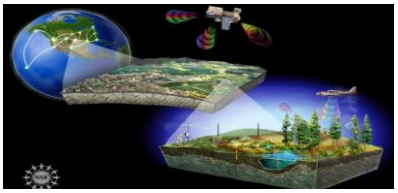
التفسير البصري للمرئيات الفضائية و الصور الجوية

اعداد

د . قيس علي سلطان



2025

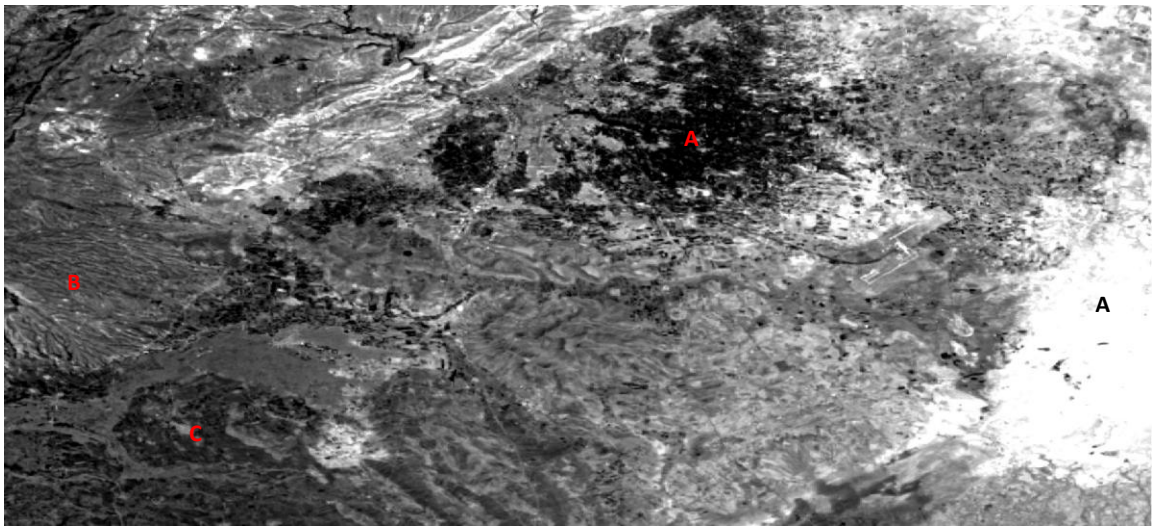
مقدمة

- تاريخيا كانت عملية التفسير و التحليل البشري تتم بداية علي الصور الجوية، ولم تبدأ عمليات التفسير الالي إلا بعد التوصل لعمليات تسجيل البيانات رقميا و ابتكار الكمبيوتر. ويتميز التفسير البصري بأنه لا يحتاج لأجهزة متقدمة أو غالية الثمن مثل التفسير الرقمي، لكنه عادة مقصور علي تحليل قناة واحدة أو صورة واحدة في نفس الوقت .
- لكن وعلي الجانب الاخر فأن التحليل الرقمي في بيئة الكمبيوتر يمكننا من التعامل مع مرئيات مركبة من عدة قنوات أو من عدة أزمنة. ومن هنا فأن التحليل الآلي مفيد جدا لتحليل عدة نطاقات و التعامل مع كم هائل من البيانات المستشعرة وبسرعة أكبر كثيرا من التحليل البشري.

عناصر التفسير البصري

- ان تحديد الأهداف هو مفتاح عملية التفسير و استخراج المعلومات . وتشمل هذه العملية محاولة رصد الاختلافات بين الأهداف و محيطها والمقارنة بين الأهداف المختلفة من خلال رصد بعض العناصر المرئية/البصرية ومنها: درجة اللون، الشكل، الحجم، النمط، النسيج، الظل و التواجد .
- **الطور اللوني Tone**
- والذي يعبر عن مدى التجانس اللوني على مساحة الصورة التي تقسم عادة بناءً عليه إلى: أحادية المركبة ، أحادية الطور اللوني متجانس . ثنائي المركبة ، ثنائية الطور اللوني ، شبه متجانس . متعددة المركبات ، متعدد الطور اللوني غير متجانس .

عناصر التفسير البصري



عناصر التفسير البصري

عناصر التفسير البصري

- **اللون Color:**
- و تقسم الصورة بناءً عليه حسب المدارس إلى خمسة ألوان أوسبعة ألوان أو تسعة أو أربعة عشرة أو أربع وعشرين وهذا يعتمد على قدرة المحلل على التعامل مع هذه الألوان واستذكارها والبحث عن الألوان المتشابهة والمتمايزة .
- يمثل اللون في الصورة مقدار الأشعة المنعكسة من سطح الأرض ويتدرج اللون في الصور من نوع الأبيض / الأسود بين اللون الأبيض ودرجات مختلفة من اللون الرمادي واللون الأسود، عموماً كلما زادت الأشعة المنعكسة من الأجسام الموجودة على سطح الأرض فإنها تظهر في الصورة بلون فاتح يقرب من اللون الأبيض ، ولذلك نجد أن الأراضي الجرداء (القاحلة) تظهر بلون فاتح ويصبح اللون غامقاً كلما زادت الرطوبة على السطح. هذا وتلعب زاوية سقوط أشعة الشمس على الأرض دورا أساسياً في تحديد درجات اللون في الصور. بشكل عام فان المسطحات المائية تظهر في الصور بلون داكن نسبياً .

عناصر التفسير البصري

- **الأبيض:** السبخات ، التاكير، تكشفات الصخور الأم .
- **شبه الأبيض :** التاكير، تكشفات الصخور الأم ، السبخات قبل جفافها التام ،الكثبان الرملية عالية الملوحة.
- **الرمادي الفاتح :** الترب الرملية الصحراوية على التلال و المرتفعات و السفوح المضاءة (كثافة النباتات قليلة) ، الرمال المثبتة بشكل ضعيف أو متوسط.
- **الرمادي:** الترب السابقة نفسها في ظروف إضاءة أقل أو كثافة نباتية أكبر.
- **الرمادي الغامق:** نفس الترب السابقة عندما يكون الغطاء النباتي كثيف جداً او تقع في الوهدات العميقة، الترب الرمادية البنية على النجود ، أو عندما يكون نبات الشيح هو السائد ، السبخات متوسطة الرطوبة.
- **شبه الأسود :** الترب المروية ، المناطق ذات الرطوبة العالية، السبخات والتاكير في أواخر الربيع ، السفوح المظللة ذات الغطاء النباتي الكثيف.
- **الأسود :** البحيرات ، المسطحات المائية ، السبخات والتاكير المبللة ، الترب التي تجرى عليها عمليات الغسيل.

عناصر التفسير البصري

- **الشكل shape:**
- وهو الهيئة العامة أو تكوين أو الاطار الخارجي للهدف ، وهو عنصر هام للتمييز بين عدة أهداف . فعلي سبيل المثال فأن الحواف المستقيمة عادة ما تدل علي أهداف عمرانية أو أهداف زراعية (حقول) بينما الأهداف الطبيعية مثل حواف الغابات عادة ما تكون متعرجة في الشكل . وكمثال اخر فأن الحقول الزراعية التي يتم ريها باستخدام نظم الري الدائرية ستظهر علي صورة أشكال دائرية في المرئية .

عناصر التفسير البصري

عناصر التفسير البصري

- **الحجم size:**
- يعتمد حجم الأهداف علي المرئية علي مقياس رسمها ، لكن بالإضافة للحجم المطلق فأن تقييم أو مقارنة حجم هدف معين بصورة نسبية مع حجم الأهداف المحيطة به علي المرئية يكون عاملا هاما في عملية التفسير . فعلي سبيل المثال فأنه في مرئية تظهر منطقة مدنية بها العديد من المباني فأن الأهداف أو المباني الكبيرة ترجح وجود منشئات صناعية بينما الأهداف الصغيرة قد تشير الي مباني سكنية.

عناصر التفسير البصري

عناصر التفسير البصري

- **النمط pattern:**
- النمط هو الترتيب المكاني **spatial arrangement** للأهداف القابلة للتمييز . عادة فأن التكرار المتماثل لنفس درجات اللون و النسيج ينتج عنها أنماط يمكن تمييزها . فعلي سبيل المثال فأن بساتين الفاكهة تتميز بالأشجار المتباعدة بصورة منتظمة وأيضا الشوارع في مدينة والمساكن منتظمة المسافات تقدم بعض أمثلة للنمط .

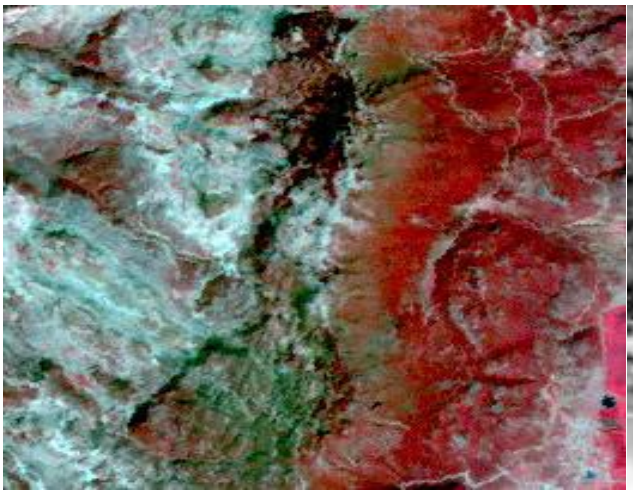
عناصر التفسير البصري

عناصر التفسير البصري

- **النسيج texture:**
- يمثل النسيج ترتيب و تكرار الاختلافات في درجة اللون في منطقة معينة علي المرئية . فالنسيج الخشن rough texture يتكون من درجات لون مزركشة أو متعددة حيث تتغير درجة اللون بصورة مفاجئة في منطقة صغيرة ، بينما النسيج الناعم smooth texture سيكون له تغير بسيط جدا في درجة اللون . عادة ما يكون النسيج الناعم نتيجة أسطح منتظمة مثل الحقول الزراعية و الأسفلت والأرض العشبية . وعلي الجانب الآخر فأن النسيج الخشن يكون للأسطح الخشنة و التركيبات غير المنتظمة مثل الغابات علي سبيل المثال .

عناصر التفسير البصري

تمييز الغابات بنسيجها الخشن

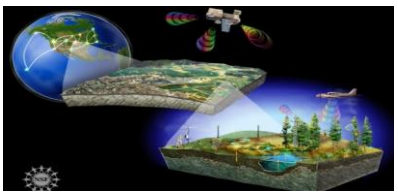


التصنيف المراقب و غير المراقب

اعداد

د . قيس علي سلطان

2025



مقدمة

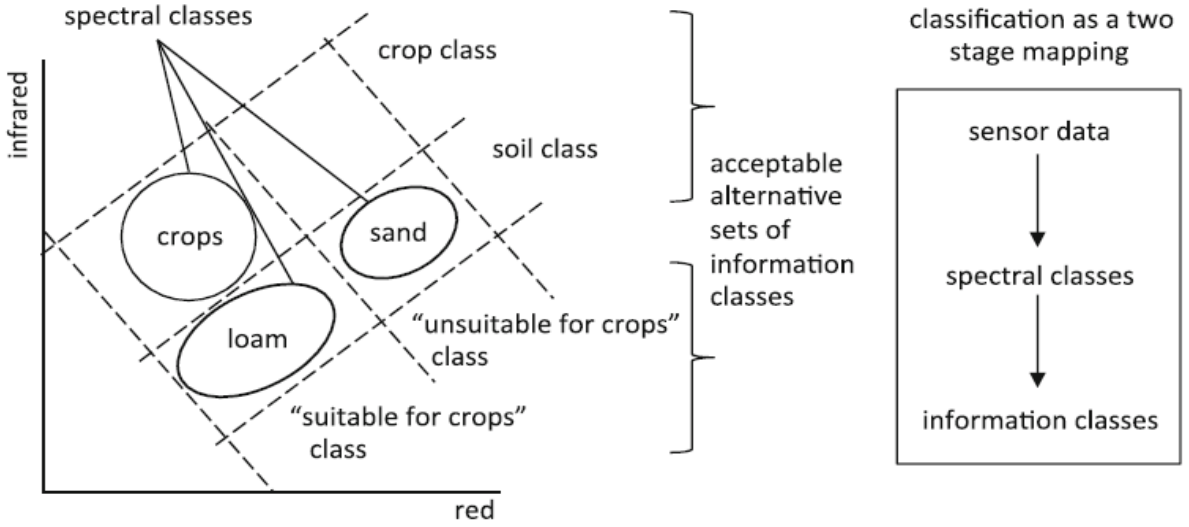
- يمكن تعر يف عملية تصنيف الصورة الرقمية بأنها **عملية يتم فيها تحويل الصورة إلى خريطة موضوعية تحمل معلومات عن الظواهر الموجودة في المنطقة المصورة** ، وذلك من خلال تحديد الظاهرة الأرضية التي تمثلها كل وحدة من وحدات الصورة .
- تعتبر عملية تصنيف الصور الرقمية الخطوة الأهم في عمليات معالجة الصور الرقمية إذ أنها **الهدف النهائي لهذه العمليات و هي العملية التي يتم فيها استنباط المعلومات من الصورة** بعد إجراء كل عمليات التعديل و التحسين التي تم بحثها في الأبواب السابقة .

مقدمة

- **إن التصنيف متعدد الأطياف هو عملية يتم فيها توزيع وحدات الصورة على مجموعات أو أصناف بناءا على معايير الطيف للأعداد الرقمية لهذه الوحدات** ، فإذا حققت وحدة الصورة معايير طيفية معينة أو شروطا محددة فإنها تنسب إلى الصنف أو المجموعة التي تتصف بهذه المعايير الطيفية .
- بناءا على نوعية المعلومات المطلوب الحصول عليها من البيانات المدخلة فإن هذه الأصناف أو المجموعات يمكن ربطها بظواهر معروفة على سطح الأرض .

مقدمة

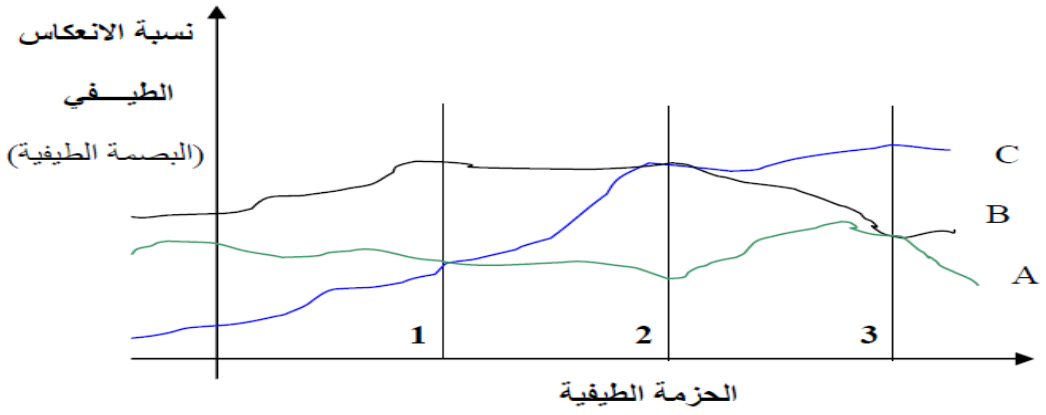
- من أمثلة مخرجات التصنيف خريطة تبين غطاء الأرض تظهر عليها النباتات و الأراضي القاحلة و الأراضي الحضرية .
- إن من أوجه الاختلاف بين الصورة الرقمية و الخريطة هو أن الخريطة يمثل فيها كل غطاء أرضي معين برمز أو لون واحد ، فعلى سبيل المثال فإن سطح الماء يمثل في الخريطة باللون الأزرق في حين أن الصورة الرقمية يمثل فيها سطح الماء بأعداد رقمية متفاوتة و ليس بالعدد الرقمي نفسه . وثمة وجه اختلاف آخر هو أن في الكثير من الخرائط تجد مساحات بيضاء ، بمعنى أنه لا يمثل عليها أي غطاء أرضي ، في حين أن الصورة الرقمية تكون تمثيلا رقميا مستمرا لغطاء الأرض حتى في تلك الأماكن الخالية من الغطاء الأرضي في الخريطة .



البصمة الطيفية

- إن القاعدة الأساسية للتصنيف الطيفي للصور هي معرفة ما يسمى بالبصمة الطيفية لكل ظاهرة أرضية في المنطقة التي تغطيها الصورة تحت الدراسة .
- أن انعكاس الأشعة يختلف مع طول الموجة لثلاث أنواع مختلفة من غطاءات الأرض C, B, A إذا تم تصويرها بنظام تصوير يمكن أن يلتقط البيانات في ثلاث نطاقات (حزم) للطيف ١ ، ٢ ، ٣ . و من الواضح أنه لا يمكن التمييز بين الغطاءات الأرضية الثلاث باستخدام حزمة طيفية منفردة .

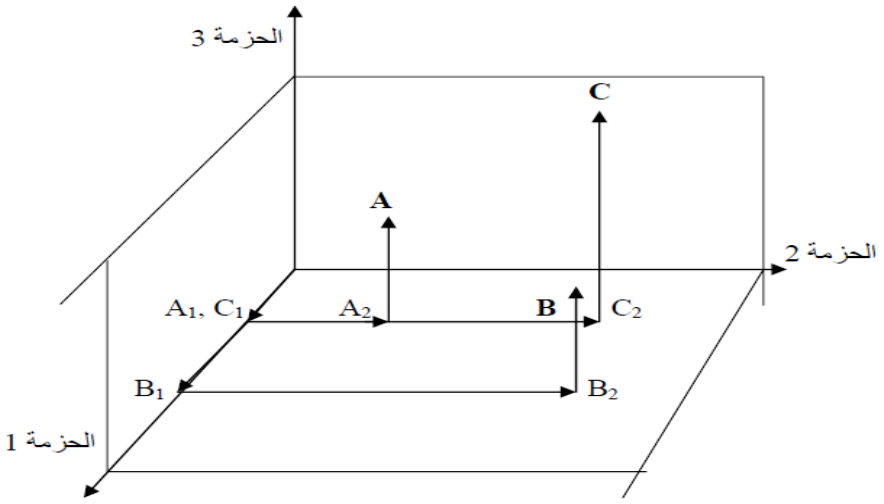
البصمة الطيفية



الشكل 1.8: البصمة الطيفية لثلاثة غطاءات أرضية

البصمة الطيفية

- في الحزمة الطيفية ١ لا يمكن التمييز بين الغطاء الأرضي A و الغطاء الأرضي C ، و كذلك في الحزمة الطيفية ٢ لا يمكن التمييز بين الغطاء الأرضي B و الغطاء الأرضي C ، و في الحزمة الطيفية ٣ لا يمكن التمييز بين الغطاء الأرضي A و الغطاء الأرضي B ، ففي كل حالة من الحالات الثلاث المذكورة يكون هنالك تشابه في الأعداد الرقمية لوحدتي الصورة .
- و إذا تم تمثيل الغطاءات الأرضية الثلاث على رسم ثلاثي الأبعاد يمثل كل محور فيه أحد الحزم الطيفية الثلاث فمن الممكن حينئذ التمييز بين الغطاءات الأرضية الثلاث بسهولة .



الشكل 2.8: تمثيل ثلاثي الأبعاد للنطاقات الطيفية الثلاثة

البصمة الطيفية

- و عليه كلما استخدمنا عددا أكبر من الحزم الطيفية تمكنا من التمييز بين الغطاءات الأرضية بدقة أعلى إلا أن استخدام المزيد من الحزم الطيفية في عملية التصنيف يزيد من وقت الحسابات و يجعلها أكثر تعقيداً . و في هذه الحالة يمكن استخدام تقنية تحويل المركبات الأساسية في عملية التصنيف .

التصنيف المراقب Supervised Classification

- هو عملية تصنيف تبنى على معلومات عن الخصائص الطيفية لغطاءات الأرض في المنطقة المصورة سبق الحصول عليها من خلال زيارات ميدانية أو من خرائط أو من صور جوية تغطي المنطقة .
- تستخدم مناطق التدريب كأمثلة تدخل بياناتها لبرنامج التصنيف .
- ثم يتم حساب معاملات إحصائية من بيانات مناطق التدريب و يتم مقارنة العدد الرقمي لكل وحدة صورة مع هذه المعاملات الإحصائية التي تمثل غطاءات الأرض .

التصنيف المراقب Supervised Classification

- فإذا وافق العدد الرقمي لوحدة الصورة خصائص إحدى الغطاءات فإنها تنسب لذلك الغطاء ، و نكون بذلك قد صنفنا وحدة الصورة بالإنتماء إلى إحدى غطاءات الأرض في المنطقة .
- يتم وضع رمز أو لون لكل منطقة تمثل أحد أصناف الغطاء الأرضي مما ينتج عنه خريطة موضوعية (Thematic Map) وهناك تقنيات مختلفة لعمليات التصنيف الطيفي نكتفي بتقديم المبدأ الأساسي لبعض منها .

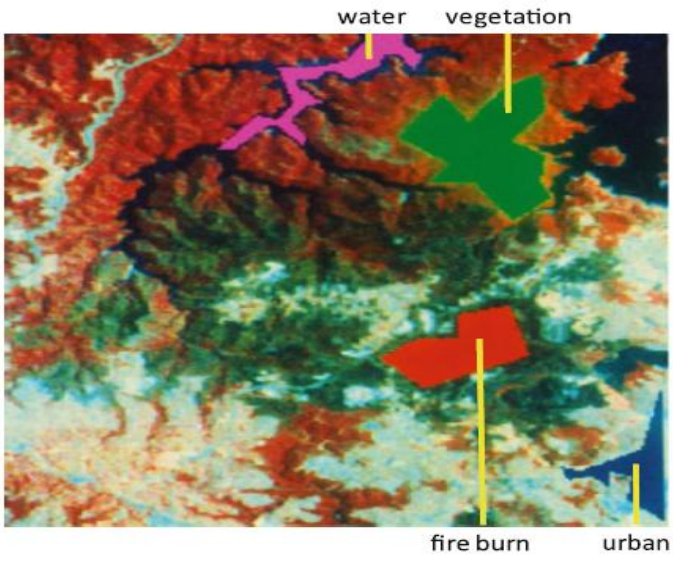


Fig. 8.6 Image segment to be classified, consisting of a mixture of natural vegetation, waterways, urban regions, and vegetation damaged by fire. Four training areas are identified in solid colour. They are water (*violet*), vegetation (*green*), fire burn (*red*) and urban (*dark blue in the bottom right hand corner*). Those pixels were used to generate the signatures in Table 8.1

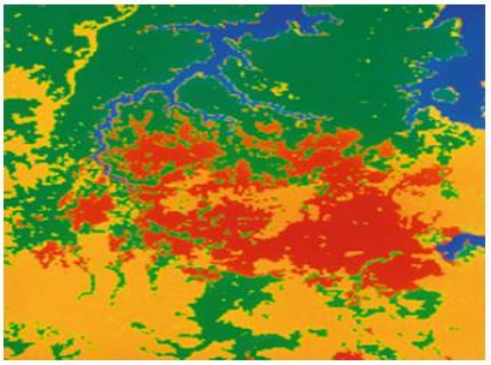


Fig. 8.7 Thematic map produced using the maximum likelihood classifier; *blue* represents water, *red* is fire damaged vegetation, *green* is natural vegetation and *yellow* is urban development

Table 8.2 Tabular summary of the thematic map of Fig. 8.7

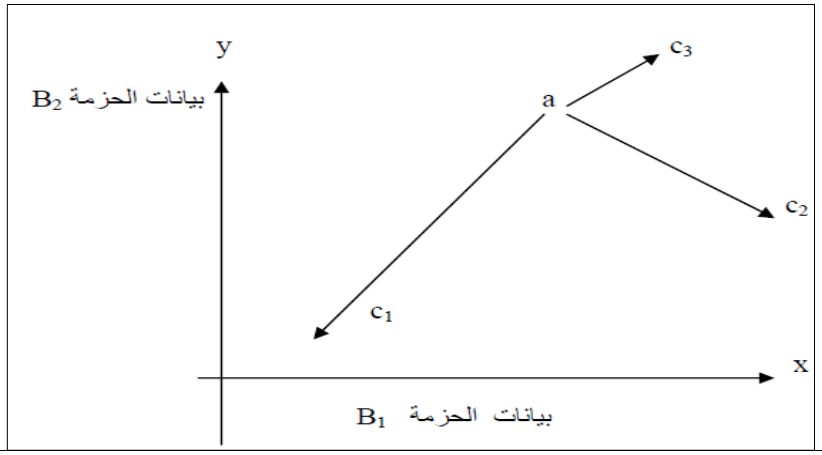
Class	Number of pixels	Area (ha)
Water	4,830	2,137
Fire burn	14,182	6,274
Vegetation	28,853	12,765
Urban	22,791	10,083

Minimum Distance Classifier
١ ـ التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط

- تعتبر هذه الطريقة من أبسط طرق التصنيف . و نبدأ بإيجاد القيمة الطيفية (الرقم العددي) الوسطى لكل مجموعة من وحدات الصورة التي تمثل غطاءا أرضيا معينا و ذلك في كل من الحزم المصورة . ثم نحسب بعد وحدة الصورة التي نريد تصنيفها من القيمة الوسطى لكل مجموعة من الغطاءات الأرضية ، و ننسب وحدة الصورة إلى الغطاء الأرضي التي تكون هي أقرب إلى وسطه .

Minimum Distance Classifier
١ـ التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط

و لنفترض أننا استخدمنا حزمتين من الطيف هما الحزمة B_1 والحزمة B_2 . و من البيانات المدخلة من منطقة التدريب حددنا القيمة الوسطى لثلاث غطاءات أرضية في المنطقة هي الغطاءات c_1 و c_2 و c_3 ممثلة بهذه القيم الوسطية كما هو في الشكل 3.8 . نحسب 'بعد وحدة الصورة a من مواقع مراكز الغطاءات الثلاث (c_1, c_2, c_3) . و يتم حساب المسافة بين نقطتين في المستوى الديكارتي باستخدام نظرية فيثاغورس .



المركز	الإحداثي في اتجاه بيانات الحزمة B_1 (x)	الإحداثي في اتجاه الحزمة B_2 (y)
c_1	x_1	y_1
c_2	x_2	y_2
c_3	x_3	y_3

Minimum Distance Classifier
التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط

المسافة $(a\text{-}c_i)$ بين وحدة الصورة $a\ (x_a\ ,\ y_a)$ و المركز c_i (حيث $i=1,2,3$) هي:

$$a\text{-}c_i = [\ (x_i - x_a)^2 + (y_i - y_a)^2\ ]^{1/2} \qquad (1.8)$$

Minimum Distance Classifier
التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط

يبين الشكل 4.8 و الشكل 5.8 بيانات صورة في الحزمة B1 و الحزمة B2 على التوالي ، و يبين الشكل 6.8 بيانات حقلية مرجعية تظهر اثنين من غطاء الأرض: نبات (V) و ماء (W) ، باستخدام طريقة المسافة الأقرب المطلوب تصنيف وحدات الصورة x1 و x2 و x3 ذات الإحداثيات : x1(1,1), x2(2,3), x3(3,1)

	V	
		W

Training data

5	2	1
4	7	2
2	4	0

Band 1

8	2	1
6	5	1
5	1	2

Band 2

Minimum Distance Classifier
التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط

الحل:

من البيانات الحقلية نحدد موقع صنفي النبات و الماء في مستوى الإحداثيات ثنائي الأبعاد (محور الحزمة B1 و محور الحزمة B2) : النبات: V(7,5) ؛ W(0,2) ،

ثم نحدد إحداثيات وحدات الصورة المطلوب تصنيفها في نفس نظام الإحداثيات:

وحد الصورة	B1	B2
x1	5	8
x2	2	1
x3	2	5

لاستخدام طريقة الجار الأقرب نحسب مسافة كل وحدة صورة مطلوب تصنيفها من موقع كل من صنف النبات و الماء على النحو التالي:

بعد وحدة الصورة x1 من الصنف V $= [(7-5)^2 + (5-8)^2]^{1/2} = (13)^{1/2}$

بعد وحدة الصورة x1 من الصنف W $= [(0-5)^2 + (2-8)^2]^{1/2} = (61)^{1/2}$

إذن وحدة الصورة x1 هي أقرب مسافة إلى الصنف V و لذلك تصنف في الغطاء النباتي .

بعد وحدة الصورة x2 من الصنف V $= [(7-2)^2 + (5-1)^2]^{1/2} = (41)^{1/2}$

بعد وحدة الصورة x2 من الصنف W $= [(0-2)^2 + (2-1)^{1/2} = (5)^{1/2}$

تنتمي وحدة الصورة x2 إلى الصنف W ؛

بعد وحدة الصورة x3 من الصنف V $= [(7-2)^2 + (5-5)^2]^{1/2} = (25)^{1/2}$

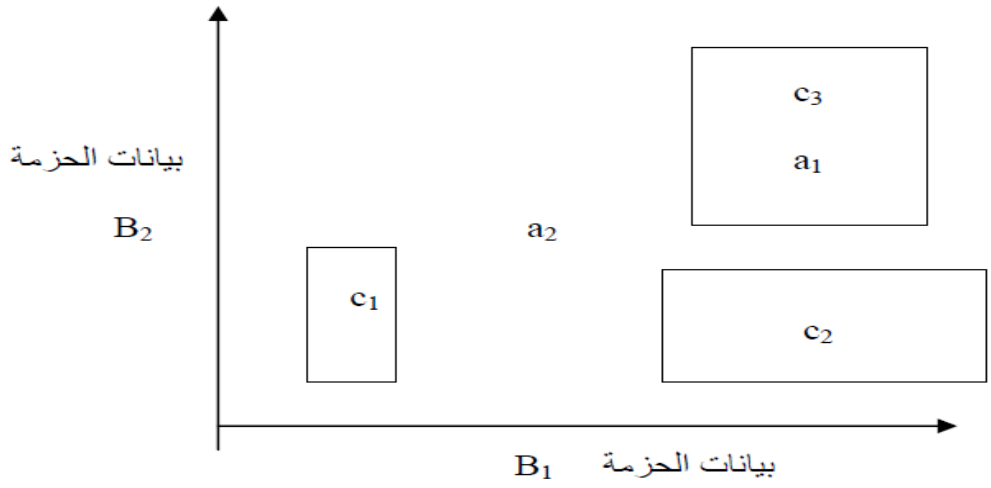
بعد وحدة الصورة x3 من الصنف W $= [(7-2)^2 + (2-5)^2]^{1/2} = (34)^{1/2}$

و عليه فإن وحدة الصورة x3 تصنف في الصنف V إذ هي أقرب إليه .

Parallelepiped Classifier
التصنيف بطريقة متوازيات السطوح

- في هذه الطريقة يتم تحديد أعلى و أدنى قيمة لكل صنف من الغطاءات في كل من حزم الطيف المستخدمة في التصوير ، كما يمكن تمثيل ذلك بأشكال هندسية هي عبارة عن متوازيات سطوح . و تصنف كل وحدة صورة على حسب المتوازي الذي تقع فيه . **و من المحتمل أن تقع وحدة الصورة خارج كل المتوازيات و بالتالي تصنف بأنها مجهولة الهوية ، أي أنها لا تنتمي لأي من الغطاءات الأرضية التي تعرفنا عليها من عملية التدريب .**

Parallelepiped Classifier
التصنيف بطريقة متوازيات السطوح



Parallelepiped Classifier
التصنيف بطريقة متوازيات السطوح

مثال 2.8:

يبين الشكل 8.8 و الشكل 9.8 بيانات الحزمة B1 و الحزمة B2 على التوالي لصورة رقمية تغطي منطقة بها 5x5 من وحدات الصورة ، كما يوضح الشكل 10.8 البيانات الحقلية (المرجعية) لنفس المنطقة للغطاء النباتي V ، و المطلوب:

- حدود قيم الأعداد الرقمية التي تمثل الغطاء النباتي في كل من الحزمتين (الحد للرقم الأدنى و الحد للرقم الأعلى) ،
- الوسط الحسابي لمنطقة الغطاء النباتي في كل حزمة ،
- تصنيف وحدات الصورة التي تنتمي للغطاء النباتي في كل من الحزمتين و ذلك باستخدام بيانات الحقل و طريقة متوازيات السطوح أو الحدود الدنيا و القصوى للأعداد الرقمية . ثم وضح المنطقة التي تطابقت فيها نتيجة التصنيف من الحزمتين .

بيانات الحزمة B and1

1	2	5	6	4
2	1	4	5	3
0	4	2	3	5
1	2	2	4	4
2	3	1	5	4

بيانات الحزمة B and2

1	2	8	6	8
1	0	6	8	7
0	1	5	7	6
4	2	6	6	6
4	3	4	7	8

		V		
	V			
V				

البيانات الحقلية للمنطقة المصورة

الحل:

من البيانات الحقلية في الشكل 10.8 و بيانات الحزمة B1 في الشكل 8.8 و الحزمة B2 في الشكل 9.8 :

الحزمة B1 : الرقم الأدنى الذي يمثل الغطاء النباتي = 3

الرقم الأعلى الذي يمثل الغطاء النباتي = 5

الحزمة B2 : الرقم الأدنى الذي يمثل الغطاء النباتي = 6

الرقم الأعلى الذي يمثل الغطاء النباتي = 8

الوسط الحسابي لبيانات الغطاء النباتي في الحزمة B1 = (4 + 3 +5)/3 = 4

الوسط الحسابي لبيانات الغطاء النباتي في الحزمة B2 = (6 + 7 + 8)/3 = 7

بيانات الحزمة Band 1

4	6	5	2	1
3	5	4	1	2
5	3	2	4	0
4	4	2	2	1
4	5	1	3	2

من البيانات الحقلية نجد ان القيمة العظمى للعدد الرقمي الذي يمثل النبات في النطاق الطيفي الأول هي ٥ و القيمة الدنيا هي ٣ .

Band 1 : V = 3 to 5

بيانات الحزمة Band 2

8	6	8	2	1
7	8	6	0	1
6	7	5	1	0
6	6	6	2	4
8	7	4	3	4

من البيانات الحقلية نجد ان القيمة العظمى للعدد الرقمي الذي يمثل النبات في النطاق الطيفي االثاني هي ٨ و القيمة الدنيا هي ٦ .

Band 2 : V = 6 to 8

البيانات الحقلية للمنطقة المصورة

		V		
	V			
V				

نتيجة تصنيف الحزمة ١
Band1

V		V		
V	V	V		
V	V		V	
V	V			
V	V		V	

نتيجة تصنيف الحزمة ٢
Band2

V	V	V		
V	V	V		
V	V	V		
V	V	V		
V	V			

نتيجة التصنيف المتطابق من الحزمتين

V		V		
V	V	V		
V	V			
V	V			
V	V			

Maximum Likelihood Classification
تصنيف الاحتمالية العظمى

- يعتبر التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى هو الأكثر استعمالاً في عمليات التصنيف الطيفي . **الطريقة مبنية على أساس أن احتمال انتماء وحدة الصورة لأي من أصناف الظواهر الأرضية متساوياً . و يقتضى تطبيق ذلك أن تكون مدرجات التكرار لبيانات حزم الصورة ذات توزيع طبيعي حتى تعطي نتائج عالية الدقة** . أما إذا لم تكن البيانات ذات توزيع طبيعي فإن استخدام إحدى الطرق السابق شرحها يكون أفضل من استخدام هذه الطريقة نسبة لأنها تحتاج إلى عمليات حسابية أكثر تعقيدا و كلفة خاصة مع زيادة عدد حزم الطيف .
- ويتم حسابها بمقارنة احتمال انتماء وحدة الصورة X إلى كل صنف C_i ويتم تصنيف وحدة الصورة في الصنف الذي اخذت به أعلى احتمال . و يمكن المقارنة بين احتمالات انتماء وحدة الصورة الى كافة الاصناف C_n . و توضع وحدة الصورة في الصنف الذي سجلت لديه احتمالية عظمى .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب

- لا تستخدم في هذه التقنية معلومات مسبقة عن منطقة الدراسة ، أي أنها لا تتضمن مرحلة التدريب ، و ذلك يعني أنه لا توجد إمكانية لتقدير موقع الوسط المركزي للأصناف المختلفة من غطاءات الأرض .
- قد يكون هنالك عدم معرفة حتى بعدد الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة ؛ و إنما يتم استخدام فيها استخدام خورازميات لتجميع وحدات (عناصر) الصورة ذات الخصائص الطيفية المتماثلة في تجمعات محددة (clusters) . هذه التجمعات عبارة عن أصناف طيفية spectral classes لم تعرف هوية كل منها بعد .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب

- و تكون المرحلة الثانية تحديد هوية الغطاء الأرضي الذي يمثل كل مجموعة من مجموعات وحدات الصورة ذات الخصائص الطيفية المتماثلة . تتم هذه العملية باستخدام ما يعرف بالأدوات الذاتية أي بما لدى محلل البيانات من معلومات عن الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة و لذلك يطلق على هذا النوع من التصنيف "التصنيف الذاتي" أو "التصنيف غير المراقب" .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب

- يوضح الشكل التالي مجموعتين من وحدات الصورة ، تم توقيع وحدات هذه الصورة على نظام احداثيات ثنائي الابعاد يمثل المحور الأفقي فيه الأعداد الرقمية لوحدات الصورة في صورة الحزمة الطيفية B1 و المحور الرأسي الأعداد الرقمية لوحدات الصورة في صورة الحزمة الطيفية B2 . إن المركز الأوسط لكل من المجموعتين مجهول الموقع . نختار عشوائيا نقطتين a_0 و b_0 ليكونا المركزين الوسطيين لكل من مجموعة وحدات الصورة a و b على التوالي .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب

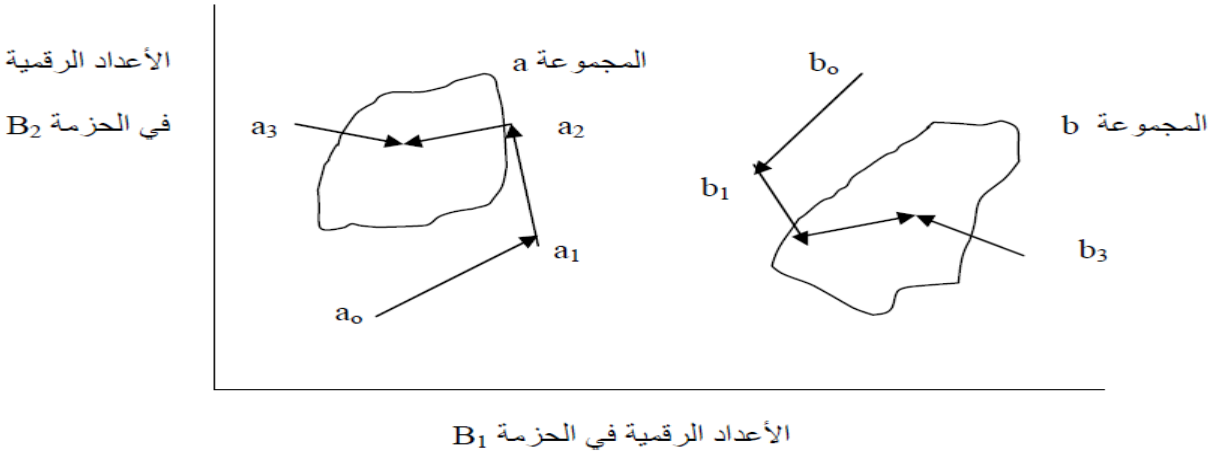
- سنستخدم قانون المسافة الأقصر للمركز لتحديد الهوية الطيفية لكل وحدة صورة. ولتطبيق ذلك نحسب المسافة بين وحدة الصورة و بين كل من المركزين a_0 و b_0 فأيهما كانت أقرب يتم انتساب وحدة الصورة لها . و يمكن الاكتفاء بحساب مربع المسافة بدل المسافة . فإذا كان مربع المسافة من وحدة الصورة الى المركز a_0 أقل من مربع المسافة من وحدة الصورة الى المركز b_0 فإن وحدة الصورة هذه تعتبر تابعة للمجموعة a ، و إلا فسوف تتبع للمجموعة b . و نكون بذلك قد شكلنا مجموعتين جديدتين ، فنحسب موقع المركز الأوسط لكل مجموعة ، و لنفترض أنهما a_1 و b_1 . ثم نعيد استخدام قانون المسافة الأقصر لإعادة تشكيل المجموعتين و من ثم حساب موقع المركز الأوسط لكل منهما . و لنفترض أنهما a_2 و b_2 على التوالي .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب

- و تستمر هذه العملية حتى نصل مرحلة لا يكون هنالك تغيير في موقع المركز الأوسط لكل من المجموعتين . و بذلك يكون قد تم في هذه المرحلة تصنيف وحدات الصورة إلى مجموعتين لكل منهما خصائص طيفية متقاربة أو مشتركة .

و يمكن أن يتم تطبيق نفس هذه الطريقة لتصنيف وحدات الصورة الى أى عدد من المجموعات ذات الخصائص الطيفية المشتركة كما يمكن استخدام أي عدد من الحزم الطيفية .

Unsupervised Classification
التصنيف غير المراقب



Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- تعتبر عملية تقييم نتائج التصنيف الخطوة الأخيرة و المهمة في عمليات التصنيف إذ الهدف منها التعرف على مدى تجميع وحدات الصورة تجميعاً صحيحاً بحيث تكون قد وضعت كل مجموعة منها تبعا للصنف الذي تمثله حقيقة و تقييم ذلك كمياً لاستنتاج مدى إمكانية الاعتماد على نتائج ذلك التصنيف في تطبيقات علوم الأرض المختلفة .
- في هذه العملية يمكن اختيار عدد من وحدات الصورة بطريقة عشوائية و مقارنة نتائج تصنيفها مع معلومات عن المنطقة يمكن الحصول عليها من الصور الجوية أو الخرائط ذات المقياس الكبير أو بعمل ميداني يقوم فيه محلل الصور بالتعرف على ما تمثله وحدة الصورة المصنفة (و تمثل نتائج هذا العمل الميداني قاعدة البيانات الأرضية لمنطقة الدراسة) ، ثم عقد مقارنة بين هذه المعلومات الميدانية و نتائج التصنيف .

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- إن الخطوة الأولى في عملية تقييم دقة التصنيف هي إنشاء مصفوفة خطأ التصنيف error classification matrix و هي مصفوفة تتكون عناصرها من contingency table و يطلق عليها جدول الشك "contingency table" . و هي مصفوفة تتكون عناصرها من أرقام تمثل عدد وحدات الصورة المختارة لتحليل الدقة لتمثل كل ظاهرة على سطح الأرض من نتائج التصنيف و من قاعدة البيانات الأرضية "(البيانات المرجعية "reference data") فنضع عدد وحدات الصورة المصنفة لكل ظاهرة أرضية في صف من صفوف المصفوفة ، و نضع عدد وحدات الصورة من البيانات المرجعية لكل ظاهرة أرضية في عمود من أعمدة المصفوفة . و المصفوفة أدناه على سبيل المثال تمثل منطقة دراسة فيها من الظواهر الأرضية غطاء نباتي (V) و منطقة مباني (U) و مسطح مائي (W) .

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

الصنف	V	W	U	مجموع الصفوف	الخطأ
V	28	14	15	57	49.1
W	1	15	5	21	71.4
U	1	1	20	22	90.9
المجموع	30	30	40	100	
	93.3	50	50		63

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- تشير العناصر القطرية في هذه المصفوفة (٢٠، ١٥ ، ٢٨) إلى عدد العينات التي تتطابق فيها نتائج التصنيف مع البيانات المرجعية .
- و تمثل العناصر غير القطرية في كل صف (١، ١ ، ١ ٥ ، ١٤ ، ١٥) عدد وحدات الصورة ، من عينة الاختبار و التي تم تصنيفها خطأ (وضعت تبعا لصنف لا تمثله حقيقة) و يطلق عليه خطأ التصنيف commission error .
- و تمثل عناصر المصفوفة غير القطرية في كل عمود: (٥ ، ١٥ ، ١ ، ١٤ ، ١ ، ١)
- وحدات الصورة التي أهملها المصنف أي حذفها و لم يضعها مع أي من الأصناف الثلاثة و يطلق على هذا الخطأ خطأ الحذف omission error .
- و يمكن حساب الدقة الكلية (σt) من حاصل قسمة مجموع وحدات الصورة التي تطابقت في التصنيف مع البيانات المرجعية على مجموع وحدات الصورة المختبرة:

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- الدقة الكلية :

$$\sigma t = (28 + 15 + 20) / 100 = 63\%$$

- إن الدقة الكلية (σt) ليست مؤشراً صحيحاً لمعرفة دقة تصنيف كل مجموعة من المجموعات المصنفة ، إذ أنه عند حساب الدقة الكلية يفترض أن تكون المجموعات متساوية في الدقة . و لدراسة دقة كل مجموعة منفردة فيمكن استخدام دقة المستخدم (user's accuracy)

أو دقة المنتج (producer's accuracy) كما يلي :

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- **دقة المستخدم (دخ) = عدد وحدات الصورة التي صنفت تصنيفاً صحيحاً** ÷ مجموع وحدات الصورة في الصف .
- و تسمى دقة المستخدم لأن المستخدم تهمه النسبة من وحدات الصورة التي صنفت تصنيفاً صحيحاً .
- **دقة المنتج (دت) = عدد وحدات الصورة التي صنفت تصنيفاً صحيحاً** ÷ مجموع وحدات الصورة في العمود .
- و تسمى دقة المنتج لأن المنتج يهتم بدقة تصنيف العينات المرجعية .

Accuracy Assessment of Classification
تقييم دقة التصنيف

- و يلاحظ أن دقة تصنيف المفردات يمكن التعبير عنها بخطأ التصنيف و خطأ الحذف:
- **خطأ التصنيف = ١ - دقة المستخدم .**
- **خطأ الحذف = ١- دقة المنتج .**

thematic map classes	reference data classes: A	B	C	sum
A	35	2	2	39
B	10	37	3	50
C	5	1	41	47
sum	50	40	46	136

overall accuracy =(35+37+41)/136≡83.1%

producer's accuracies		user's accuracies	
A	35/50≡70.0%	A	35/39≡89.7%
B	37/40≡92.5%	B	37/50≡74.0%
C	41/46≡89.1%	C	41/47≡87.2%