

استخدام تقنية الزاوية الطيفية لإنتاج الخرائط (SAM) من الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية في تحديد مساحة بعض الأهداف وانتشارها*

م . نبال العلان**

د . م . ناصر طراف إبراهيم***

د . م . محمد العبد لله***

الملخص

يقوم هذا البحث على العلاقة القائمة بين الطيف المنعكس وطبيعة كل هدف في تتبع هذا الهدف ورسم حدود انتشاره ومساحته، لا بل حتى نسبة وجوده مع أهداف أخرى في وحدة المساحة المستهدفة بالقياس . وكلما تفوق عدد القنوات الطيفية المستخدمة زاد كم المعلومات المستخلصة عن الهدف المدروس. يتطلب استخدام صور فضائية فائقة الدقة الطيفية (Hyperspectral images) تقانات معالجة معقدة، كما تختلف في الأسلوب والمنهجية عن تلك التي تستخدم صوراً فضائية متعددة القنوات الطيفية (Multispectral images). استُخدمت صورة فضائية فائقة الدقة الطيفية Hyperion التابعة لـ EO-1 لتحديد مساحة انتشار بعض أهم الأهداف الموجودة في الصورة (منطقة شمال شرق دمشق) بالاستعانة بالقيم الطيفية الحقلية المسجلة لهذه الأهداف بجهاز سبيكتروراديو متر (Spectroradiometer) لرفع دقة تمييز الأهداف ونسبة وجودها، ومن ثم دقة حدود المساحة الموجودة فيها . وبتكامل استخدام البرامج المتخصصة من (GIS, ENVI, RS3, Viewspec-pro) على بيانات الصورة الفضائية والبيانات الحقلية بتقنية الزاوية الطيفية لإنتاج الخرائط Spectral Angle Mapper (SAM) تبين تفوق هذه التقنية في تحديد المساحات الفعلية وحدود انتشارها للأهداف المدروسة سواء الطبوغرافية، أم العمرانية، أم الجيولوجية، والزراعية وغيرها، عدا ذلك اكتشاف أهداف أخرى وتحديد مساحتها لم تكتشف باستخدام الصور الفضائية متعددة الأطياف .

الكلمات المفتاحية: صور فضائية فائقة الدقة الطيفية، تقنية الزاوية الطيفية للخرائط، بيانات حقلية فائقة الدقة الطيفية .

* أعدّ البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندسة نبال العلان بإشراف الدكتور محمد العبد لله ومشاركة الدكتور ناصر طراف إبراهيم .

** مديرية الطبوغرافيا - وزارة الإدارة المحلية - دمشق .

*** قسم الطبوغرافيا - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق .

**** باحث رئيسي - الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - دمشق .

1 - مقدمة:

(Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube), تُستخرج وتُصنّف بعد ذلك وحدات الصورة بتقنية SAM التي عززت بيانات طيفية معيارية حقلية مسجلة بجهاز سبيكتروراديو متر (spectroradiometer) لأهداف محددة لزيادة دقة استخراج المعلومات، وبالتحديد للحدود المساحية والتوزيع والانتشار للأهداف المدروسة ضمن الصورة الفضائية فائقة الدقة الطيفية مع مقارنة النتائج المتحصل عليها ببيانات مسح من مصادر أخرى أو طرائق تصنيف آلي.

2 - الدراسة المرجعية:

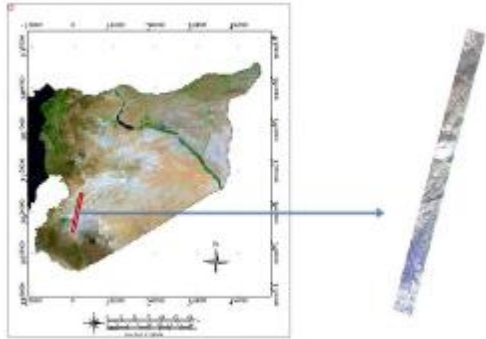
قدم الباحث (Kropff, 2006) مخططاً أمثل لأخذ العينات وتحليلها من أجل الأغراض الجيوبينية بالاعتماد على المعطيات فائقة الدقة الطيفية. حيث مُلّت العينات في المجموعات الخمس التي تدل على وجود السمة (ontological categories), ثم استُخدم النموذج ICM في تقنية التصنيف غير المراقب وطُبقت التقوية الظاهرية لتخفيض متوسط المسافة الصغرى في كل مجموعة بين نقاط العينات، ثم جرى التحقق من المعادن الموجودة في المعطيات فائقة الدقة الطيفية، وطُبقت تقانات التصنيف وفق الزاوية الطيفية: (Spectral angle mapper (SAM), ودالة السمة الطيفية: (Spectral feature fitting (SFF), للحصول على الصور الفضائية الأساس لوجود المعادن بين الباحثون (Satpathy, et al . 2010) أن الاستشعار عن بعد عالي الأطياف يقدم التفاصيل الفيزيوكيميائية باستخدام معطيات الماسح Hyperion للتابع الصناعي EO-1 في مسح المعادن وتوصيفها AL+OH, واستخراج صخر البوكسيت من الصور المأخوذة. جرى البحث عن التكتشفات الصخرية البازلتية والكلسية بصورتها النقية والسائدة مع عدة أنواع من الصخور التركيبية المشتقة منهما، وكذلك حالات توزيع الغطاء النباتي وانتشاره مع تحديد مساحة كل فئة تصنيفية

الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية عبارة عن صور فضائية ذات قنوات طيفية ضيقة مستمرة على طول المدى الموجي يصل عددها إلى مئات القنوات الطيفية (ابراهيم 2010). إن أول نظام استُخدم للمعطيات فائقة الدقة الطيفية للمساحة الجوية هو AVIRIS ويعطي 224 قناة طيفية، وأول تابع صناعي يعطي صوراً فائقة الدقة الطيفية هو EO-1 الذي يحتوي الماسح Hyperion والذي يعطي صوراً فضائية ضمن المجال الطيفي 0.4 – 2.5 m وضمن 242 قناة طيفية. يعتمد نجاح استخدام هذه التقانات الفضائية على إمكانية استخراج المعلومات من معطيات التابع الصناعي، ولاسيماً أن معالجة هذه المعطيات وتداولها ذو طرائق ومجالات محدودة وأحياناً سرية، ولمصادرهما أيضاً مواصفات خاصة من حيث الحجم والوزن والطاقة المستخدمة، مما يعطي أيضاً تحديات إضافية من حيث تصميم هذه الأنظمة.

يختلف امتصاص الطيف ونفاذه وانعكاسه لكل مادة وفق خواصها الفيزيائية والكيميائية ليشكل مايسمى البصمة الطيفية الخاصة لكل مادة والمميزة لها عن غيرها (spectral signature), ومن خلال هذه البصمات الطيفية تُحدّد وتصنيف المواد. إن إحدى متطلبات استخراج المعلومات من معطيات الماسح Hyperion المحمول على التابع الصناعي EO-1 هو معايرة تأثيرات الغلاف الجوي من خلال الطرائق المتوفرة لتصحيحات الغلاف الجوي للحصول على الانعكاس الطيفي الظاهري لمعطيات الماسح، على أن تُزال قبلها القنوات الطيفية والخطوط الشاقولية السيئة كمعالجة أولية. صُحّحت في هذا البحث الصورة الفضائية هندسياً، ثم أُزيلت تأثيرات الغلاف الجوي بطريقة FLAASH

5- مواد البحث وطرائقه:**5-1- منطقة الدراسة:**

تقع منطقة الدراسة شمال شرق مدينة دمشق - سورية، عند $(34^{\circ}24' - 33^{\circ}28')$ E و $(36^{\circ}59' - 36^{\circ}99')$ N، وتمتد على طول (110) km (شمال - جنوب، وعرض (8) km شرق - غرب، بمساحة (853.157) km²، بارتفاع تضاريسي من (550) m إلى (1900) m تتضمن بعض السمات العمرانية (مدينة الناصرية - بعض الطرق)، ومرتفعات مار موسى، وسمات أخرى مختلفة من الغطاء الأرضي (ترب - محاصيل ...)، مقالع صخرية وتكشفات كلسية والجص في وسط المنطقة .



الشكل (1) منطقة الدراسة من سورية: شمال شرق دمشق

5-2- المعطيات المستخدمة:**5-2-1- المعطيات الفضائية:**

صورة فضائية فائقة الدقة الطيفية (Hyperspectral image) مأخوذة بالماسح Hyperion (EO-1 user guide, 2003). وهو ماسح متطور مثبت على التابع الصناعي EO-1 (Earth Observation-1) الذي قامت بتطويره NASA عام 2000، ويتألف من telescope واحد ومن جهازين spectrometer: أحدهما VNIR spectrometer

مدروسة في منطقة شمال شرق الرستن من سورية باستخدام الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية نوع Hyperion (إبراهيم، 2010) .

3- الهدف من البحث :

هَدَفَ هذا البحث إلى استخدام الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية في رسم الحدود المساحية بدقة عالية لأهم الأهداف باستخدام تقنية SAM (spectral angle mapper) بالتكامل مع البيانات الطيفية في منطقة اختيارية شمال شرق دمشق .

4- المنهجية:

- تجميع المعطيات الفضائية (صور فضائية) والحقلية (القراءات الراديومترية).
- المعالجة الأولية للمعطيات الفضائية من تصحيحات راديومترية وتصحيحات للغلاف الجوي وتصحيحات هندسية وإظهار المعطيات واختيار القنوات الطيفية الفضلى.
- تسجيل المعطيات الحقلية للأهداف المميزة ومعالجتها وتحليلها، واستخراج عناصر التصنيف وإنشاء المكتبة الطيفية .
- تطبيق تحويل MNF لتحديد نسبة الضجيج وتحديد البكسلات الصافية للتخفيف من البعد الطيفي للمعطيات، وتخفيف التعقيدات الحسابية بسبب الحجم الكبير للمعطيات فائقة الدقة الطيفية.
- تطبيق تقنية SAM من خلال مقارنة التشابه الطيفي للمنحنيات الطيفية للسمات ولأطياف المرجعية؛ وذلك لتصنيف الصورة وإيجاد الخرائط بالتكامل مع البيانات الطيفية الحقلية.
- استخراج الوحدات المساحية .
- تدقيق النتائج ومقارنتها بطرائق مسح أخرى .

الأقمار الصناعية لتزويد المستخدم ببيانات عن الموقع (Position) والسرعة (Velocity) والوقت (Time), استخدم جهاز GPS نوع GARMIN etrex Vista , وكذلك سُجِّلت معلومات عن الموقع مثل الانحدار (الميل), والارتفاعات, وطبيعة المنطقة, ونوع الغطاء.

الجدول (1) إحدائيات الأهداف الحقلية وطبيعتها

الموقع	N(درجة عرض)	E(درجة عرض)	التوصيف
T1	34.00201	36.83026	كلس غضاري
T2	33.858	36.78675	تربة تجميعية
T3	33.70345	36.75393	حصص
T4	33.89887	36.81815	تكتشات كلسية
T5	33.58619	36.70784	غطاء نباتي
T6	33.87806	36.8180	حقل الزيتون
T7	33.97855	36.89292	منطقة رعوية

حيث سُجِّلت القراءات الطيفية بجهاز سبيكتروراديو متر (spectroradiometer) نوع FieldspecPro لكل عينة بواقع ثلاث قراءات بوضع الجزء المستشعر فوق الهدف وعلى ارتفاع محدد تحت سطوع شمسي بتوقيت قبل الظهور.

6- المعالجة والتحليل:

6-1- المعالجة الأولية للبيانات الفضائية:

يجري التعامل مع الصورة الفضائية عن طريق برنامج مختص بمعالجة الصورة الفضائية ENVI , وتتضمن المعالجة الأولية للمعطيات إزالة القنوات والبكسلات السيئة والخطوط الشاقولية من الصورة, والمعالجة الأولية لا تجري من أجل إزالة أخطاء التابع الصناعي, ولكن أيضاً من أجل إظهار المعطيات, واختيار القنوات (تخفيض البعد الطيفي: عدد القنوات الطيفية), وتخفيض التعقيدات الحسابية بسبب الحجم الكبير للمعطيات. تجري المعالجة الأولية وفق الخطوات الآتية:

- التصحيح الراديو متري.
- تصحيحات الغلاف الجوي.

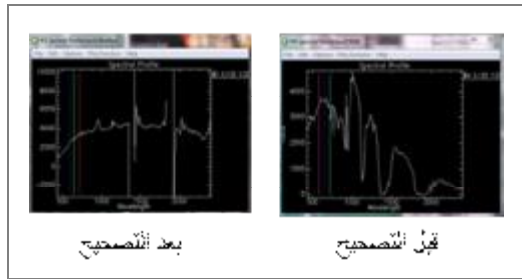
والآخر SWIR spectrometer, ارتفاع المدار (altitude): 705 km, درجة الميل: 98.7 درجة, زمن مرور هذا التابع بخط الاستواء في 10:00 a, بفارق زمني مقداره دقيقة واحدة عن التابع الصناعي Landsat 7, وهو يعطي معلومات عن سمات سطح الأرض من خلال صور طيفية تمتلك 242 قناة طيفية ضمن المجال الطيفي: (400 - 2500) nm (نانومتر), بدقة طيفية 10 nm, أمّا الدقة المكانية لهذا الماسح فهي 30m وعرض المسح swath width: 7.5 km .

هناك قنوات في معطيات Hyperion لم تتم معايرتها, فمن 242 قناة هناك فقط 198 قناة تمت معايرتها, فقد تمّ معايرة القنوات من (57 - 8) في المجال VNIR والقنوات من (224 - 77) في المجال SWIR والقنوات التي لم تتم معايرتها أخذت القيمة (0), وبسبب التداخل بين المستويات (focal planes) لـ VNIR و SWIR, فهناك فقط 196 قناة طيفية منفصلة إذ إنّ منطقة التداخل بين المجموعتين هي في المجال الطيفي (900-1000) nm, يأخذ ملف المعطيات التي عولجت في هذا البحث الرمز: EO1H1730362004297110PE, أي إنّ الصورة أُخِذت بالتابع الصناعي EO-1 بالماسح Hyperion هي صورة فائقة الدقة الطيفية لمنطقة شمال شرق دمشق Path = 173, row = 036, في اليوم 297 أي بتاريخ (23/10/2004). تحتوي على 242 قناة في المجال الطيفي (355-2577) nm بعرض قناة 10 nm, ودقة مكانية 30 m .

5-2-2- المعطيات الحقلية:

سُجِّلت القراءات الطيفية الحقلية للأهداف المبيّنة في الجدول وفق الإحدائيات الجغرافية المرفقة لكل منها باستخدام نظام التوضع العالمي GPS : Global Positioning System, وهو نظام ملاحى يعتمد على

الصنعي إلى انعكاس؛ وذلك بتصحيح تأثير الغلاف الجوي، والنتج هو مجموعة معطيات يتم فيها تمثيل كل بكسل بطيف الانعكاس . بتطبيق تقنية FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) في برنامج ENVI وإدخال المعلومات المطلوبة في هذه التقنية، صُحِّحَت تأثيرات الغلاف الجوي (Kawisher, 2007)، حيث أُدخِلَت قيمة ارتفاع التابع الصنعي Hyperion وهو 705km عن سطح الأرض وإحداثيات مركز الصورة (E 33.7590 و N 36.7922) وتاريخ أخذ القراءة : 23/10/2004، وزمن أخذ القراءة : 7:59:38 (HH:MM:SS)، ونمط الغلاف الجوي: Mid-Latitude Summer، مجال امتصاص بخار الماء (water retrieval) : 1135 nm لمعطيات Hyperion ، نمط العوالق الجوية السائد Aerosol Model: Rural ، وارتفاع العوالق الجوية (الغبار الجوي) 2km ، والرؤية الأولية (Initial Visibility) : 40 km ، نسبة وجود CO₂ : 390 ppm (parts per million) ، 15 : Resolution of Modtran أو 5 ، نموذج التبعثر (Multiscatter Model) : إيزاك (Issacs) ، عامل المقياس (scale factor) : 10000 لمعطيات Hyperion ، لنتج صورة بمعطيات انعكاسية مصححة من تأثيرات الغلاف الجوي شكل(2).



الشكل (2) المنحنى الطيفي لبكسل من الصورة الفضائية فائقة الدقة الطيفية قبل إجراء تصحيحات الغلاف الجوي ثم بعدها.

• التصحيح الهندسي .

6-1-1- التصحيح الراديومتري:

تأتي معطيات HYPERION كملفات ذات امتداد (BIL) وبصيغة (signed integer)، وعامل المقياس يختلف لكل قناة فهو ليس واحداً للقنوات جميعها، ويساوي 40 لقنوات VNIR و 80 لقنوات SWIR . والوحدات لهذه المعطيات هي $W/m^2 SR\mu m$.

$$VNIR L = Digital Number / 40 .$$

$$SWIR L = Digital Number / 80 .$$

ولمعالجة المعطيات في برنامج FLAASH ضمن برنامج ENVI يجب أن تكون المعطيات بالوحدات $W/cm^2 SRnm$. أي هناك عامل إضافي في هذا البرنامج يساوي 10؛ لذلك نضرب عامل المقياس السابق بـ 10 للقنوات السابقة جميعها، وفي كلا المجالين، أي يصبح عامل المقياس 400 في المجال الطيفي VNIR و 800 في المجال الطيفي SWIR .

6-1-2- تصحيحات الغلاف الجوي:

لما كان جمع المعطيات يجري لمنطقة على الأرض فإن الانعكاس لأشعة الشمس يمر عبر الغلاف الجوي، وتأثيرات الغلاف الجوي في أشعة الشمس تُسجَل من قبل المساح عالي الأطياف، عادةً يتطلب تصحيح الغلاف

الجوي ثلاث خطوات (Marcus, etal. 2008):

أولاً: تحديد ظروف الغلاف الجوي، ووجود الماء في أثناء جمع المعطيات .

ثانياً: تصحيح المعطيات اعتماداً على هذه المعلومات وتحويل الانعكاس .

ثالثاً: إزالة أي بقايا اصطناعية في أثناء عملية المعالجة. فائدة تابع معايرة الغلاف الجوي هو تحويل المعطيات الراديومترية الأصلية التي حصلنا عليها من التابع

لاستخدامها في الصورة الفضائية بعد أن جُهِّزَتْ وصُحِّحَتْ وَعُولِجَتْ أولياً , لتصبح كما في الشكل(4) .

File	Edit	Format	View	Help
1	350	0.126		
2	351	0.124		
3	352	0.123		
4	353	0.123		
5	354	0.123		
6	355	0.123		
7	356	0.123		
8	357	0.12		
9	358	0.121		
10	359	0.123		
11	360	0.123		
12	361	0.122		
13	362	0.121		
14	363	0.12		
15	364	0.118		
16	365	0.117		
17	366	0.116		
18	367	0.117		
19	368	0.118		
20	369	0.119		
21	370	0.121		
22	371	0.12		
23	372	0.119		
24	373	0.118		
25	374	0.118		
26	375	0.119		
27	376	0.12		
28	377	0.121		

الشكل(4) معطيات الانعكاس الطيفي لأحد الأهداف الحقلية

3-6- تحليل معطيات الصورة الفضائية فائقة الدقة الطيفية:

نستخدم تطبيق ENVI Hourglass Wizard ضمن برنامج ENVI من أجل تحليل الخطوات السابقة للمعطيات فائقة الدقة الطيفية وتصنيفها وإجرائها وفق الخطوات الآتية:

- 1- تطبيق تحويل MNF أي تخفيض المعطيات الطيفية.
- 2- تحديد البكسلات الصافية (Pixel Purity Index (PPI).
- 3- تحديد العناصر الموجودة في الصورة Endmembers
- 4- تطبيق تقنية SAM لتصنيف الصورة .

1-3-6- تحويل MNF:

قبل تطبيق تصنيف SAM على الصورة نحتاج إلى تخفيض الضجيج واستخراج البكسلات الصرفة؛ وذلك بتطبيق تحويل MNF (Minimum Noise Fraction : Transform). يحدد هذا التحويل الأبعاد الأصلية لمعطيات الصورة لعزل الضجيج في معطيات الصورة ولتخفيض المتطلبات الحسابية للمعالجة اللاحقة. يستخدم هذا التابع

3-1-6- التصحيح الهندسي (الإرجاع) (Georeferencing):

أُجْرِيَتْ في هذه الصورة عملية الإرجاع بأخذ (11) نقطة إرجاع باستخدام صورة مرجعة للتابع الصناعي Landsat (TM) لسورية Orthorectify ، وفق نظام الإحداثيات العالمي WGS84 كسطح مرجعي، ونظام الإسقاط فيها هو Universal Transverse Mercator : UTM ، والمنطقة هي Zone : 37 North ، والإرجاع أُجْرِيْ بِطريقة : nearest neighbor resampling . وبهذا أصبحت الصورة مرجعة إلى موقعها العالمي الحقيقي، وأصبح من الممكن استخدامها مع المعطيات الفضائية المرجعة شكل(3) .



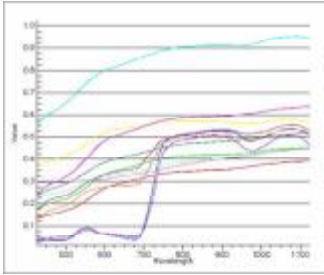
الشكل(3) الصورة الفضائية بعد عملية الإرجاع المكاني

2-6- معالجة البيانات الطيفية الحقلية:

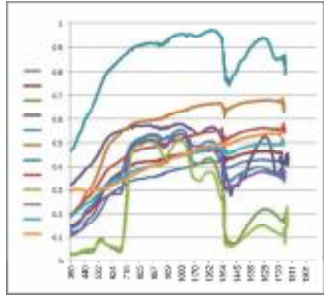
تُسجَلُ البيانات الطيفية الحقلية عن طريق جهاز سبيكتروراديو متر باستخدام برنامج RS3 الذي يسجل قيم الانعكاس الطيفي عن الهدف عند كل 1 نانومتر ضمن المدى الموجي (350-2500) nm، ثم تُعالَجُ هذه البيانات إلى مكتبات طيفية باستخدام برنامج Viewspec-pro

لتحديد الأبعاد الأصلية لمعطيات الصورة، لعزل الضجيج في المعطيات ولتخفيض العمليات الحسابية اللازمة لمعالجة هذه المعطيات.

هذا التحويل هو تحويل خطي يتألف من دورانات تحليل للعناصر الأساسية في المعطيات: يستخدم الدوران الأول العناصر الأساسية لمصفوفة الفروقات المساعدة لتخفيف الضجيج في المعطيات، وتنتج معطيات محولة فيها متحول وحيد (فرق وحيد) وقنوات طيفية غير مرتبطة ببعضها بعضاً. يستخدم الدوران الثاني العناصر الأساسية الناتجة من المعطيات الأصلية للصورة بعد تطبيق الدوران الأول عليها باستخدام الانحراف المعياري للضجيج .



الشكل (5) المنحنيات الطيفية لعناصر التصنيف من الصورة



الشكل (6) المنحنيات الطيفية لعناصر التصنيف الحقلية

6-3-2- تحديد البكسلات الصافية:

قد يحتوي البكسل على أكثر من صنف (عدة بصمات طيفية)، مما يخلق صعوبة في تحديد العناصر ومن ثم في التصنيف، لذا يستخدم مؤشر النقاء في البكسل لإيجاد السمة الطيفية السائدة في البكسل الواحد؛ وذلك في الصور متعددة الأطياف والصور فائقة الدقة الطيفية؛ وهذا يعني دمج عناصر التصنيف الموجودة في البكسل، ويُحسب هذا المؤشر بإجراء تكرارات لإسقاط المنحنيات في الفراغ ذي n بعداً، على شعاع واحدة عشوائي. يقوم برنامج ENVI بتسجيل البكسلات الصافية في كل إسقاط (وهي البكسلات التي تقع عند نهايات شعاع الواحدة)، ويسجل العدد الكلي للتكرارات التي يكون فيها البكسل هو بكسل صافياً وتنتج صورة البكسلات الصافية، وفيها قيمة البكسل هي عدد المرات التي يكون فيها البكسل صافياً.

6-3-3- تحديد عناصر التصنيف (endmembers):

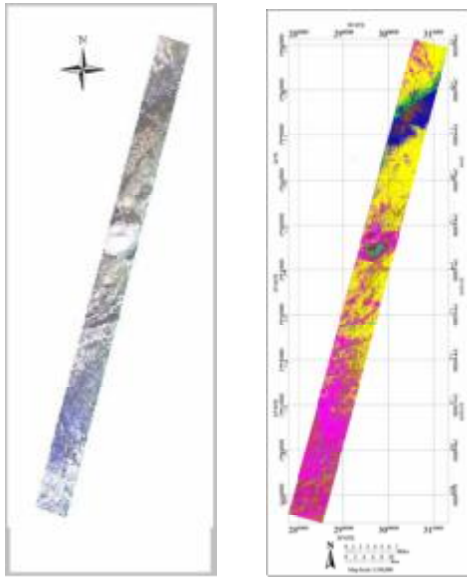
تستخرج عناصر التصنيف من معطيات الصورة الفضائية أو من مصادر أخرى (مكتبة طيفية - ملف

هي طريقة تصنيف تستخدم زاوية مجسمة (n بعداً) لمطابقة البكسلات مع طيف مرجعي، يحدد هذا التابع التشابه الطيفي بين طيفين؛ وذلك بحساب الزاوية بين الطيفين ويعاملهما كأشعة في فراغ أبعاده تساوي عدد القنوات الطيفية، ولكل شعاع طول معين واتجاه ما: طول الشعاع يمثل السطوع في البكسل، أما الاتجاه فيمثل السمة الطيفية للبكسل، الشكل (7).

وبإعطاء كل صنف في الصورة المصنفة لوناً معيناً فإن البكسلات غير المصنفة أو المناطق غير المصنفة تظهر في الصورة باللون الاسود .

7- النتائج والمناقشة:

بتطبيق تقنية SAM تم الحصول على صورة مصنفة لمنطقة الدراسة، جرى التركيز فيها على السمات التي سُجِّلت القراءات الطيفية لها في هذه المنطقة وهي: غطاء نباتي مبعثر - شجر الزيتون - الجص - التكتشفات الكلسية - التراب التجميعية - مناطق رعوية- كلس غضاري , وكذلك على أهداف محددة كملحة جبرود . يظهر الشكل (8) منطقة الدراسة مصنفة بتقنية SAM .

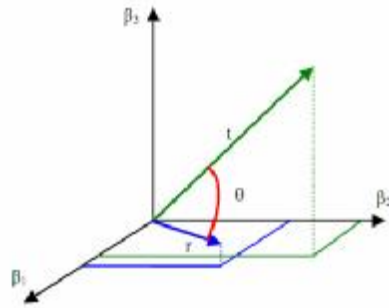


الشكل (8) منطقة الدراسة مصنفة وفق تقنية SAM

تظهر المخططات والأشكال الآتية المنحنى الطيفي لكل هدف، وحدود انتشاره في الصورة الفضائية:

1- غطاء نباتي مبعثر:

المنحنى الطيفي لهذه السمة

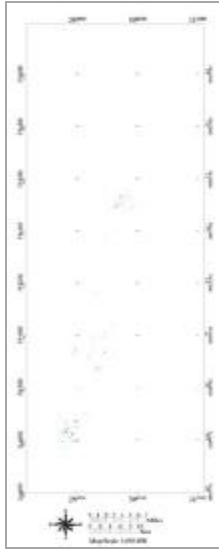


الشكل (7) الزاوية الطيفية بين طيفين في فراغ ثلاثي الأبعاد

هذه الطريقة تحدد التشابه بين طيف غير معلوم (t) وطيف مرجعي (r) في فراغ ذي n بعداً إذ $n = \text{عدد القنوات الطيفية في الصورة}$, بتطبيق العلاقة الآتية:

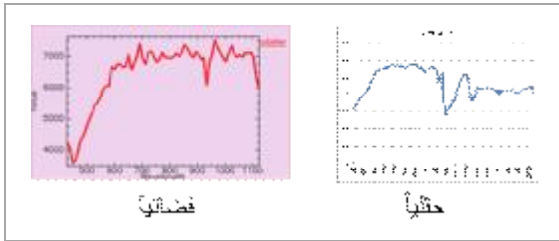
$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2 \sum_{i=1}^n r_i^2}} \right)$$

وتعطي هذه الزاوية بالراديان وتراوح قيمتها بين 0 و $\pi/2$, تقوم هذه الطريقة بمقارنة شعاع طيف العنصر (endmember) وشعاع الطيف في كل بكسل في فراغ ذي n بعداً، والزاوية الأصغر تمثل التوافق الأقرب للطيف المرجعي، والبكسلات التي تتجاوز القيمة العظمى للزاوية (بالراديان) لا تُصنَّف، إذ من الضروري تحديد الحد الأعظمي لهذه الزاوية الطيفية، وهذا الحد يمثل أكبر زاوية مقبولة بين شعاع المنحنى الطيفي للعنصر وشعاع البكسل، والزاوية الطيفية الصغيرة تمثل أفضل تطابق مع طيف العنصر، ويجري التصنيف بحساب الزوايا الطيفية بين الطيف المنعكس من بكسل الهدف وبين الطيف المرجعي وتخصيص كل بكسل في الصنف الذي ينتمي إليه تبعاً لأقل قيمة للزاوية الطيفية .

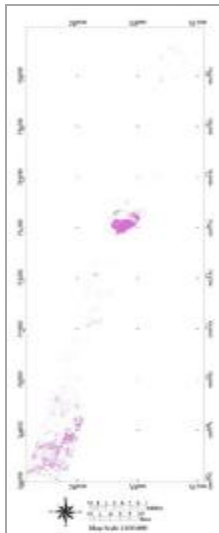


الشكل (12) حدود انتشار شجر الزيتون في الصورة الفضائية.

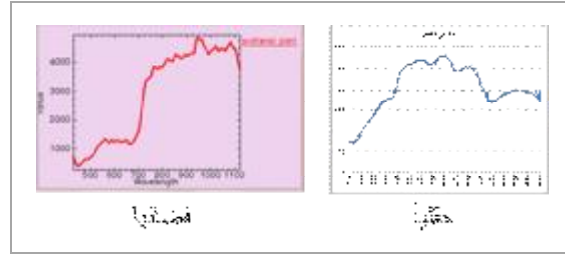
3- الجص :



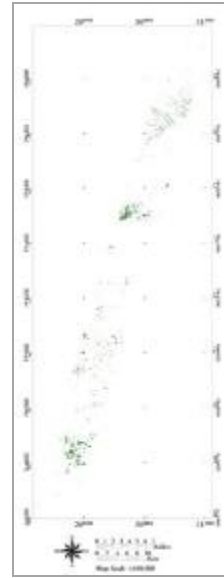
الشكل (13) المنحنى الطيفي للجص حقلياً وفضائياً .



الشكل (14) حدود انتشار الجص في الصورة لفضائية

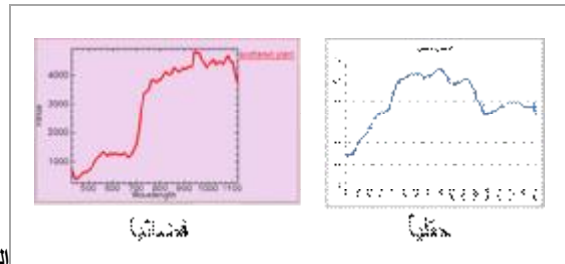


الشكل (9) المنحنى الطيفي للغطاء النباتي المبعثر حقلياً وفضائياً.



الشكل (10) حدود انتشار الغطاء النباتي المبعثر في الصورة الفضائية .

2- شجر الزيتون :

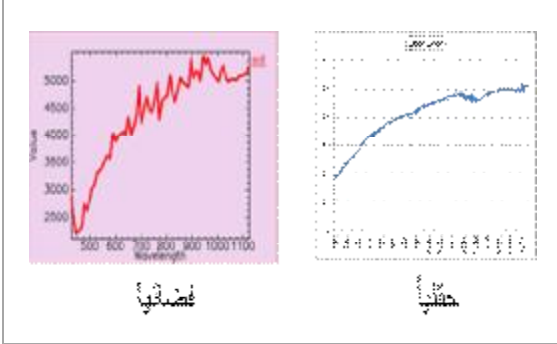


الشكل (11) المنحنى الطيفي لشجر الزيتون حقلياً وفضائياً.

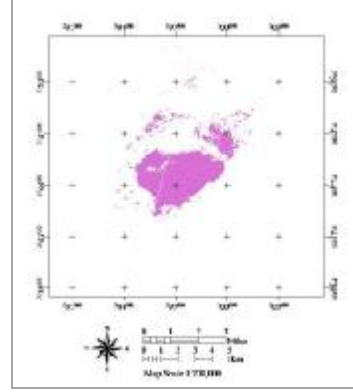
استخدام تقنية الزاوية الطيفية لإنتاج الخرائط (SAM) من الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية في تحديد مساحة بعض الأهداف وانتشارها

5- تربة تجميعية:

- ملاحه جيروود :

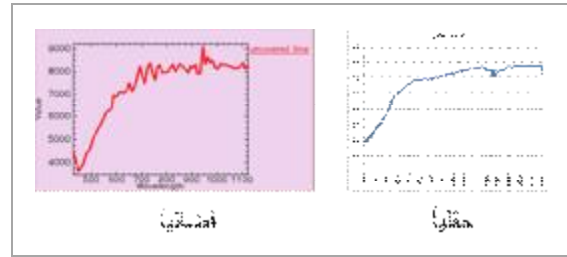


الشكل(18) المنحنى الطيفي للتربة التجميعية حقلياً وفضائياً



الشكل(15) حدود انتشار ملاحه جيروود في الصورة لفضائية

4- التكتشفات الكلسية :

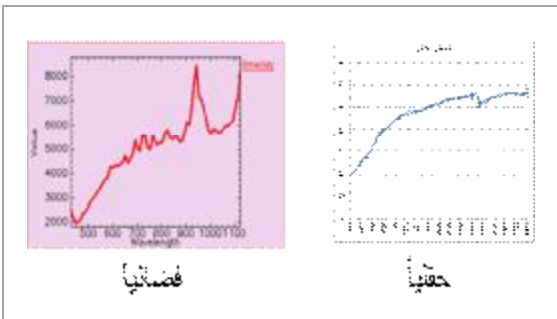


الشكل(16) المنحنى الطيفي للتكتشفات الكلسية حقلياً وفضائياً .

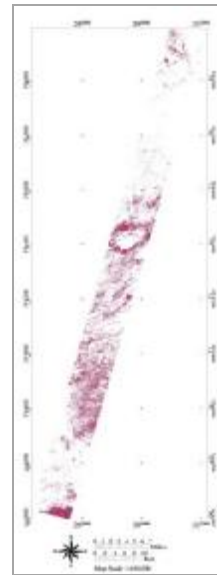


الشكل(19) حدود انتشار التربة التجميعية في الصورة الفضائية .

6- الكلس الغضاري :



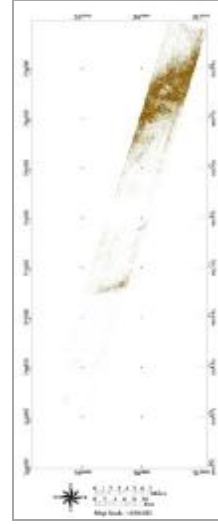
الشكل(20) المنحنى الطيفي للكلس الغضاري حقلياً وفضائياً .



الشكل(17) حدود انتشار التكتشفات الكلسية في الصورة لفضائية .

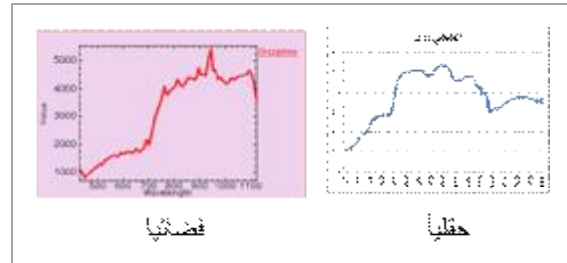
تفتقر المنطقة المدروسة للغطاء النباتي حيث تتركز أماكن وجوده قرب مدينة الناصرية ومنطقة القصير وحران العواميد، وأغلبها مساحات مزروعة، وأكثر أنواع النبات الذي زُرِعَ في هذه المنطقة هو أشجار الزيتون. وتبلغ مساحة كامل الغطاء النباتي في هذه المنطقة 27.2079 km^2 ، وهو ما يعادل 3% فقط من مساحة المنطقة. و8% منها هي مساحات مزروعة بأشجار الزيتون. فضلاً عن وجود مناطق رعوية تنتشر في جنوب المنطقة وأيضاً قرب ملاحه جبرود في الجنوب منها وتبلغ المساحات الرعوية 10.3627 km^2 أي تصل إلى 1% من مساحة المنطقة، ويتركز وجود الكلس الغضاري في شمال هذه المنطقة عند مرتفعات مار موسى، وتبلغ مساحته 104.5739 km^2 ، وهو ما يعادل 11% من مساحة المنطقة المدروسة، ويتركز توزع الجص في المنطقة الوسطى من منطقة الدراسة قرب جبرود حيث توجد ملاحه جبرود، وتبلغ مساحة الجص 37.9353 km^2 أي ما يعادل 4% من مساحة المنطقة، وتبلغ مساحة ملاحه جبرود وحدها 11.884 km^2 أي 24% من مساحة الجص الموجود في هذه المنطقة، أما التكتشفات الكلسية التي تنتشر على كامل المنطقة وخاصة عند مرتفع مار موسى وحول ملاحه جبرود فتبلغ مساحة هذه التكتشفات في المنطقة 135.8188 km^2 ، أي ما يعادل 14% من مساحة المنطقة، أما أكثر السمات وجوداً وانتشاراً فهي التربة التجميعة وتبلغ مساحتها 152.7217 km^2 ، أي ما يعادل 15% من المساحة المدروسة؛ وهذا النوع من التربة أكثر وجوداً في شمال المنطقة.

فيما يأتي جدول مقارنة لمساحات الفئات التصنيفية بطريقة SAM مع مساحات الفئات نفسها مصنفة من الصورة الفضائية متعددة الأطياف Multispectral مأخوذة بالتابع الصناعي Landsat TM (RGB) للمنطقة نفسها

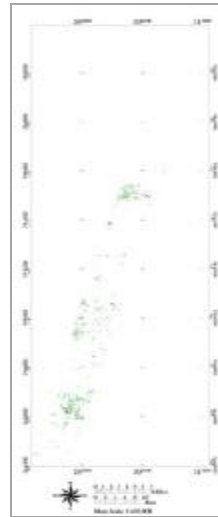


الشكل (21) حدود انتشار الكلس الغضاري في الصورة الفضائية

7- مناطق رعوية:



الشكل (22) المنحنى الطيفي للمناطق الرعوية حقلياً وفضائياً .



الشكل (23) حدود انتشار المناطق الرعوية في الصورة الفضائية

- صُنِّفَت المساحات تبعاً لقيمة الزاوية الطيفية التي تشكلها المنحنيات الطيفية مع المنحنيات المرجعية الخاصة بكل هدف , فكلما كانت هذه الزاوية أصغر كان عدد البكسلات المصنفة ضمن هذه السمة أقل ومن ثمَّ كانت المساحة المصنفة أقل وأكثر تعبيراً عن النقاء لهذه السمة، وكانت المنحنيات الطيفية في هذه البكسلات أقرب إلى المنحنى الطيفي المرجعي الممثل لهذه السمة أو الهدف، وبزيادة قيمة هذه الزاوية نحصل على المساحات السائدة لكل سمة، إذ كان عدد البكسلات المصنفة ضمن هذه السمة أكبر، وتختلف قيم هذه الزاوية لكل هدف عن الآخر .

- وبالمقارنة بالطرائق المتبعة في الصور الفضائية متعددة الأطياف، ووفق النتائج المستخلصة تبيّنت أهمية استخدام هذا النوع من الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية في دراسة السمات والموارد الأرضية جميعها بدقة تتفوق على غيرها من الوسائل الأخرى.

وفي المدة الزمنية نفسها حيث الفارق الزمني بين التابعين في مداريهما دقيقة واحدة , مصنفة بتقنية Maximum Likelihood .

الجدول (2) مساحات الفئات التصنيفية من صورة Hyperion وصوره Landsat TM

المساحة (km ²)		الهدف(السمة)
Landsat	Hyperion	
----	14.5615	غطاء نباتي مبعثر
1.7902	2.3287	شجر الزيتون
24.7184	37.9353	الجص
124.9777	135.8188	التكشفات الكلسية
150.4116	152.7217	التربة التجميعة
100.9594	104.5739	الكلس الغضاري
----	10.3627	مناطق رعوية

إذ: تبيّن من الجدول أن المساحات المصنفة من الصور الفضائية فائقة الدقة أكبر مما هي مقارنة بتلك المصنفة من متعددة الأطياف، كما أن هناك أهدافاً صُنِّفَت من الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية لم تُكتشف في الصور متعددة الأطياف بالألوان الحقيقية مثل الغطاء النباتي سواء أكان مبعثراً أم رعويّاً.

8- الخلاصة والتوصيات:

- حُدِّدَت من الصور الفضائية فائقة الدقة الطيفية المستخدمة أهداف مستهدفة بالدراسة بحد ذاتها ورُفِعَت دقة تقدير وجودها ومساحتها، وتتبع حدود انتشارها ونسبة وجودها في وحدة المساحة المدروسة للصورة الفضائية بالاستعانة بالقراءات الطيفية الحقلية فائقة الدقة الطيفية لأي هدف مدروس سواء أكان طبوغرافياً، أم عمرانياً، أم جيولوجياً، أم زراعياً، وذلك مقارنة بالطرائق المتبعة في الصور الفضائية متعددة الأطياف.

- أهمية إزالة تأثيرات الغلاف الجوي في تصحيح قيم الانعكاس الطيفي للمعطيات الذي يؤثر في نتائج التصنيف .

المراجع:

- 1- دناصر ابراهيم, 2010 . تكامل الصور الفضائية
فائقة الدقة الطيفية مع البيانات الطيفية الحقلية لتحديد
التكشفات الصخرية والسماط الأرضية . الهيئة
العامة للاستشعار عن بعد, دمشق .
2. Marcus Borengasser, William S.Hungate, and
Russell Watkins, 2008 , Hyperspectral Remote
Sensing : Principles and Applications, CRC
press, Taylor and Fancic Gruop .
3. Jay Pearlman, Carol Segal, Lushalan Liao,
Steve Carman, Mark Folkman Bill Browne
(GSFC), Lawrence Ong (GSFC), Stephen
Ungar, 2000, Development and Operations of
the EO-1 Hyperion Imaging Spectrometer .
4. Prashant Kawishar, 2007, Atmospheric
Correction Models for Retrievals of Calibrated
Spectral Profiles from Hyperion EO-1
Data, Thesis Master of science .
5. Rajat Satpathy, Vivek Kumar Singh, Reshma
Parveen, Ayyem Thillai Jeyaseelan ,2010,
Spectral Analysis of Hyperion Data for
Mapping the Spatial Variation of AL+OH
Minerals in a Part of Latehar & Gumla
District, Jharkhand, India .
6. EO-1 User Guide, Version 2.3 , July 15, 2003 .
7. Kropff. M. J, 2006, Sampling scheme
optimization from hyperspectral data, Thesis of
Doctor, ITC, Enschede, Netherlands .