في منطقة معينة وذلك مثل التوزيع الجغرافي لمناطق التوسع والتقلص الزراعي و معدلات واتجاهات النمو في المدن وتغير استخدامات الأرض فيها.
- ويعود ذلك إلى توفر سلسلة زمنية طويلة نسبيا (تصل إلى 48 سنة) من صور الاستشعار عن بُعد الفضائية التي تمثل كل صورة منها سجلا مرئيا للخصائص المكانية في المنطقة الجغرافية التي تغطيها الصورة وذلك في التاريخ الذي صورت فيه.
- التغير عملية تؤدي إلى حدوث اختلاف إيجابي أو سلبي للخصائص المكانية للظاهرة عبر الزمن أو إلى استبدال ظاهرة بأخرى.

توجد العديد من طرق كشف التغير، ولكن من أسهلها وأكثرها استخداما طريقة طرح النطاقات (شكل 32) :

- في هذه الطريقة تطرح القيم الرقمية من نظيراتها في النطاق نفسه لصورتين مصححتين هندسيا ويغطيان المنطقة نفسها وأخذتا في تاريخين مختلفين ولكن في موسم واحد.
- ستكون نتيجة الطرح للظواهر التي لم تتغير صفر أما الظواهر التي حدث فيها تغير ستكون نتيجة طرحها قيم موجبة أو سالبة.
- للتخلص من القيم السالبة في صورة طرح النطاقات يضاف قيمة ثابتة لكل قيمة فيها والتي تكون في العادة 127وعليه فان الظواهر التي لم تتغير ستظهر على صورة طرح النطاقات باللون الرمادي أما الظواهر المتغيرة ستظهر بلون داكن أو لون فاتح.

شكل 32: طريقة طرح النطاقات

التاريخ الأول — التاريخ االثاني

100	84	28	110	88	8	-10	-4	20	117	123	147
90	59	42	- 98	59	26	= -8	0	16	+127 = 119	127	143
77	51	30	82	50	30	-5	1	0	122	128	127