

مقارنة الخصائص الطيفية في المشاهد الحضرية

(حالة دراسية مدينة دمشق)

د. محمد علاء شعلان*

د. أسماء الفوال**

المخلص

شهدت المدة الأخيرة تزايد استخدام معطيات الاستشعار عن بعد في مختلف المجالات التطبيقية ولاسيما العمرانية، لما لها من دور في اختصار الوقت والجهد في إعداد الدراسات المتعلقة بدراسة غطاء الأراضي واستعمالاتها. إذ أصبحت هذه المعطيات وسيلة فعّالة للحصول على الخرائط والمخططات للمشاهد الحضرية على اختلاف أنواعها (غرضية وطبوغرافية). ومع تطور عدد أقمار الاستشعار وتزايدها عن بعد وازدياد عدد المجالات الطيفية المتاحة ظهرت الحاجة لمعرفة إمكانية الاستفادة منها في خدمة هذه الدراسات.

لذا عمّد البحث إلى دراسة الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية وتعميق فهمها من خلال مقارنة البصمة الطيفية لكل مكون من مكونات المشهد الحضري (أراضي عمرانية، وأراضي زراعية، وأراضي جرداء) ضمن كل قناة طيفية من مشاهد Landsat 7 ومشاهد Landsat 8 و Sentinel-2A. حيث حُسِبَ متوسط القيم الانعكاسية لكل مكون ضمن كل مجال؛ وذلك لتحديد القنوات الأكثر فعالية لاستخلاص المناطق العمرانية.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد /RS/، مشهد حضري، Urban View، استعمال/غطاء الأرض Land Use\cover.

* الهيئة العامة للاستشعار عن بعد
** جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية.

**Damascus University, Faculty of Arts and
Humanities, Department of Geography.**

Muhamad alaa shaelan*

Asma Alfawal**

Abstract:

Recently, there has been an increase in the use of remote sensing data in the various fields of application, especially urbanization. That is because of their role in reducing the time and effort in the preparation of studies concerned with land use and land cover. These data have become an effective means for obtaining maps and plans for urban views of various types (Thematic, Topographic). With the development and increasing number of remote sensing satellites and the increasing number of available spectral bands, there is a need to determine whether they can be used to serve such studies .

This research examines the reflective properties of the built-up areas and deepens the understanding of these properties by comparing the spectral signature of each component of the urban landscape (built-up lands, agricultural lands, barren lands) within each spectral band from Landsat 7, Landsat 8 and Sentinel-2. The mean reflectance values of each component within each band were calculated to determine the most effective bands for classifying built-up areas.

Keywords: Remote Sensing, Urban View ,Land Use\Cover .

* The General Authority for Remote Sensing

** Damascus University, Faculty of Arts and Humanities, Department of Geography.

مقدمة:

إن من أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد هو إعداد خرائط استعمال وغطاء الأرض ذات الأهمية الكبيرة في الدراسات العمرانية والتخطيط الإقليمي والتنمية المستدامة. وقد شهدت المدة الأخيرة تطوراً وتزايداً كبيراً في عدد أقمار الاستشعار عن بعد بقدرات تمييز مكانية وطيفية متنوعة، لذا لا بد من مقارنة هذه الأقمار لمعرفة مدى الإفادة منها في خدمة هذه التطبيقات.

بشكل عام تراوح قدرة التمييز المكاني لمشاهد الاستشعار عن بعد بين المنخفضة (أكبر من 250 متراً مثل مشاهد موديس MODIS) إلى المتوسطة (أكبر من 10 أمتار وأقل من 100 متر منها لاندسات Landsat) إلى العالية (أقل من 5 أمتار مثل أيكونوس IKONOS). يمكن عدّ المشاهد بقدرة تمييز مكانية متوسطة أكثر ملاءمة لإنتاج خرائط استعمال وغطاء الأرض وتغيراتها على الصعيد الإقليمي (Peng et al., 2013). فمن ناحية أولى هناك علاقة عكسية بين أبعاد المشهد وقدرة التمييز المكاني، فقدرة التمييز المكاني المنخفضة مرتبطة بمساحة واسعة للمشهد، فمثلاً المشهد الواحد بقدرة تمييز متوسطة يغطي مساحة أكبر (بحدود 185 كيلومتراً مربعاً لمشاهد لاندسات) مما تغطيه المشاهد ذات قدرة التمييز العالية (13 كيلومتراً مربعاً تقريباً لمشاهد أيكونوس)، ومن ناحية أخرى فإن عدد المجالات الطيفية بالنسبة إلى المشاهد ذات قدرة التمييز المكاني المتوسطة أكبر (ثمان مجالات طيفية في لاندسات) مقارنة بعدد المجالات الطيفية في المشاهد ذات قدرة التمييز المكاني العالية (4 مجالات في مشاهد أيكونوس) مما يتيح فرصة أكبر للمشاهد ذات قدرة التمييز المتوسطة لتمييز أصناف غطاء الأرض باستخدام بصمتها الطيفية.

في هذا البحث فُورنت الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري باستخدام المشاهد الفضائية ذات قدرة التمييز المكاني المتوسطة من أقمار Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A.

منطقة البحث:

يبين الشكل (1) موقع منطقة الدراسة التي تغطي كامل مدينة دمشق ومحيطها بين درجتي طول $36^{\circ}.175489$ و $36^{\circ}.374102$ ، وبين درجتي عرض $33^{\circ}.441424$ و $33^{\circ}.583597$ وفقاً لنظام الإحداثيات الجغرافية WGS84.

مشكلة البحث:

مع تزايد مصادر بيانات الاستشعار عن بعد وتوسعها أصبح من الضروري إجراء دراسات تبين مدى الإفادة من هذه البيانات في خدمة التطبيقات المتنوعة لعلوم الاستشعار عن بعد. فالسؤال البحثي هل المجالات الطيفية المتاحة في مشاهد الاستشعار عن بعد جميعها تسهم في عملية تمييز أصناف غطاء الأرض، وهل استخدام المجالات الطيفية كلها يسهم في عملية التصنيف أم أن هناك بعض المجالات الطيفية قد يؤدي استخدامها في عملية تصنيف، غطاء الأرض إلى خفض دقة التصنيف الناتجة نظرا للتشابه الممكن في البصمة الطيفية لبعض مكونات غطاء الأرض، وهل هناك مجالات طيفية معينة قد تعطي نتائج أكثر إيجابية من غيرها.

مناهج البحث:

اعتمد المنهج التحليلي والمقارن والطرائق الاستشعارية من خلال دراسة الانعكاسية الطيفية في المجالات المتاحة في المشاهد الفضائية المستخدمة في هذا البحث كلها لتحديد أهميتها في تصنيف مكونات غطاء الأرض ضمن المشاهد الحضرية.

الدراسات السابقة:

- 1- استخدام معطيات استشعارية في تصنيف مناطق عمرانية مختارة من مدينة دمشق (صوان، 2017). تضمن البحث في أحد فصوله دراسة الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية اعتماداً على صور Quick Bird و Spot و Landsat7 ETM+.
- 2- دراسات اعتمدت على الخصائص الانعكاسية للمناطق العمرانية لتطوير قرائن تمكن من تصنيف المناطق العمرانية نذكر منها:
 - * بحث (Zha, et al., 2003) الذي أُقترح فيه استخدام قرينة المناطق الحضرية (normalized difference built-up index) بهدف رسم خرائط المناطق الحضرية باستخدام مشاهد لاندسات TM.
 - * بحث (Zaho and Chen, 2005) الذي أُقترح فيه استخدام قرينة المناطق الجرداء (Normalized Difference Bareness Index) بهدف الحصول على خرائط المناطق الجرداء من مشاهد لاندسات (TM/ETM+)
 - * بحث (Xu, 2008) الذي أُقترح فيه استخدام قرينة جديدة (IBI Index-based) بهدف تعزيز تحديد المناطق العمرانية في مشاهد لاندسات ETM+
 - * بحث (As-syakur, et al., 2012) الذي أُقترح فيه قرينة جديدة (EBBI Enhanced Built-Up and Bareness Index) لإعداد خرائط المناطق العمرانية والأراضي الجرداء من مشاهد لاندسات ETM+

مواد البحث:

1- صورتان فضائيتان لدمشق من التابع الصناعي Landsat7 ETM+ الأولى ملتقطتان بتاريخ 22 حزيران لعام 2000 والثانية ملتقطتان بتاريخ 8 آذار لعام 2002. ومن الجدير بالذكر أن هذا التابع الصناعي لا يزال مستمرًا في العمل حاليًا ولكن المشاهد الملتقطتان بعد تاريخ 31 أيار 2003 كلها تحوي فراغات ضمن بيانات الصورة على شكل شرائط بسبب إخفاق الدائم في مصحح خط المسح (SLC)¹. ومع أن البيانات من هذا التابع الصناعي بعد إخفاق المصحح لا تزال مفيدة للاستخدام في تطبيقات الاستشعار عن بعد إلا أنها استبعدت من هذا البحث لتجنب عملية المعالجة لتعبئة هذه الفراغات، مما قد يؤثر سلبًا في الخصائص الطيفية في منطقة الدراسة. الجدول (1) يبين خصائص التابع الصناعي Landsat7 ETM+.

الجدول (1): خصائص مرئيات التابع الصناعي لاندسات 7 (ETM+)²

رقم المجال	اسم المجال	قدرة الميز المكانية (m)	طول الموجة (μm)	مجال التطبيقات
1	الأزرق Blue	30	0.45-0.52	رسم خرائط الأعماق، تمييز التربة من الغطاء النباتي، والنباتات ذات الأوراق المتساقطة من النباتات السنوية
2	الأخضر Green	30	0.52-0.60	يؤكد ذروة الغطاء النباتي، وهو أمر مفيد لتقييم النشاط النباتي
3	الأحمر Red	30	0.63-0.69	يميز تدهور الغطاء النباتي
4	NIR تحت الأحمر القريب	30	0.77-0.90	تؤكد محتوى الكتلة الحيوية وخط الشواطئ
5	SWIR 1 تحت الأحمر بموجات قصيرة أول	30	1.55-1.75	يميز محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي؛ يخترق الغيوم الرقيقة
6	Thermal الحراري	60*(30)	10.40-12.50	رسم الخرائط الحرارية وتقدير رطوبة التربة
7	SWIR 2 تحت أحمر بموجات قصيرة ثاني	30	2.09-2.35	الصخور المتحلولة مائيًا وحراريًا المرتبط بالرواسب المعدنية
8	Panchromatic بانغروماتي	15	0.52-0.90	15 meter resolution, sharper image definition

¹ <https://landsat.usgs.gov/landsat-7>

² <https://eos.com/landsat-7/>

2- صورة فضائية لدمشق من التابع الصناعي Landsat8 ملتقطة بتاريخ 21 آذار لعام 2013. الجدول (2) يبين خصائص هذا التابع.

الجدول(2): خصائص التابع الصناعي لاندسات 8³

رقم المجال	اسم المجال	قدرة الميز المكانية (m)	طول الموجة (μm)	مجال التطبيقات
1	Coastal فوق الأزرق	30	0.43 - 0.45	الدراسات الساحلية ودراسة الهباء الجوي
2	Blue الأزرق	30	0.45 - 0.51	رسم خرائط الأعماق، تمييز التربة من الغطاء النباتي، والنباتات المتساقطة من النباتات السنوية
3	Green الأخضر	30	0.53 - 0.59	يؤكد ذروة الغطاء النباتي، وهو أمر مفيد لتقييم النشاط النباتي
4	Red الأحمر	30	0.63 - 0.67	يميز تدهور الغطاء النباتي
5	NIR تحت الأحمر القريب	30	0.85 - 0.88	تؤكد محتوى الكتلة الحيوية وخط الشواطئ
6	SWIR 1 تحت الأحمر بموجات قصيرة أول	30	1.57 - 1.65	يميز محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي؛ يخترق الغيوم الرقيقة
7	SWIR 2 تحت أحمر بموجات قصيرة ثاني	30	2.11 - 2.29	تحسين محتوى الرطوبة في التربة والغطاء النباتي ويخترق السحب الرقيقة
8	Pan بانغروماتي	15	0.50 - 0.68	ميز مكاني 15 مترًا لتحديد تفاصيل المشهد
9	Cirrus	30	1.36 - 1.38	تحسين الكشف عن تلوث السحب الرقيقة
10	TIRS 1 تحت أحمر حراري(1)	30 (100)	10.60 - 11.19	ميز مكاني 100 متر، ورسم الخرائط الحرارية وتقدير رطوبة التربة
11	TIRS 2 تحت أحمر حراري(2)	30 (100)	11.50 - 12.51	ميز مكاني 100 متر، ورسم الخرائط الحرارية وتقدير رطوبة التربة

3- صورة فضائية لدمشق من التابع الصناعي Sentinel-2A ملتقطة بتاريخ 27 آذار لعام 2018. الجدول 3 يبين خصائص هذا التابع الصناعي.

³ <https://eos.com/landsat-8/>

الجدول(3): خصائص التابع الصناعي Sentinel-2A⁴

رقم المجال	اسم المجال	الميز المكاني (متر)	طول الموجة المركزية (nm)	عرض الموجة (nm)
1	Coastal aerosol	60	443.9	27
2	Blue	10	496.6	98
3	Green	10	560	45
4	Red	10	664.5	38
5	Vegetation Red Edge	20	703.9	19
6	Vegetation Red Edge	20	740.2	18
7	Vegetation Red Edge	20	782.5	28
8	NIR	10	835.1	145
8a	Narrow NIR	20	864.8	33
9	Water vapour	60	945	26
10	SWIR – Cirrus	60	1373.5	75
11	SWIR1	20	1613.7	143
12	SWIR2	20	2202.4	242

4- مخطط استعمالات الأراضي في مدينة دمشق بشكل رقمي⁵. رغم عدم وجود أي وثيقة رسمية تبين تاريخ إنجاز مخطط استعمالات الأراضي المستخدم أو نظام استعمالات الأراضي المعتمد لإنشاء هذا المخطط لمعرفة مستوى التصنيف، إلا أنه من خلال التقصي والسؤال عن طبيعة هذا المخطط تبين أنه أنجز باستخدام مشاهد Google Earth خلال المدة من 2010-2015 تقريباً أي إنه قد يتوافق زمنياً مع مشهد لاندسات 8 الملتقط خلال عام 2013.

ونظراً إلى أن مخطط استعمالات الأراضي المعتمد في هذا البحث قد أنجز باستخدام مشاهد Google Earth فهذا يعني أن مقياسه بحدود 1:10000 تقريباً إذا اعتبرنا أن قدرة التمييز المكانية الوسطية لغوغل إرث بحدود 5 أمتار. يبين الجدول 4 ملخص البيانات المتاحة كما وردت في جدول مواصفات شريحة استعمالات الأراضي المعتمدة في هذا البحث التي صُنِّفَت ضمن أربعة أصناف رئيسية (أراضٍ عمرانية، وأراضٍ زراعية، وأراضٍ جرداء، واستعمالات أخرى) وذلك للتمكن من دراسة الخصائص الطيفية للثلاثة أصناف الأولى

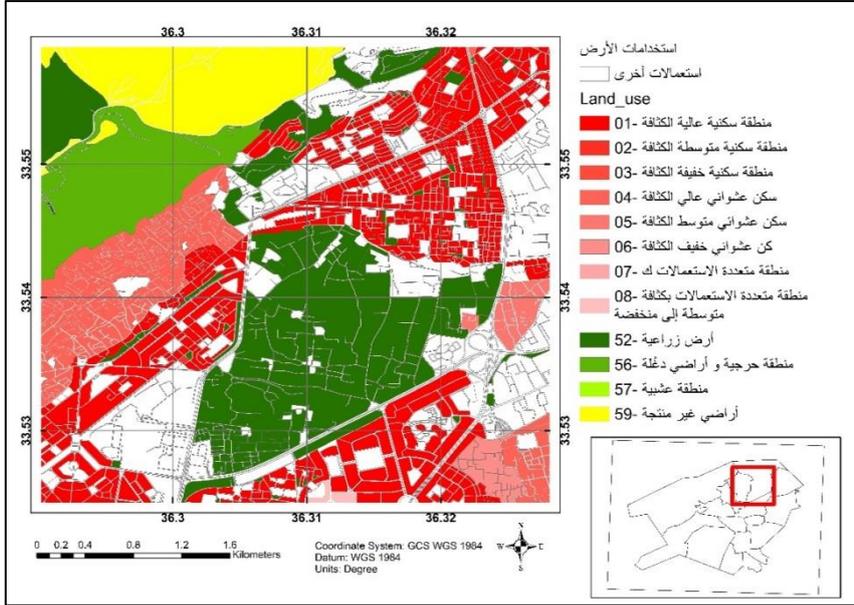
⁴ <https://eos.com/sentinel-2/>

⁵ الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية، دمشق، سورية.

الجدول(4): الاستعمالات الواردة ضمن شريحة استعمالات الأراضي كلها

التصنيف الرئيسي	المساحة كم ²	استعمالات الأراضي كما وردت ضمن شريحة استعمالات الأراضي المعتمدة في هذا البحث
أخرى	6.1546	
عمرانية	24.0221	01- Dense residential area / منطقة سكنية عالية الكثافة
عمرانية	11.7504	02- Medium density residential area/ منطقة سكنية متوسطة الكثافة
عمرانية	1.6131	03- Low density residential area/ منطقة سكنية خفيفة الكثافة
عمرانية	18.9821	04- Dense informal residential area/ سكن عشوائي عالي الكثافة
عمرانية	12.6219	05- Medium density informal residential area/ سكن عشوائي متوسط الكثافة
عمرانية	0.3470	06- Low density informal residential area/ سكن عشوائي خفيف الكثافة
عمرانية	1.1555	07- Dense mixed uses area with residential units/ متعددة الاستعمالات ك منطقة
عمرانية	0.6159	08- Medium to low density mixed uses area with residential units/ منطقة متعددة الاستعمالات
أخرى	0.0064	09- Shopping Mall/ مجمع تجاري
أخرى	0.3495	10- Souk/ سوق تجاري
أخرى	1.5332	11- Industrial area/ منطقة صناعية
أخرى	6.9410	12- Industrial unit/ وحدات صناعية
أخرى	2.9031	13- Light industry/ منطقة صناعية خفيفة
أخرى	0.1704	15- Industrial Warehouse/ مستودع صناعي
أخرى	0.6493	17- Tourist resort/ منتجح سياحي
أخرى	0.1080	18- Hotel/ فندق
أخرى	0.4412	19- Mosque/ جامع
أخرى	1.1208	22- University/ جامعة
أخرى	2.3426	23- School/ مدرسة
أخرى	0.4552	25- Hospital / مشفى
أخرى	0.0022	26- Health centre/ مركز صحي
أخرى	0.3293	27- Administrative building/ مبنى خدمي
أخرى	7.6402	28- Capital city functions building/ مبنى حكومي
أخرى	0.0166	29- Public Library/ مكتبة عامة
أخرى	0.1483	30- Museum/ متحف
أخرى	4.2031	32- Military complex/ منطقة عسكرية
أخرى	0.0121	35- Water reservoir/ خزان مياه
أخرى	3.7473	38- Airport/ مطار
أخرى	0.1955	39- Railway station/ محطة قطار
أخرى	0.1853	40- Bus or taxi station/ محطة باص أو سيارات أجرة
أخرى	0.0408	44- Parking space/ موقف سيارات
أخرى	1.1606	45- construction site/ بناء قيد الإنجاز
أخرى	1.0938	46- Derelict area/ منطقة عمرانية خالية
أخرى	0.1285	47- public space / ساحة عامة
أخرى	1.4657	48- public garden/ حديقة عامة
أخرى	0.6574	50- Cemetery/ مقابر
أخرى	1.0340	51- Sports and leisure facility/ ملاعب رياضية و خدمات ترفيه
زراعية	65.6115	52- Agricultural land/ أرض زراعية
أخرى	4.5453	53-Urban sprawl on agricultural land/ زحف عمراني على أرض زراعية
أخرى	0.1172	54- Greenhouse / بلاستيكية بيوت
أخرى	0.2781	55- Agricultural unit (farm)/ مزرعة
زراعية	14.7436	56- Wooded land and scrubland/ منطقة حرجية و أراض دغلة
زراعية	0.0189	57- Grassland/ عشبية منطقة
جرداء	50.5470	59- Unproductive land/ أراض غير منتجة
أخرى	0.0111	island
أخرى	0.0200	m
أخرى	0.1435	Null

يبين الشكل (2) مخطط استعمالات الأراضي المعتمد في هذه البحث الذي يبين جزءاً صغيراً من منطقة الدراسة.



الشكل (2): استعمالات الأراضي (المصدر الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية) مبين عليه الأصناف المختارة في هذا البحث (عمران، مناطق زراعية، أراضي جرداء)

أدوات البحث:

- 1- برنامج Arc Map 10.2.2
- 2- برنامج المعالجة الرقمية للصور الفضائية 2014 ERDAS Imagine

خطوات العمل:

أولاً: تحميل المشاهد الفضائية: حُمِلَت المشاهد الفضائية من موقع المسح الجيولوجي الأمريكي (USGS) من الموقع الإلكتروني (<https://earthexplorer.usgs.gov>) حيث حُمِلَ مشهدين فضائين من قمر لاندسات 7 (لعام 2000 و 2002)، ومشهد من قمر لاندسات 8 (لعام 2013)، ومشهد من قمر سينتينل 2 لعام (2018).
ثانياً: التحويل إلى انعكاسية: حُوِلَت القيم الرقمية في المشاهد المحملة جميعها إلى انعكاسية وذلك للتمكن من إجراء عملية المقارنة فيما بينها حيث اختيرت المشاهد الفضائية لتكون ملتقطة بأعوام متنوعة ولكن خلال الشهر نفسه تقريباً (شهر آذار) بينما اختير مشهد

إضافي من لاندسات 7 خلال شهر حزيران وذلك لتعزف التغير الممكن في شدة الانعكاسية نظراً للزيادة في شدة إشعاع الشمس خلال شهر حزيران مقارنة بشهر آذار

- تجري عملية تحويل القيم الرقمية (DN) إلى انعكاسية Reflectance لمشاهد Landsat7 ETM+ وفقاً للقوانين الآتية⁶:

1- تحويل DN إلى الإشعاع الطيفي Radiance:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) \cdot (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

إذ:

L_{λ} : الإشعاع الطيفي
 $Lmax_{\lambda}$, $Lmin_{\lambda}$: القيمة الدنيا/العليا للإشعاع ضمن كل مجال، وتؤخذ من الملف المرفق بالصورة التي تم الحصول عليها.
 $Qcalmax$, $Qcalmin$: أدنى/أعلى قيمة يمكن أن يأخذها عنصر الصورة.
 $QCAL$: القيمة الرقمية لعنصر الصورة DN.

2- تحويل قيم الإشعاع الطيفي L_{λ} إلى انعكاسية (Top of Atmosphere) TOA

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * d^2 / (ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s) \quad (2)$$

إذ:

ρ_{λ} : قيم الانعكاسية خارج الغلاف الجوي
 L_{λ} : الإشعاع الطيفي المحسوب بالمعادلة (1)
 d : المسافة بين الأرض والشمس بالوحدات الفلكية
 $ESUN_{\lambda}$: متوسط الإشعاع الشمسي
 θ_s : زاوية السمات الشمسي بالدرجات
 يتم الحصول على قيم المتغيرات السابقة من ملف البيانات المرفق مع الصور.

3- التحويل إلى درجة الحرارة يكون وفق المعادلة التالية:

$$T = K_2 / (\ln((K_1 / L_{\lambda}) + 1)) \quad (3)$$

إذ:

T : درجة الحرارة بالكلفن
 $K1$, $K2$: ثوابت المعايير الحرارية
 L_{λ} : الإشعاع الطيفي المحسوب وفق المعادلة (1)

⁶ <https://landsat.usgs.gov/landsat-7-data-users-handbook-section-5>

- تجري عملية التحويل إلى الانعكاسية بالنسبة إلى مشاهد Landsat8 كما يأتي⁷:
1- تحويل القيم الرقمية إلى انعكاسية

$$\rho_{\lambda}' = Mp * Qcal + Ap \quad (4)$$

إذ:

ρ_{λ}' : قيم الانعكاسية

Mp : عامل جداء يحدد من REFLECTANCE_MULT_BAND_x الوارد في

البيانات الملحقة للمشاهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

Ap : عامل إضافة يحدد من REFLECTANCE_ADD_BAND_x الوارد في

البيانات الملحقة للمشاهد إذ x هو رقم المجال الطيفي

$Qcal$: القيم الرقمية (DN)

2- تصحيح قيم الانعكاسية وفقا لزاوية الشمس:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} \quad (5)$$

إذ:

ρ_{λ} : قيم الانعكاسية المصححة

θ_{SE} : زاوية ارتفاع الشمس (SUN_ELEVATION) المعطى ضمن البيانات المرفقة

مع المشاهد

3- التحويل لدرجات الحرارة

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L_{\lambda} + 1} \right)} \quad (6)$$

إذ:

T: درجة الحرارة بالكلفن

L_{λ} : الإشعاع الطيفي للبانء الحراري

K_1, K_2 : ثوابت التحويل الحراري من بيانات الصورة

• تجري عملية تحويل القيم الرقمية إلى انعكاسية لمشاهد Sentinel-2 من خلال تقسيم

القيم الرقمية على قيمة التكميم (QUATIFICATION value) وهي 10000 إذ إنَّ

مشاهد Sentinel-2 المتاحة على موقع USGS معالجة للمستوى 1c إذ تمثل القيم في

هذا المنتج قيم الانعكاسية (TOA)⁸.

⁷ <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>.

⁸ https://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2.

ثالثاً: حساب متوسط الانعكاسية: استُخدمت شريحة مخطط استعمالات الأراضي المبينة في الشكل (2) سابقاً، وذلك لتحديد المناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداء المراد تعرّف خصائصها الانعكاسية من مشاهد الاستشعار عن بعد من خلال حساب متوسط القيم الانعكاسية لكل من الأصناف الرئيسية.

يتوفر ضمن شريحة استعمالات الأراضي المستخدمة عدد كبير من التصنيفات ولكن ما يهم في هذه الدراسة ثلاثة أصناف فقط، وهي:

1- المناطق العمرانية: وهي المناطق التي يغلب عليها الطابع العمراني، وتشمل مناطق السكن العشوائي والمنظم الكثيف والمتوسط الكثافة ومنخفض الكثافة وفقاً لما هو وارد ضمن مخطط استعمالات الأراضي.

2- المناطق الزراعية: وهي المناطق التي يغلب عليها الصفة الزراعية وتشمل الأراضي الزراعية والمناطق الحراجية والمشجرة والمناطق العشبية.

3- المناطق الجرداء: وهي المناطق المحددة بوصفها أراضي غير منتجة ضمن شريحة استعمالات الأراضي المستخدمة.

من الممكن جداً وجود بعض التداخلات بين الأصناف الثلاثة المذكورة أعلاه التي قد تؤثر في وسطي الانعكاسية المحسوبة ضمن هذه المناطق من مشاهد الاستشعار عن بعد، ولكن يمكن الأخذ بالحسبان أن هذا التأثير محدود بسبب أن حجم العينة الإحصائية كبير ويشمل مساحة واسعة من الأراضي المصنفة بحسب صفتها السائدة وفقاً لأحد الأصناف المذكورة؛ كما أن استعمالات الأراضي هي ظاهرة متغيرة مع الزمن ضمن نطاقات محلية فعلى سبيل المثال قد يحدث زحف عمراني ضمن بعض المناطق الزراعية وهذا سيؤدي بدوره إلى تغيير البصمة الطيفية في المناطق التي تغير فيها استعمال الأرض. ولكن يمكن إهمال تأثير هذا التغيير على متوسط قيمة الانعكاس الطيفي نظراً لكبير حجم العينة الممثلة لكل صنف من أصناف استعمالات الأراضي المدروسة التي تغطي مساحات واسعة ضمن مدينة دمشق ومحيطها وهذا ما سيؤكد عليه لاحقاً في هذا البحث.

رابعاً: تحليل النتائج:

مقارنة المجالات الطيفية في المشاهد الفضائية المختارة:

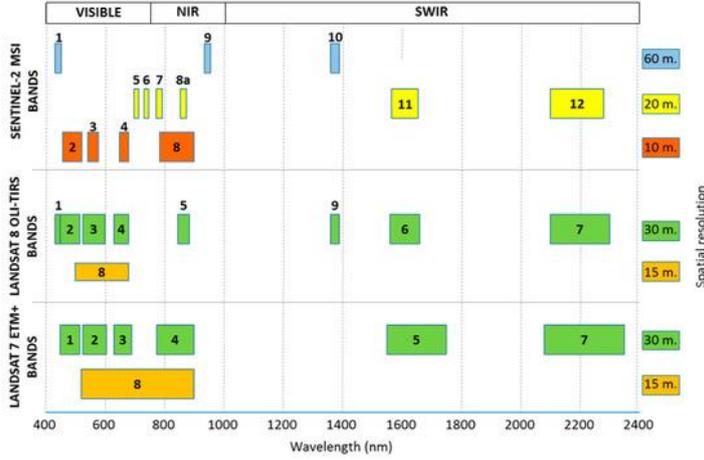
قبل البدء بمقارنة الانعكاسية في المشاهد المختارة من التتابع الصناعية Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A لابد من مقارنة المجالات الطيفية في كل من هذه التتابع لتعرف على ما يقابل كل مجال طيفي من أحدها مع بقية التتابع.

يبين الشكل (3) المقارنة بين المجالات الطيفية فضلاً عن مقارنة قدرة الميز المكاني في كل من هذه التتابع الصناعية إذ يمكن ملاحظة الاختلافات بين هذه التتابع حتى في المجالات الطيفية المتقابلة، فعلى سبيل المثال المجال الطيفي تحت الأحمر في Landsat7 (الباند 4) يقابله في Landsat8 (الباند 5) ولكن يختلف هذان المجالان

المتقابلان بعرض المجال الطيفي الواسع في Landsat7 والضيق في Landsat8. وأيضًا فإن المجال الطيفي البانوغروماتي (الباند 8) في Landsat7 يغطي مجالًا طيفيًا أوسع مما هو عليه في Landsat8 ولا يوجد مجال طيفي شبيه لهما في Sentinel-2A.

مقارنة المشاهد الفضائية المختارة:

كما ذكر سابقًا أُجريت عملية تحويل القيم الرقمية (DN) إلى انعكاسية في كل من المشاهد الأربعة المختارة: وذلك للتمكن من إجراء مقارنة موضوعية فيما بين هذه المشاهد. قبل إجراء مقارنة الانعكاسية الطيفية بشكل إحصائي للمجالات الطيفية جميعها في المشاهد المختارة في هذا البحث يمكن مبدئيًا إجراء مقارنة بصرية، وذلك من خلال إظهار المشاهد بتركيب لوني RGB كاذب FCC (False Color Composite) بحيث يمثل ثلاثة مجالات طيفية متقابلة تقريبًا ضمن كل مشهد. ونظرًا إلى المجالات الطيفية SWIR هي أقل تشوشًا بالضباب إذ يمكنها اختراق الضباب والدخان فإن الصورة الأكثر وضوحًا للبيئة الحضرية ممكنة باستخدام تركيبة لونية في هذه المجالات الطيفية (Red و SWIR). لأجل ذلك اختير المجال تحت الأحمر بموجات قصيرة الثاني (SWIR2) ليمثل بلون أحمر (R)، والمجال تحت الأحمر بموجات قصيرة الأول (SWIR1) ليمثل بلون أخضر (G)، والمجال الأحمر (Red) ليمثل بلون أزرق (B) وهي المجالات الطيفية الأكثر شيوعًا لدراسة المناطق الحضرية⁹، كما هو مبين في الجدول (5).



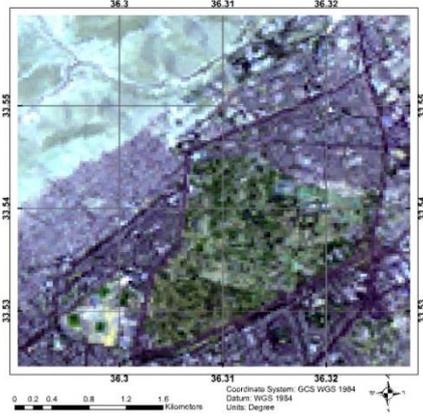
الشكل(3): مقارنة قدرة التمييز المكانية والطيفية في كل من Landsat7، Landsat8، و Sentinel-2A. المصدر: (Josep et al., 2018)

⁹ <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/>

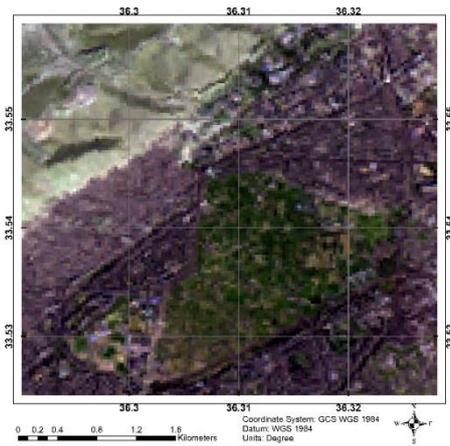
الجدول(5): التراكيب اللونية المختارة من المجالات الطيفية المتقابلة للمشاهد المستخدمة

رقم المجال الطيفي لإظهار المشهد الملون بألوان كاذبة (FCC)			
التابع الصناعي/اللون	Landsat7	Landsat8	Sentinel-2A
R	(SWIR2) 7	(SWIR2) 7	(SWIR2) 12
G	(SWIR1) 5	(SWIR1) 6	(SWIR1) 11
B	(Red) 3	(Red) 4	(Red) 4

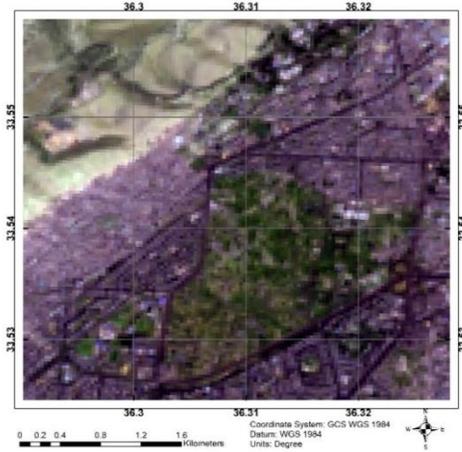
تبيّن الأشكال(4-5-6-7) على التوالي المشاهد المركبة الملونة لكل مشهد من المشاهد المختارة من التتابع الصناعية Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A حسب تواريخها.



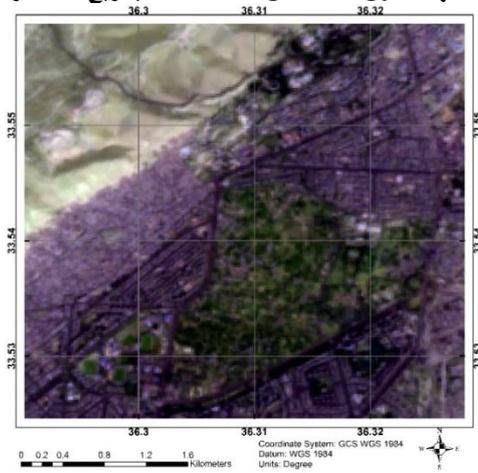
الشكل(4): المشهد الملون FCC من Landsat7 ETM+ بتاريخ 22 حزيران لعام 2000



الشكل(5): المشهد الملون FCC من Landsat7 ETM+ بتاريخ 8 آذار لعام 2002



الشكل(6): المشهد الملون FCC من Landsat8 بتاريخ 21 آذار لعام 2013



الشكل(7): المشهد الملون FCC من Sentinel-2A بتاريخ 27 آذار لعام 2018

كما هو ظاهر من المشاهد الملونة المبينة في الأشكال (4-5-6-7) وفقا للتركيبة اللونية المختارة فإن المناطق العمرانية تظهر بلون بنفسجي في حين تظهر المناطق الزراعية بلون أخضر غامق متدرج أما المناطق الجرداء فتظهر بلون فسقي أو أخضر فاتح من خلال المقارنة بين المشاهد الملونة في الأشكال (4-5-6-7) بخريطة استعمالات الأراضي شكل(2) يمكن التحقق بشكل عام من تطابق نوع استعمالات الأراضي (عمراني، وزراعي، وأراضٍ جرداء) بما هو ظاهر في المشاهد الملونة. رغم وجود بعض الاختلافات

بسبب تغير نوع استعمال الأرض من تاريخ إلى آخر ولكن هذه الاختلافات قليلة نسبياً إذا ما قورنت بالمساحات الواسعة المتطابقة مع المشاهد لكل صنف من الأصناف الثلاثة لاستعمالات الأراضي المأخوذة بالحسبان. من هنا يمكن القبول بفرضية إمكانية إجراء مقارنة الخصائص الطيفية للمشاهد من خلال حساب القيمة الوسطية للانعكاسية ضمن كل مجال طيفي لكل صنف من أصناف استعمالات الأراضي المعتبرة.

التحليل الإحصائي للانعكاسية في المجالات الطيفية:

قبل إجراء المقارنة بين متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي المعتبرة أُجري تحليل إحصائي عام على المشهد الحضري كآله. حيث حُسِبَت القيم الدنيا والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مجال طيفي (Band) في المشاهد الأربعة قيد الدراسة.

يبين الجدول (6) القيم الإحصائية المحسوبة للمجالات الطيفية كآله (Bands)، حيث رُتِّبَت المجالات الطيفية بشكل يظهر المجالات الطيفية المتوافقة في كل من Landsat 7 و ETM+ و Sentinel-2A و 8Landsat. كما ميَّزَت المجالات الطيفية المستخدمة في التركيب اللوني الكاذب للمشاهد.

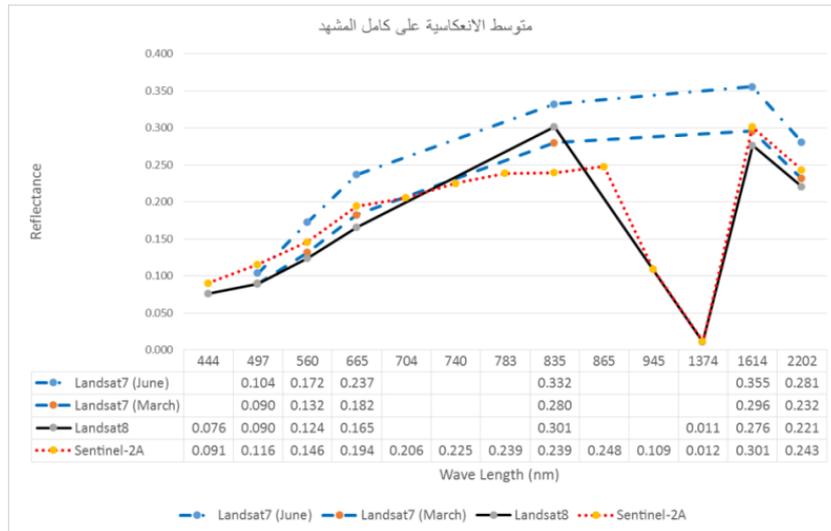
من الجدول (6) يمكن ملاحظة أن الانحراف المعياري للمجالات الطيفية المستخدمة في التركيب اللوني أعلى بشكل عام من الانحراف المعياري لبقية المجالات الطيفية في المشهد. وهذا ما يعزز أهمية هذه المجالات الطيفية في إظهار مكونات المشهد الحضري بالتركيبة اللونية المختارة. ففي مشهد (2000/06/22) نلاحظ أن الانحراف المعياري في الأطوال الموجية (665 و 1614 و 2202) هي على التوالي (0.073، 0.092، 0.087) وهذه القيم هي العليا من قيم الانحراف المعياري لبقية المجالات الطيفية لهذا المشهد، ممَّا يتيح تبايناً أفضل في عملية التفسير البصري للمشهد الحضري. أمَّا في بقية المشاهد الملتقطة خلال شهر آذار فنلاحظ أن الانحراف المعياري في الطول الموجي تحت الأحمر (835) بلغ (0.076، 0.071) لمشهدي (2002/3/8) و (2013/3/21)، أي إنَّه ارتفع عما هو عليه في الطول الموجي الأحمر (665) وبالباقي (0.070، 0.061) بسبب نمو النباتات خلال هذا الشهر، ممَّا قد يعطي فرصة أفضل لإظهار التباين في مكونات المشهد الحضري لهذين المشهدين فيما لو استُخدم في التركيبة اللونية المختارة. أي إنَّه في حال محاولة تمييز مكونات المشهد الحضري بصرياً لأي مشهد بشكل مستقل يمكن اختيار المجالات الطيفية ذات الانحراف المعياري الأعلى، ولكن حين مقارنة المشاهد بصرياً ببعضها يفضل استخدام التركيبة اللونية نفسها الشائعة الاستخدام لتمثيل المشهد الحضري كألوان كاذبة RGB وهي للمجالات الطيفية ذات الأطوال الموجية (665، 1614، 2202) على التوالي.

من الملاحظ أيضًا في الجدول (6) وجود تباين في قيم الانعكاسية ضمن الأطوال الموجية نفسها. على سبيل المثال يمكن ملاحظة أن القيم العظمى للانعكاسية والقيمة الوسطية ضمن المجال الطيفي تحت الأحمر (835) بلغت (1، 0.280) في مشهد 2002/3/8، في حين بلغت القيمة العظمى والوسطية لهذا المجال (0.332، 0.719) و (0.301، 0.620) في مشاهد 2000/6/22 و 2013/3/21 و 2018/3/27 على التوالي. وهذا يفسر باختلاف النشاط الحيوي للنباتات خلال هذه المدد من العام مع الأخذ بالحسبان شدة الإشعاع الشمسي خلال شهر حزيران. فالقيمة الوسطية العالية في مشهد حزيران يعود لشدة الإشعاع الشمسي خلال هذا الشهر، والدليل هو انخفاض القيمة العظمى خلال هذا الشهر عما هي عليه في بقية المشاهد. أما تفاوت القيم العظمى والقيم الوسطية لهذا المجال الطيفي في مشاهد آذار في الأعوام المختلفة طبيعي جدا فقد يفسر بعدد من التفسيرات حسب الحالة. ففي مشهد 2000/3/8 تعزى القيمة المنخفضة للقيمة الوسطية البالغة (0.280) إلى انخفاض النشاط الحيوي للنبات في بداية شهر آذار في حين ارتفعت القيمة الوسطية إلى (0.301) مع بداية فصل الربيع في مشهد 2013/3/21. أمّا انخفاض هذه القيمة إلى (0.239) في مشهد 2018/3/27 فقد ينسب إلى انخفاض النشاط الزراعي بشكل عام خلال سنوات الحرب على سورية.

أمّا عن أسباب تباين القيم في الأطوال الموجية المتشابهة فيعزى بشكل عام إلى عدة أسباب منها اختلاف عرض المجال الطيفي، واختلاف قدرة التمييز المكانية، واختلاف الحالة الجوية من معلمات جوية وغيرها. فعلى سبيل المثال عند الطول الموجي (2202) يمكن ملاحظة الفرق في عرض المجال الطيفي وقدرة التمييز المكانية بين الأقمار المستخدمة، كما هو واضح في الشكل (3) سابقاً.

الجدول (6): يبين القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة كاملة.

Sentinel-2A					لائسعات ٨					لائسعات ٧ (ETM+)										طول الموجة المركزية (nm) (Approx)
27/03/2018					21/03/2013					08/03/2002					22/06/2000					Date
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	Std	Mean	Max	Min	band		
0.017	0.091	0.222	0.041	1	0.026	0.076	0.343	0.020	1										444	
0.028	0.116	0.405	0.045	2	0.033	0.090	0.390	0.017	2	0.032	0.090	0.405	0.010	0.035	0.104	0.271	0.003	1	497	
0.036	0.146	0.428	0.055	3	0.043	0.124	0.451	0.023	3	0.048	0.132	0.442	0.022	0.053	0.172	0.346	0.019	2	560	
0.053	0.194	0.539	0.059	4	0.061	0.165	0.539	0.024	4	0.070	0.182	0.595	0.018	0.073	0.237	0.341	0.013	3	665	
0.050	0.206	0.560	0.072	5															704	
0.047	0.225	0.583	0.067	6															740	
0.051	0.239	0.608	0.066	7															783	
0.052	0.239	0.620	0.066	8	0.071	0.301	0.719	0.043	5	0.076	0.280	1.000	0.039	0.067	0.332	0.532	0.094	4	835	
0.053	0.248	0.639	0.070	8a															865	
0.026	0.109	0.270	0.041	9															945	
0.000	0.012	0.015	0.011	10	0.000	0.011	0.014	0.010	9										1374	
0.067	0.301	0.709	0.104	11	0.078	0.276	0.763	0.031	6	0.096	0.296	0.858	0.025	0.092	0.355	0.506	0.042	5	1614	
0.057	0.243	1.000	0.072	12	0.070	0.221	0.628	0.025	7	0.080	0.232	0.688	0.006	0.087	0.281	0.481	0.012	7	2202	
					0.055	0.138	0.570	0.011	8	0.065	0.237	0.654	0.016	0.066	0.275	0.419	0.008	8	650	
					1.794	23.835	32.154	17.772	10	2.591	22.755	34.533	3.403	3.063	38.525	49.114	25.369	61	1090	
					1.695	21.537	29.471	15.904	11	2.582	22.784	34.718	3.438	3.058	38.514	48.930	25.639	62	1201	



الشكل(8): متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية لمشاهد منطقة الدراسة

يبين الشكل(8) مخططاً متوسط الانعكاسية على منطقة الدراسة كلاً وذلك لمعاينة سلوك المنحني الطيفي للمشاهد المختارة من Landsat7 و Landsat8 و Sentinel-2A. يمكن ملاحظة أن متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية لمشهد Landsat7 الملتقط بتاريخ 22 حزيران هي أعلى بشكل عام من باقي المشاهد. وهذا كما ذكر سابقاً يعود لزيادة شدة الأشعاع الشمسي في هذا الشهر ممّا هي عليه في شهر آذار، وهذا مثبت أيضاً في قيم المجالات الطيفية الحرارية إذ بلغ متوسط درجة حرارة السطح في مشهد 2000/6/22 قيمة (38°) في حين بلغ متوسط درجة حرارة السطح تقريباً (22°) في مشهدي 2002/3/8 و 2013/3/21، كما هو مبين في الجدول(6) سابقاً. لذلك يجب الانتباه عند دراسة تغيرات غطاء الأرض بين مشهدين بفصلين مختلفين إلى ضرورة تسوية مثل هذا الاختلاف.

من خلال معاينة الشكل(8) يمكن ملاحظة أن السلوك الطيفي متشابه تقريباً في المجالات الطيفية المتشابهة رغم وجود بعض التباينات في القيم، وهذا التباين فُسر في فقرة سابقة عند تحليل معطيات الجدول(6). كما يلاحظ أن متوسط الانعكاسية في المجالات الطيفية الإضافية عند الأطوال الموجية (783، 740، 704) لقمر Sentinel-2A تساير الاتجاه العام لخط الانعكاسية لقمر لاندسات 7 و 8 بين الموجتين (665 و 835). أمّا بالنسبة إلى متوسط قيم الانعكاسية لقمر Sentinel-2A في المجالات

الطيفية الإضافية ذات الأطوال الموجية (945، 1374)، فيلاحظ أنها تنخفض انخفاضاً كبيراً وخصوصاً عند الطول الموجي 1374 المشترك مع قمر لاندسات 8 إذ يقوم بخار الماء في الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض بامتصاص أشعة الطيف في هذا المجال الطيفي ممّا يسمح بالكشف عن وجود الغيوم الرقيقة (cirrus clouds)¹⁰. ونظراً لأن المجال الطيفي 1374 نانومتراً الذي يمثله الباند 9 في Landsat8 والباند 10 في Sentinel-2A له قيم ضئيلة جداً لذا أهمل هذا المجال في تنمة هذا البحث. وبما أن الانعكاسية الطيفية في مشهد Landsat7 الملتقط في شهر حزيران تشابه الانعكاسية في المشهد الملتقط في شهر آذار، وتختلف عنه فقط بسبب زيادة شدة الانعكاسية لذا اكتفي بعرض النتائج للمشاهد الملتقطة في شهر آذار فقط من الأقمار Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A فقط في تنمة البحث.

من حيث المبدأ، ومن الشكل 8 يمكن أيضاً ملاحظة أن المجالات الطيفية الإضافية في قمر Sentinel-2A ذات الأطوال الموجية (704، 740، 783، 865، 945) تحوي معلومات عن سطح الأرض كبقية المجالات الطيفية، إذ إن متوسط الانعكاسية والانحراف المعياري في هذه المجالات ليس مهماً. ولكن لا يمكن هل هذه المجالات الإضافية ستضيف معلومات غير متوفرة في المجالات المشتركة مع مشاهد لاندسات 7 و8؟ لمحاولة معرفة هل كان هناك أي معلومات إضافية في هذه المجالات دُرست الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي.

الاستجابة الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي:

في هذه الفقرة دُرست الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداء في كل من المشاهد المختارة لمنطقة الدراسة بهدف تعرف مختلف المجالات الطيفية المشتركة وغير المشتركة بين الأقمار المدروسة في هذا البحث، وإمكانية استخدامها في تمييز مكونات غطاء الأرض في المشهد الحضري. يبيّن الجدول (7) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق العمرانية. ويبيّن الجدول (8) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق الزراعية. ويبيّن الجدول (9) القيم الصغرى والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم الانعكاسية ضمن المناطق الجرداء.

¹⁰ <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=81210>

الجدول(7): يبين القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي عمرانية).

Sentinel-2A					لائسات A					لائسات V (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm) (.Approx)
27/03/2018					21/03/2013					08/03/2002					
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	
0.013	0.098	0.182	0.046	1	0.021	0.089	0.343	0.024	1						
0.025	0.123	0.389	0.049	2	0.026	0.104	0.390	0.022	2	0.028	0.094	0.285	0.023	1	497
0.031	0.150	0.428	0.057	3	0.034	0.136	0.425	0.023	3	0.040	0.129	0.399	0.028	2	560
0.043	0.194	0.489	0.067	4	0.046	0.178	0.494	0.024	4	0.056	0.175	0.541	0.024	3	665
0.039	0.200	0.481	0.072	5											704
0.039	0.209	0.503	0.073	6											740
0.042	0.218	0.522	0.075	7											783
0.045	0.217	0.530	0.066	8	0.057	0.263	0.649	0.043	5	0.067	0.247	0.663	0.039	4	835
0.044	0.223	0.537	0.071	8a											865
0.020	0.095	0.232	0.041	9											945
0.050	0.276	0.623	0.118	11	0.058	0.265	0.714	0.034	6	0.077	0.268	0.775	0.033	5	1614
0.045	0.234	1.000	0.083	12	0.052	0.227	0.594	0.027	7	0.066	0.220	0.663	0.021	7	2202
					0.046	0.150	0.570	0.020	8	0.058	0.221	0.641	0.048	8	650
					1.212	22.869	28.848	17.772	10	1.969	21.571	31.709	12.715	61	1090
					1.132	20.592	26.301	15.904	11	1.954	21.601	31.586	13.101	62	1201

الجدول(8): يبين القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي زراعية)

Sentinel-2A					لائسات A					لائسات V (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm) (.Approx)
27/03/2018					21/03/2013					08/03/2002					
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	
0.018	0.082	0.182	0.041	1	0.027	0.064	0.332	0.020	1						
0.028	0.106	0.405	0.045	2	0.034	0.074	0.376	0.019	2	0.030	0.076	0.383	0.013	1	497
0.036	0.135	0.419	0.055	3	0.045	0.105	0.451	0.023	3	0.045	0.114	0.428	0.036	2	560
0.054	0.179	0.479	0.060	4	0.065	0.138	0.495	0.024	4	0.067	0.157	0.536	0.037	3	665
0.050	0.194	0.484	0.075	5											704
0.042	0.225	0.494	0.077	6											740
0.044	0.243	0.515	0.083	7											783
0.045	0.246	0.518	0.083	8	0.064	0.324	0.649	0.043	5	0.065	0.284	0.650	0.076	4	835
0.045	0.256	0.522	0.077	8a											865
0.022	0.113	0.232	0.044	9											945
0.063	0.299	0.637	0.104	11	0.079	0.257	0.707	0.031	6	0.088	0.275	0.760	0.048	5	1614
0.058	0.233	0.729	0.072	12	0.076	0.193	0.592	0.025	7	0.077	0.206	0.619	0.032	7	2202
					0.056	0.116	0.570	0.023	8	0.056	0.225	0.593	0.067	8	650
					1.753	23.777	29.981	18.480	10	2.514	22.950	33.129	12.715	61	1090
					1.640	21.500	27.470	16.393	11	2.506	22.979	33.161	13.101	62	1201

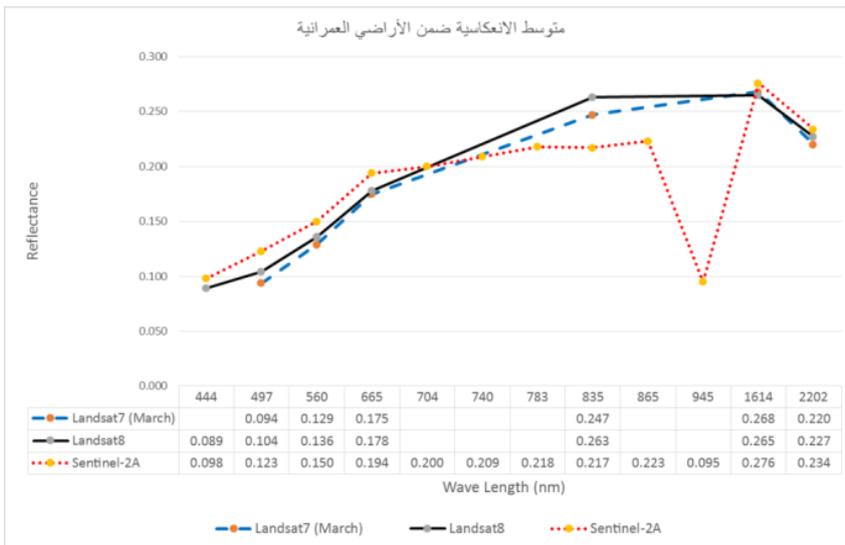
الجدول(9): يبين القيم الإحصائية في المشاهد الفضائية لمنطقة الدراسة (أراضي جرداء)

Sentinel-2A					لائسات A					لائسات V (ETM+)					طول الموجة المركزية (nm) (.Approx)
27/03/2018					21/03/2013					08/03/2002					
Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	Std	Mean	Max	Min	band	
0.018	0.091	0.222	0.042	1	0.023	0.074	0.280	0.020	1						
0.028	0.118	0.363	0.045	2	0.030	0.089	0.326	0.017	2	0.032	0.102	0.295	0.023	1	497
0.038	0.157	0.406	0.055	3	0.043	0.134	0.411	0.028	3	0.047	0.159	0.425	0.033	2	560
0.054	0.219	0.539	0.059	4	0.060	0.188	0.539	0.030	4	0.066	0.230	0.566	0.043	3	665
0.054	0.235	0.560	0.073	5											704
0.052	0.254	0.583	0.095	6											740
0.054	0.269	0.608	0.100	7											783
0.055	0.269	0.620	0.086	8	0.067	0.333	0.719	0.080	5	0.073	0.327	0.683	0.080	4	835
0.055	0.280	0.639	0.102	8a											865
0.026	0.130	0.270	0.053	9											945
0.068	0.350	0.709	0.126	11	0.081	0.327	0.763	0.065	6	0.091	0.368	0.817	0.070	5	1614
0.059	0.278	0.622	0.079	12	0.070	0.253	0.617	0.045	7	0.074	0.286	0.645	0.042	7	2202
					0.052	0.151	0.498	0.021	8	0.065	0.278	0.641	0.073	8	650
					1.811	24.888	32.078	18.674	10	2.763	23.853	34.067	13.824	61	1090
					1.711	22.564	29.395	16.723	11	2.753	23.883	34.460	14.021	62	1201

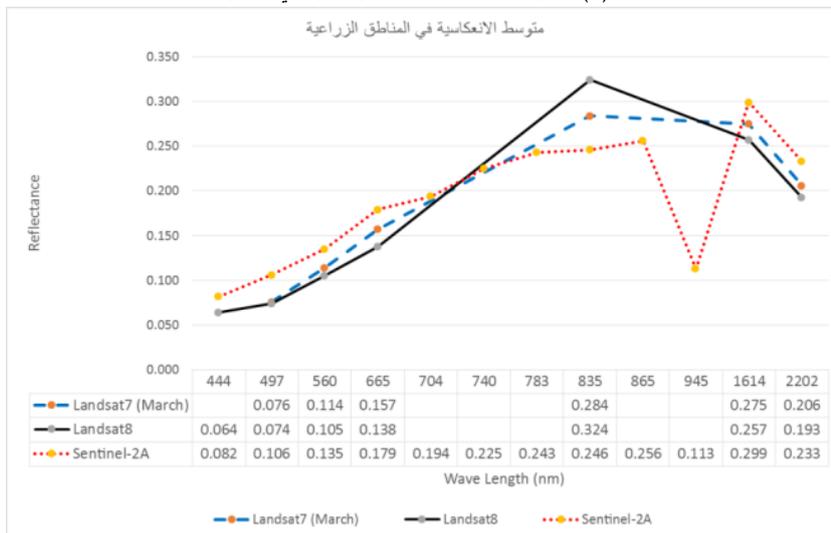
تبيّن الجداول (7-8-9) أن المتوسط في كل مجال طيفي لأصناف استعمالات الأراضي المدروسة كلّها هو أقرب للقيمة الصغرى. كما يمكن ملاحظة أن المجالات الطيفية المختارة لإظهار التركيب اللوني لها انحراف معياري أكبر من غيرها ما عدا المجال الطيفي عند الطول الموجي (665) فله انحراف معياري أقل من الانحراف المعياري عند الطول الموجي (835) في الأراضي العمرانية والأراضي الجرداء. كما يمكن ملاحظة أن متوسط درجات حرارة السطح المحسوبة في مشاهد لاندسات تتزايد من الأراضي العمرانية إلى الزراعية إلى الجرداء. كما يظهر أن متوسط الانعكاسية والانحراف المعياري في المجالات الطيفية لقمر Sentinel-2A غير المشتركة مع أقمار لاندسات لها قيم غير مهملة وقد تكون مفيدة في فصل مكونات المشهد الحضري، إذ من الواضح أيضًا أن قيم متوسط الانعكاسية في قمر Sentinel-2A هي أعلى بشكل عام من قريناتها في أقمار لاندسات، وأن الانحراف المعياري في هذه المجالات الطيفية جميعها لقمر Sentinel-2A أصغر مما هي عليه في المجالات المشتركة مع لاندسات. وكما هو معلوم فإن صغر الانحراف المعياري يعني أن العينة الإحصائية أقل تشتتًا.

من أجل دراسة السلوك الطيفي للمناطق المدروسة كلّها أظهر الشكل البياني لمتوسط الانعكاسية من المشاهد كلّها ضمن كل منطقة. تبين الأشكال (9-10-11) متوسط الانعكاسية للمناطق العمرانية والمناطق الزراعية والمناطق الجرداء على التوالي إذ يظهر التشابه في البصمة الطيفية بين Landsat7 و Landsat8 في يحن توجد فروق واضحة مع Sentinel-2A. إذ يمكن ملاحظة أن متوسط انعكاسية الأراضي العمرانية في مشهد Sentinel-2A بتاريخ 2018/3/27 أعلى ممّا هي عليه في أقمار لاندسات في الأطوال الموجية كلّها عدا الطول الموجي المشترك (835). أمّا في المجالات الطيفية غير مشتركة عند الأطوال الموجية (704، 740، 783، 865، 945) فيمكن ملاحظة ازدياد متوسط الانعكاسية حتى الطول الموجي (865) ليعود وينخفض بشدة عند (945). وبشكل عام يمكن القول: إن ذروة الانعكاس الطيفي في المناطق العمرانية تكون عند الطول الموجي تحت الأحمر بأموّاج قصيرة الأول SWIR1 (1614).

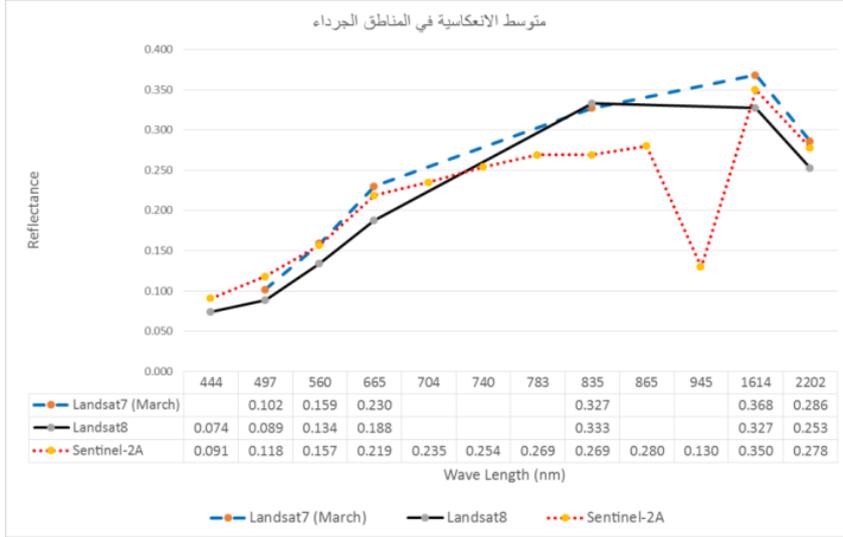
أمّا في المناطق الزراعية شكل (10) فيلاحظ وجود ذروة عند المجال تحت الأحمر (835) لمشهدي لاندسات 7 و 8 ويعود سبب ارتفاع شدة الانعكاسية عند المجال تحت الأحمر لمشهد لاندسات 8 إلى أن هذا المشهد ملنقط مع بداية فصل الربيع، في حين مشهد لاندسات 7 النقط في بداية شهر آذار. بينما بلغ المنحنى الطيفي ذروته في مشهد Sentinel-2A عند الطول الموجي (1614) وربما يعود السبب في تغيير السلوك الطيفي عما هو متوقع في المناطق الزراعية هنا لانخفاض الأنشطة الزراعية في عام 2018 بسبب الحرب.



الشكل(9): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي العمرانية.



الشكل(10): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي الزراعية.



الشكل(11): متوسط الانعكاسية ضمن الأراضي الجرداء

في المناطق الجرداء شكل(11) يلاحظ أيضاً أن ذروة الانعكاس في مشهد لاندسات 8 هو أيضاً عند المجال تحت الأحمر (835)، وهذا يفسر أيضاً بوجود نباتات أو أعشاب ظهرت في بداية فصل الربيع. أمّا بالنسبة إلى كلٍّ من لاندسات 7 و-Sentinel-2A فبلغ المنحني الطيفي ذروته عند الطول الموجي (1614).

مقارنة الخصائص الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي بين الأقمار المستخدمة:

في هذه الفقرة تم التركيز على كل قمر صناعي ودراسة الخصائص الطيفية لأصناف استعمالات الأراضي فيما بينها؛ وذلك للتحقق من المجالات الطيفية التي تسهم في تمييز صنف عن صنف آخر.

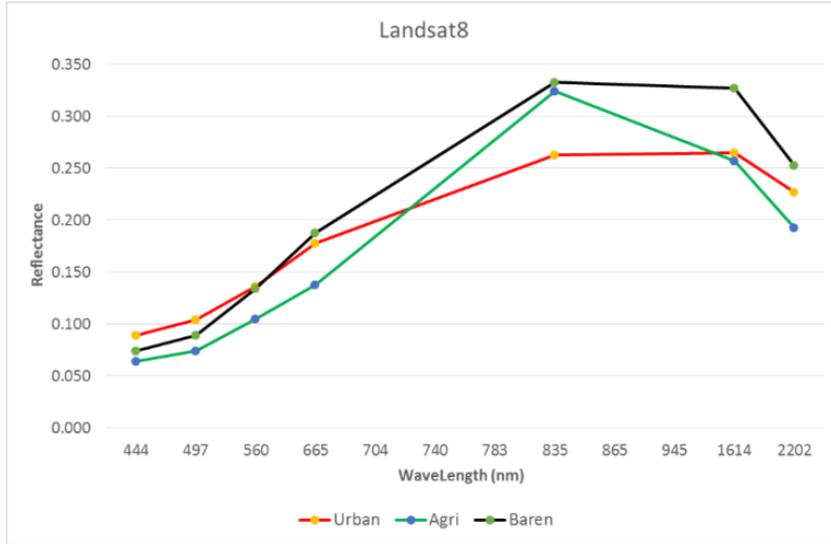
يبين الشكل(12) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Landsat7 ETM+ إذ يمكن ملاحظة التمايز في متوسط القيم الانعكاسية في المجالات طيفية حيث تبدي المناطق الجرداء متوسط انعكاسية أكبر في المجالات الطيفية جميعها وتبلغ ذروتها في المناطق العمرانية والجرداء عند الطول الموجي (1614). في حين تبلغ المناطق الزراعية ذروتها عند الموجة (835). ونظراً إلى أن السلوك الطيفي مميز في هذه المنحنيات فهو مؤشر جيد لإمكانية تمييز هذه المكونات.



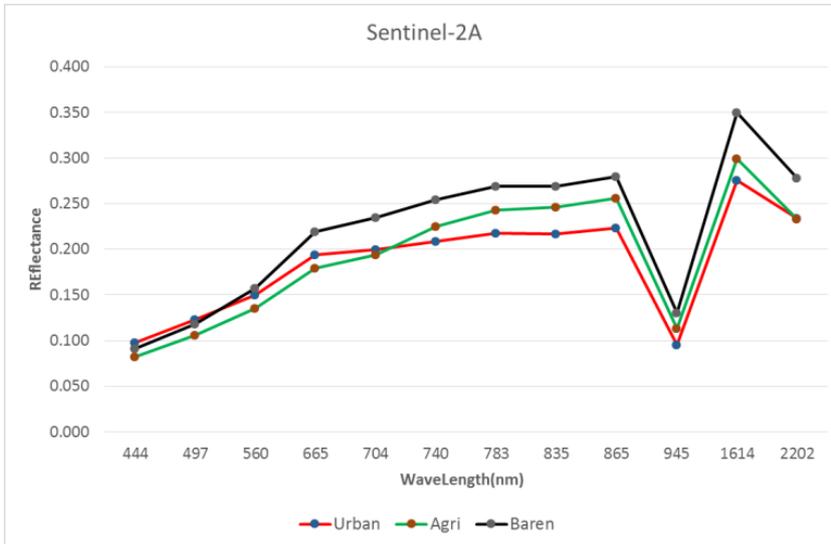
الشكل (12): متوسط الانعكاسية في كل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء لقمر landsat7

يبين الشكل (13) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Landsat8، إذ يمكن ملاحظة أن متوسط القيم الانعكاسية للمناطق العمرانية والجرداء يشابه إلى حد ما سلوك الانعكاسية في قمر Landsat7 شكل (12). حيث تمتص المناطق الزراعية الأشعة المرئية لذا تكون انعكاسيتها أقل من المناطق العمرانية والجرداء في حين تعكس هذه المناطق الأشعة تحت الحمراء بشكل أكبر، وهذا يتفق مع ما هو معروف عن طبيعة المناطق الزراعية والمعروفة بقربنة النبات. إذ كما ذكر سابقاً فإن مشهد لاندسات 8 التقط مع بدايات فصل الربيع، لذلك نلاحظ أن المنحنيات تقريباً كلها تعكس بشدة الأشعة تحت الحمراء عند الطول الموجي (835) مع الاحتفاظ بشدة انعكاس عالية عند الطول الموجي (1614) للمناطق العمرانية والجرداء التي تتميز أيضاً فيما بينها بفروق واضحة عند المجالات تحت الحمراء IR (الطول الموجي 835)، وتحت الحمراء بأمواج قصيرة الأولى SWIR1 (الطول الموجي 1614).

يبين الشكل (14) الخصائص الطيفية لكل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء في مشهد القمر الصناعي Sentinel-2A الذي يظهر السلوك الطيفي المميز سابقاً نفسه في كل من Landsat7&8. إذ يمكن ملاحظة وجود ذروة عند الطول الموجي (1614) وذروة أخرى أقل شدة عند الطول الموجي (865) للموجة تحت الحمراء الضيقة التي يتميز بها قمر Sentinel-2A عن أقمار لاندسات.



الشكل (13): متوسط الانعكاسية في كل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء لقمر Landsat8



الشكل (14): متوسط الانعكاسية في كل من المناطق العمرانية والزراعية والجرداء لقمر Sentinel-2A

تحليل النتائج:

في هذا البحث دُرست الخصائص الطيفية لمكونات المشهد الحضري الرئيسية ضمن مدينة دمشق ومحيطها (أراضٍ عمرانية، وأراضٍ زراعية، وأراضٍ جرداء) من ثلاثة أقمار لاندسات 7 ولاندسات 8 و Sentinel-2A. إذ أولاً: دُرست الخصائص الطيفية المشهد الحضري ككله في منطقة الدراسة. ثانياً: قورنت الانعكاسية الطيفية بين المرئيات الثلاث لكل صنف من أصناف استعمالات الأراضي. وثالثاً: قورنت الانعكاسية الطيفية بين أصناف استعمالات الأراضي لكل مرئية من المرئيات الثلاث إذ وجد أن:

1- المجالات المرئية: لدى معاينة المنحنيات البيانية للانعكاسية الطيفية ضمن المجال المرئي (400-700) نانومتر يمكن ملاحظة أن الانعكاسية منخفضة بشكل عام للمناطق المعمورة ضمن المجالات المرئية، مع ازدياد طفيف كلما زاد طول الموجة، فالانعكاسية تكون في أعلى مستوياتها ضمن المجال الأحمر، وفي أدنى مستوياتها في المجال الأزرق.
2- المجالان تحت الأحمر القريب والمتوسط NIR&SWIR: في المنحنيات كلها شكلت الانعكاسية ذروتها ضمن المناطق المعمورة في المجال تحت الأحمر بأموج قصيرة الأول SWIR1 وتنخفض قليلاً ضمن المجال تحت الأحمر القريب، ويزداد الانخفاض أكثر ضمن المجال تحت الأحمر بأموج قصيرة الثاني SWIR2.

3- هناك فرصة جيدة لإمكانية استخدام المجالات الطيفية الإضافية في القمر الصناعي Sentinel-2A إذ إن السلوك الطيفي لعناصر غطاء الأرض التي دُرست في هذا البحث متشابه بشكل عام مع السلوك الطيفي في القمر الصناعي لاندسات 7 و 8. ولما كانت إحدى الميزات الإضافية في القمر Sentinel-2A هي الزيادة في قدرة التمييز المكاني فهذا يسهم في إعداد خرائط استعمالات الأراضي بمقياس رسم أفضل مما كان عليه في أقمار لاندسات، فضلاً عن أن وجود مجالات طيفية إضافية (ما عدا المجال الطيفي ذي الرقم 10 بطول موجي 1374) في قمر Sentinel-2A قد يساعد في تحسين عملية التصنيف ورفع دقتها الموضوعية، ولكن يحتاج ذلك إلى دراسات أكثر للتحقق من نوع المعلومات الإضافية التي قد تبينها هذه المجالات، وغير المتوفرة في المجالات المشتركة مع قمر لاندسات 7 أو 8.

4- رغم الفارق الزمني الكبير بين المشاهد المستخدمة في هذا البحث (عشرين سنة تقريباً) والتغيرات الحاصلة في استعمالات الأراضي فإن تشابه نتائج الخصائص الطيفية يعزز الفرضية التي استند إليها البحث بأن التغيرات الحاصلة لها تأثير محدود في متوسط قيم الانعكاسية الطيفية. ولكن يجب التأكيد أن بعض الاختلافات في السلوك الطيفي لمكونات المشهد الحضري بين مشهد وآخر له عدة أسباب، منها: ما يتعلق بميزات الماسح المستخدم، ومنها مرتبط بتاريخ التقاط المشهد. فكما لوحظ في هذا البحث

أن اختلاف شدة الإشعاع الشمسي خلال أيام السنة له تأثير كبير في شدة الانعكاسية للمشاهد؛ لذا يجب أخذ ذلك في الحسبان عند استخدام مشاهد الاستشعار عن بعد لدراسة التغيرات في غطاء الأرض واستعمالها.

المقترحات والدراسات المستقبلية:

في هذا البحث دُرِسَ السلوك الطيفي لمكونات غطاء الأرض الرئيسية لذا نقترح إجراء بحوث أخرى لتعرّف السلوك الطيفي للمكونات الفرعية، وخصوصًا تصنيفات المناطق العمرانية العشوائية والمنظمة بكثافتها المتنوعة. وكما هو ملاحظ من خلال هذا البحث أن المجال الطيفي SWIR1 له أهمية خاصة في تحديد المناطق العمرانية، ونظرًا إلى أن القمر Sentinel-2A له قدرة ميز مكاني (20 مترًا) في هذا المجال الطيفي وهي أعلى مما هي عليه في كل من Landsat7 وLandsat8 البالغة (30مترًا) فنقترح استخدام مشاهد Sentinel-2A في الدراسات المتعلقة بالمناطق العمرانية. كما نقترح إجراء بحوث مستقبلية لدراسة إمكانية دمج هذا المجال مع المشاهد ذات قدرة التمييز العالية (Quick Bird مثلًا) لتصنيف دراسات المناطق العمرانية وإعدادها.

الخاتمة:

في هذا البحث دُرِسَت خصائص الانعكاس الطيفي في المشاهد الحضرية وقورنت في كل من Landsat7 وLandsat8 و Sentinel-2A. إذ لوحظ أن السلوك الطيفي لكل من مكونات المشهد الحضري العامة (عمران، وزراعة، ومناطق جرداء) متشابهة تقريبًا. وتبيّن أيضًا أهمية المجال الطيفي تحت الأحمر بموجات قصيرة الأول (SWIR1) في تحديد المناطق العمرانية. كما يمكن اقتراح استخدام مشاهد القمر Sentinel-2A لإنتاج خرائط غطاء/استعمال الأرض إذ إنّ قدرة الميز المكاني في المجال SWIR1 لهذا القمر (20مترًا) هي أفضل مما هي عليه في مشاهد Landsat8 البالغة (30مترًا)، فضلًا عن وجود العديد من المجالات الطيفية الإضافية التي قد تسهم في زيادة دقة التصنيف الموضوعية.

المصادر والمراجع:

1. المراجع العربية:

1- صوان، سماح: استخدام معطيات استشعارية في تصنيف مناطق عمرانية مختارة من مدينة دمشق، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الاستشعار عن بعد، قسم الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق، سورية، 2017.

2. المراجع الأجنبية:

1- As-syakur Abd. Rahman, Adnyana I Wayan Sandi, Arthana I Wayan and Nuarsa I Wayan (2012): Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area. Remote Sensing, 4, 2957-2970; doi:10.3390/rs4102957.

2- Josep E. Pardo-Pascual, Elena Sánchez-García, Jaime Almonacid-Caballer, Jesús M. Palomar-Vázquez, Enrique Priego de los Santos, Alfonso Fernández-Sarría and Ángel Balaguer-Beser, (2018): Assessing the Accuracy of Automatically Extracted Shorelines on Microtidal Beaches from Landsat 7, Landsat 8 and Sentinel-2 Imagery, Remote Sensing 2018, 10(2), 326; doi:10.3390/rs10020326

3- Peng Gong, Jie Wang, Le Yu, Yongchao Zhao, Yuanyuan Zhao, Lu Liang, Zhenguo Niu, Xiaomeng Huang, Haohuan Fu, Shuang Liu, Congcong Li, Xueyan Li, Wei Fu, Caixia Liu, Yue Xu, Xiaoyi Wang, Qu Cheng, Luanyun Hu, Wenbo Yao, Han Zhang, Peng Zhu, Ziyang Zhao, Haiying Zhang, Yaomin Zheng, Luyan Ji, Yawen Zhang, Han Chen, An Yan, Jianhong Guo, Liang Yu, Lei Wang, Xiaojun Liu, Tingting Shi, Menghua Zhu, Yanlei Chen, Guangwen Yang, Ping Tang, Bing Xu, Chandra Giri, Nicholas Clinton, Zhiliang Zhu, Jin Chen & Jun Chen (2013): Finer resolution observation and monitoring of global land cover: first mapping results with Landsat TM and ETM+ data, International Journal of Remote Sensing, 34: 7, 2607-2654, DOI: 10.1080/01431161.2012.748992

4- Xu, H. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. Int. J. Remote Sens. 2008, 29, 4269-4276.

5- Zha, Y.; Gao, J.; Ni, S (2003): Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. Int. J. Remote Sensing, 24, 583–594.

6- Zhao, H.M.; Chen, X.L. Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+. In Proceedings of 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Seoul, Korea, 25–29 July 2005; Volume(3).

3. المواقع الإلكترونية:

1. <https://landsat.usgs.gov/landsat-7>
2. <https://eos.com/landsat-7/>
3. <https://eos.com/landsat-8/>
4. <https://eos.com/sentinel-2/>
5. <https://earthexplorer.usgs.gov>
6. <https://landsat.usgs.gov/landsat-7-data-users-handbook-section-5>
7. <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>
8. https://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2
9. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/>
10. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=81210>

الموافقة على النشر: 2018/9/3

ورود البحث: 2018/7/23